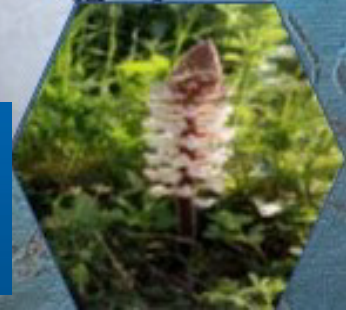
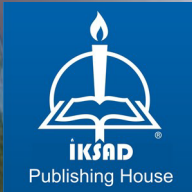
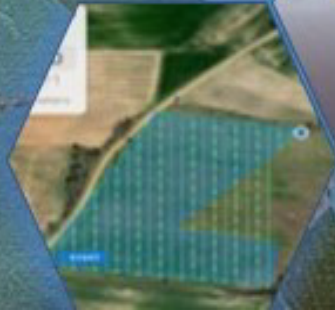
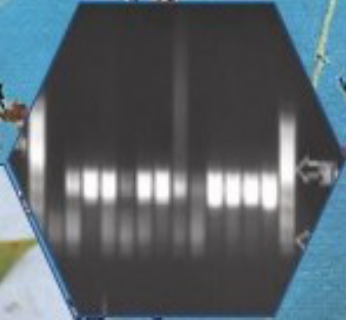
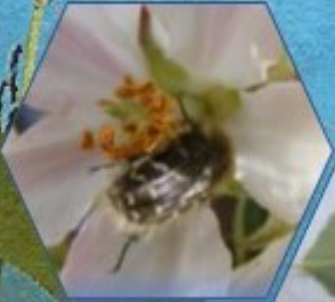


Modern Yaklaşımlarla Bitki Koruma

EDİTÖR:
Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN



MODERN YAKLAŞIMLARLA BİTKİ KORUMA

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN

YAZARLAR

Doç. Dr. İslam SARUHAN

Doç. Dr. Mehmet ÖTEN

Doç. Dr. Mustafa ERGEN

Doç. Dr. Mustafa YILMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Ferzat TURAN

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN

Dr. Öğr. Üyesi Rahime CENGİZ

Arş. Gör. Dr. Mustafa GÜZEL

Dr. Lerzan ÖZTÜRK

Dr. Nur SİVRİ

Dr. Sami DURA

Dr. Serkan CANDAR

Dr. Şeyma YİĞİT

Dr. Onur DURA

Arş. Gör. Furkan DOĞAN

Arş. Gör. Melike KÖSE

Arş. Gör. Safa HACIKAMILOĞLU

Zir. Yük. Müh. Gürkan Güvenç AVCI



Copyright © 2022 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social

Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TURKEY TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2022©

ISBN: 978-625-6380-12-7

Cover Design: Bahadır ŞİN

December/ 2022

Ankara / Turkey

Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRDEN

ÖNSÖZ

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN.....1

BÖLÜM 1

PEYZAJ MİMARLIĞI AÇISINDAN BİTKİ KORUMANIN ÖNEMİ

Doç. Dr. Mustafa ERGEN.....3

BÖLÜM 2

TARLA BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN ALANLARDA SORUN TEŞKİL EDEN YABANCI OTLAR

Doç. Dr. Mehmet ÖTEN.....25

BÖLÜM 3

MERA ALANLARINDA GÖRÜLEN İSTİLACI NİTELİKTEKİ YABANCI OTLAR VE ÖNEMİ

Doç. Dr. Mehmet ÖTEN.....53

BÖLÜM 4

TÜRKİYE DOĞAL FLORASINDA BULUNAN TIBBİ ÖZELLİĞE SAHİP BAZI YABANCI OTLAR

Doç. Dr. Mustafa YILMAZ

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN

Arş. Gör. Melike KÖSE.....75

BÖLÜM 5

Carthamus sp. TÜRLERİNİN BİTKİ KORUMA UYGULAMALARINDA KULLANILMA POTANSİYELLERİ

Arş. Gör. Safa HACIKAMİLOĞLU.....97

BÖLÜM 6

TOPRAK SOLUCANLARI VE VERMİKOMPOSTUN BİTKİ GELİŞİMİ, HASTALIK, ZARARLI VE NEMATOD MÜCADELESİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Dr. Lerzan ÖZTÜRK.....109

BÖLÜM 7

BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARI PARAZİTLEYEN ENDOPARAZİTİK FUNGUSLAR, BİYOLOJİLERİ, ÖNEMLİ TÜRLER VE NEMATOD MÜCADELESİNDE ETKİNLİKLERİ

Dr. Lerzan ÖZTÜRK.....137

BÖLÜM 8

BAZI İSTİLACI BÖCEK TÜRLERİNİN BİYOLOJİK MÜCEDELESİ

Arş. Gör. Furkan DOĞAN.....171

BÖLÜM 9

BAĞ ALANLARINDA BİTKİ GELİŞİMİNDE BİTKİ PARAZİT NEMATODLARININ VE YABANCI OTLARIN BİYOLOJİK MÜCADELESİNDE RİZOBAKTERİLER

Dr. Lerzan ÖZTÜRK

Dr. Nur SİVRİ

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN

Zir. Yük. Müh. Gürkan Güvenç AVCI

Dr. Serkan CANDAR.....197

BÖLÜM 10

ZARARLILAR İLE KİMYASAL MÜCADELEYE ALTERNATİF YÖNTEMLER (BİTKİ EKSTRAKTLARI VE UÇUCU YAĞLAR)

Dr. Şeyma YİĞİT

Doç. Dr. İslam SARUHAN.....223

BÖLÜM 11

NANO TEKNOLOJİ VE NANO PESTİSİTLER YEŞİL SENTEZ BİTKİSEL EKSTRAKTLARIN TARIMSAL ZARARLILARA KARŞI KULLANIM OLANAKLARI ÜZERİNE İNCELEMELER

Dr. Sami DURA

Dr. Onur DURA.....237

BÖLÜM 12

YENİ BİYOTEKNOLOJİK YÖNTEMLERİN BİTKİ KORUMA ALANINDA KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Rahime CENGİZ.....257

BÖLÜM 13

DOKU KÜLTÜRÜ TEKNİKLERİ İLE HASTALIK VE VİRÜSTEN ARINMIŞ BİTKİ ÜRETİMİ

Dr. Öğr. Üyesi Ferzat TURAN.....275

BÖLÜM 14

TARIMDA YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

Arş. Gör. Dr. Mustafa GÜZEL.....291

BÖLÜM 15

TARIMDA İHA KULLANIMI

Arş. Gör. Dr. Mustafa GÜZEL.....309

ÖNSÖZ

İnsanoğlu, var olduğu ilk andan itibaren beslenmeye ihtiyaç duymuştur. Avcılık ve toplayıcılık ile başlayan bu varoluş serüveninde yeni tekniklerin öğrenilmesi, yeni ihtiyaçların oluşması ve yerleşik hayata geçiş sonrası tarım yapılabilmesi vb. etmenlerin sonucunda az alandan daha çok ürün elde edilmesi amaçlanmış ve elde edilen bu ürünlerin sadece taze olarak tüketilmesi değil, çeşitli şartlarda saklamak koşuluyla ilerleyen bir zaman diliminde tüketilebilmesi amaçlanmıştır. Yanı sıra, insanoğlu kısıtlı olan tarımsal arazilerden en yüksek verimi ve sağlıklı ürünü elde etmeye çalışmıştır. Nitekim, bitkisel üretimin yapıldığı her yerde bitki hastalıkları, zararlı hayvansal organizmalar ve yabancı otlar sorunu karşımıza çıkmakta ve mevcut ürünümüze ortak olmaktadır. Mevcut akademik çalışmalar, bitkisel üretimin yapıldığı yerlerde bu ve benzeri bitki koruma etmenlerinin neredeyse %100'e varan ürün kayıplarına neden olduğunu göstermektedir. Nüfusun 8 milyarı geçtiği günümüz koşullarında tarımsal alanların azalması sonucu bitki koruma etmenleri nedeniyle karşılaşılan ürün kayıplarını minimum düzeye indirebilmek için çeşitli girişimlerde bulunulmuştur. Bu bağlamda, gerek klasik yetiştiricilik yöntemlerinde değişiklikler yapmak gerekse de modern yöntemleri kullanmak suretiyle farklı çalışmalar yoluyla tarımsal üretimin arttırılması hedeflenmiştir.

Alanında uzman olan ve akademik saha tecrübeleri sayesinde bu meslekte kendini yetiştiren araştırmacıların ortak çabası ile yazılmış olan bu kitabımız 15 farklı bölümden oluşmaktadır. Ele alınan konular farklı bakış açılarıyla (peyzaj ve tarla bitkileri yetiştiriciliği gibi) bitki korumanın önemine değinerek başlamakta ve ardından biyoloji ve biyo-teknik yöntemlerin bitki korumadaki yönü tartışılmaktadır. Son olarak, teknolojinin bitki koruma açısından önemine dikkat çekilerek, çıktığımız bu bilimsel yolculuk tamamlanmaktadır.

Modern Yaklaşımlarla Bitki Koruma isimli bu kitapta yer alan eserlerin birinci dereceden sorumluluğu kitabın yazarlarına aittir. Eserin hazırlanması aşamasında, değerli bilgilerini paylaşan kıymetli bilim insanlarına ve kitabın yayınlanması için katkıda bulunan İKSAD Yayınevi'ne teşekkür ederim. Kitabımızın ziraat alanında çalışan ve bu mesleğe gönül veren kişilere katkısının olması dileği ile...

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır şİN; Aralık 2022

BÖLÜM 1

PEYZAJ MİMARLIĞI AÇISINDAN BİTKİ KORUMANIN ÖNEMİ

Doç. Dr. Mustafa ERGEN¹

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü,
Sakarya, Türkiye. Mustafaergen@subu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-8320-9130

GİRİŞ

İnsanoğlu doğa ile bir bütün halinde yaşamaktadır ve kendi şartlarına göre doğaya adapte olan bir üründür (Olđun ve Akyıldız, 2021). Doğaya kendini adapte eden insanoğlu doğaya hükmetmeye başlamış ve kendi yararına doğal yaşamı tehdit eder bir hale gelmiştir. Bu anlamda doğa ile uyumlu ve doğal yaşamdan uzaklaşmadan mekanlar yaratmak isteyen insanoğlu bitkisel materyalin kullanımını yaygınlaştırmaya başlamıştır.

İnsanın yaşam alanları içinde bulunan kentsel mekanlar ve kırsal mekanlar içinde uygulanan ve bulunan bitkisel alanların korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanması mekanın kullanım amacının geleceğe taşınması adına önemli olmaktadır. Tarihsel süreç içerisinde kentleşmenin hızla gelişmesine bağlı olarak, doğal alanların azalması veya yok olması sonucu ile karşı karşıya kalınmıştır. Bu tahribat beraberinde doğal alanların ve doğal yaşamın nasıl korunması gerektiğine dair yaklaşımları ortaya çıkmaya başlamıştır. Gözardı edilen çevresel problemler evre üzerinde ve toplum üzerinde negatif etki bırakan en önemli konulardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Ergen ve Ergen, 2019).

Kentleşme açısından bakıldığında yeşil alanlar ve bitkisel tasarımlara ihtiyaç duyulan alanlar olarak karşımıza çıktığı görülmektedir. Genel anlamda kentsel toplumun kullandığı yeşil alan kullanım alanlarını 3 ana başlık altında toplayabiliriz (Ergen,1981);

- Kent toplumunun kullandığı yeşil alanlar
- Kent toplumunun özel olarak kullandığı yeşil alanlar
- Kişilere ait özel yeşil alan kullanımı

Açıkça görülmektedir ki kentsel alanda yaşayan toplumun yeşil alanları kullanma ve doğa ile uyumlu bir yaşama ihtiyaı sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu anlamda kentsel alanlar içinde bulunan mekan kullanımları içerisinde bitkisel tasarım yaklaşımları bir gereklilik olarak görülmektedir.

Kırsal alanlarda yeşil alan kullanımına bakıldığı zaman tarımsal alanların ön plana çıktığı dikkati çekmektedir. Yeşil alan kullanımı kentsel alan kullanımına göre daha yeterli olduğu görülebilir, fakat doğal alan kaybı yine de mevcuttur. Bu açıdan bakıldığında toplumların doğa ile barışık ve bütüncül bir yaklaşıma ihtiyaç duyduğu aşikardır.

İnsan doğa ilişkileri içinde doğanın korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması gelecekte kentsel ve kırsal mekanların kullanımı açısından önemli bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentsel alanlar içerisinde tasarlanmış parklar, çocuk oyun alanları, kent parkları, millet bahçesi vb. yeşil alanlarda bitkisel yapının korunması bu alanlarda toplumun bu alanları kullanmasındaki tasarımsal yaklaşımların devamlılığını sağlayacaktır.

Mekan tasarımının doğal elemanları olan bitkiler mekan kullanımını anlamlandıran, tasarımlara yön veren ve mekanın insan doğa ilişkisini kuran bir yapıya sahiptir. Örneğin mekan içerisinde bitkisel materyal ile kurgulanmış bir renk tasarımı hem insanları rahatlatan hemde duygu durumunu düzenleyen bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Eğer bitkisel tasarımda bu renk kurgusunu kaybedersek yani bitkisel materyali çok iyi koruyamazsak yapmış bulunduğumuz tasarım anlamı yitirecektir.

Yine mekan içerisinde rüzgar perdesi ya da ses tutucu özelliği bulunan bir bitkisel tasarım yaklaşımı içerisindeki bitkilerin korunması ve sürdürülebilir olması yapılan tasarımın anlamını kaybetmemesi açısından önemli olmaktadır. Herhangi bir hastalık veya bitkisel materyalin kaybı sonucu yapılmış bulunan tasarımın tekrar gözden geçirilmesine ve tekrar tasarımın ele alınmasını gerekli hale getirmektedir.

Görülmektedir ki Peyzaj Mimarlığı meslek disiplini açısından bitkisel tasarımların mekan kullanımını yönlendirme ve anlamlandırma açısından önemi dikkati çekmektedir. Bu anlamda bitkisel materyalin korunması tasarımın sürdürülebilir olmasına olanak sağlayacak ve mekanın kullanım amacını destekleyecektir.

Bitkiler ile yaratılmak istenen etki, bitkilerin kullanım amacına bağlı olarak düzenlenmesi ve tasarlanması sonucu bitkisel tasarım kavramı gelişmeye başlamıştır (Arın, 2010). Bitkisel tasarım yaptığımız yerin yaşam kalitesinin artırılması açısından da önemli bir etkidir. Yaşadığımız çevrenin daha yaşanabilir daha sürdürülebilir olmasına yardımcı olmaktadır.

BİTKİSEL TASARIM

Bitkisel tasarım yaşam mekanlarımız içerisinde doğal hayatın varlığının sürdürülmesi veya doğal yıkımın yeniden inşasının sağlanmasını amaçlamaktadır. Bu tasarımsal yaklaşımla insanların yaşam alanları, yaşam mekanlarının doğa ile bütünlük sağlaması istenmektedir. Ayrıca kaybedilen ekosistemin tekrar kazanılmasına yardımcı olunmaktadır. Tasarlanan mekanın kullanım kalitesini artırılması ve daha yaşanabilir mekanların yaratılması da bitkisel tasarımla sağlanmaktadır.

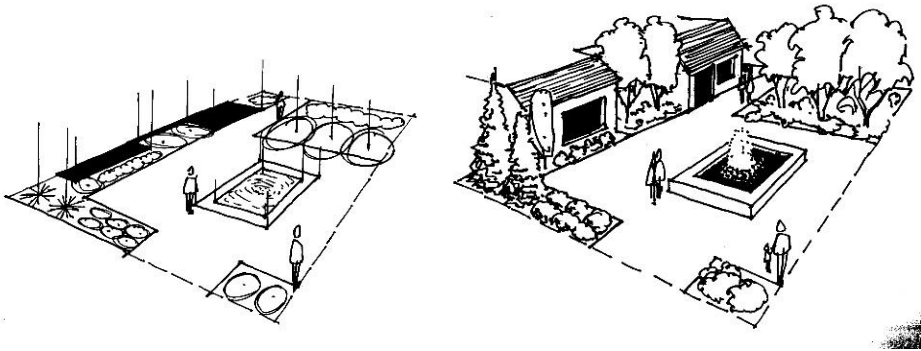
Bitkiler tasarım ilkeleri ışığında peyzaj tasarımlarında tasarım materyali olarak kullanımı ön plana çıkmaktadır (Şekil-1). Bitkilerin renk, ölçü, form ve tekstür açısından oluşturdukları bütünlük peyzaj tasarımlarına yön veren en önemli olgu olarak tanımlanmaktadır.



Şekil-1. Bitkisel tasarım ile bir mekanın şekillendirilmesi (Kaynak: Ergen, 2007)

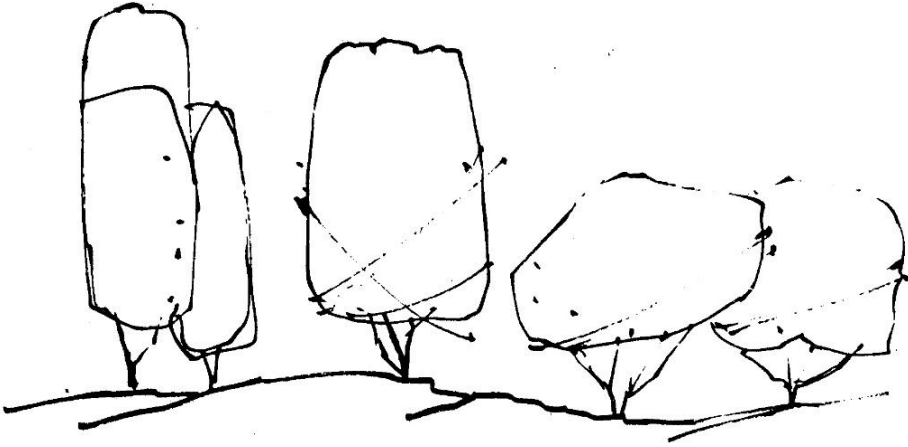
Bitkiler renkleri ile yaptığımız tasarımları etkilemektedir. Renklerin insan psikolojisinde de çok önemli bir etkisi söz konusudur. Bitkinin çiçeklenme zamanına bağlı olarak mekan içinde ve insan üzerinde olumlu etkileri kullanılarak tasarımlarımızın etkinliği artırılabilir. Örneğin bir Erguvan ağacının (*Cercis siliquastrum*) çiçeklenme zamanı verdiği renk etkisi insanda sevinç, güzellik gibi duyguları uyandırır. Bu bitkinin renk özelliğini kaybetmesi bitkiden almak istediğimiz etkiyi azaltmaktadır. Bitkinin çiçeklenme zamanı ile mekan üzerinde elde edilmek istenen vurgu ve heyecan çiçeklenme zamanına bağlı olarak yapılan tasarımlarda bu bitkiden sonra çiçeklenecek başka bir bitki ile mekanın canlılığı ve insanlar üzerine etkisinin sürekliliği sağlanabilmektedir.

Ölçü anlamında bitkilerin ağaç, çalı, yer örtücü boyutunda kullanımı tasarımlarda farklı etkiler bırakmaktadır. İnsan boyutu tasarım yaklaşımlarının önemli bir standart yaklaşımıdır (Şekil-2). Buna bağlı olarak tasarımlar içerisinde boylu ağaçları kullanmak bize tasarım alanımızda doğal yapıyı baskın bir şekilde ifade etme imkanı sağlamaktadır. Çalılar ile görsel anlamda tasarım boyut geçişleri görsel çekiciliği ve yönlendirme açısından kullanımı artırılır. Yer örtücüler ise alanın çekiciliğini artırmak görsel estetik kazandırmak adına önemli bir tasarım materyali olmaktadır.



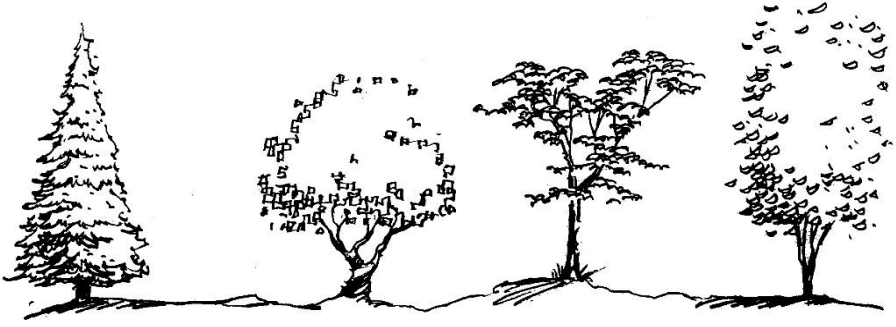
Şekil-2: Bitkisel tasarımın ölçü açısından şekillendirerek elde edilen mekan kullanım etkisi (Kaynak: Reid,1987)

Bitkilerin formu tasarımsal yaklaşımlarımızı etkileyen en önemli faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir bitkinin simetrik-asimetrik kullanımı tasarım açısından dikkat çekilmek istenen yere formuyla anlam kazandırmak için kullanılabilir (Şekil-3). Yayılıcı bir bitkinin alanın peyzajında kaplayıcı yer, görsel etkisi formunun oluşturduğu yaklaşımla tercih sebebi olabilmektedir. Bu anlamda bitkilerin oluşturduğu form tasarımsal yaklaşımlarımızın şekillenmesine de yardımcı olmaktadır.



Şekil-3: Bitkilerin Form Etkisi (Kaynak: Reid,1987)

Tekstür bitkinin oluşturduğu fiziksel görünümün tasarımlarımız içindeki etkisini göstermektedir. Örneğin, bitkinin yaprak yapısı, dallanması ile oluşturduğu görüntü bitkinin tekstür etkisini ortaya koymaktadır (Şekil-4). Bu anlamda tasarımlarımızın neye nasıl bir etki göstermesini istiyorsak buna bağlı olarak bitkisel seçimimizi yönlendirmemiz gerekmektedir. Örneğin, yaprak döken bir ağacın kışın gösterceği etki ile yazın veya ilkbaharda yapraklı veya çiçekli olması ile gösterceği etki arasında fark vardır. Yazın daha istenilen bir etki aldığımız tasarımsal yaklaşımımız kışın aynı etkiyi bırakmayabilir.



Şekil-4: Bitkilerin Yaprak Tekstür Görünüşlerinin Etkisi (Kaynak: Reid, 1987)

Bitkisel tasarımda dikkat edilmesi gerek hususlar şunlardır;

- Bitkilerin tasarım için düşünüldüğü yerlerde bitkinin özelliğine göre nasıl bir etki bırakacağı önemli olmaktadır.
- Yaratılmak istenen görüntünün sağlanabilmesi adına bitkisel materyalin formu dikkate alınmalı. Bu form eğer kullanmak istediğimiz bitkide yok fakat bu bitki çiçeklenme zamanı ile tercih sebebi ise bitkinin makasa gelmesi önem arz etmektedir.
- Birkilerin grup veya soliter kullanımları dikkate alınarak oluşturulmak istenen etkinin elde edilmesi sağlanmalıdır. Örneğin, kullanım alanına girişi simgelemek adına heybetli bir ağacı soliter kullanımı uygun düşerken, alanda boş alan ve dolu alan dengesini bitki grupları ile sağlayabiliriz.
- Alan içinde kötü görüntü, gürültü kirliliği ve olabilecek yerlerde bitkilerin bu özellikleri tasarım yaklaşımımızı oluşturması gerekmektedir.
- Grup bitkilerin oluşturmak istedikleri görüntü alan içerisinde geçiş bölgeleri oluşturmak adına da önemli olmaktadır. Sert bir zeminin etkisinin azaltılması veya bir alanın bitkiler ile kapatılmasının sağlanması açısından bitkilerin grup olarak kullanılması yine bitkilerin tasarımlarımızda gruplar halinde kullanılması ile başarılıdır.

İnsanlar tarafından doğal yapı üstünde oluşturduğu zararların giderilmesi açısından ve mekan kullanımının insanların ihtiyacına yönelik düzenlenmesi bazen bitkilerin doğal yetişmesi sonucu herhangi bir düzenlemeye ihtiyaç duymadan sağlandığı görülmektedir (Ayaşlıgil, 2005).

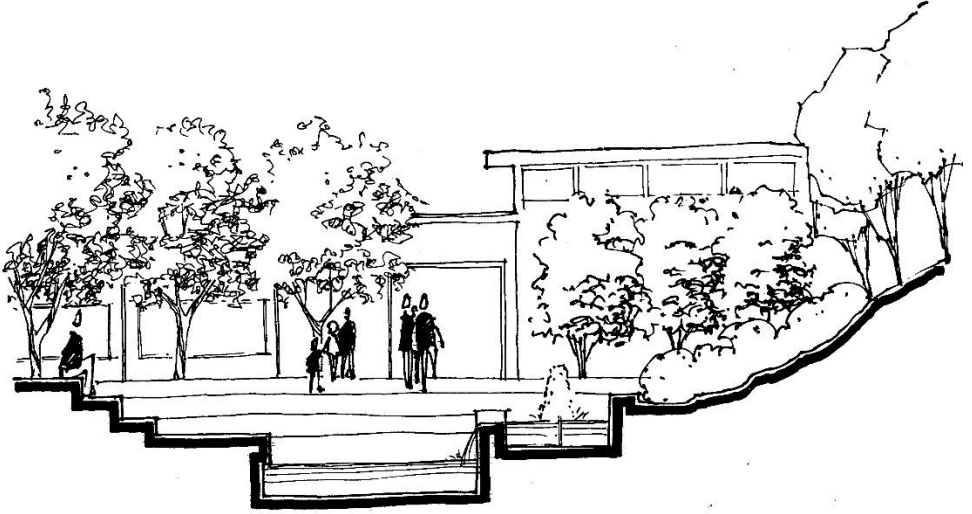
BİTKİLERİN PEYZAJ MİMARLIĞI TASARIMLARINDA MEKANA OLAN ETKİLERİ

Tasarım açısından bitkilendirmeye bakıldığı zaman bitkisel öğelerin doğal yaşamı insanlara sağlaması, mekanın farkındalığının artırılması, daha anlaşılabilir ve yaşanabilir mekanların yaratılmasına yardımcı olduğu görülmektedir (Şekil-5). Kentsel yaşam içinde git gide doğal yaşam tarzından uzaklaşan toplumların yeniden doğa ile barış içinde yaşayabilme ve doğayı anlamasına yardımcı olacak bir tasarım ögesi olduğu ortaya çıkmaktadır.



Şekil-5: Bitkisel tasarımla elde edilmiş doğal bir görünüm (Kaynak: Ergen, 2007)

Bitkisel tasarımın amacı yaşadığımız çevrenin daha kullanışlı, doğal alanların daha etkili ve daha az çevre sorunu yaratarak kullanımını destekleyecek nitelikte olması istenmektedir. Bitkisel tasarım ile insan ile doğa arasındaki denge unsuru ortaya koyulmaya çalışılmaktadır (Ayaşlıgil, 2005). Bu dengenin sağlanması bitkisel tasarım materyallerinin devamlılığının elde edilmesi ile başarılabilir olduğu bilinmektedir. İnsan etkisi doğal alanlar üzerine baskısını artırdıkça doğal alan ihtiyacı mekan kullanımında ön plana çıkmaktadır.



Şekil-6: Bitkisel Tasarımın Oluşturduğu Mekan Bütünlüğü (Kaynak: Reid, 1987)

Bu baskı insanoğlunun ormanları ve dağları delmesine, nehirlerin ekosistemlerine zarar vermesine ve yaşanması güç bir çevre yaratılmasına neden olmaktadır (Gül, 2000). Sağlıksız bir ortam yaratan bu durum mekan tasarımlarının yaşanabilir olması adına düzenlemeleri gerektirmektedir.

Bitkisel tasarımla beraber mekan üzerinde elde edilmek istenen etki sağlanabilmektedir (Şekil-6). Örneğin doğal yaşamın dinlendirici etkisini artırmak için su öğeleri su bitkileri ile desteklenerek tasarlanabilmektedir.

Tasarımlarımız içinde mekan yönlendirmesi yine bitkilerle sağlanabilmektedir. Gideceğimiz yolun geçiş güzergahları veya geçilmemesi gereken alanları yine bitkiler ile sınırlandırabiliriz. Ayrıca mekan içinde gölgelik dinlenme alanları yine bitkilerin gölge etkisi ile elde edilebilmektedir.

Yaratılmak istenen mekanın özelliği bitkiler ile şekillendirilebilmektedir. Bu anlamda bitkisel materyal mekanın kullanımını şekillendiren en önemli tasarım öğesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu anlamda bitkilerin korunması ve tasarımın devamlılığının sağlanması ön plana çıkmaktadır.

Mekanların terk edilmiş olması halinde bile bitkisel materyal o mekan içerisinde bir etki yapma özelliğine sahiptir. Bu durumda bile bitkisel materyal mekanın kullanım devamlılığını sağlamaya yönelik bir etki bırakmaktadır (Şekil-7). Bitkisel materyal mekanın canlı tutulmasına olanak tanıyan en önemli etken olarak da karşımıza çıkmaktadır.



Şekil-7: Terk edilmiş bir alan üzerinde bitkisel materyalin etkisi (Kaynak: Ergen, 2007).

Aksine bitkisel materyalin tamamıyla alandan kaldırılmış olması mekanın kullanımının neredeyse etkisiz bir hal alacağı hissini uyandırmaktadır (Şekil-8). Böylece alanda yeniden bir düzenleme yapılacaksa dahi bitkilerin varlığının yeniden düzenlenmesi ve tasarımların mekan içinde daha dikkati çeker bir hal alması sağlanması önemli olmaktadır.

Peyzaj Mimarlığı meslek disiplini açısından daha yaşanabilir mekanların yaratılması ve bunun sağlanması en önemli amaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde bitkisel tasarımlar mekanların daha yaşanabilir daha kullanım amacını ortaya çıkaran bir yapıyı ortaya koymaktadır.

Doğal yaşamın yok olması insanların doğal yaşama olan ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu ihtiyaç sonucu doğal yaşamın varlığını ve gerekliliğini sağlamak adına oluşturulan mekanlarda bitkilerin bıraktığı etki peyzaj mimarlığı projelerinde aranan bir tasarımsal yaklaşımdır. İnsan doğa ilişkilerinin yeniden düzenlenmesine yardımcı olan ve yaratılan mekanların insan kullanımını kolaylaştıran ve bitkilerle bunu bir denge halinde yapma başarısı önemli olmaktadır. Bu anlamda kentsel veya kırsal mekanlarda insanın baskın olduğu ve kullandığı her yerde yapılan düzenlemeler doğa ile barışık ve doğa ile uyumlu olmayı zorunlu hale getirmektedir. Bu hem insanın yaşam konforunu artıracak hem de doğal alanların daha etkili korunmasının sağlayacaktır.



Şekil-8: Terk edilmiş bir alan üzerinde bitkisel materyalin tamamıyla kaldırılmış olduğundaki etkisi (Kaynak: Ergen, 2007)

Görülmektedir ki bitkiler mekan üzerinde en etkili tasarım öğesidir. Mekan içindeki binanın ya da mimari objenin vurgusu, düzenlenen alan içerisinde alana giriş vurgusu, alan kullanımını içinde yönlendirme, alan üzerinde geçiş mekanlarının yaratılması bunun hissedilmesi gibi birçok husus bitkisel materyal ile sağlanmaktadır.

BİTKİSEL MATERYALİN PEYZAJ TASARIMLARINDA KORUNMASININ ÖNEMİ

Bitkisel tasarımın etkisinin devamlılığının sağlanması adına alan içinde bulunan bitkilerin zararlılardan ve hastalıklardan korunması gerekmektedir. Bakımlarının yapılması bitkisel materyalin devamlılığı açısından bir gerekliliktir. Eğer bitkisel materyal devamlılığı mekan içinde sağlanamaz ise

bitkisel tasarım etkisini kaybeder ve elde edilmek istenen etki ortadan kaybolur.

Görülmektedir ki tasarlanan mekanın sürdürülebilir ve devamlı etkisi bitkilerin sürekli bakımı ile mümkün olmaktadır. Bitkilerin toprak istekleri, meydana gelen zararlılara karşı direnci, hastalıklardan nasıl etkileneceği bitkisel materyalin seçimini önemli bir hale getirmektedir. Ayrıca mekanın kullanımını kolaylaştırmak ve istenilen etkinin devam etmesi adına bitkisel materyal korunmalı ve bakımı düzenli yapılmalıdır.

Örneğin bitkilerin ölçü kavramı ile çalı veya ağaç, ağaçlık formu mekanın insan boyutunda veya insan boyutundan daha büyük bir mekan yaratılarak mekanın baskısı veya mekanın serbestliği bitkilerle sağlanabilmektedir. Eğer burada kullandığımız bitkiler herhangi bir nedenden ötürü bozulmaya veya kaybedilmeye başlanırsa mekan içinde yaratılan bu his zamanla kaybolur. İster istemez bu durum mekan kullanımını da olumsuz anlamda etkileyecektir.

Ortaya çıkan bu durumun etkisini giderilmesi adına yeniden bitkilendirme veya aynı etkiyi sağlayacak başka bitkisel materyallerin kullanımını hem zaman, hem de ekonomik verim açısından birçok sorunu ortaya koymaktadır. Ayrıca bitkiler sağlıklı şekilde korunamaz ise baskı ve 16tress altına sokulursa örneğin vandal davranışlar veya hastalık-zararlıların etkisi ile yeterli büyümeyi sağlayamaz yaşam savaşı verir hale gelmektedir.

Bitkiler yatay ve dikey peyzaj tasarımlarında yatay ve dikey bir etkiye sahip tasarım öğesidir (Şekil-9). Yatayda oluşturduğu bitkinin kanopi etkisi ve dikey olarakda bitkinin büyüme potansiyeli yapılan peyzaj tasarımları üzerindeki etkiyi sağlayan önemli etmenlerdir. Bu vurguların kaybolması bitkisel tasarımımızın anlamını yitirmesine sebep olmaktadır.



Şekil-9: Bitkilerin yatay ve dikey etkisi ile elde edilen bir tasarım yaklaşımı (Kaynak: Ergen, 2007)

Bitki materyali ile çalışan peyzaj mimarının bitkilerin gençlik, olgunluk ve yaşlılık evreleri üstüne bilgi sahibi olması gereklidir (Orçun, 1972). Buna bağlı olarak ağacın alacağı form ve gelişimiyle beraber göstereceği etki bitkisel tasarım düzenlemelerinin en önemli yaklaşımını ortaya koymaktadır. Bu 3 döneme ait bitkinin geçirebileceği zorluklar veya gelişimini etkileyecek durumlar yapılan tasarımların devamlılığı açısından önemli olmaktadır.

Bitkilerin bakımı da bu anlamda peyzaj tasarımlarının sürekliliği açısından önemli olmaktadır. Örneğin bitkinin toprak isteği, su ihtiyacı, ışık ihtiyacı yeterli derecede sağlanmaz ise tasarım içindeki bitkiler istenilen formu sağlayamayacak ve yaşam savaşı verir hale gelecektir. Bu durum bitkisel tasarımın etkisinden ziyade bitkinin vejetatif bir var oluş durumuna doğru gitmektedir.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak bitkisel tasarımın devamlılığının sağlanması açısından tasarım içerisinde kullanılan bitkisel materyallerin korunması ve bakımının

sağlanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu anlamda tasarımcı bitkinin büyüme ve gelişme dönemini, çiçeklenme zamanını, ortaya çıkacak formunun ve mekan üzerine etkisini dikkate alarak bitkisel tasarımlarını şekillendirmek zorunda kalmaktadır.



Şekil-10: Süs havuzu için su bitkileri ile oluşturulmuş peyzaj düzenlemesi (Kaynak: Ergen, 2007)

Bitkisel tasarımlarımızda bitkilerin seçimi çok önemli bir unsur olarak dikkati çekmektedir (Şekil-10). Bitkisel materyalin seçiminde birçok bitki türü ve kültürvarı bulunduğu için doğru bitkiye seçmek güçleşmektedir. Bu anlamda bitki seçimini daha sağlıklı yapabilmek adına şu kriterlere dikkat etmek gerekmektedir (Ayaşlıgil, 2005);

- Fonksiyonel ve strüktürel karakteristikler
- Bitkinin görsel ve estetik özellikleri
- Bitkinin büyüme ve yetiştirme ortamı



Şekil-11: Bitkilerin özelliğine bağlı olarak oluşturulmuştur mekan etkisi (Kaynak: Ergen, 2007)

Bitkinin fonksiyonel ve strüktürel özelliği bitkinin tasarımsal açısından önemli parametreler olarak dikkate alınmaktadır. Seçilen bitkinin kapalılık açıklık, alan geçişleri alanı koruma, gölgeleme yeteneği bu özelliklerine bağlı olmaktadır (Şekil-11) (Ayaşlıgil, 2005). Bitkiler sürekli büyüyen gelişen ve statik olmayan bir yapıya sahiptir (Ayaşlıgil, 2005). Yapılan bitkisel tasarımların bu yapı göz önüne alarak düzenlenmesi gerekmektedir. Örneğin belirli bir süre sonra yapılmış bitkisel tasarım aynı etkiyi veremeyebilir ya da bitkinin hastalık ve zararlılarla yok olmaya başlaması sonucu yapılmış bulunan bitkisel tasarımdaki bitki materyalinin değiştirilmesi bir zorunluluk içerebilir.

Ayrıca her bitki çevre faktörlerinden çok farklı etkilenmektedir. Buna bağlı olarak seçilecek bitkinin özellikleri çevreye uyumu ve yetiştirme ortamındaki durumda göz önünde bulundurulması gerekmektedir. İklim

koşullarına bağlı olarak bitkinin gelişme formu ve elde edilecek etki de değişime uğramaktadır.

Görülmektedir ki bitkisel tasarımlar da sürekliliği sağlanması zor olmaktadır ve uzun yıllar bakım ve dikkat ile sağlıklı bir tasarım sonucuna ulaşılabilecektir (Şekil-12). Bu bitkilerin tasarım materyali olarak daha özenli ve etkisinin uzun yıllar içinde değişebileceği tasarım öğeleri olarak değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.



Şekil-12: Bitkilerin tasarımla yaratılmış mekan düzenlemesi (Kaynak: Ergen, 2007)

Bitkisel tasarım için peyzaj proje çalışmalarında dikkat edilmesi gereken hususlar şunlardır;

- Bitkinin vejetasyon döngüsüne göre seçimi yapılmalı ve buna göre tasarımlar içinde kullanımı önemli olmaktadır.
- Bitkinin su, toprak, ışık istekleri dikkate alınmalı ve tasarımlar buna bağlı oluşturulmalıdır.

- Bitki zararları ve hastalıklarına karşı alınabilecek önlemler düşünölmeli bu durumlarda alternatif çözümler önerileri ile bitkisel tasarımın devamlılığı sağlanmalıdır.
- Bitkilerin renk, ölçü, tekstür ve formu bitkisel tasarımlarımıza yön çizmesinden dolayı bu kriterle ışığında bitkilerin seçimine önem verilmesi gerekmektedir.
- Bitkisel tasarımın bakımının düzenli yapılması ve istenilen formun devamlılığının sağlanması gerekmektedir.
- Bitkinin estetik görünümünün yapısal formlarla birleştirilerek mekan üzerinde bir etki bırakması sağlanmalıdır.
- Bitkisel materyal ile mekan üzerinde elde edilmek istenen fonksiyonel etki sağlanmalıdır.
- Bitkisel materyal eğer mekan üzerinde geçişler doluluk boşluk alanları yaratmak için kullanıldıysa bu geçişlerin devamlılığının sağlanması için bitkilerin tasarımlar içinde gruplar halinde veya soliter kullanımının sağlanmasıdır.

Bitkisel tasarım yaklaşımları içinde bitki materyali ve bitkinin kullanımı kadar bitkinin korunması da çok önemli olmaktadır. Tasarımların devamlılığı açısından bitkinin korunması ve sağlıklı yetiştirme ortamlarının sağlanması gerekmektedir. Bu bir peyzaj projelendirme aşamasının başarılı bir şekilde uygulanması sonucunu doğuracaktır.

Peyzaj tasarımlarında bitki koruma uygulanan peyzaj düzenlemelerini sürekliliğini sağlamak, bitkinin formunu korumak ve bitki sağlıklı bir gelişim göstermesi adına önemli bir unsur olmaktadır. Bitkilerin estetik ve fonksiyonel kriterleri, yetiştirme kriterleri ve işletme kriterleri bitkisel tasarımlarımızı etkilemektedir (Arslan ve Dilaver, 2006).

Bitkinin yetiştirme kriterleri hastalık ve zararlıları kapsayan bir kriterdir (Arslan ve Dilaver, 2006). Bu kriter ışığında bitkinin ne kadar zamanda istenilen boyuta ulaşacağı nasıl bir gelişim göstereceği hastalık ve zararlılara karşı nasıl

önlemler alınacağına dair önemli kararların olduğu tasarım yaklaşımını oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- Akyıldız, N.A., ve Olğun T.N. (2021) Darende-Balaban Geleneksel Yerleşim Dokusunda Biyofilik Tasarım İzlerinin İrdelenmesi. Kent Akademisi, Volume 14, Issue 3, Pages, 560 577: Erişim linki: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kent/issue/64920/983117>
- Arın, Ö. (2010). Bitkisel Tasarımın Görsel Açından Değerlendirilmesine Yönelik Bir Araştırma: Bursa Soğanlı Botanik Parkı Örneği, ITU Fen Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi: Erişim linki: <https://polen.itu.edu.tr/items/236e64cb-fecc-4654-83de-94f7cd094f0a>
- Arslan M. Dilaver Z. (2006). Kent Ağaçları ve Koruma Yaklaşımları. Kentiçi Ağaçlandırma Çalışmalarında Teknikler ve Sorunlar (Ankara Örneği) Paneli. 11 Kasım, Ankara. Kırsal Çevre ve Ormancılık Sorunları Araştırma Derneği, Bildiriler Kitabı, s: 24-47
- Ayaşlıgil, Y. (2005). Bitki Kullanımı Ders Notları, İ.Ü. Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü. Erişim adresi: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj45822wO_6AhVIXfEDHVSnCx4QFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Favesis.istanbul.edu.tr%2Fresume%2Fdownloadfile%2Fyahya%3Fkey%3Da0a9de82-1d20-4525-93b8-a0743695f28b&usg=AOvVaw1HTF1JCgHf868KrEnC8-on
- Ergen, Y.B. (1981). Şehircilik. Yüksek Teknik Öğretmen Okulu Matbaası, Ankara
- Ergen, Y.B., Ergen, M. (2019). An investigation of the natural and artificial environmental problems of converting urban settlements into industrial areas. *Trakya University Journal of Engineering Sciences*, 19(2), 23-34. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/768709>
- Gül, A. (2000). Peyzaj-İnsan İlişkisi ve Peyzaj Mimarlığı, Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, Sayı 1 ISSN: 1302-7085 Sayfa: 97-114. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/195597>
- Orçun, E. (1972). Özel Bahçe Mimarisi Dendroloji. Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova-İzmir
- Reid, G.W. (1987). *Landscape Graphics*, Published by Whitney Library of Design, in New York.

BÖLÜM 2

TARLA BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN ALANLARDA SORUN TEŞKİL EDEN YABANCI OTLAR

Doç. Dr. Mehmet ÖTEN¹

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü,
Sakarya, Türkiye. Orcid ID: 0000-0002-3737-2356

1. ÜLKEMİZDE TARLA BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ

Tarla bitkileri denilince; tarlada yetiştirilen ve genelde otsu yapılı tek yıllık ya da çok yıllık çalimsı, odunsu yapılı kültür bitkileri akla gelmektedir. Tarla bitkileri; tahıllar, yemelik baklagiller, endüstri bitkileri ve çayır mera ve yem bitkileri olmak üzere dört ana gruba ayrılır (Anonim, 2022a).

Çizelge 1. Türkiye’de tarım alanlarının dağılımı

Tarım Alanı	2002		2017		2020	
	(Bin ha)	%	(Bin ha)	%	(Bin ha)	%
Tarla Bitkileri	17.935	67.5	15.532	66.4	15.615	67.5
Nadas	5.040	19.0	3.697	15.8	3.173	13.7
Sebze	930	3.5	798	3.4	779	3.4
Meyve	2.674	10.1	3.343	14.3	3.564	15.4
TOPLAM	26.579	100	23.370	100	23.131	100

*BUGEM (2022)

Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretimi Geliştirme Genel Müdürlüğü 2022 yılı verilerine göre bitkisel üretimde en önemli paya % 67.5’lik oranla tarla bitkileri sahiptir (Çizelge 1.). Üretim alanı itibarıyla sırasıyla nadas alanları (% 13.7), sebze ekiliş alanları (% 3.4), meyve üretim alanları (% 15.4) ve süs bitkileri ekiliş alanları (% 0.02) takip etmektedir (BUGEM, 2022).

Çizelge 2. Türkiye’de tarla bitkilerinin ekiliş alanları

Ürün Adı	Üretim Alanı (1000 da)			
	2017	2018	2019	2020
Buğday	7.669	7.299	6.846	6.922
Yulaf	113	106	110	113
Çeltik	110	120	126	125
Ayçiçeği	780	734	753	729
Dane Mısır	639	592	639	692
Kütlü Pamuk	502	519	478	359
Nohut	395	514	521	512
Patates	143	136	141	148
Şeker Pancarı	339	292	314	338

*BUGEM (2022)

Toplam tarımsal alanların % 67.5'ini teşkil eden tarla tarımı içerisinde yer alan tarla bitkilerinin ekiliş miktarlarına bakıldığında; 6.922 bin ha ile buğday ekiliş alanlarının ilk sırada olduğu, arpa, ayçiçeği, dane mısır ve nohudun bunu izlediğini görülmektedir (BUGEM, 2022).

2. TARLA BİTKİLERİ YETİŞTİRİCİLİĞİ YAPILAN ALANLARDA GÖRÜLEN YABANCI OT TÜRLERİ

Ülke ekonomisi açısından büyük öneme sahip tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi esnasında birçok maliyet unsuru devreye girmektedir. Tohumluk, tarla işleme ve ekim yatağı hazırlama maliyeti, ekim, kültürel işlemler, sulama, gübreleme, yabancı ot mücadelesi, hastalık ve zararlılarla mücadele, hasat ve harman, depolama, nakliye ve tüm bu süreçteki işçilik gibi çok sayıda masraf kalemi, üretimi maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. Bu maliyetler içerisinde gerekli önem verilmediği takdirde toplam üretim miktarına etkisinden dolayı en büyük kaybın yaşanacağı unsurlardan birisi yabancı otlarla mücadeledir (Çelik, 2000).

Nitekim yetiştirilen kültür bitkisi türüne göre, yabancı otların oluşturduğu zarar % 90'lara kadar çıkabilmektedir (Lacey, 1985). Ülkemizin silajlık mısır yetiştiriciliği yapılan alanlarında yabancı ot zararının ekonomik boyutunun incelendiği çalışmalarda Özcan (2009), silajlık mısırın ilk çıkış dönemlerinde yabancı otlarla mücadele edilmediği takdirde verim kaybının büyük olacağını, Güncan (2010) ise genel olarak silajlık mısır yetiştiriciliğinde yabancı otlardan kaynaklanan verim kaybının % 20-30 arasında olduğunu bildirmiştir.

Benzer şekilde Avustralya da Combella (1987), tarafından yapılan çalışmada yabancı otlarla mücadele masraflarının yıllık 2.5-2.7 milyar Avustralya doları olduğu tespit edilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde Schneider, (1985) tarafından yapılan araştırmada ise yabancı otların verdiği zararın yıllık yaklaşık 5 milyar dolar olduğu bildirilmiştir.

Yabancı otlar sadece verim kaybı yönüyle kültür bitkisi yetiştiriciliğine zarar vermemekle kalmayıp, aynı zamanda mücadelesi için kimyasal yöntemlerin tercihi durumunda, kullanılacak pestisit maliyetiyle de zarar vermektedirler. Türkiye’de tarım ilacı tüketimi ortalama 33.000 tondur. Bu ilaç miktarının % 47’si insektisit, % 24’ü herbisit, % 16’sı fungusit, % 13’ü de diğer kimyasal ilaçlardan oluşmaktadır. Kullanılan toplam pestisitlerin maliyeti yaklaşık 230-250 milyon dolar civarındadır (Durmuşoğlu ve ark., 2010).

Herbisit kullanımının bir diğer zarar şekli ise yabancı ot mücadelesinde sık başvurulan bir yöntem olması sebebiyle gereğinden fazla kullanımın insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşması ve çevre kirliliğine neden olması hatta aşırı kullanımlarda flora ve faunada değişikliklere sebebiyet vermesidir.

Tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılan alanlarda görülen yabancı otlardan kaynaklanan doğrudan ve dolaylı kayıpları en aza indirmek için; yetiştirilen kültür bitkisinin çeşidini, çevre koşullarını, yabancı ot türleri ve yoğunluklarını bilmek gerekmektedir (Anonim, 2022c). Bu amaçla ülkemizin farklı coğrafyalarında ve farklı tarla bitkileri türlerine ait yetiştiricilik alanlarında rastlanan yabancı ot türlerine ait çalışmaların bilinmesi, benzer ekolojilerde benzer kültür bitkisi yetiştiriciliği yapılan alanlarda karşılaşması muhtemel yabancı otların tanınması ve buna göre tedbir alınması açısından yararlı olacaktır.

2.1. Buğday Yetiştirilen Alanlarda Görülen Yabancı Otlar

Türkiye buğdayın gen merkezi konumunda olup, ıslah edilmiş buğday türlerinin yanında akraba türlerini de barındırmaktadır. Ülkemiz iklim koşulları açısından çok sayıda buğday türünün yetiştirilmesine elverişlidir ve bütün coğrafik bölgelerimizde buğday yetiştiriciliği yapılmaktadır. Farklı yetiştiricilik alanlarında bölgenin iklim ve toprak yapısına göre farklı yabancı ot türlerinin varlığı, yapılan çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur.

Ateş ve Üremiş (2022)’in Batman İli buğday alanlarında yapmış oldukları çalışmada; tespit edilen yabancı ot türlerinin; kısır yabani yulaf

(*Avena sterilis*), yabancı hardal (*Sinapis arvensis*), boynozlu yoğurt otu (*Galium tricornutum*), çim türleri (*Lolium spp.*), adi fiğ (*Vicia sativa*), gelincik türleri (*Papaver spp.*), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis*), ekin ebesi (*Vaccaria hispanica*), düğün çiçeği (*Ranunculus arvensis*), tarla taşkeseni (*Buglossoides arvensis*), avcı otu türleri (*Adonis sp.*), yabancı arpa (*Hordeum spontaneum*) ve turnagagası türleri (*Geranium spp.*) olduğu ve rastlama sıklıklarının ise sırasıyla; % 86.9, % 79.9, % 76.8, % 70.6, % 66.1, % 61.9, % 51.9, % 42.9, % 41.2, % 37.5, % 37.5, % 29.0, % 28.6 olduğunu belirtmişlerdir

Kordali ve Zengin, (2007)'in Bayburt İlinde iki yıl üst üste yaptıkları çalışmada, ilk yıl yaygın türler olarak; hardal otu (*Sinapis arvensis*), yumrulu jeranium (*Granium tuberosum*), sirken (*Chenopodium album*), köygöçüren (*Cirsium arvense*), yayılğan (*Fallopia convolvulus*), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis*), çobandeğneği (*Polygonum bellardii*) ve yemlik türleri (*Tragopogon spp.*) olarak tespit edilirken, ikinci yıl Gökbaş (*Centaurea depresso*), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis*), yayılğan (*Fallopia convolvulus*), arapbıklası (*Vaccaria pyramidata*), çavdar (*Secale cereale*), köygöçüren (*Cirsium arvense*), çobandeğneği (*Polygonum bellardii*) ve yabancı yulaf (*Avena fatua*) olarak tespit etmişlerdir. Yapılan çalışma aynı coğrafik bölgede olmasına rağmen, birbirini takip eden yıllar bazında bile mevcut türlere ilave farklı yabancı ot türlerinin varlığı tespit edilmiştir.

Taştan ve Erciş (1989)'in Konya, Eskişehir, Yozgat ve Ankara illeri buğday ekim alanlarındaki yürütmüş oldukları sörvey çalışmalarında en fazla rastlanan yabancı ot türleri olarak; kokarot (*Bifora radians*), püsküllü brom (*Bromus tectorum*), sarıot (*Boreava orientalis*), gökbaş (*Centaurea depresso*), boynuzlu yoğurtotu (*Galium tricornutum*), çobandeğneği (*Polygonum bellardii*), ballıbaba (*Wiedemannia purpureum*), hardal otu (*Sinapis arvensis*), tikikuyruğu (*Alopecurus myosuroides*) ve sakal otu (*Aegilops cylindrica*) tespit edilmiştir.

Tekirdağ İli buğday ekim alanlarında Kara (1993) tarafından yapılan sörvey çalışmasında sıklıkla rastlanan yabancı ot türlerinin; yulaf türleri (*Avena* spp.), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis*), sirken (*Chenopodium album*) ve köygöçüren (*Cirsium arvense*) olduğu, bununla birlikte çiğdem şeytanı (*Buplerum croceum*), muhabbet çiçeği (*Reseda lutea* L.), eşek soymacı (*Carduus pycnocephalus* L.), baldıran otu (*Conium maculatum*) ve tarla atkuyruğu (*Equisetum arvense*) gibi türlerin ise m²'deki yoğunluğunun % 0.1'den az olduğunu vurgulamıştır.

Tokat ilinde Sırma ve Günçan (1997) tarafından yapılan çalışmada buğday ekiliş alanlarında hâkim olan yabancı ot türlerinin; hardal otu (*Sinapis arvensis*), yabancı yulaf (*Avena fatua*), yayılğan (*Fallopia convolvulus*), düğün çiçeği (*Ranunculus arvensis*), boynuzlu yoğurtotu (*Galium tricorntutum*), kokarot (*Bifora radians*), baharmavisi (*Veronica hederifolia*) ve çobandeğneği (*Polygonum aviculare* L.) olduğu tespit edilmiştir.

Civelek ve ark. (1997), Elazığ'da arpa ve buğday tarlalarında yaptıkları çalışmada 192 yabancı ot türünün varlığını tespit etmişlerdir. Tespit edilen türler arasında ise en yaygın olanların tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis*), düğün çiçeği (*Ranunculus arvensis*), Trakya hardalı (*Neslia apiculata*), tarla taşkeseni (*Buglossoide arvensis* L.) ve boynuzlu yoğurtotu (*Galium tricorntutum*) olduğunu belirtmişlerdir.

Çoruh ve Zengin (2002), Erzurum da buğday ekim alanlarında rastlanan en yoğun türleri; yumrulu jeranium (*Granium tuberosum*), köygöçüren (*Cirsium arvense*), boynuzlu yoğurtotu (*Galium tricorntutum*), yayılğan (*Fallopia convolvulus*), sarıot (*Boreava orientalis*), dağ sateri (*Satureja montana*) ve çobandeğneği (*Polygonum aviculare* L.) olarak tespit etmişlerdir.

Buğday yetiştirilen alanlarda görülen bu farklı türdeki yabancı otlar sadece verim kaybıyla değil aynı zamanda yabancı ot tohumlarının ürüne karışmasıyla da buğdayın tohumluk değerini ve kalitesini düşürmek suretiyle zararlı olmaktadır. Ülkemizde buğday tohumluğuna karışan yabancı ot

tohumu miktarı % 1.17 olarak bildirilmiştir (Güncaan ve Karaca, 2014). Bu oranda yabancı ot tohumunun yarattığı değer ve kalite kaybına ilaveten, yabancı ot tohumlarının içerdikleri toksik bileşikler (glikozit, alkaloid vb.)'in yaratacağı olası zehirlenmeler diğer bir zarar şeklidir. Özellikle buğday tarlalarında çok görülen zehirli türlerden delice (*Lolium spp.*) ve karamuk (*Agrostemma githago*) hasat esnasında buğday tohumuna karışabilmekte ve elde edilen ekmeğe ya da diğer ürünleri tüketenlerde zehirlenme vakaları yaşanabilmektedir. Buğday tohumluğu içerisinde yer alan yabancı ot tohumları, kaliteyi düşürmenin yanı sıra üzerlerinde barındırdıkları hastalık etmenleri (Pas ve külleme) ile de inokulum kaynağı oluşturmaktadırlar.

2.2. Ayçiçeği Yetiştirilen Alanlarda Görülen Yabancı Otlar

Ülkemizde yağlık ve çerezlik olarak üretimi yapılan ayçiçeği, yağlı tohumlu bitkiler arasında ilk sırayı almaktadır. Marmara, Trakya, Ege, Doğu Anadolu ve Orta Anadolu Bölgelerinde yağlık ayçiçeği yetiştiriciliği yapılırken, çerezlik ayçiçeği üretimi Orta ve Doğu Anadolu Bölgelerinde yapılmaktadır (Anonim 2016). Yağlık ayçiçeği ekiliş alanları 2017 yılından (6.8 milyon da) 2021 yılına %19 artış (8.1 milyon da) göstermiştir. Ekiliş alanındaki artışa paralel olarak üretim miktarı da 1.8 milyon ton dan 2.22 milyon tona ulaşmıştır. Ülkemizin ayçiçeğinde yeterlilik oranı, TÜİK 2020/2021 pazarlama yılı verilerine göre % 62.5'tir. Yüksek verimli çeşitlerin piyasa girmesi neticesinde dekara verim 2017 yılından 2021 yılına 264 kg'dan 273 kg'a yükselmiştir (Anonim 2022b). Ülkemiz ekonomisinde önemli bir yeri olan ayçiçeği tarımını olumsuz yönde etkileyebilecek birçok faktörün yanında yabancı ot zararı da büyük önem arz etmektedir (Kaya ve ark., 2009).

Karabacak ve Uygur, (2017) Çukurova koşullarında ayçiçeği ekim alanlarında yaptıkları çalışmada yabancı otların rastlama sıklıklarını; % 67.7'lik oranla sirken (*Chenopodium album L.*)'i en sık rastlanan yabancı ot olduğunu, bunu % 61.6'lık oranla tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis L.*) % 51.4'lük oranla tilki kuyruğu (*Amaranthus retroflexus L.*) ve % 38.5'lik oranla

boz ot (*Heliotropium europeum* L.) türlerinin takip ettiğini bildirmişlerdir. Ayrıca; topalak (*Cyperus rotundus* L.), çobandeğneği (*Polygonum aviculare* L.), çeti (*Prosopis farcta*), benekli darıcan (*Echinochloa colonum*), köpek dişi ayrığı (*Cynodon dactylon* L.), benekli sütleğen (*Euphorbia prostrata*), yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.), semizotu (*Portulaca oleraceae* L.), kısır yabancı yulaf (*Avena sterilis* L.), geliç (*Sorghum halepense* L.), domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.), canavar otu türleri (*Orobanche spp.*), çakal kavunu (*Cucumis melo*)'nun rastlama sıklığı % 10'nun üzerinde olan türler olarak tespit etmişlerdir.

Ankara ili ayçiçeği yetiştiriciliği yapılan alanlarda, m²'de en fazla bulunan yabancı otlar; sirken (*Chenopodium album* L.), sarı çördük (*Echinophora tenuifolia*), tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus* L.), horozibiği (*Amaranthus albus*) ve döngele (*Salsola kali*) olmuştur. İkinci yılda Gölbaşı ilçesinde bulunan ayçiçeği tarlasında m²'de en fazla bulunan yabancı otlar; dil kanatan (*Galium aparine* L.), tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus* L.), sarı çördük (*Echinophora tenuifolia*), domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.) ve arpa (*Hordeum vulgare*) olmuştur (Başaran ve ark. 2017).

Asav ve Serim (2019)'in Ankara ili ayçiçeği ekim alanlarında yaptıkları sörvey çalışmaları sonucunda % 48.1'lik oranla narin canavar otu (*Orobanche ramosa* L.) rastlanma sıklığı en fazla olan yabancı ot olmuştur. Bunu sırasıyla % 47.2'lik oranıyla domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.), % 45.3'lük oranıyla tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), % 41.9'lük oranıyla tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus* L.), % 41.8'lik oranıyla sirken (*Chenopodium album* L.), % 40.3'lük oranıyla yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.), ve % 26.4'lük oranıyla horozibiği (*Amaranthus albus*) izlemiştir. En az rastlanma sıklığına sahip olan (% 1'in altında kalarak) yabancı otlar ise; tarla hazeranı (*Consolida regalis*), beyaz hindiba (*Cichorium intybus* L.), yabancı labada (*Rumex obtusifolius* L.), karamuk (*Agrostemma githago*) ve sığırdili (*Anchusa officinalis* L.) olmuştur.

Yapılan çalışmalarda farklı coğrafyalarda farklı türlerin varlığı tespit edilmiştir. Ayçiçeği yetiştiriciliğinde birim alandan daha fazla verimin elde edilebilmesi için en önemli faktör entegre mücadele kapsamında yabancı otlarla yapılacak mücadeledir. Yabancı otlarla yapılacak mücadelenin gerektiği gibi yapılmaması durumunda % 60'lara varan verim kaybı meydana gelebilir. Yabancı otlara karşı mücadelede aşamasında yapılması gereken ilk iş ise ayçiçeği ekim alanlarında yoğun olarak görülen yabancı otların tespit edilmesi, yaygınlık ve yoğunluklarının ortaya konmasıdır. Bu tespitlerin yapılmaması durumunda entegre mücadelenin başarıya ulaşma oranı da düşecektir.

2.3. Mısır Yetiştirilen Alanlarda Görülen Yabancı Otlar

Ülkemizde mısır; Akdeniz (Özellikle Çukurova ve Amik Ovası), Ege, İç Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Karadeniz Bölgeleri olmak üzere hemen hemen her bölgede yetiştirilmektedir. Mısır bitkisi, başta pamuk olmak üzere buğday ve yağlı tohumlu bitkilerle ekim nöbetine girme özelliği sebebiyle tercih edilen bir üründür.

Son yıllarda mısır ekiliş alanlarının artışıdaki ana etkenlerden birisi İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde sulanabilir tarım arazilerin artması ikincisi ise Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri başta olmak üzere kıyı bölgelerde ikinci ürün tarımının yaygınlaştırılması gösterilebilir.

Tokat iline bağlı ilçelerde mısır yetiştirilen alanlarda sorun olan yabancı otların belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada; Kazova ilçesinde darıcan (*Echinochloa crus-galli* L.) ve tilkikuyruğu (*Amarantus retroflexus*), Merkez ilçede darıcan (*Echinochloa crus-galli* L.) ve tilkikuyruğu (*Amarantus retroflexus*), Pazar ilçesinde tilkikuyruğu (*Amarantus retroflexus*), Turhal ilçesinde tilkikuyruğu (*Amarantus retroflexus*)'nun en yaygın türler olduğunu belirtmişlerdir (Kaçan ve ark., 1997).

Işık ve ark. (2015)'nin Samsun'da mısır yetiştiriciliğinde yabancı otlarla mücadele etkinliğini artırmak amacıyla yürüttükleri çalışmada deneme alanında çok bulunan yabancı ot türleri olarak; sirken (*Chenopodium album* L.),

imam pamuğu (*Abutilon theophrastii*), horozibiği (*Amaranthus retroflexus* L.), çobandeğneği (*Polygonum lapathifolium* L.), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.), darıcan (*Echinochloa crus-galli*), şeytan elması (*Datura stramonium* L.), kirpi darı (*Setaria glauca* L.), kuzukulağı (*Rumex crispus* L.)'nı tespit etmişlerdir.

Adana ilindeki mısır yetiştiriciliği yapılan alanlarda sorun olan yabancı otları belirlemek amacıyla yaptıkları anket çalışması sonucuna göre; yapışkan türleri (*Setaria spp.*), topalak (*Cyperus rotundus* L.), semiz otu (*Portulaca oleracea* L.), kanyaş (*Sorghum halepense* L.), domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.), tilki kuyruğu türleri (*Amaranthus spp.*) ve darıcan türleri (*Echinochloa spp.*) en yaygın türler olarak belirlenmiştir (Güngör, 2005).

İşler (2018) tarafından Çukurova'da ana ve ikinci ürün mısır yetiştiriciliği yapılan alanlarda yapılan çalışmada, üreticilerin en çok karşılaştıkları yabancı otun ana üründe; darıcan türleri (*Echinochloa spp.*), yapışkan türleri (*Setaria spp.*), tilkikuyruğu türleri (*Amaranthus spp.*), kanyaş (*Sorghum halepense* L.) ile semizotu (*Portulaca oleracea* L.) olduğunu, ikinci üründe ise, kanyaş (*Sorghum halepense* L.), domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.), yapışkan türleri (*Setaria spp.*), darıcan türleri (*Echinochloa spp.*) ile tilkikuyruğu türleri (*Amaranthus spp.*) olduğunu belirtmiştir. Ana ürün yetiştiricilikte de ikinci ürün yetiştiricilikte de benzer yabancı otların mısırdaki yaygın türler olduğu görülmektedir.

Mısır yetiştiriciliğinde yabancı otlarla mücadelede kimyasal yöntem tercih edilecekse mısır çeşidi hakkında bilgi sahibi olunması gerekmektedir. Çünkü farklı yetiştiricilik amacına göre yetiştirilen şeker mısırı ve cin mısırı gibi mısır çeşitleri bazı herbisitlere karşı çok hassas olabilmektedir. Mısır hatlarının herbisitlere tepkisinde de farklılıklar bulunmaktadır (Brankov ve ark., 2012).

2.4. Çeltik Yetiştirilen Alanlarda Görülen Yabancı Otlar

Çeltik, sahip olduğu enerji ve protein değeriyle dünya nüfusunun beslenmesinde en önemli gıda maddesi olarak bilinmektedir (Verma ve Shukla, 2011). Ülkemizde 2020-2021 üretim sezonunda 125 bin ha alanda çeltik üretimi gerçekleştirilmiştir. Yetiştiriciliğin yapıldığı alanlarda önemli bir sorun olan yabancı otlarla gereği gibi mücadele yapılmadığı takdirde % 20-30 oranında ürün kaybına sebebiyet vermektedir. Bununla birlikte çeltik tohumlarının yabancı ot tohumları ile bulaşık olması durumunda ise; ürün değerinin ve kalitesinin düşmesine neden olur. Bunun için yabancı ot kontrolünün zamanında ve uygun yöntemlerle yapılmasına dikkat edilmelidir.

Samsun ili çeltik yetiştiriciliği yapılan alanlarda sorun teşkil eden yabancı otların tespit edilmesi amacıyla Işık ve ark., (2000) yapılan çalışmada en sık rastlanan yabancı ot; darıcan (*Echinochloa crus-galli*), kurbağa kaşığı (*Alisma plantago aquatica*) ve hendek otu (*Paspalum paspalodes*) olurken, tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.) ve mürdümük (*Lathyrus spp.*) türleri en az rastlanılan türler olarak belirlenmiştir.

Güneydoğu Anadolu bölgesinde Diyarbakır, Şanlıurfa, Siirt ve Adıyaman illeri çeltik üretim alanlarındaki yabancı otları belirlemeye yönelik Özasan, (2015) tarafından yapılan çalışmada diğer bölgelerden farklı tür ve familyaların olduğu, ancak en fazla takson içeren familyaların diğer çalışmalarla benzer şekilde 12 taksonla buğdaygiller (*Poaceae*), 8 taksonla papirüsçiller (*Cyperaceae*) ve 12 taksonla papatyagiller (*Asteraceae*) familyaları olduğu dikkat çekmektedir.

Hatay İli çeltik üretim alanlarında Üremiş ve ark. (2015) tarafından yapılan yabancı otların tespitine yönelik çalışmada. Çalışmada en sık rastlanan yabancı otların; darıcan (*Echinochloa crus-galli*), kız otu (*Cyperus difformis*), su ayrığı (*Paspalum paspaloides*), benekli darıcan (*Echinochloa colonum*) ve söğütotu (*Persicaria perfoliata*) olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca kanyaş (*Sorghum halepense*) ve Çukurova fener otu (*Physalis angulata*) gibi yabancı

ot türlerinin çeltik tarlalarında düşük oranlarda bulunmalarına rağmen, bazı virüslerin vektörü konumunda olan yaprak biti türlerinin konukçusu olmaları nedeniyle mücadelesi gerekli türler olarak vurgulamışlardır.

2.5. Şekerpancarı Yetiştirilen Alanlarda Görülen Yabancı Otlar

Şeker pancarı insanların temel besin maddelerinden olan şekerin hammaddesi olma özelliğinin yanı sıra, hayvan beslenmesi açısından da önemli bir konumdur. Ayrıca şeker pancarı kendisinden sonra ekilen ürünlerin verimini olumlu yönde etkileyen bir bitki olması da diğer bir faydasıdır.

Şeker pancarı yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi etkileyen birçok biyotik ve abiyotik faktörler bulunmaktadır. Biyotik faktörler; hastalık, zararlılar ve yabancı otlar şeklinde sıralanabilir. Yabancı otlar şeker pancarının besin elementine, su ve suda erimiş inorganik maddelerine ortak olmak ve güneş ışığını engellemek suretiyle önemli ölçüde verim ve kalite kaybına sebep olmaktadır. Yabancı otların direk zararın yanında, hastalık ve zararlılara konukçuluk yapmak suretiyle birçok sekonder zarara neden olabilmektedir (Hull, 2002)

Akça ve Işık (2016)'ın Kayseri ilinde şeker pancarı yetiştiriciliği yapılan alanlarda yaptıkları çalışmada en fazla rastlanan yabancı otlar; sirken (*Chenopodium album* L.), tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus* L.), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis*), domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.), sürünücü horozibiği (*Amarantus blitoides*), darıcan (*Echinochloa crus-galli*), küsküt türleri (*Cuscuta* sp.), hibrid horozibiği (*Amarantus chlorostachys*), halkavi yapraklı adaçayı (*Salvia verticillata*) ve dikenli döngel (*Salsola ruthenica*) olarak tespit edilmiştir.

Şeker pancarı yetiştiriciliği yapılan alanlarda darıcan (*Echinochloa crus-galli*), tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus* L.), sirken (*Chenopodium album* L.) ve çobandeğneği (*Polygonum aviculare* L.), ilk sulamadan sonra görülen birinci derece önemli türler olduğu belirtilmiştir (Özkan ve Kaya, 2008). Şeker

pancarı yetiştiriciliği yapılan alanlarda yabancı otlarla mücadele için kritik dönem şeker pancarı gelişim hızının düşük olduğu 10-12 haftalık dönemdir (Işık ve Akça, 2018).

2.6. Pamuk Yetiştirilen Alanlarda Görülen Yabancı Otlar

Tekstil endüstrisinde kullanılmakta olan en önemli bitkilerden biri olan pamuk, dünyada üretilen liflerin % 35'ini teşkil etmektedir (Gündüz ve Dölekoğlu, 2020). Türkiye tarım sektörünün önemli bitkilerinden birisi olan pamuk, endüstri bitkileri içerisinde % 5'lik orana sahipken, GSYİH'nın da % 1'ini oluşturmaktadır (Tokel, 2021). Diğer tüm tarla bitkileri üretiminde olduğu gibi pamuk üretiminde asıl amaç, birim alandan en yüksek verimin elde edilmesidir. Dünyada pamuk üretim maliyetlerine bakıldığında % 18'ini emek yoğun yabancı ot mücadelesinin teşkil ettiği görülmektedir (ICAC, 2013).

Yaptığı çalışmada, Harran ovasında pamuk yetiştiriciliği yapan çiftçilerin ürettikleri tohumlukların yabancı ot bulaşma oranını araştıran Bükün (2005), tohumluklarla karışık halde horozibiği (*Amaranthus spp.*), darıcan türleri (*Echinochloa spp.*), fener otu (*Physalis spp.*), yapışkan otu (*Setaria spp.*), sirken türleri (*Chenopodium spp.*) ve kanyaş (*Sorghum halepense* L.) türlerine ait altı farklı yabancı ot türünün olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Bükün (2005), 45 farklı çırçır fabrikasından temin edilen numunelerde horozibiği türleri (*Amaranthus spp.*), sirken türleri (*Chenopodium spp.*), fener otu türleri (*Physalis spp.*), yapışkan otu türleri (*Setaria spp.*), darıcan türleri (*Echinochloa spp.*) ve kanyaş (*Sorghum halepense* L.) türlerinin tohumlarının karışık olduğunu belirtmiştir.

Yaptıkları çalışmalarda horozibiği türleri (*Amaranthus spp.*)'nin pamuk yetiştirilen alanlarda önemli derecede verim kaybına neden olan yabancı ot olarak belirlemişlerdir (Çelik ve ark., 2010; Eren ve ark., 2016; Tepe, 2014).

Diyarbakır ili pamuk ekim alanlarında yaptıkları çalışmada en yaygın yabancı ot türlerinin; domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.), fener otu (*Physalis spp.*) türleri, tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus* L.), it üzümü

(*Solanum nigrum* L.), semizotu (*Portulaca oleracea* L.), kanyaş (*Sorghum halepense* L.) ve topalak (*Cyperus rotundus* L.) olduğunu belirtmişlerdir (Özaslan ve ark. 2011).

Pala ve Mennan (2016a) GAP Bölgesinde pamuk yetiştiriciliği yapılan alanlarda sık rastlanan yabancı ot olan *Amaranthus* türlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada *Amaranthus* türlerinden; horozibiği (*Amaranthus albus*), hibrid horozibiği (*Amaranthus chlorostachys*), amarant (*Amaranthus lividus* L.) ve tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus*) olmak üzere 4 farklı cinsin bulunduğunu belirtmişlerdir.

Yine aynı araştırmacıların, Siirt ili pamuk yetiştiriciliği yapılan alanlarında bulunan tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus*)'un yoğunluk ve rastlanma sıklığını belirlemek için yaptıkları çalışmada m²'deki bitki sayısını ve rastlanma sıklığının mayıs-haziran aylarında sırasıyla 0.37 adet, % 32.1 ve eylül-ekim aylarında sırasıyla 1.20 adet, % 51.8 olduğunu belirtmişlerdir Pala ve Mennan (2016b).

Diyarbakır'daki pamuk üreticileri ile yapılan ankette, üreticiler için sorun teşkil eden yabancı otların; % 51 oranında domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.), % 22 oranında it üzümü (*Solanum nigrum* L.) % 8 oranında fener otu türleri (*Physalis spp.*), % 5 oranında tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus* L.) ve kanyaş (*Sorghum halepense* L.) olduğunu belirtmişlerdir (Pala ve Mennan, 2018).

2.7. Nohut Yetiştirilen Alanlarda Görülen Yabancı Otlar

Dünya nohut üretim değerlerine bakıldığında ülkemiz ekiliş alanı bakımından İran'dan sonra beşinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde 2020 yılı rakamlarına göre yaklaşık 512 bin ha nohut ekiliş alanı vardır. Türkiye de nohut hemen hemen tüm illerde yapılmaktadır ve nohut üretimi açısından ön plana çıkan iller sırasıyla Kırşehir, Mersin, Antalya, Yozgat, Konya, Kütahya, Karaman, Gaziantep şeklinde sıralanmaktadır (TÜİK 2020). Nohut yetiştiriciliği yapılan alanlarda önemli biyotik faktörlerden birisi olan yabancı

otlar, su ve bitki besin maddelerinin kullanımı aşamasında rekabet etmekte, allelopatik etkileri nedeniyle değişen düzeylerde verim ve kalite kayıplarına neden olabilmekte, ürün hasadı güçleştirerek te kalite özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Joshi ve Joshi, 2016).

Yılar ve ark. (2021) tarafından Kırşehir ili nohut üretim alanlarında yapılan çalışmada yabancı otların rastlanma sıklıklarını; % 61.4'lük oranla yabancı yulaf (*Avena fatua* L.) % 52.6'lık oranla tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), % 47.4'lük oranla sirken (*Chenopodium album*) ve % 28.1'lik oranla köy göçüren (*Cirsium arvense*) olarak tespit edilmiştir.

Kahramanmaraş nohut üretim alanlarında yaygın olarak görülen yabancı otların tespiti amacıyla yapılan araştırmada, sirken (*Chenopodium album*), tilkikuyruğu (*Amarantus retroflexus*), yabancı hardal (*Sinapis arvensis*), köpekdişi ayrığı (*Cynodon dactylon*) ve sabankıran (*Elymus repens*) türlerinin yoğun türler olarak belirlenmiştir (Üstüner, 2016).

Göktepe (2016) tarafından Uşak ili nohut üretim alanlarında yabancı ot yoğunluğunun belirlendiği çalışmada; m²'de 10.02 adetle sirken (*Chenopodium album*), 4.29 adetle kısır yabancı yulaf (*Avena sterilis*), 3.59 adetle tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis*) ve 1.04 adetle yabancı hardal (*Sinapis arvensis*) olduğunu bildirmiştir.

2.8. Diğer Bazı Tarla Bitki Türlerinin Yetiştirildiği Alanlarda Görülen Yabancı Otlar

Ülkemiz tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılan alanlarda oransal olarak daha az ekiliş alanına sahip birçok tür bulunmaktadır. Bu türlere ait ekiliş alanlarında da ekonomik zarara sebebiyet veren yabancı ot türlerinin belirlenmesine amacıyla çeşitli çalışmalar yapılmıştır.

Bilgili ve ark. (2001) tarafından Tokat ve yöresinde patates yetiştiriciliği yapılan alanlarda bulunan yabancı otların belirlenmesi amacıyla yapılan sörvey çalışmasında; it üzümü (*Solanum nigrum* L.), sirken (*Chenopodium album*), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis*), yoğurt otu (*Galium aparine*), İngiliz

çimi (*Lolium perenne*) ve karagözmancarı (*Amarantus hybridus*) en yaygın yabancı ot türleri olarak belirlenmiştir.

Budak ve ark., (2020) tarafından Ankara ili kimyon yetiştiriciliği yapılan alanlarda bulunan yabancı otların rastlanma sıklığını % 90.6'lık oranla yabancı yulaf (*Avena fatua* L.), % 67.1'lik oranla tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), % 65.3'lük oranla gökbaş (*Centaurea depressa* L.), % 54.1'lik oranla muhabbet çiçeği (*Reseda lutea* L.) ve % 45.3'lük oranla kendigelen buğday (*Triticum aestivum*) olarak tespit etmişlerdir. Yine Ankara ili kimyon yetiştiriciliği yapılan alanlarda en sık rastlana yabancı otlar olarak; tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), sirken (*Chenopodium album* L.), çobandeğneği (*Polygonum aviculare* L.) ve boyao tu (*Chrozophora tinctoria* L.) olduğu saptanmıştır (Mengüç ve ark., 2016).

Özdemir ve Işık, (2020)'in Kayseri ili çerezlik kabak yetiştiriciliği yapılan arazilerindeki yabancı otların rastlama sıklığını; % 100 rastlama oranı ile sirken (*Chenopodium album* L.), % 97.1'lik rastlama oranı ile kırmızı köklü tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus* L.), % 94.3'lük rastlama oranı ile demir diken (*Tribulus terrestris* L.), % 75.7'lik rastlama oranı ile boz ot (*Heliotropium europaeum* L.), % 62.9'lük rastlama oranı ile tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), % 61.4'lük rastlama oranı ile adi kanarya otu (*Senecio vulgaris* L.), % 58.6'lık rastlama oranı ile soda otu (*Salsola kali* L.) ve % 57.1'lik rastlama oranı ile kuş çobandeğneği (*Polygonum aviculare* L.) olarak tespit etmişlerdir. Ronald ve Charles, (2012) çerezlik kabak yetiştiriciliğinden yabancı otlarla etkin bir mücadele yapılmadığı sürece iyi bir verim almanın mümkün olmayacağını belirtmiştir.

3. TARLA BİTKİLERİ YETİŞTİRİLEN ALANLARDA GÖRÜLEN YABANCI OTLARLA MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılan alanlarda görülen ve ekonomik olarak zarara sebebiyet veren yabancı otlarla mücadelede; kültürel, mekanik, biyolojik ve kimyasal yöntemler kullanılmaktadır.

3.1. Kültürel mücadele

Yabancı otların tohum ya da vejetatif aksamaları çeşitli yollarla (Rüzgâr, su, tarım alet ve makinaları) taşınmak suretiyle yayıldığı için söz konusu bulaşma yollarına karşı tedbirlerin alınması büyük önem arz etmektedir (Güncan, 2002). Tarla bitkileri ekilişlerinde tohum yatağı hazırlığının titizlikle yapılması, kullanılan tohumluğun sertifikalı olması, ekiliş alanlarında kullanılan çiftlik gübresinin yanmış olması ve tüm önlemlere rağmen yine de çıkışı engellenemeyen yabancı otların tohum bağlamadan yok edilmesi başlıca kültürel önlemlerdir.

Yabancı otlarla kültürel mücadelede en uygun yöntemlerden birisi de yetiştiricilikte ekim nöbeti (Münavebe) uygulamaktır (Liebman ve Gallandt, 1997). Münavebe; kültür bitkilerinin ekim tarihlerinin, fenolojilerinin, rekabet güçlerinin, sulama, çapa, gübreleme isteklerinin ve hasat tarihlerinin farklılığıyla yabancı ot türleriyle olan ilişkilerinde periyodik olarak değişime sebep olarak, tarla bitkileri yetiştirilen alanlarda sorun olan yabancı ot popülasyonların kontrol altına alınabilmesine yardımcı olmaktadır (Vencill ve ark., 2012).

3.2. Mekanik Mücadele

Tarla bitkileri yetiştiriciliği alanlarında yapılacak sürümle yeni çıkan ve çimlenmekte olan yabancı otların yok edilmesi sağlanır. Yabancı otların çıkışı sonrası işgücü maliyetleri dikkate alınarak yapılacak çapalama da yabancı otlarla mücadelede etkin rol oynamaktadır. Yetiştirilen tarla bitkisinin türüne

göre değişmekle birlikte sıra arasının siyah plastik malzeme ya da ışık geçirgenliği olmayan materyallerle kaplanmak suretiyle malçlama yapmak ta yabancı otlarla mücadelede kullanılan etkin metotlardan birisidir. Özellikle çeltik yetiştirilen alanlarda başvuru olan bir diğer mekanik yöntem ise yabancı otları su altında bırakarak yok etme yöntemidir. Doğal dengeyi bozmayacak şekilde yakmak, yabancı otlarla mücadele de zorunlu hallerde başvurulabilecek bir diğer yöntemlerdendir.

3.3. Biyolojik Mücadele

Kültür bitkisine zarar vermeden, üzerinde bulunduğu konukçu bitkilere direkt veya indirekt olarak zarar veren ya da zayıflatan doğal düşmanların (fitofagus veya fitopatojenik) kullanılmasıyla yabancı otlarla biyolojik mücadele gerçekleştirilmektedir (Zengin, 1997). Biyolojik mücadelede amaç tamamen yabancı otu yok etmek değil, dengede tutmak olmalıdır. Çünkü bir bölge için yabancı ot olan bir bitki başka bir bölge için değerli bir bitki konumunda olabilir. Yabancı otlarla biyolojik mücadelede başarı, kullanılacak böcek veya hastalık etmeninin seçici olması ve yabancı otlara akraba bitkilerin iyi irdelenmesi ile direkt ilişkilidir (Van Zon, 1984).

3.4. Kimyasal Mücadele

Tarla bitkileri açısından sorun teşkil eden yabancı otlarla mücadele yöntemlerinden en son başvurulması gereken yöntem kimyasal mücadeledir. Kimyasal mücadelenin zorunlu olduğu durumlarda, yetiştirilen kültür bitkisinin türüne ve yabancı otun özelliklerine göre ekim öncesi, çıkış öncesi ya da çıkış sonrası kimyasal mücadele yapılabilmektedir (TAGEM 2022).

4. SONUÇ

Tüm Dünyada olduğu gibi Ülkemizde de tarımsal üretim ve tarımsal sanayinin gelişmesinde büyük öneme sahip tarla bitkileri, insanların vazgeçilmezleri olan; barınma, beslenme, giyinme ve hatta tedavi de dâhil olmak üzere zaruri gereksinimlerini karşılamada büyük öneme sahiptir.

Tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılan alanlarda yabancı otlara karşı gerekli tedbirlerin alınmaması durumunda, yabancı otun ve kültür bitkisinin türüne bağlı olarak değişmekle birlikte, % 20-100 arasında verim kaybına sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenle yabancı otlardan ileri gelen sorunların en düşük seviyede tutulması ve verimin arttırılabilmesi için yabancı otlarla uygun metotlarla mücadele gereklidir. Yabancı otlarla mücadelede yetiştiriciliği yapılan ürün gruplarına göre baskın olan yabancı ot türlerinin bilinmesi büyük önem arz etmektedir. Ülkemiz ekonomisinde tarla bitkileri içerisinde yetiştiricilik açısından ön plana çıkan bazı kültür bitkileri ekiliş alanlarında yaygın yabancı ot türlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmaların incelendiği bu çalışmada, farklı coğrafyalarda yetiştirilen aynı tür kültür bitkilerinde benzer yabancı ot türlerinin zararına maruz kaldığı görülmektedir. Ülkemiz en çok yetiştiriciliği yapılan tarla bitkisi türü olan buğday yetiştiriciliği yapılan alanlarda; *Sinapis arvensis*, *Convolvulus arvensis*, *Ranunculus arvensis*, *Buglossoides arvensis*, *Sinapis arvensis*, *Chenopodium album*, *Cirsium arvense*, *Fallopia convolvulus*, *Polygonum bellardii*, *Centaurea deprassa*, *Avena fatua* ve *Alopecurus myosuroides*'in yaygın yabancı ot türleri olduğu, mısır yetiştiriciliği yapılan alanlarda ise; *Xanthium strumarium* L., *Amaranthus retroflexus* L., *Polygonum lapathifolium* L., *Convolvulus arvensis* L., *Echinochloa crus-galli*, *Datura stroamonium* L., *Chenopodium album* L., *Echinochloa spp.*, *Setaria spp.*, *Amaranthus spp.*, *Sorghum halepense* L. ve *Portulaca oleracea* L.'nin baskın yabancı ot türleri olduğu görülmektedir.

Tarla bitkileri yetiştirilen alanlarda sorun yaratan yabancı otların sebep olduğu verim kaybını önlemek amacıyla mücadelede kültürel önlemler başta olmak üzere tüm tedbirlerin alınması gerekmektedir. Mücadele yöntemlerinden kimyasal mücadele yönteminin tercih edilmesi halinde sürdürülebilir tarım ve çevre arasındaki dengenin korunması göz ardı edilmemelidir. Hem üretim aşamasında hem de tarımsal sanayi aşamasında doğal kaynakların korunması

ve çevreye zararı olmayan tarımsal teknolojilerin kullanılması tarımın ana hedeflerinden olmalıdır (Turhan, 2005).

KAYNAKÇA

- Akça A., Işık, D., 2016. Kayseri ili şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) ekiliş alanlarında bulunan yabancı otların tespiti. Bitki Koruma Bülteni, 56 (1): 115-124.
- Anonim 2016. Tarımsal istatistikler. www.tuik.gov.tr/ (Erişim Tarihi: 20.12.2016).
- Anonim, 2022a. Tarla Bitkileri Tarımı ve Endüstrisi. <https://ziraat.isparta.edu.tr>.
- Anonim, 2022b. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/> Piyasalar.
- Anonim, 2022c. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/TeknikTalimatlar>.
- Asav, Ü., Serim, A. T. 2019. Ankara ili ayçiçeği (*Helianthus annuus* L) ekiliş alanlarında bulunan yabancı otların tespiti Bitki Koruma Bülteni / Plant Protection Bulletin, 59 (4) : 29-34.
- Ateş, E., Üremiş, İ. 2022. Batman İli buğday ekim alanlarında bulunan yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi, Turkish Journal of Weed Science 25(1): 9-19.
- Başaran, M.S., Serim, A.T., Asav, Ü., 2017. Ankara ayçiçeği ekim alanlarında sorun olan domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.)'nın meydana getirdiği ürün kayıpları ve ekonomik zarar eşliğinin belirlenmesi. Bitki Koruma Bülteni, 57 (3), 251–262.
- Bilgili, A., Kadoğlu, İ. 2001. Tokat ve yöresinde patatete (*Solanum tuberosum* L.) bulunan yabancı ot türleri, yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (2): 9-15.
- Brankov, M., Dragičević, V., Simić, M., Vrbničanin, S., Spasojević, I. 2012. The sensitivity of maize lines to different herbicides. In Proceedings of the International Symposium on Current Trends in Plant Protection, Belgrade, Serbia, 25-28th September, 2012, pp. 178-182.
- Budak, İ., Serim, A. T., Asav, Ü. 2020. Ankara İli kimyon (*Cuminum cyminum* L.) tarlalarında bulunan yabancı otların tespiti, Turkish Journal of Weed Science 23(2): 137-143.
- Bükün, B. 2005. Weed flora changes in cotton growing areas during the last decade after irrigation of Harran Plain in Sanlıurfa, Turkey. Pakistan Journal of Botany, 37(3): 667-672.

- BUGEM, 2022. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitkisel Üretim Verileri file:///C:/Users/HP/Desktop/BUGEM.pdf
- Civelek, Ş., Kırbag S., Parlak Y. 1997. Elazığ İli tahıl tarlalarındaki yabancı otların belirlenmesi. Türkiye II. Herboloji Kongresi, 1–4 Eylül 1997, İzmir, 53.
- Combella, J.H., 1987. Weeds in cropping-their cost to the Australian economy. Plant Protection Quarterly, 2:2.
- Çelik, İ., Soysal, M., İnan, Ö., Çetinkaya, M. 2010. Antalya Bölgesinde pamuk solgunluk hastalığı (*Verticillium Dahliae*) Surveyi. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 27(1):18-32.
- Çelik, N. 2000. T.C. Cumhurbaşkanlığı. Retrieved Kasım 18, 2020, from Strateji ve Bütçe Başkanlığı Web Sitesi: <https://sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2018/11/NebiCelik.pdf>
- Çoruh, İ., Zengin, H. 2002. Erzurum İli Aşkale ve Horasan İlçelerinde buğday ekim alanlarında topraktaki tohum rezervi ile yabancı otlama arasındaki ilişkinin saptanması. Türkiye Herboloji Dergisi, 4,2:36–46.
- Durmuşoğlu, E., Tiryaki, O., Canhilal, R. 2010. Türkiye'de pestisit kullanımı, kalıntı ve dayanıklılık sorunları, VII. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, MMOB Ziraat Mühendisleri Odası Bildiriler Kitabı, Ankara, Türkiye, 11-15 Ocak, 2:589-607.
- Eren, Ö., Doğan, M.N., Boz, Ö., Türkseven, S., Özcan, R. 2016. *Amaranthus palmeri* L. [In: Raab-Straube, E. von & Raus, T. (Editors), Euro+Med-Checklist Notulae, 6], Willdenowia. 423-424, 437-441
- Göktepe, O. 2016. Uşak İli nohut ekiliş alanlarında sorun olan yabancı otlar, yoğunlukları ve rastlanma sıklıklarının belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Isparta, 66s.
- Güncan, A. 2002. Anadolu'nun doğusunda buğday ürününe karışan yabancı ot tohumları, bunların yoğunlukları. Konya Ticaret Borsası Dergisi. Konya 5(11):36-41.
- Güncan, A. 2010. Yabancı Ot Mücadelesi (Genişletilmiş ve İlaveli İkinci Baskı), Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Konya, 278 s.

- Güncan, A., Karaca, M., 2014. Yabancı Ot Mücadelesi, Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Yayını. III. Baskı, Konya, 309s
- Gündüz, F. F., Özlem, A., Gündüz, S., Dölekoğlu, C. 2020. Determination of the factors affecting cotton export of Turkey: A panel gravity model approach. Akademik Hassasiyetler, 7(13), 547-564.
- Güngör, M. 2005. Adana İli mısır ekim alanlarında yabancı otlara karşı uygulanan kimyasal mücadelenin önemi ve ortaya çıkan sorunların araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hull, R. 2002. Matthew's plant virology. Academic Press, California, USA, 1001 p.
- ICAC, 2013. Overview of World fiber production. International Cotton Advisory Committee Cotton (ICAC), Presentation before the 1st. International Conference on Natural Fibres, Guimarães, Portugal, 9-11 June 2013.
- Işık, D., Dok, M., Kaya Altop, E., Mennan, H. 2015. Mısır yetiştiriciliğinde erken toprak işleme ve Glyphosate'nin çıkış öncesi ve çıkış sonrası yabancı ot mücadele yöntemleri ile birlikte kullanılabilirliğinin araştırılması, Tarım Bilimleri Dergisi–Journal of Agricultural Sciences 21: 596-605.
- Işık, D., Akça, A. 2018. Assessment of weed competition critical period in sugar beet. Journal of Agricultural Sciences 24: 82-90.
- Işık, D., Mennan, H., Ecevit, O. 2000. Samsun ili çeltik ekim alanlarında görülen yabancı ot türlerinin belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniv Zir Fak Derg, 15(3): 99-104.
- İşler, N. 2018. Mısır Tarımı. Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ders notu, Hatay.
- Joshi N., Joshi A. 2016. Allelopathic effects of weed extracts on germination of wheat. Annals of Plant Sciences, 5(5): 1330-1334.
- Kaçan, K., Tursun, N., Önen, H. 1997. Kazova (Tokat)'da mısır (*Zea Mays* L.) ekim alanlarında sorun olan yabancı otlar. Türkiye II. Herboloji Kongresi. 189-194, Tokat.
- Kara, A., 1993. Tekirdağ İli buğday ekim alanlarında görülen önemli yabancı ot türleri, yayılışları ve bunlardan en önemlilerinin biyolojisi üzerinde araştırmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yayınlanmamış doktora tezi).

- Karabacak, S., Uygur, F. N. 2017. Çukurova Bölgesi ayçiçeği ekim alanlarında sorun olan yabancı ot türleri ve yoğunlukları, Turkish Journal of Weed Science 20(2):46-54.
- Kaya, Y., Evcı, G., Pekcan, V., Gücer, T., Yılmaz, M.Ş. 2009. Ayçiçeğinde yağ verimi ve bazı verim öğeleri arasında ilişkilerin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 15 (4), 310-318.
- Kordali, Ş., Zengin, H. 2007. Bayburt İli buğday ekim alanlarında bulunan yabancı otların rastlama sıklığı, yoğunlukları ve topluluk oluşturma durumlarının saptanması. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 38 (1): 9-23.
- Lacey, A. J. 1985. Weed Control. In Pesticide application: principles and practice, P.T. Haskell (ed),456-85. Oxford: Oxford University Press.
- Liebman, M., Gallandt, E.R. 1997. Many little hammers: ecological management of crop–weed interactions. In: Jackson LE. (eds.) Ecology in Agriculture. San Diego, CA: Academic Press. pp. 291–343.
- Mengüç, Ç., Özcan, S., Çaldıran, U., Elibüyük, İ. Ö. 2016. Ankara İli kimyon alanlarında sorun olan yabancı ot türleri. Uluslararası Katılımlı Türkiye VI. Bitki Koruma Kongresi. Bildiri Özetleri Kitabı s 859.
- Özaslan, C. 2011. Diyarbakır İli buğday ve pamuk ekim alanlarında sorun olan yabancı otlar ile üzerindeki fungal etmenlerin tespiti ve bio-etkinlik potansiyellerinin araştırılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Konya.
- Özaslan, C. 2015. Determination of weeds in rice of south eastern anatolian region of Turkey. Scientific Papers Series A. Agron, LV(III): 260-265.
- Özcan, S. 2009. Modern Dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: Genetiği değiştirilmiş (Transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 2(2): 01-34.
- Özdemir, Ç., Işık, D. 2020. Kayseri İli çerezlik kabak ekiliş alanlarında görülen yabancı otların tespiti, Turkish Journal of Weed Science 23(1):74-80.
- Özkan, O.U., Kaya, İ. 2008. Van Gölü Havzası şeker pancarı alanlarında sorun olan yabancı otların belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Türkiye Herboloji Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 1, 2008, 8-15s, 65080 Van.

- Pala, F., Mennan, H. 2016a. Güneydoğu Anadolu Bölgesi pamuk alanlarında bulunan horozibiği (*Amaranthus spp.*) türlerinin, yaygınlıklarının ve yoğunluklarının belirlenmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2):139-148.
- Pala, F., Mennan, H. 2016b. Siirt İli pamuk ekim alanlarında kırmızı köklü tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus* L.) yoğunluğunun saptanması ve bazı biotiplerinin Trifluralin'e dayanıklılığının araştırılması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 3: 55-63.
- Pala, F., Menan, H. 2018. Diyarbakır İli pamuk ekim alanlarında sorun olan yabancı otlar ve uygulanan kontrol yöntemlerinin araştırılması. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 55 (1):111-117.
- Ronald M., Charles K., 2012. Weed suppression and component crops response in maize/pumpkin intercropping systems in Zimbabwe, Journal of Agricultural Science, 4(7): 231-236.
- Schneider, R.P., 1985. Weed control technology:Needs, development, constraints. Proceedings 10th Conference of the Asian-Pasific Weed Science Society, Chiangmai, Vol.2, 379-384.
- Sırma, M., Güncan, A. 1997. Tokat ve yöresinde buğday ekim alanlarında sorun oluşturan yabancı otlar ve önemlilerinden bazılarının topluluk oluşturma durumları üzerinde bir araştırma. Türkiye II. Herboloji Kongresi, 1-4 Eylül, 1997, İzmir, Ayvalık. 289-296.
- TAGEM, 2022. Yabancı ot zirai mücadele teknik talimatları, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı.
- Taştan, B., Erciş, A. 1989. Orta Anadolu Bölgesi buğday tarlalarında sorun olan önemli yabancı otların çimlenme biyolojileri üzerine araştırmalar. Ankara Zirai Müc. Araş. Enst. (1989 yılı sonuç raporları).
- Tepe, I., 2014. Yabancı Otlarla Mücadele. Sidas Medya Ziraat Yayın No:031, İzmir, 292 s.
- Tiryaki, O., Canhilal, R., Horuz, S. 2010. Tarım ilaçları kullanımı ve riskleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 26(2): 154-169 (2010).
- Tokel, D. 2021. Dünya pamuk tarımı ve ekonomiye katkısı, Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, 10(2), 1022-1037.

- Turhan, Ş., 2005. Tarımda sürdürülebilirlik ve organik tarım. Tarım Ekonomisi Dergisi, 11(1 ve 2), 13-24.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, (<http://www.tuik.gov.tr/>)
- Üremiş, İ., Sertkaya, G., Çarpar, H., Sertkaya, E., Yıldırım, A.E. 2015. Hatay ili yerli “Derviş” çeşidi çeltik alanlarında bulunan yabancı ot türlerinin belirlenmesi. Uluslararası Katılımlı Konuralp Çeltik Çalıştayı, 14-16 Aralık 2015, 42-43, Düzce, Türkiye.
- Üstüner, T. 2016. Kahramanmaraş'ta nohut tarlalarında yabancı ot yoğunluğu, rastlama sıklığı ve genel kaplama alanlarının belirlenmesi. Turk J Weed Sci, 2016:19(2): 38-48.
- Van Zon, J. C. J., 1984. Economic weed control with grass carp. Tropical Pest Man., 30: 179-185.
- Vencill, W.K., Nichols, R.L., Webster, T.M., Soteres, J.K., Mallory-Smith, C., Burgos, N.R., Johnson, W.G., McClelland, M.R. 2012. Herbicide resistance: Toward an understanding of resistance development and the impact of herbicide-resistant crops. Weed Science, 60(Special Issue): 2-30.
- Verma, D.K., Shukla, K. 2011. Nutritional value of rice & their importance. Journal of Indian Farmers' Digest, 44 (1): 21-35.
- Yılar, M., Bayar, Y., Akan, K. 2021. Kırşehir İli nohut üretim alanlarında görülen yabancı otların yaygınlık ve yoğunluklarının belirlenmesi, Turkish Journal of Weed Science 24(2): 83-90.
- Zengin, H. 1997. Yabancı otlarla biyolojik mücadele yöntemleri, Atatürk Ü.Zir.Fak.Der. 28 (3), 496-514, 1997.

BÖLÜM 3

MERA ALANLARINDA GÖRÜLEN İSTİLACI NİTELİKTEKİ YABANCI OTLAR VE ÖNEMİ

Doç. Dr. Mehmet ÖTEN¹

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü,
Sakarya, Türkiye. Orcid ID: 0000-0002-3737-2356

1. İNSAN BESLENMESİ AÇISINDAN MERA ALANLARININ ÖNEMİ

Ulusların ve onu oluşturan bireylerin fiziksel ve ruhsal yönden sağlıklı, güçlü bir şekilde yaşamasında, ekonomik ve sosyal yönden gelişip, refah düzeylerinin yükselmesinde, beslenme en önemli etkidir (Yağmur ve Güneş, 2010). Nitekim toplumların gelişmişlik seviyelerinin belirlenmesinde en önemli ölçüt kişi başına tüketilen günlük protein miktarı ve hayvansal gıdaların bu protein içerisindeki oranıdır. Dünyada bu oran % 39.5 iken, Türkiye’de ise % 31.3’dir (FAO, 2016). Dünya genelindeki bu oran gelişmiş ülkelerde daha yüksektir, örneğin AB ülkelerinde % 58.30, ABD’de ise % 64.60’lar seviyesindedir (FAO, 2020). Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sağlıklı bir insanın vücut ağırlığının her kilogramı için günde 1 gram protein tüketmesi gerektiğini ve tüketilen proteinin ise % 42’sinin hayvansal kökenli olması gerektiğini bildirmiştir (Anonim, 2020). Dünya genelinde kişi başına ortalama günlük protein tüketimi 83 gram olup, bunun 33 gramı hayvansal kaynaklı proteinlerden karşılanmaktadır (Anonim, 2018). Hayvansal gıdalar, içerdiği protein miktarı itibarıyla, artan nüfusun yeterli ve dengeli beslenmesi ile gelecek kuşakların bedensel ve zihinsel açıdan sağlıklı olarak yetişmesinde önemli bir yere sahiptir (Terin ve ark., 2017). Ülkemiz insanlarının beslenme kültürü büyük oranda bitkisel ürün tüketimine dayalıdır. Bu nedenle de hayvansal protein tüketimi birçok ülkeye göre daha düşüktür (Akdur, 2017). FAO 2018 yılı verilerine göre, Türkiye’de kişi başına günlük protein tüketimi 110.7 gram olup, bunun 72.8 gramı bitkisel ve 37.9 gramı ise hayvansal proteinlerden oluşmaktadır (Ergün ve Bayram, 2021). Gelişmiş ülkelerle kıyaslandığında yetersiz seviyede günlük hayvansal protein tüketimi hayvansal gıda üretiminin önemini arttırmaktadır. Ülkemizde yaşanan yeterli ve dengeli beslenme sorununun temel nedenlerinden biri hayvancılıkta yaşanan problemler ve hayvansal üretimdeki sorunlardan kaynaklanmaktadır (Topçu ve Özkan, 2017). Beslenmemizdeki protein açığının büyük oranda hayvancılığımızda yaşanan yem yetersizliği ve kalitesizliğine bağlamak olasıdır (Soya ve ark., 2004). Beslenmemizde kullanılan bitkisel protein kaynaklarına nazaran, hayvansal protein kaynakları insan beslenmesinde ihtiyaç duyulan tüm esansiyel amino asitleri içermektedir. Bilindiği gibi proteinlerin kalitesini içerdiği esansiyel amino asit miktarı belirler (Leser, 2013). İnsan vücudunda sentezlenmeyen izolösin, lösin, lizin, metiyonin,

fenilalanin, treonin, triptofan ve valin ‘esansiyel amino asitler’ olarak adlandırılmaktadır. Esansiyel amino asitler insan vücudunda sentezlenemediği için mutlak suretle besinlerle alınması gerekmektedir. İnsan beslenmesi açısından bu denli büyük öneme sahip hayvansal proteinin temini aşamasında maliyet unsurları belirleyici olmaktadır. Hayvansal üretimde tek başına maliyetin %70’ini yem girdisinin oluşturduğu düşünüldüğünde (Sağlamtimur ve ark., 1998), maliyeti düşürmekte kritik rol oynayacak ve ekonomik bir hayvansal üretim sağlayacak gereklilik; mera alanlarının iyileştirilmesi ve yem bitkileri ekim alanlarının artırılmasıdır.

Meralar doğrudan hayvanların dolaylı olarak ta insanların beslenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Altın, 1992). Mera bitki örtüleri hayvanlara yem kaynağı olmanın yanında biyolojik çeşitliliğin korunması, yaban hayvanlarına barınma alanı sağlaması ve toprağı erozyona karşı korumasıyla da çok önemli görevler üstlenmektedir (Altın ve ark. 2011; Açıkgöz, 2001). Ülkemizde Tarım ve Orman Bakanlığı 2020 yılı verilerine göre 12.945.335 ha mera alanı bulunmaktadır. Bu alan toplam yüzölçümünün yaklaşık %18’ine karşılık gelmektedir (Anonim, 2022a). Ülkemizdeki mera alanları oransal olarak yüksek gözükse de nitelik olarak ihtiyacı karşılamaktan uzaktır. Yıllardır sürdürülen; olatmaya erken başlanması, olatma sistemlerine uyulmadan yoğun şekilde olatılması ve uygun olmayan hayvan cinsiyle olatılması gibi bilinçsiz ve plansız mera yönetimi uygulamaları nedeniyle hem seyrekleşme dolayısıyla erozyon şiddeti artmakta hem de doğal bitki örtüsünü kaybeden meralarda, hayvanların tercih etmedikleri, yemekte zorlandıkları ve hatta zehirli kimyasal maddeler içeren verimi ve kalitesi düşük yabancı ot niteliğindeki bitki türleri kalmaktadır (Bakır ve Açıkgöz, 1976; Kökten ve Tanrıverdi, 2000; Gökkuş, 2016).

2. MERA ALANLARINDAKİ YABANCI OT KAVRAMI

Araştırmacılar, özellikle mera alanlarında bulunan bitki türlerinin biyolojik çeşitliliğe, çevreye, insan ve hayvan beslenmesi ve sağlığına olan etkilerinin (Seydoşoğlu ve Kökten, 2018; Aksan ve ark., 2019) dikkate alınarak, mera alanlarında var olan bitki türlerinin belirlenmesi ve belirlenen türlere göre tür kompozisyonlarının sürdürülebilirliğine yönelik tedbirler alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Mera alanlarının durumunu belirlemek başlıca iki amaç için yapılmaktadır. Bunlardan ilki vejetasyonu iyi bilinmeyen

bölgelerdeki mera alanlarının kalitatif ve kantitatif özellikleri hakkında bilgiler edinmek, ikincisi ise meralarda uygulanacak ıslah ve amenajman yöntemleri ile bunların bitki örtüsü üzerindeki etkilerini incelemektir (Öten ve ark., 2016). Mera alanlarının durumlarını belirlemede kullanılan yöntemlerden mera durum sınıfını belirlemede; ruminantların yem tercihlerine göre bitki örtüsündeki türlerin durumu esas alınarak türler;

- a) Azalıcılar
- b) Çoğalıcılar
- c) İstilacılar

olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır.

Hayvanların severek otladığı bol üretim gücüne sahip türler, azalıcılar klimaks bitki türleri olup, klimaks bitki örtüsünde çok az bulunan ve hayvanların otlamada isteksiz davrandığı türler çoğalıcılar, hayvanların otlamadığı lezzetsiz, dikenli veya zehirli türler ise istilacı türler olarak tanımlanmaktadır (Holechek ve ark., 1995; Koç ve ark., 2003). Bu sınıflandırmada yer verilen istilacı türler mera vejetasyonlarında; zehirli, dikenli, kokulu, lezzetsiz bitkiler veya otlatmayı engelleyebilecek çalı veya ağaçlar olarak kabul edilmektedir. İstilacı bitkiler hayvanlara zarar verdiği gibi otlatma kapasitesinin düşürülmesine ayrıca yüksek rekabet güçleri nedeniyle vejetasyon tipini, yapısını, tür zenginliğini, enerji akışını ve besin elementi döngüsü ile ekolojik alanın fiziksel ve biyolojik özelliklerinin değişmesine de neden olabilmektedir (Koç ve ark., 2010).

Genel olarak yabancı ot tanımı, herhangi bir kültür bitkisi içerisinde istenmeyen yer ve zamanda yetişmesi arzu edilmeyen bitkiler olarak tanımlanırken, mera alanlarında durum biraz farklıdır. Burada öncelikle hayvan faktörünün göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Meradaki yabancı otu otlayan hayvanlar açısından bakıldığında bir bitkinin yabancı ot olarak sayılabilmesi için; hayvan sağlığına zararlı olması, hayvansal ürünlerin kalitesini olumsuz etkilemesi ve merada üretilen otun hayvanlar tarafından iyi bir şekilde değerlendirilmesini engellemesi gerekir (Gökkuş, 1999). Bu tanıma göre yukarıdaki sınıflandırmada yer alan istilacı türler yabancı ot olarak nitelendirilebilirler. Mera alanlarındaki yabancı otlar, zehirli, keskin ve kötü kokulu ve yem değeri çok düşük ya da hiç olmayan bitkilerdir.

3. HAYVAN BESLEME AÇISINDAN MERA ALANLARINDAKİ İSTİLAÇI BİTKİLER

Hayvan besleme açısından oldukça önemli unsur olan meralar, ülkemizin bazı bölgelerinde kapasitelerinin üzerinde ve zamansız otlatmanın etkisiyle verimliliklerini büyük oranda kaybetmiştir. Meraya dayalı olmayan hayvancılık sistemleri, yeme dayalı maliyetin yüksek ve hayvan genotiplerinin adaptasyon yeteneklerinin düşük olmasına bağlı birçok riskle karşı karşıya kalabilirler (Nardone, 2002; Koyuncu ve Akgün, 2018). Ülkemiz Avrupa'nın en zengin bitki florasına sahiptir. Ancak gün geçtikçe artan oranda insan ve hayvan sağlığını tehdit edebilecek düzeyde zehirli bitki türü tespit edilmektedir (Bakirel, 2002).

3.1. Zehirli yabancı otlar

Yabancı ot grubundaki zehirli bitkileri; içerdikleri glikozit, alkaloid, saponin, kristaller ve tanen gibi maddeler nedeniyle hayvanlar tarafından tüketildiklerinde bünyede biyokimyasal ya da fizyolojik değişikliklere neden olarak hastalanmalara ve hatta ölümlere yol açan bitkiler olarak tanımlanmışlardır (Gül ve Topcu, 2017). Nitekim Yazlık ve ark., (2020) da bitkilerin içerdikleri allelokimyasallar sebebi ile canlılar üzerinde toksik etki yaptığını bildirmişlerdir.

Zehirli bitkilerde zehirlenmeye sebep olan fitokimyasallar; alkaloitler, glikozitler, oksalatlar, resinoidler, fenolik bileşikler, nitrat ve nitritlerdir. Bu zararlı fito kimyasallardan alkaloitlerin, çoğu acı lezzette ve renksiz olsa da bazıları da renklidir. Normal şartlarda alkaloid içeren zehirli bitkiler hayvanlar tarafından yenmediği için alkaloidler, bitkiyi koruyucu nitelik taşımaktadır (Koç, 2002). Ancak diğer bitkilerin yokluğunda ya da yemler arasında karışık olması durumunda hayvanlar tarafından tüketildiğinde hayvanlarda sinir sistemi ve karaciğer üzerine direkt etkide bulunmaktadır. Alkaloid içeren zehirli bitkiyi tüketen hayvanlarda beyin, omurilik, sinir sistemi bozuklukları meydana gelmekte ve ani ölümler görülmektedir (Balabanlı ve ark., 2006). Bitkilerin gelişme çağı, iklim ve gübreleme koşullarına göre bitki bünyesinde bulunma durumu değişebilen glikozitler (Baydar, 2005) hayvanların sindirim sistemindeki enzimlerin bu maddeleri hidrolize etmesi sonucu ortaya çıkmakta, hidrolize olunca da toksik siyonidli bileşiklere dönüşmektedirler (Çelik ve Bulur, 1996). Toksik etkilerini kalsiyumu bağlayarak kanın dengesini bozmak

suretiyle gösteren oksalatlar, aşırı tüketildiklerinde ruminantlarda böbrek tahribatına, tek midelilerde kemik bozulmalarına neden olabilmektedirler (Balabanlı ve ark., 2006). Otlayan hayvanların rasyonlarına yapılacak kalsiyumca zengin mineral takviyesi oksalatların olumsuz etkilerini ortadan kaldırmaktadır (Ergün ve ark., 2002). Resin ve resinoidler yakıcı, kızartıcı, müshil yapıcı, kusturucu ve ishal yapıcı özelliklere sahiptir. Bu madde yönünden zengin bir bitki olan sütleğen türleri (*Euphorbia* spp.)'ni yiyen hayvanların sütü pembe olur ve polihidrik diterpen esterleri içeren sütleğen yiyen hayvanın sütünü içen yavrularda da bir süre sonra ölüm hadisesi görülmektedir (Balabanlı ve ark., 2006). Bitkilerde bulunan fenolik asitler; flouonoidler, isoflouonoidler, tokofereoller ve tanen fenolik bileşiklerdendir. Bitkilerde bulunan fenolik bileşikler okside olur ve aminoasitlerle birleşerek çinko gibi bazı mineral maddelerin ve besin maddelerinin alınımını azaltırlar. Böcek ve hayvan zararlarına karşı bitkiyi koruyan bu bileşikler, yemlerde arzu edilmeyen koyu rengin oluşumuna da yol açarlar (Açıkgöz, 2001; Balabanlı ve ark., 2006). Mera alanlarında bulunan bazı bitkilerde içerdikleri hypericine nedeni ile hayvanlarda ışığa karşı duyarlılığı arttırmaktadır. Bu tür bitkilerin yaprak, sap ve çiçeğini tüketen hayvanlarda ışığa karşı duyarlılık oluşmakta, hayvanların ışık gören vücut bölümlerinde deri deformasyonları ve deri iltihaplanmaları oluşmaktadır (Cooper ve Johnson, 1984).

Mera alanlarında bulunan ve zehirli etkiye sahip yabancı otları; Altın ve ark. (2005); çan çiçeği (*Campanula lactiflora*), sürünücü çan çiçeği (*Campanula rapunculoides*), gür çançiçeği (*Campanula stricta*), Muenscher (1951); kuzukulağı (*Rumex acetosella*), pisot (*Valeriana alliariifolia*), zerena (*Euphorbia amygdaloides*), haladiza (*Euphorbia oblongifolia*), öğrek otu (*Heracleum platytaenium*), pire otu (*Tanacetum aucheranum*), üvez pireotu (*Tanacetum sorbifolium*), çayır tavşancıl otu (*Heracleum sphondylium*), andız otu (*Inula helenium*), Tokluoğlu (1986); vargit çiçeği (*Colchicum speciosum*), baldıran (*Conium maculatum*), sarı kantaron (*Hypericum perforatum*), kaf navruzu (*Iris caucasica*), beyaz çöpleme (*Veratrum album*), çöplemecik (*Helleborus orientalis*), Tepe (1997); kartal eğreltiotu (*Pteridium aquilinum*), kaya kuruğu (*Sedum spurium*), kanarya otu (*Senecio taraxacifolius*), gür hezaren (*Delphinium formosum*), arıkovanı (*Digitalis ferruginea*), sarıçiçekli horozotu (*Rhinanthus angustifolius*), hotozlu bitotu (*Pedicularis comosa*), boğumluca otu (*Polygonatum multiflorum*), savotu (*Ranunculus*

polyanthemos), turuncu sığırkuyruğu (*Verbascum phlomoides*), ayıkulağı (*Verbascum speciosum*) olarak belirtmişlerdir. Gençkan (1985) ise benekli baldıran (*Canium maculatum*), su baldıranı (*Cucita virosa*), hazeren türleri (*Chelidonium majus*), sonbahar çiğdemi (*Colchicum autumnale*), danakıran türleri (*Helleborus* sp.), bataklık atkuyruğu (*Equisetum palustre*), yüksükotu türleri (*Digitalis* sp.), kartal eğrelti (*Pteridium aquilinum*), zehirli düğün çiçeği (*Ranunculus thora*) ve siklamen türleri (*Cyclemen* sp.)'ni çok zehirli, kantaron türlerini (*Hypericum* sp.), çayır atkuyruğu (*Equisetum limosum*), sütleğen türleri (*Euphorbia* sp.), ak çiriş (*Asphodelus albus*), ada soğanı (*Scilla maritima*) ve müşhil keteni (*Linum catharticum*)'u az zehirli yabancı ot türleri olarak belirtmiştir.

Tokluoğlu (1986), kadın sıırığı (*Aconitum napellus* L.), buğday karamuğu (*Agrostemma githago* L.), farekulağı (*Anagallis arvensis* L.), kara asma (*Aristolochia clematidis* L.), yılan yastığı (*Arum maculatum* L.), baldıran (*Conium maculatum* L.), adi yüksük otu (*Digitalis purpurea* L.), tarla atkuyruğu (*Equisetum arvense* L.), servi sütleğen (*Euphorbia cyparissias* L.), endezotu (*Helenium autumnale* L.), sarı kantaron (*Hypericum* sp.), eğrelti otu (*Pteridium* sp.) ve hint karaca otu (*Veratrum viride*)'nun ülkemiz meralarında bulunan, büyük ve küçükbaş hayvanlar için zararlı etkileri olan önemli zehirli bitkiler olduğunu belirtmiştir.

Özer (1982), Erzurum meralarında yabancı ot olarak; kandamlası (*Adonis aestivalis* L.), karamuk (*Agrostemma githago* L.), zümra geveni (*Astragalus ponticus*), köygöçerten (*Cirsium arvense* L.), meyan (*Glycyrrhiza glabra* L.), diğnik (*Lepidium draba* L.), muhabbet çiçeği (*Reseda lutea* L.), kıvırcık labada (*Rumex crispus* L.) ve tarla akça çiçeği (*Thlaspi arvense* L.)'nin mevcut olduğu bildirilmiştir.

Deveci ve Andıç (1992), Van meralarında; hayvanların yemediği boğadikeni (*Eryngium bilardieri*), geven (*Astragalus microcephalus*), neblul sütleğeni (*Euphorbia macroclada*), buğdayanası (*Aegilops geniculata*), pişik keveni (*Acantholimon aceroscum*) gibi dikenli, zehirli ve kokulu bitki türlerinin hâkim olduğunu bildirmişlerdir.

Bakoğlu ve ark. (1999), Erzurum mera alanlarında yaptıkları araştırma sonucunda zehirli olan düğünçiçeği (*Ranunculus brachylobus*), sadırotu (*Descurainia sophia* L.), yapraklı sütleğen (*Euphorbia virgata*), baldıran (*Conium maculatum* L.), hotozlu bitotu (*Pedicularis comosa* L.), sıracaotu

(*Scrophularia xanthoglossa*) ve zarifeotu (*Erysimum leptocarpum*) gibi yabancı otların mera alanlarını istila ettiğini belirtmişlerdir.

Mera alanlarında istilacı tür olan haladiza (*Euphorbia oblongifolia*) hem yeşil hem de kuru formda zehirli bir bitkidir. Bitki, yapraklarında siyogenetik glikozitleri içerir, sütlü kısmında öforon, öforbon ve resin gibi tahriş edici özellikte bileşikler bulunmaktadır (Aydın, 2010).

Öztürk ve ark. (2008), Kuzey Kıbrıs'ta yaptıkları çalışmada en riskli toksisiteye sahip bitkilerin; tarla atkuyruğu (*Equisetum arvense*), boylu ardıç (*Juniperus excelsa*), kandamlası (*Adonis aestivalis*), zehirli düğün çiçeği (*Ranunculus sceleratus*), karamuk (*Agrostemma githago*), üzerlik (*Peganum harmala*), kara mürver (*Sambucus nigra*), tütün ağacı (*Nicotiana glauca*), arıkovanı (*Digitalis ferruginea*), servi sütleğen (*Euphorbia cyparissias*), baldıran (*Conium maculatum*), pembekız (*Apocynum venetum*), zakkum (*Nerium oleander*), babrik (*Cionura erecta*), tüylü kartopu (*Viburnum lantana*), pelin otu (*Artemisia absinthium*), solucanotu (*Tanacetum vulgare*) ve eşek hıyarı (*Ecballium elaterium*) olduğunu bildirmişlerdir.

Balabanlı ve ark. (2006), istilacı ve zehirli bir tür olan baldıran (*C. maculatum*)'ın, sığır ve atlar üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu ve gebe hayvanların düşük yapmasına sebebiyet verdiğini bildirmişlerdir.

Demir ve Ünal (2022), Muş meralarında yaptıkları çalışmada; şirker (*Euphorbia cheiradenia*), kara sütlük (*Euphorbia denticulata*), sire mara (*Euphorbia eriophora*), eğri sütleğen (*Euphorbia falcata* L.), meşe sütleğeni (*Euphorbia macrocarpa*), neblul (*Euphorbia macroclada*), urus sütleğeni (*Euphorbia szovitsii*), eşek sütleğeni (*Euphorbia esula* L.), güneşotu (*Hypericum armenum*), ülserotu (*Hypericum elongatum*), Bitlis kantaronu (*Hypericum formosissimum*), kantaron (*Hypericum hyssopifolium*), ceyesancıyan (*Hypericum lydiium*), eğin kantaronu (*Hypericum lysimachioides*), kantaron (*Hypericum perforatum* L.), karahasanchayı (*Hypericum scabrum* L.) ve çizgili kantaron (*Hypericum tetrapterum*) zehirli bitki türlerini tespit etmişlerdir.

Sürmen ve Kara (2022), makilik mera alanlarında yaygın olarak gözüken çiriş otu (*Asphedolus aestivus* Brot.) türlerinin bu alanlarda otlatılan özellikle koyun ve keçilerde içerdiği alkaloid ve silikon sebebiyle nöronal pigmentasyon görüldüğünü belirtmişlerdir.

Görüldüğü gibi ülkemizin değişik ekolojilerinde yapılan çalışmalarda mera alanlarında çok sayıda zehirli bitki türü tespit edilmiştir. Normal şartlarda hayvanlar tarafından tercih edilmeyen bu türler, bazen de mecbur kaldıkları için hayvanlar tarafından tüketilmektedirler. Meraların bulunduğu coğrafyanın olumsuz mevsim şartlarında; aşırı kar ya da aşırı kurak yer ve dönemlerde yiyecek bulamayan hayvanlar, normal şartlarda tercih etmedikleri bitkileri yiyerek zehirlenebilmektedir (Baytop,1989).

Zehirli içeriğe sahip yabancı otlar, meralarda otlayan hayvanların zehirlenip ölmelerine sebebiyet vermeleri yanında aynı zamanda büyük ekonomik kayıplara da sebep olmaktadır. Nitekim Van doğal meralarında bulunan meraların kapasitesinin üzerinde bir biotik baskıya maruz kalması sonucunda aşırı otlatılan yerlerde hayvanların yemediği dikenli türler dominant olduğu bitki örtüsünün geliştiği ve özellikle zehirli bitkilerin hayvanlarda meydana getirdiği ekonomik kaybın çok yüksek değerlere ulaştığı vurgulanmıştır (Özgökçe ve ark., 2004).

Amerika'da 136 milyon hektarlık mera alanının zehirli yabancı otlarla bulaşık olduğu ve 17 eyaletteki mera alanlarında bulunan zehirli yabancı otların zararının yıllık maliyetinin 340 milyon doları aştığı bildirilmiştir (Quimby ve ark., 1991). Kirby ve ark. (2000), ABD'nin Kuzey Dakota eyaleti mera alanlarının sığırlar için zehirli bir yabancı ot olan *Euphorbia esula* L.'un yıllık maliyetinin 105 milyon dolar olduğu bildirilmiştir.

Hayvan yetiştiriciliğinde zehirli bitkilerden kaynaklanan zehirlenmeler oldukça yaygındır. Bitkisel kaynaklı zehirlenmeler her zaman ölümle sonuçlanmamaktadır. Zehirli bitkileri yiyen hayvanlarda canlı ağırlıkta ya da canlı ağırlık artışında azalma, verim ve kalitede azalma, yaşam süresinde kısalma gibi üretime yönelik kayıplar şeklinde de zararlanmalar olmaktadır. Bazen de hızlı şekilde etki ederek, ölümlerine de neden olabilmektedir. Uzun süre aç bırakılmamak kaydıyla normal şartlarda hayvanlar zehirli bitkileri tanır ve bunları tüketmekten kaçınır. Zehirli bitkilerin rasyonun içine yanlışlıkla karışması ya da hayvanların aç bırakılarak meraya çıkartılması durumunda bu bitkiler hayvanlar tarafından tüketilerek zehirlenmelere ve hatta ölümlere neden olabilmektedir.

Hayvanların zehirlendiklerinden kuşku duyulmalı ve gereken önlemler en kısa sürede yerine getirilmelidir.

- a. Gözle görülür herhangi bir neden olmadan hayvanların aniden rahatsızlanması,
- b. Sürüdeki hayvanların bazılarının, akut sinir sistemi dengesizlikleri, halsizlik ya da hızlı ağırlık kaybı ile birlikte sindirim sistemi düzensizlikleri göstermesi,
- c. Hayvanlarda hızlı kalp atışı, mide ve bağırsak tahrişi, genel stres ve sık sık dışkı çıkarma eğilimi,
- d. Aşırı halsizlik, koma hali, yere yatma ve güç nefes alma (Tükel ve Hatipoğlu, 1997).

Ani ölümler ya da uzun süreli kayıpların önüne geçmek için korunma önlemleri almak daha kolaydır. Bölgede bulunan zararlı otlar o yörenin insanları tarafından genellikle bilinir. Bu otların mera alanlarının her yerini sarmadan daha sayıları az iken mücadeleye başlanmalı ve bu otların tohuma geçmeden önce köklenerek ortamdaki uzaklaştırılmalı ve bu uygulamanın başarıya ulaşması için 2-3 yıl devam edilmesi gerekmektedir.

3.2. Kötü ya da keskin kokulu yabancı otlar

Mera alanlarındaki bazı yabancı otlar, içerdikleri fenolik bileşikler sebebiyle keskin bir kokuya sahiptirler (Mollica ve ark., 2018). Bu bitkiler doğrudan hayvanın sağlığı üzerinde herhangi bir olumsuz etki göstermez. Fakat hayvan tarafından yenildiğinde, içerdikleri bu maddelerden dolayı süt ve süt ürünlerinde keskin bir tat ve koku oluşmasını sağlayarak hayvansal ürünlerin kalitesini olumsuz etkilerler (Juteau ve ark., 2002).

Altın ve ark. (2005), fescitarağı (*Dipsacus laciniatus*), cüce mürver (*Sambucus ebulus*)'in, Özer ve ark. (2001), boğadikenini (*Eryngium giganteum*) ve engerek otu (*Echium vulgare*)'nin, Tepe (1997) ise eşek dikenini (*Carduus nutans*) bitkilerinin mera alanlarında dikenli olmaları sebebiyle hayvanlar tarafından tüketimlerinin oldukça zor olduğunu, benzer şekilde Tepe (1997), civanperçemi (*Achillea millefolium*)'nin acı ve kötü kokulu, sardunya (*Geranium sanguineum*)'nin ise keskin kokulu olması sebebiyle hayvanlar tarafından tercih edilmediğini bildirmişlerdir. Kötü kokulu bitkilerin süt veren hayvanlarca tüketilmesi sonucunda süte kötü kokusunun geçtiği ve süt kalitesini düşürdüğü bilinmektedir.

Demir ve Ünal (2022), yaptıkları çalışmada Muş meralarında; acıgıcığı (*Ajuga chamaepitys* L.), ajdar başı (*Lallemantia iberica*), kalkanbaşı

(*Lallemantia peltata*), balbaşı (*Lamium macrodon*), pünk (*Mentha longifolia* L.), eşek nanesi (*Mentha spicata* L.), gubel (*Phlomis kurdica*), yayla otu (*Phlomis linearis*), sivanok (*Phlomis armeniaca*), diri çalba (*Phlomis rigida*), bodur fesleğen (*Prunella laciniata* L.), gelincikleme otu (*Prunella vulgaris* L.), habeşadaçayı (*Salvia aethiopsis* L.), kazan şalbası (*Salvia brachyantha*), galabor (*Salvia candidissima*), tarak şalba (*Salvia ceratophylla* L.), sağır şalba (*Salvia frigida*), gevşek şalba (*Salvia macrochlamys*), kürt reyhanı (*Salvia multicaulis*), erkek şalba (*Salvia staminea*), çevlik otu (*Salvia syriaca* L.), dadırak (*Salvia verticillata* L.), kalın şalba (*Salvia suffruticosa*), fatmaana otu (*Salvia virgata*), dağ şalbası (*Salvia xanthocheila*), sülün kekiği (*Satureja macrantha*), hacı osman otu (*Stachys annua* L.), acı yavşan (*Teucrium polium* L.), catri kekiği (*Thymus fallax*), kekik (*Thymus kotschyanus*), peynir kekiği (*Thymus migricus*), kaf kekiği (*Thymus praecox*), kır kekiği (*Thymus transcaucasicus*), dağ reyhanı (*Ziziphora clinopodioides* L.) ve fare otu (*Ziziphora tenuior* L.) bitkilerinin varlığını tespit etmişler ve bu bitkilerin keskin ve kötü kokulu olmaları sebebiyle hayvanlar üzerinde olumsuz etkiye sahip bitkilerdir.

3.3. Yem değeri olmayan yabancı otlar

Bilinçsiz ve aşırı otlatma yapılan mera alanlarında kaliteli ve hayvanlar tarafından sevilerek tüketilen bitki türlerinin yerini zamanla düşük kaliteli, zararlı yabancı otlar almaktadır. Böylece hayvanların önemli derecede faydalandıkları bitkiler azalmakta ya da tamamen yok olmaktadır. Azalıcı türlerin yerini alan istilacı yabancı otlar hayvanlar için önemli bir besin kaynağı değildirler (Gökkuş, 1999).

Yaptıkları çalışmada; Baki (2006), kaba kafesotu (*Symphytum asperum*)'nun, Altın ve ark. (2005), ise bozlanotu (*Ptilostemon afer*), Ilgaz salebi (*Dactylorhiza urvilleana*), yakı otu (*Epilobium angustifolium*), yoğurt otu (*Galium verum*), şortah (*Rumex alpinus*), kıvırcık labada (*Rumex crispus*), doğu borazan (*Ajuga orientalis*), kürdan otu (*Ammi visnaga*), peygamber çiçeği (*Centaurea appendicigera*), *Centaurea pyrhoblephara*, *Centaurea hypoleuca*, beyaz ballıbaba (*Lamium albüm*), tüylü zambak (*Lilium ciliatum*), mor yayotu (*Marrubium astracanicum*), gül anason (*Pimpinella rhodantha*), altın elma

(*Lilium carnolicum*), karaçay (*Sideritis montana*), gıvışgan (*Silene vulgaris*), deliçay (*Stachys macrantha*), aslan pençesi (*Alchemilla orduensis*) ve kartal pençesi (*Alchemilla pseudocartalinica*) bitkilerinin meralarda yem değeri olmayan bitkiler olduğunu belirtmişlerdir.

Bakoğlu ve ark. (1999), Erzurum mera alanlarında yaptıkları çalışmada yaygın bitki türlerini incelemişler ve inceledikleri 92 türden %60'ının hayvanların otlamadığı yabancı otlar olduğunu tespit etmişlerdir.

3.4. Mera yönetimini zorlaştıran yabancı otlar

Merada az da olsa bulunan bu bitkiler genelde nemli mevsimde yeşil kalıp, yağışların kesilmesiyle birlikte hızla vejetatif büyümeyi durdurup generatif büyümeye ve olgunlaşmaya başlarlar. Sararan ve yem kalitesi de azalan bu otlar hayvanlar tarafından otlanmazlar. Örneğin güneş gülü (*Trifolium purpureum*), yıldız üçgülü (*Trifolium stellatum*) bu yönleriyle mera otlatma yönetimini zorlaştıran türlerdir. Cüce çalılardan ayı üzümü (*Vaccinium mytillus*) ve lavanta çiçeği (*Lavandula* sp.) ve sert yapılı dik tüylü çimen (*Nardus stricta*) ve kofa (*Juncus* sp.) türleri de mera yönetimini farklı şekillerde zorlaştıran türler olarak karşımıza çıkmaktadır (Gençkan, 1985).

3.5. Mera toprağının mineral madde içeriğine göre hayvanlar üzerinde olumsuz etki yaratan yabancı otlar

Mera alanlarındaki bitki kompozisyonunda yer alan bitkilerin içerdiği mineral madde miktarlarının azlığı, fazlalığı ya da aralarında dengenin bulunmaması hayvanlar üzerinde olumsuz etkiler doğurabilmektedir. Örneğin, mera alanlarının sık gübrenmesi ve vejetasyonun seyrek olması bitkilerde nitrat birikimini artırmaktadır. Nitratlar esasen ruminantlar için zehirli olmayıp, rumende nitrite dönüşerek zehirli etki gösterirler. Nitrat zehirlenmesi olarak bilinen olayda nitritin hemoglobindeki demiri ferro halinden ferri duruma okside ederek methemoglobine çevirmesi sonucu, oksijen dokulara taşınmaz ve sonuçta titreme, solunum sayısının artması, sallanma ve neticede ölüm yaşanabilir. Bitkilerde nitrat birikimi bitki ve kullanılan gübre türlerine göre de değişmektedir (Balabanlı ve ark., 2006). Diğer bir mineral madde olan sodyum, tuzcul (Halophyte) bitkilerin gelişmesi için önemli bir elementtir. Hayvanların sodyum ihtiyaçları mera bitkileri ile karşılanamadığında rasyona ilave edilen sodyum tuzları ile bu ihtiyaç giderilebilmektedir (Tosun ve Altın, 1986). Kobaltın bitki bünyesinde yeterince bulunmaması hayvanlarda iştahsızlık ve

devamında ölümlere sebep olmaktadır (Gençkan, 1985). Flor elementinin fazlalığı ise hayvanlarda kemik oluşumunun anormalleşmesine ve dişlerin dökülmesine neden olmaktadır. Selenyum miktarının fazlalığı hayvanlarda tırnak bozukluklarına, yapağı ve tüy dökümü ile diş hastalıklarına, noksanlığı ise kısırlığa ve beyaz kas hastalığına neden olabilmektedir (Tosun ve Altın, 1986). Bu nedenle vejetasyonda yer alan çayır mera bitkilerinin bünyesinde bulunan mineral maddelerin yeterli seviyede olması ve mineral maddelerin aralarındaki dengenin de uygun olmasına dikkat etmek gerekmektedir.

4. MERA ALANLARINDA BULUNAN İNDİKATÖR YABANCI OTLAR

Yabancı otların zararlı etkileri bir tarafa mera alanlarında varlıklarıyla aslında bizlere buldukları alanın toprak özelliklerini göstererek (indikatör) fayda sağladıklarını söylemek mümkündür. Yapılan birçok araştırma ile yabancı otların dağılımına bakılarak o bölgenin toprak özellikleri (kireç, pH, toprak tuzu, toprak tekstürü, eğim v.s.) hakkında detaylı bir araştırmaya gerek duyulmadan ve dolayısıyla zaman kaybı yaşamaksızın fikir sahibi olunabilmektedir (Akdeniz, 2011).

4.1. Su yönünden zengin meraların indikatör yabancı otları

Mera alanlarında bulunan yabancı otların varlığı aynı zamanda meranın çeşitli özellikleriyle ilgili de fikir vermektedir. Örneğin; yabani pelin (*Artemisia vulgaris*), adi salkım otu (*Poa trivialis*), su yıldızı otu (*Stellaria aquatica*), büyük ısırgan (*Urtica dioica*), yabani nane (*Mentha arvensis*), devetabanı öksürük otu (*Tussilago farfara*), kamyş (*Phragmites australis*), su çobandeğneği (*Polygonum amphibium*) ve yatık düğün çiçeği (*Ranunculus repens*) bitkilerinin varlığında bu mera alanlarının su yönünden zengin olduğunu anlayabiliriz (Gençkan, 1985; Anonim, 2022b).

4.2. Besin maddesince fakir meraların indikatör yabancı otları

Mera alanlarının besin maddesince fakir topraklara sahip olduğunu ise sürünücü mayasır otu (*Ajuga reptans*), sığır kuyruğu (*Verbascum spp.*), kardiken (*Acanthalimon spp.*), kekik (*Thymus vulgaris*), Avusturya pelini (*Artemisia austriaca*), sarı darı (*Holcus mollis*) ve beyaz ballıbaba (*Lamium album*)'nın varlığıyla, besin maddesince zengin topraklara sahip

olduğunu ise siyah banotu (*Hyoscyamus niger*), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis*), kırmızı köklü tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus*), şeytan elması (*Datura stramonium*) ve semizotu (*Portulaca oleracea*)'nun varlığıyla kolayca anlayabiliriz (Gençkan 1985; Anonim, 2022b).

4.3. Azotça zengin meraların indikatör yabancı otları

Yine bazı yabancı otların mera alanında varlığı ile o mera toprağının azotça zengin olup olmadığı hakkında fikir sahibi olunabilmektedir. Örneğin; sirken (*Chenopodium album*), çoban çantası (*Capsella bursa-pastoris*), bülbül otu (*Senecio vulgaris*), köpek üzümü (*Solanum nigrum*), ısırganotu (*Urtica urens*) ve ebegümece (*Malva neglecta*) bitkisinin bulunduğu mera toprakları azotça zengindir (Gençkan 1985; Anonim, 2022b).

4.4. Kumlu meraların indikatör yabancı otları

Mera toprağının fiziksel yapısı hakkında fikir sahibi olacağımız indikatör yabancı otlardan köpek dişi ayrığı (*Cynodon dactylon*), kum yulafı (*Avena strigosa*), uzun meyveli bülbül otu (*Sisymbrium altissimum*), yumuşak ıtır (*Geranium molle*), çırçırotu (*Erophila verna*), toprak boynuzotu (*Cerastium glomeratum*), dön Baba (*Erodium cicutarium*), tüylü köpükotu (*Cardamine hirsuta*) ve parmaklı yavşanotu (*Veronica triphyllos*)'nun varlığı bu bitkilerin bulunduğu mera alanlarının kumlu yapıda mera olduğunu göstergecisidir (Gençkan, 1985; Anonim, 2022b).

4.5. Kilce zengin meraların indikatör yabancı otları

Benzer şekilde tilkikuyruğu (*Alopecurus myosuroides*), bahçe sütleğeni (*Euphorbia peplus*), yabancı hardal (*Sinapis arvensis*), yatık düğün çiçeği (*Ranunculus repens*), püsküllü çayır otu (*Bromus secalinus*), boynuz otu (*Cerastium triviale*), kır teresi (*Lepidium campestre*), yumrulu düğün çiçeği (*Ranunculus bulbosus*), toplu iğne hardalı (*Neslia paniculata*), meşkül haşhaşı (*Papaver dubium*) ve hakiki şahtere (*Fumaria officinalis*)'nin yetiştiği mera topraklarının killi topraklar olduğu söylenebilir (Gençkan, 1985; Anonim, 2022b).

4.6. Toprak reaksiyonuna göre meraların indikatör yabancı otları

Bazı bitkilerin varlığında mera alanlarındaki toprak reaksiyonu hakkında fikir sahibi olabiliriz (Şengönül ve ark., 2009; Yılmaz,1977; Özer ve ark., 1999). Bunlara örnek olarak gösterebileceğimiz yabancı otlardan; küçük kuzukulağı (*Rumex acetosella*), tarla üçgülü (*Trifolium arvense*), yabancı turp (*Raphanus raphanistrum*), sarıpapatya (*Chrysanthemum segetum*) ve tarla kişnişi (*Spergula arvensis*) asitli toprakların varlığının en bariz göstergesidirler.

Mera alanlarında bulunan; sarıyonca (*Medicago falcata*), renkli burçak (*Coronilla varia*), yabancı yulaf (*Avena fatua*), tarla hazeranı (*Delphinium consolida*), yabancı keçi otu (*Centaurea scobiosa*), ufak sütleğen (*Euphorbia exigua*), yaz kanavcıotu (*Adonis aestivalis*), kum otu (*Arenaria serpyllifolia*), saraçotu (*Melandrinum noctiflorum*) ve çayır akça çiçeği (*Thlaspi perfoliatum*) ise bazik karakterde mera topraklarının göstergesidir. Bu bitkilerin varlığında mera topraklarının bazik karakterde olduğunu tahmin edebiliriz (Gençkan, 1985; Anonim, 2022b).

5. SONUÇ

Klimaks vejetasyon, belirli bir ortamın toprak ve iklim koşulları ile dengeli duruma gelmiş, o iklimin taşıyabileceği en yüksek vejetasyon formu olarak tanımlanır. Bu vejetasyonda bulunan ve entansif çayır mera alanlarında dahi yabancı otların varlığı söz konusudur. Bu yabancı otlar klimaks vejetasyonda hayvanlar tarafından otlanmadıkları için yaşam döngüsünü tamamlayabilmekte ve diğer bitki türlerinin aksine bir sonraki nesil için generatif çoğalmayı daha kolay sağlayabilmektedirler. Klimaks vejetasyonda kontrolsüz (erken ve ağır) otlatma, aşırı kuraklık ya da şiddetli soğuklar ve yakma gibi unsurların varlığında bu alanlarda yabancı otların oranının arttığını görmekteyiz (Gençkan, 1985). Varlığıyla her şekilde zehirli olan yabancı otların yanında bazı yabancı otlar belirli dönemlerde zararlı olmakla birlikte belirli dönemlerde hayvan beslemede kullanılabilecek niteliktedirler. Öldürücü derecede zararlı olmayan diğer bazı yabancı otlar ise ürün ya da hayvan üzerinde olumsuz etki yaparak, zararlanmalara sebep olmaktadır. Unutulmamalıdır ki çayır mera alanlarında yabancı ot mücadelesindeki hedef türler, mera yönetimini zorlaştıran, hayvanların tüketmedikleri, hayvan sağlığına zarar veren zehirli ve dikenli türlerdir.

Ucuz yem kaynakları olma özellikleri dolayısıyla hayvansal protein açığının kapatılmasında büyük öneme sahip mera alanlarının rantabil kullanımı için bilinçli bir mera yönetimi ve doğru hayvan besleme uygulamalarının benimsenmesi gerekmektedir. Bu nedenle mera alanlarının korunması ve sürdürülebilir bir şekilde kullanımı açısından otlatma baskısı oluşturmayacak şekilde zamanında ve planlı otlatma yaparak, varlığı kaçınılmaz zararlı yabancı otlarla zamanında ve etkin mücadele ederek bu alanları koruyabiliriz. Ayrıca zararlı nitelikteki bu otların çeşitli anahtar (İndikatör) özelliklerinden yararlanarak, onların varlığını mera yönetiminde uygulanacak yöntemlerin belirlenmesinde kullanıp faydaya çevirebiliriz. Çünkü mevcut durumda mera alanlarında bulunan zehirli ve diğer yabancı otlar, mera yönetiminde geçmişten bu güne yapılan hatalı uygulamaların bir yansımasıdır.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E., 2001. Yem bitkileri (3.baskı). Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı, Yayın No:182. VİPAŞ A.Ş: Yayın No: 58. 584 ss. Bursa.
- Akdeniz, M., 2011. Turunçgillerde yabancı otlar ve dağılımlarının ekolojik faktörlerle ilişkilendirilmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat.
- Akdur, R. 2017. Piliç etinin halk sağlığı açısından önemi. 4. Uluslararası Beyaz Et Kongresi, 26-30 Nisan 2017, 188-192, Antalya
- Aksan, U.A., Kuşkan, Ö. & Yazlık, A., (2019). Çayır-mera alanlarındaki yabancı bitki türlerinin hayvanlara etkileri. International Conference on Agriculture and Rural Development (ISPEC), Bildiriler Kitabı, 10-12 Haziran, Siirt, pp:16-36.
- Altın, M. 1992. Çayır-Mera Islahı. Trakya Üni. Tekirdağ Ziraat Fak. Yay. No: 152, Ders Kitabı No: 13, T.Ü. Tekirdağ Z. Fak. Basımevi, Tekirdağ, 203 s.
- Altın, M., Gökkuş, A., Koç, A., 2005. Çayır Mera Islahı. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı.
- Altın, M., Gökkuş, A., Koç, A., 2011. Çayır ve Mera Yönetimi. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı.
- Anonim, 2018. Food and Agriculture Organization of The United Nations, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FS>, Erişim tarihi: 01.08.2021.
- Anonim, 2020. 2020 yılı hayvancılık sektör raporu. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ankara, <https://www.tigem.gov.tr>, Erişim tarihi: 01.08.2021.
- Anonim, 2022a. Tarım ve Orman Bakanlığı (<https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Cayir-Mera-ve-Yem-Bitkileri>), Erişim tarihi 11.10.2022.
- Anonim, 2022b. Yabancı Otlar ve Mücadelesi, Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları. [https://www.bingol.edu.tr/documents/YabancıOtlar ve Mücadelesi.pdf](https://www.bingol.edu.tr/documents/YabancıOtlar%20ve%20Mücadelesi.pdf). Erişim tarihi 11.10.2022
- Aydın, N., 2010. Edirne'de yetişen bazı zehirli bitkilerin yaprak ve gövdesindeki kalsiyum oksalat kristallerinin araştırılması. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Bakır, Ö., E. Açıkgöz, 1976. Yurdumuzda yem bitkileri çayır ve mera tarımının bugünkü durumu geliştirme olanakları ve bu konuda yapılan araştırmalar. Ankara Çayır-Mera ve Zootekni Araştırma Enstitüsü Yay. No. 61.
- Bakırel T., 2002. Veteriner toksikoloji yönünden Trakya Bölgesi'nin zehirli bitkileri üzerine çalışmalar I. Trakya Bölgesindeki zehirli bitki türlerinin yöredeki yayılışları ile içerdikleri etken maddelerin kalitatif yönden saptanması, İstanbul Üniv. Vet. Fak. Derg. 28(1), 125-142.

- Baki, H., 2006. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinde yayılış gösteren bazı *Symphytum* L. (*Boraginaceae*) türleri üzerine morfolojik, mikromorfolojik ve anatomik bir araştırma. Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Bakoğlu, A., Koç, A., Gökkuş, A., 1999. Erzurum yöresi çayır ve meralarındaki yaygın bitki türlerinin ömür uzunluğu, çiçeklenmeye başlama tarihi ve ot kalitesi ile ilgili bazı özellikleri. Turkish Journal of Agriculture Forestry. 23, Ek sayı 4, Syf.951-957. Tubitak. 145
- Balabanlı, C., Albayrak, S., Türk, M., Yüksel, O., 2006. Türkiye çayır meralarında bulunan bazı zararlı bitkiler ve hayvanlar üzerindeki etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi. Seri: A, Sayı. 2. syf. 89–96 ISSN: 1302-7085.
- Baydar, H., 2005. Tıbbi, Aromatik ve Keyf Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 51, Isparta.
- Baytop, T., 1989. Türkiye’de Zehirli Bitkiler, Bitki Zehirlenmeleri ve Tedavi Yöntemleri. İ.Ü. Eczacılık Fakültesi Yay No:54, İstanbul
- Çelik, N., Bulur, V., 1996. Çayır-mera ve yem bitkileri kaynaklı hayvan zehirlenmeleri ve beslenme bozuklukları, Türkiye 3. Çayır-mera ve Yem Bitkileri Kongresi, 17-19 Haziran, 51-58, Erzurum.
- Cooper, M.R., Johnson, A.W., 1984. Poisonous plants in Britain and their effects on animals and man. Ministry of Agric. Fishery and Food, Reference Book 161, 305p.
- Demir, İ., Ünal, M. (2022) Çayır mera alanlarının yabancı ot florası üzerine bir araştırma: Türkiye, Muş İli Meraları - Turkish Journal of Agricultural Research 9(1): 24-33
- Deveci, M., Andiç, C., 1992. Van yöresi doğal çayır mera vejetasyonunun ekolojik ve fitosoyolojik yönden incelenmesi üzerine araştırmalar. Yüzüncü Yıl Üni. Fen Bil. Ens. Dergisi. 1(2):147-174.
- Ergün, F.O., Bayram, B. (2021). Türkiye’de hayvancılık sektöründe yaşanan değişimler, Journal of Bahri Dagdas Animal Research 10 (2): 158-175
- Ergün, A., Çolpan, İ., Yıldız, G., Küçükersan S., Tuncer, D.Ş., Yalçın, S., Küçükersan, M.K., Şehu, A., 2002. Yemler Yem Hijyeni ve Teknolojisi. Ankara Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, S: 12-55, 318-344. Ankara.
- FAO (2016). Food Security Statistics. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim: 11.07.2017).
- FAO (2018). Food Security Statistics. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim: 26.03.2019).

- FAO (2020). Food Security Statistics. <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (Erişim: 20.10.2021).
- Gençkan, 1985. Çayır Mera, Kültürü Amenejmanı Islahı, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No 483, Bornova İzmir, 655 s.
- Gökkuş, A., 1999. Çayır ve Meralarda Yabancı Bitki Savaşı. Çayır-Mera Amenejmanı ve Islahı, T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. Syf. 235.
- Gökkuş A. 2016. Meralarımız ile ilgili bir değerlendirme. TÜRTOB Dergisi. Sayı:25 Sayfa:6-8.
- Gül, V., Topcu, E., 2017. Salıpazarı (Samsun) İlçesinde yayılış gösteren Zehirli bitkiler üzerine bir araştırma, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi 4(2): 162–168.
- Holechek, J. L., Pieper, R. D., Herbel, C. H., 1995. Range Management Principles and Practices. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Juteau, F., Masotti, V., Bessièrè, J.M., Dherbomez, M., Viano, J., 2002. Antibacterial and antioxidant activities of *Artemisia annua* L. essential oil. *Fitoterapia*, 73(6): 532-535.
- Kirby, D. R., Carlson, R. B., Krabbenhoft, K. D., Mundal, D., Kirby, M. M., 2000. Biological control of leafy spurge with introduced flea beetles (*Aphthona* spp.). *J. Range Manage.* 53: 305–308.
- Koç, H., 2002. Lokman Hekimden Günümüze Bitkilerle Sağlıklı Yaşama, Başbakanlık Basımevi, Ankara, 38-69.
- Koç, A., Gökkuş, A. Altın, M. 2003. Mera durumu tespitinde dünyada yaygın olarak kullanılan yöntemlerin mukayesesi ve Türkiye için bir öneri, Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi 13-17 Ekim, Diyarbakır (Sunulu Bildiri)
- Koç, A., Erkovan, H. İ., Schacht, W. H. 2010. Meralar için ekolojik alan tanımlama ve mera sağlığı sınıflama esasları, Türkiye 10. Tarla Bitkileri Kongresi 10-13 Eylül, Konya
- Kökten, K., Tanrıverdi, H. 2020. Muş ili kıyıbaşı köyü merasının farklı yöneylerinin botanik kompozisyonunun belirlenmesi. *Euroasia Journal of Mathematics, Engineering, Natural & Medical Sciences*, 8(9): 247–258.
- Koyuncu, M., Akgün, H., 2018. Çiftlik hayvanları ve küresel iklim değişikliği arasındaki etkileşim. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32 (1): 151-164, Erişim Tarihi: 15/03/2020. <https://bit.ly/3bAK54v>
- Leser, S. 2013. The 2013 FAO Report on dietary protein quality evaluation in human nutrition: Recommendations and implications. *Nutrition Bulletin*, 38(4), 421-428. <https://doi.org/10.1111/nbu.12063>
- Mollica, A., Zengin, G., Locatelli, M., Picot-Allain, C.M.N., Mahomoodally, M.F., 2018. Multidirectional investigations on different parts of *Allium*

- scorodoprasum* L. subsp. rotundum (L.) Stearn: Phenolic components, in vitro biological, and in silico propensities. Food Research International, 108: 641-649.
- Nardone, A., 2002. Evolution of livestock production and quality of animal products. Proc. 39th Annual Meeting of the Brazilian Society of Animal Science Brazil, 29th July-2nd August, pp. 486-513.
- Öten, M., Kiremitci, S., Erdurmuş, C., Soysal, M., Kabaş, Ö., Avcı, M. (2016). Antalya ilindeki bazı meraların botanik kompozisyonunun belirlenmesi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 47 (1): 23-30.
- Özer, Z., 1982. Koyun sindirim organları ve gübre ihtimarının bazı yabancıot tohumlarının çimlenme kabiliyeti ve güçlerine etkileri üzerine araştırmalar. Atatürk Üniv. Yay. No:597, Erzurum, 57s.
- Özgökçe, F., Akdeniz, H., Keskin, B., 2004. Van doğal meralarında bulunan bazı önemli baklagil (*Fabaceae*) taksonları ve bunların botanik özellikleri. XVII. Ulusal Biyoloji Kongresi. 21-24 Haziran 2004. Adana. 201-206.
- Öztürk, M., Uysal, I., Gücel, S., Mert, T., Akçicek, E., Çelik, S. 2008. Ethnoecology of poisonous plants of Turkey and northern Cyprus. Pakistan Journal of Botany 40(4): 1359-1386.
- Quimby, P.C., Bruckart, W.L., Deloach, C.J., Knutson, L. ve Ralphs, M.H., 1991. Biological control of rangeland weed. Noxious Range Weeds. Chapter 9. 83-112. San Francisco, & Oxford.
- Sağlamtimur, T., Tansı, V., Baytekin, H. 1998. Yem Bitkileri Yetiştirme. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: C-74. 3. Baskı, 238s., Adana
- Seydoşoğlu S., Kökten K. 2018. Batman İli Beşiri İlçesi Mera Vejetasyonlarının Bazı Özellikleri. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 55 (4):491-497 DOI: 10.20289/zfdergi.407616
- Soya, H., Avcıoğlu, R., Geren, H., 2004. Yem bitkileri (II. Baskı), Ders Kitabı, Hasat Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 223s.
- Sürmen, M., Kara, E. 2022. Effects of suppression applications on summer asphodel (*Asphodelus aestivus* Brot.) density, botanical composition, forage yield and quality of Aegean rangelands, Turk J Field Crops, 27(1), 61-70.
- Tepe, I., 1997. Türkiye’de Tarım ve Tarım Dışı Alanlarda Sorun Olan Yabancı Otlar ve Mücadeleleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Yayınları No: 32.
- Terin, M., Bilgiç, A., Güler, İ. O. 2017. Türkiye’de hanelerin tavuk eti tüketim harcamalarına etki eden faktörlerin ikili bağımlı heckman örneklem seçicilik modeli ile analizi. 4. Uluslararası Beyaz Et Kongresi, 26- 30 Nisan 2017, 198-206, Antalya.

- Topçu, G.D., Özkan, Ş.S., 2017. Türkiye ve Ege bölgesi çayır-mera alanları ile yem bitkileri tarımına genel bir bakış. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(1): 21-28.
- Tosun, F., Altın, M., 1986. Zehirli çayır, mera ve yayla kültürü ve bunlardan faydalanma yöntemleri. Ondokuz Mayıs Üniv. Yay. No: 9, 155-171.
- Tokluoğlu, M. 1986. Zehirli Çayır ve Mera Bitkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:13, Samsun.
- Tükel, T., Hatipoğlu, R. 1997. Çayır Mera Amenajmanı. Çukurova Üniversitesi. Ziraat. Fak. Ofset Atölyesi, s.152, Adana.
- Yağmur, C., Güneş, E. 2010. Dengeli beslenme açısından Türkiye’de gıda üretimi ve tüketiminin irdelenmesi. VII. Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, Ankara, Türkiye. <https://www.zmo.org.tr/resimler/ekler> (Erişim: 30.08.2021)
- Yazlık, A., Kavak, M., Aşkın, E., Külcüoğlu, N., Ersoy, OÖ ., Kovankaya, F., Demirtaş, E., Aydoğdu, A. 2020. Kentsel yaşam alanında bitki çeşitliliği ve etkileri: Düzce Üniversitesi Konuralp kampüsü örneği. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi 7(1): 66-77.

BÖLÜM 4

TÜRKİYE DOĞAL FLORASINDA BULUNAN TIBBİ ÖZELLİĞE SAHİP BAZI YABANCI OTLAR

Doç. Dr. Mustafa YILMAZ¹

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN²

Arş. Gör. Melike KÖSE³

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Sakarya, Türkiye. mustafayilmaz@subu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5256-245X

² Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Sakarya, Türkiye. bahadirsin@subu.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-0109-3662

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Sakarya, Türkiye. melikek@subu.edu.tr Orcid ID: 0000-0001-5061-2441

GİRİŞ

İnsanlık tarihinin başlamasıyla birlikte insanlar, yeme-içme, barınma ve sağlık gibi temel ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik faaliyetlerde bulunmuşlardır. Beslenme, diğer temel ihtiyaçların önüne geçerek insanları doğadan faydalanmaya zorlamıştır. Deneme yanılma yöntemiyle doğada hazır halde bulunan, yenilebilir ve zehirli yabancı otlar tespit edilmiştir (Özüşen ve Yıldız, 2012). Bazı yabancı otların ise çeşitli hastalıklarının tedavisinde de kullanıldığı saptanmıştır. Bitkilerle tedavi kayıtlarına ilk olarak Mezopotamya uygarlığında rastlanmış olup, 250 adet bitkisel drog (ilâç haline getirilebilen biyolojik kaynaklı bitkisel ya da hayvansal maddeler) tespit edilmiştir (Demirezer, 2010).

İnsanlar, doğada kendiliğinden yetişen yiyeceklerin azalması, nüfus artışı ve iklim değişikliği gibi nedenlerle faydalanılan bitkileri kültüre almaya başlamışlardır. Önceden temel besinleri olan yabancı otlar, daha sonra tercih edilen bitkilerin kültüre alınmaya başlanmasıyla bir sorun olarak karşılına çıkmıştır. Yabancı otlar, özellikle erken dönemlerde kültüre alınan bitkiler ile; besin, ışık, su ve yer bakımından rekabete girerek kalite ve verimde azalmaya, buna bağlı olarak da ekonomik zararlara neden olmaktadır (Özer, 1993; Işık ve ark., 2010).

Dünya genelinde tarım alanlarında 7.000 ve tarım dışı alanlarda 11.000 olmak üzere yaklaşık 18.000 adet yabancı ot olduğu düşünülmektedir. Ülkemizde ise yaklaşık 1.800 yabancı ot türü bulunmaktadır (Üremiş, 2006; Önen, 2021). Tarım alanlarında yabancı ot kaynaklı ürün kaybı yaklaşık %32'dir (Aydın ve Tursun, 2010). Zararları nedeniyle istenmeyen bitki konumuna getirilen yabancı otlar; bitkisel içeriklerinin zengin oluşu, tohum canlılığını uzun süre koruyabilmeleri, olumlu yönde allelopatik etki göstermeleri, erozyon önleyici ve yakacak olarak kullanılabilmesi gibi özellikleriyle önemlerini ortaya koymaktadır (Güncan, 2016). Yabancı otların; alternatif tıp malzemesi, boya hammaddesi, farmakolojik hammaddeler ve herbisidal etki gibi çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Son zamanlarda yabancı otların, sağlıklı yaşam uygulamaları kapsamında “Yedikleriniz, ilâçlarınız olsun” yaklaşımıyla birlikte tıbbi özelliklerinin öne çıktığı görülmektedir (Baydar, 2021). Bu bölümün amacı, yabancı otların tıbbi kullanım olanakları hakkında farkındalık yaratmaktır.

FAMİLYALAR BAZINDA TIBBİ ÖZELLİĞE SAHİP BAZI YABANCI OTLAR

Ülkemizdeki tıbbi özelliğe sahip yabancı otlar genel olarak; Alismataceae, Apiaceae, Amaranthaceae, Araceae, Aristolochiaceae, Asteraceae, Berberidaceae, Boraginaceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Cuscutaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Liliaceae, Loranthaceae, Malvaceae, Oxalidaceae, Papaveraceae, Plantaginaceae, Polygonaceae, Portulacaceae, Primulaceae, Ranunculaceae, Rubiaceae, Solanaceae, Urticaceae, Valerianaceae, Verbenaceae ve Zygophyllaceae familyaları olmak üzere toplam 33 familyada incelenebilmektedir (Uluğ ve ark., 1993; Tembello ve ark., 2020).

1. Alismataceae

Familyanın üyesi olan *Alisma plantagoaquatica* L. (Kurbağa Kaşığı) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı kuru kökleri olup, içeriğindeki maddeler astrigent ve nişastadır. Bu maddeler idrar söktürücü, kolesterol ve tansiyon hastalıklarının tedavilerinde etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Baytop, 1999; Asımgil, 2009).

2. Apiaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler aşağıda verilmiştir.

2.1. *Ammi majus* L. (Karaman kimyonu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı meyveleri olup, içeriğindeki maddeler; kellin, meladinin ve visnagindir. Bu maddeler deri hastalıkları, gaz giderici ve iştah açıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dermatoloji ve gastroenteroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Özbir ve ark., 2019; Redouan ve ark., 2020).

2.2. *Ammi visnaga* (L.) Lam. (Kürdanotu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı meyveleri olup, içeriğindeki maddeler; kellin, reçine, sabit yağ ve visnadindir. Bu maddeler damar genişletici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak kardiyoloji

dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Özbir ve ark., 2019; Redouan ve ark., 2020).

2.3. *Conium maculatum* L. (Baldıranotu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kuru tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; alkaloidler ve organik asitlerdir. Bu maddeler ağrı kesici ve spazm sökücü olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir. Bitki insanlar için zehirli bileşenler de içerdiğinden dikkatli olunmalıdır (Nelson ve ark., 2007; Redouan ve ark., 2020).

2.4. *Ferula communis* L. (Asaotu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kuru tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; organik asitler, reçine ve zamktır. Bu maddeler iştah açıcı ve hazmı kolaylaştırıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009; Redouan ve ark., 2020).

2.5. *Ferula orientalis* L. (Doğu asaotu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kuru tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; organik asitler, reçine ve zamktır. Bu maddeler iştah açıcı ve hazmı kolaylaştırıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroenteroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009; Redouan ve ark., 2020).

2.6. *Eryngium campestre* L. (Boğa dikeni)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kökleri olup, içeriğindeki maddeler; amber kokulu yağ, glikozidler, organik asitler, saponin, tanen, N ve K tuzlarıdır. Bu maddeler idrar söktürücü, klorür ve üre atıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009; Redouan ve ark., 2020).

3. Amaranthaceae

Familiyanın üyesi olan *Amaranthus retroflexus* L. (Kırmızı köklü tilki kuyruğu) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı kuru ve taze yaprakları olup, içeriğindeki maddeler; demir, nitrat, oksalik asit, A ve C vitaminleridir. Bu maddeler adet tedavisi, bağırsak kanaması ve ishale

karşı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

4. Araceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler; *Arum italicum* Mill. (İtalyan yılan yastığı), *Arum maculatum* L. (Yılan Yastığı), *Arum orientale* M. Bieb. (Doğu yılan yastığı)'dir. Bu bitkilerin drog olarak kullanılan kısımları kuru yaprak ve kuru kökleri olup, içeriğindeki maddeler; müsilaj, nişasta, saponin ve zamktır. Bu maddeler sivilce ve pansumanlarda etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dermatoloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir. *Arum maculatum* L. (Yılan Yastığı) insanlar için zehirli bileşenler de içerdiğinden dikkatli olunmalıdır (Nelson ve ark., 2007; Tembelo ve ark., 2020).

5. Aristolochiaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler; *Aristolochia clematidis* L. (Siyah asma), *Aristolochia hirta* L. (Kıllı loğusaotu) ve *Aristolochia rotunda* L. (Yuvarlak yılanotu)'dir. Bu bitkilerin drog olarak kullanılan kısmı kökleri olup, içeriğindeki maddeler; glikoz, nişasta, tanen ve uçucu yağlardır. Bu maddeler idrar arttırıcı ve şeker düşürücü etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dermatoloji ve üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir. Bu bitkiler insanlar için zehirli bileşenler de içerdiğinden dikkatli olunmalıdır (Nelson ve ark., 2007; Asımgil, 2009).

6. Asteraceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler; aşağıda verilmiştir.

6.1. *Anthemis arvensis* L. (Tarla köpek papatyası), *A. chia* L. (Boylu papatya), *A. cotula* L. (Pis kokulu köpek papatyası) ve *A. tinctoria* L. (Boyacı papatyası)

Bitkilerin drog olarak kullanılan kısmı tüm aksamı olup, içeriğindeki maddeler; flavonoid, reçine, tanen ve terpenlerdir. Bu maddeler gaz giderici ve spazm çözücü olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak

dermatoloji ve gastroenteroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Michel ve ark., 2020).

6.2. *Gundelia tournefortii* L. (Kaya diken)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kökleri olup, bu aksamdan elde edilen sakız kullanılabilmektedir. Bu maddeler iştah açıcı ve dış temizleyici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dermatoloji ve gastroenteroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Michel ve ark., 2020).

6.3. *Matricaria chamomilla* L. (Tıbbi papatya)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kuru tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; azulen, flavonoid, glikozit, reçine, salisik asit ve tanendir. Bu maddeler gaz giderici, spazm çözücü, iltihabı önleyici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroenteroloji ve üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Michel ve ark., 2020).

6.4. *Cichorium intybus* L. (Yabani hindiba)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; insülin, glikozitler, karbonhidratlardır. Bu maddeler iştah açıcı, hazmı kolaylaştırıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroenteroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Michel ve ark., 2020).

6.5. *Centaurea cyanus* L. (Gökbaş)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; antocianin, C vitamini, pelarganin ve tanendir. Bu maddeler idrar söktürücü, ateş düşürücü, romatizma ağrılarında etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji ve romatoloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Michel ve ark., 2020).

6.6. *Xanthium spinosum* L. (Zincir pıtrağı)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı yaprakları olup, içeriğindeki maddeler; helme, sepi, A ve C vitaminleridir. Bu maddeler idrar söktürücü, bağırsak yumuşatıcı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji ve

gastroenteroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009; Michel ve ark., 2020).

6.7. *Senecio vulgaris* L. (Adi Kanarya Otu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı toprak üstü aksamı olup, içeriğindeki maddeler; inülin, flavonol, reçine senecin, senecionin, tanen ve uçucu yağlardır. Bu maddeler terletici, idrar ve regl söktürücü etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Nelson ve ark., 2007; Asımgil, 2009; Michel ve ark., 2020).

7. Berberidaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler aşağıda verilmiştir.

7.1. *Berberis crataegina* DC. (Adi kadın tuzluğu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kök ve meyveleri olup, içeriğindeki maddeler; c vitamini, organik asitler ve tanendir. Bu maddeler ateş düşürücü ve iştah açıcı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroenteroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Tembelo ve ark., 2020).

7.2. *Berberis vulgaris* L. (Kadın tuzluğu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kuru kök ve olgun meyveleri olup, içeriğindeki maddeler müsilaj, oxycantin, palmatin ve reçinedir. Bu maddeler kuvvet verici ve iştah açıcı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroenteroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Tembelo ve ark., 2020).

8. Boraginaceae

Familyanın üyesi olan *Pulmonaria officinalis* L. (Adi ciğerotu) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı kuru yaprak ve çiçekleri olup, içeriğindeki maddeler; müsilaj, saponin, silisik asit, şekerler, tanen, reçine ve yağdır. Bu maddeler göğüs yumuşatıcı ve öksürük azaltıcı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Tembelo ve ark., 2020).

9. Brassicaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler; aşağıda verilmiştir.

9.1. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. (Çoban çantası)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı tüm kuru aksamı olup, içeriğindeki maddeler; organik asitler, uçucu yağ ve tanendir. Bu maddeler idrar artırıcı ve kabız yapıcı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroenteroloji ve üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

9.2. *Sinapsis alba* L. (Ak hardal)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı tüm yeşil bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; müsilaj, myrosin, sinapin, sinigrin ve yağdır. Bu maddeler göğüs yumuşatıcı ve öksürük azaltıcı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

9.3. *Sinapis arvensis* L. (Yabani hardal)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı tohumları olup, içeriğindeki maddeler; mironat, sinapini ve potasyumdur. Bu maddeler idrar söktürücü ve iştah açıcı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroenteroloji ve üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

10. Caryophyllaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler aşağıda verilmiştir.

10.1. *Gypsophila venusta* Fenzl. (Alçıotu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı tohumları olup, içeriğindeki maddeler; mironat, sinapini ve potasyumdur. Bu maddeler idrar söktürücü ve iştah açıcı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroenteroloji ve üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Yalçın, 2005).

10.2. *Silene vulgaris* (Moench) Garcke (Adi nakıl)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı tüm kuru bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; flavon, glikozitler, organik asitler ve saponindir. Bu maddeler idrar söktürücü etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Yalçın, 2005).

11. Convolvulaceae

Familyanın üyesi olan *Convolvulus arvensis* L. (Tarla sarmaşığı) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı sap ve kökleri olup, içeriğindeki maddeler; nişasta, reçine, şeker, tanen, vitamin A ve C'dir. Bu maddeler idrar söktürücü ve kabız yapıcı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

12. Cucurbitaceae

Familyanın üyesi olan *Ecballium elaterium* (L.) A.Rich. (Eşek hıyarı) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı meyve ve kökleri olup, içeriğindeki madde elaterindir. Bu madde sinüzit ve egzamaya karşı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve dermatoloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

13. Cuscutaceae

Familyanın üyesi olan *Cuscuta epithimum* (L.) L. (Adi küsküt) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; kuskutalin ve kuskutindir. Bu maddeler gaz giderici ve idrar söktürücü etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir. Bitki insanlar için zehirli bileşenler de içerdiğinden dikkatli olunmalıdır (Nelson ve ark., 2007; Asımgil, 2009).

14. Cyperaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler; *Carex acutiformis* Ehrh. (Sivri ayakotu), *Carex distans* L. (Sina ayakotu), *Carex divisa* Huds. (Parçalı ayakotu), *Carex flacca* Schreb. (Gri renkli ayakotu), *Carex hordeistichos* Vill. (Arpa başaklı ayakotu), *Carex otrubae* Podp. (Ayakotu), *Carex remota* L. (Bataklık ayakotu), *Carex riparia* Curtis

(Ayakotu)'dir. Bitkilerin drog olarak kullanılan kısmı kuru tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; saponinler, silica ve turpentindir. Bu maddeler epilepsi, depresyon ve romatizma hastalıklarına karşı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak romatoloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Jebasingh ve ark., 2012).

15. Euphorbiaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler; aşağıda verilmiştir. Bu bitkiler insanlar için zehirli bileşenler de içerdiğinden dikkatli olunmalıdır (Nelson ve ark., 2007; Asımgil, 2009).

15.1. *Euphorbia aleppica* L. (Halep sütleğeni), *E. Apios* L. (Fıçı otu), *E. helioscopia* L. (Güneş sütleğeni) ve *E. lathyris* L. (Dört çizgili sütleğen)

Bitkilerin drog olarak kullanılan kısmı sap ve tohumları olup, içeriğindeki maddeler; nişasta, saponin, reçine, tanen ve yağdır. Bu maddeler siğile karşı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dermatoloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Mwine ve Damme, 2011).

15.2. *Mercurialis annua* L. (Yer fesleğeni)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; hermidin, saponin ve uçucu yağdır. Bu maddeler idrar söktürücü ve kabızlık giderici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Mwine ve Damme, 2011).

16. Fabaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler aşağıda verilmiştir.

16.1. *Lathyrus sativus* L. (Mürdümük) ve *L. tuberosus* L. (Yumrulu Mürdümük)

Bitkilerin drog olarak kullanılan kısmı kuru tohumları olup, içeriğindeki maddeler; nişasta, şeker ve yağdır. Bu maddeler; idrar söktürücü, cinsel güç artırıcı ve kuvvet verici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak

üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

16.2. *Glycyrrhiza glabra* L. (Meyan)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı toprak altı aksamı olup, içeriğindeki maddeler; asparagin, glikoz, nişasta, reçine, sakkaroz, tanen, yağ ve zamktır. Bu maddeler balgam söktürücü ve göğüs yumuşatıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

17. Lamiaceae

Familyanın üyesi olan *Lamium album* L. (Beyaz çiçekli ballıbaba) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı kuru çiçekleri olup, içeriğindeki maddeler; histamin, metilamin, müsilağ, şeker, tanen ve uçucu yağlardır. Bu maddeler, idrar yolu temizleyici ishal ve kanama durdurucu etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009; Fathi ve ark., 2018).

18. Liliaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler aşağıda verilmiştir. Bu bitkiler insanlar için zehirli bileşenler de içerdiğinden dikkatli olunmalıdır (Nelson ve ark., 2007).

18.1. *Ornithogalum umbellatum* L. (Tükürükotu-Sunbala)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı yaprak ve yumruları olup, içeriğindeki maddeler; covallotoxin, C vitamini, müsilağ, nişasta ve saponindir. Bu maddeler idrar artırıcı, sivilce olgunlaştırıcı ve kusturucu olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dermatoloji ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

18.2. *Veratrum album* L. (Adi çöpleme)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kuru toprak altı aksamı olup, içeriğindeki maddeler; nişasta, proveratridin, reçine, şeker ve veratridindir. Bu maddeler burun tıkanıklığını açıcı ve tansiyon düşürücü olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

19. Loranthaceae

Familyanın üyesi olan *Viscum album* L. (Ökseotu) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı kuru dal ve yaprakları olup, içeriğindeki maddeler; reçine, saponin, tanen, urson, viscin ve viskotoksin alkaloididir. Bu maddeler; idrar söktürücü, spazm giderici ve tansiyon düşürücü etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Urech ve ark., 2005; Asımgil, 2009).

20. Malvaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler; *Malva neglecta* Wallr. (Ebegümece) ve *Malva sylvestris* L. (Yabani ebegümece)'dir. Bitkilerin drog olarak kullanılan kısmı çiçek ve yaprakları olup, içeriğindeki maddeler; glikoz, malvin, müsilağ ve tanendir. Bu maddeler; göğüs yumuşatıcı, solunum rahatlatıcı ve bağışıklık güçlendirici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve immünoloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009; Das ve Islam, 2019).

21. Oxalidaceae

Familyanın üyesi olan *Oxalis corniculata* L. (Boynuzlu ekşi tırfıl) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı toprak üstü aksamı olup, içeriğindeki maddeler; müsilağ ve K tuzlarıdır. Bu maddeler; idrar söktürücü ve ferahlatıcı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

22. Papaveraceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler aşağıda verilmiştir.

22.1. *Fumaria officinalis* L. (Şahtereotu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kuru tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; fumarik asit, şeker ve tanendir. Bu maddeler; ağrı kesici, idrar söktürücü ve kanı temizleyici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir. Bitki insanlar için zehirli bileşenler de içerdiğinden dikkatli olunmalıdır (Nelson ve ark., 2007; Asımgil, 2009; Al-Snafi, 2020).

22.2. *Papaver rhoeas* L. (Gelincik)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı çiçekleri olup, içeriğindeki maddeler; müsilaj, rhoeadin alkaloidi, rhoeadin asidi, şeker ve zamktır. Bu maddeler göğüs yumuşatıcı ve öksürük azaltıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009; Korkmaz ve Karakurt, 2014).

23. Plantaginaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler; *Plantago coronopus* L. (Parça yapraklı sinirotu), *Plantago major* L. (İri sinirotu) ve *Plantago media* L. (Ortanca sinirotu)'dir. Bitkilerin drog olarak kullanılan kısmı kuru yaprak ve kökleri olup, içeriğindeki maddeler; müsilaj, organik asit, pektin ve tanendir. Bu maddeler; balgam sökücü, idrar söktürücü ve kabız yapıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroenteroloji ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009; Korkmaz ve Karakurt, 2014).

24. Polygonaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler aşağıda verilmiştir.

24.1. *Polygonum cognatum* Meissn. (Kuş ekmeği)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı taze yaprakları olup, içeriğindeki maddeler; glikoz, nişasta, tanen ve uçucu yağdır. Bu maddeler idrar söktürücü ve şeker düşürücü olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

24.2. *Rumex acetosa* L. (Kuzu kulağı) ve *R. acetosella* L. (Küçük kuzu kulağı)

Bitkilerin drog olarak kullanılan kısmı kuru kök, kuru yaprak ve taze tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; antrakininon, C vitamini, nişasta, potasyum oksalat ve tanendir. Bu maddeler ateş düşürücü, idrar söktürücü ve müşhil etkisi göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009)

25. Portulacaceae

Familyanın üyesi olan *Portulaca oleracea* L. (Semizotu) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı yapraklı dalları olup, içeriğindeki maddeler; karbonhidrat, kuzukulağı asidi, mineraller, protein ve selülozdur. Bu maddeler; kanlı idrar ve kabızlığa karşı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009).

26. Primulaceae

Familyanın üyesi olan *Anagallis arvensis* L. (Fare kulağı) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı yaprak ve çiçekleri olup, içeriğindeki maddeler; terpinin, terpinol ve vethymoldür. Bu maddeler; idrar söktürücü ve kabızlık giderici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Yalçın, 2005).

27. Ranunculaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler; aşağıda verilmiştir.

27.1. *Adonis aestivalis* L. (Kan Damlası) ve *A. vernalis* L., (Keklikotu)

Bitkilerin drog olarak kullanılan kısmı çiçekleri olup, içeriğindeki maddeler; alkaloid ve glikozidlerdir. Bu maddeler idrar söktürücü ve kanı temizleyici etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009; Da-Cheng ve ark., 2015).

27.2. *Ranunculus bulbosus* L. (Düğmeli çingotu), *R. ficaria* L. (Basur otu) ve *R. sardous* Crantz (Yitik yağotu)

Bitkilerin drog olarak kullanılan kısmı kökleri olup, içeriğindeki maddeler; anemonin, glikozitler, ranunculin, saponin ve uçucu yağlardır. Bu maddeler hemoroide karşı göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak proktoloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Asımgil, 2009; Da-Cheng ve ark., 2015).

28. Rubiaceae

Familyanın üyesi olan *Galium verum* L. (Yoğurtotu) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı kuru tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; glikozit, mum, organik asit ve uçucu yağlardır. Bu maddeler; idrar söktürücü, hafif kabız ve yatıştırıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak üroloji dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Lakić ve ark., 2010).

29. Solanaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler aşağıda verilmiştir.

29.1. *Datura stramonium* L. (Şeytan elması)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kuru yaprak ve kökleri olup, içeriğindeki maddeler; atropin, hyosiamin, skopolamindir. Bu maddeler; akne, egzama ve hemoroid hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra ağrı kesici ve uyuşturucu olarak da etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak cerrahi ve dermatoloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir. Bitki insanlar için zehirli bileşenler de içerdiğinden dikkatli olunmalıdır (Nelson ve ark., 2007; Kandemir ve ark., 2014).

29.2. *Hyoscyamus niger* L. (Siyah banotu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı tüm bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; atropin, hyosiamin, skopolamindir. Bu maddeler ağrı kesici ve cilt yumuşatıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve dermatoloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir. Bitki insanlar için zehirli bileşenler de içerdiğinden dikkatli olunmalıdır (Nelson ve ark., 2007; Asımgil, 2009).

29.3. *Physalis alkekengi* L. (Fenerotu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı yaprak ve meyveleri olup, içeriğindeki maddeler; boya maddesi, müsilaj, organik asitler, physalin alkaloidi ve tanendir. Bu maddeler; ağrı kesici, idrar söktürücü ve sakinleştirici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir. Bitki insanlar için zehirli bileşenler de içerdiğinden dikkatli olunmalıdır (Nelson ve ark., 2007; Asımgil, 2009).

29.4. *Solanum dulcamara* L. (Odunsu köpek üzümü)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kuru dalları olup, içeriğindeki maddeler; dulcamaric, solacein ve soladulcindir. Bu maddeler ağrı kesici, idrar söktürücü ve sakinleştirici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009).

29.5. *Solanum nigrum* L. (Köpek üzümü)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kuru çiçek ve yaprakları olup, içeriğindeki maddeler; saponin, solanin, şeker ve tanendir. Bu maddeler ağrı kesici, öksürük azaltıcı ve sakinleştirici olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Jain ve ark., 2011).

30. Urticaceae

Familyanın üyelerinden tıbbi özelliğe sahip bazı bitkiler; aşağıda verilmiştir.

30.1. *Urtica dioica* L. (Büyük ısırgan)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kök ve yaprakları olup, içeriğindeki maddeler; C vitamini, demir, kalsiyum, nitrat, potasyum ve urtikosittir. Bu maddeler; idrar söktürücü ve iştah açıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak gastroenteroloji ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009).

30.2. *Urtica urens* L. (Isırganotu)

Bitkinin drog olarak kullanılan kısmı kök ve yaprakları olup, içeriğindeki maddeler; flavonoidler, kafeoil-esterler, kafeik asit, skopoletin (kumarin), sitosterol, polisakkaritler, yağ asitleri ve minerallerdir. Bu maddeler; eklem romatizması, iltihap ve kireçlenmeye karşı etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye ve romatoloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilmektedir (Asımgil, 2009; Douakkali ve ark., 2015).

31. Valerianaceae

Familyanın üyesi olan *Valeriana officinalis* L. (Kediotu) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı kuru kökleri olup, içeriğindeki maddeler; nişasta, reçine, şeker, tanen ve uçucu yağdır. Bu

maddeler; yatıştırıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Yalçın, 2005).

32. Verbenaceae

Familyanın üyesi olan *Verbena officinalis* L. (Demirotu) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı tüm kuru bitki aksamı olup, içeriğindeki maddeler; tanen, verbanelin ve verbenindir. Bu maddeler; öksürük azaltıcı ve yatıştırıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye dalında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Casanova ve ark., 2008; Asimgil, 2009).

33. Zygophyllaceae

Familyanın üyesi olan *Peganum harmala* L. (Üzerlikotu) bitkisinin tıbbi niteliği incelendiğinde; drog olarak kullanılan kısmı kuru tohumları olup, içeriğindeki maddeler; harmalin, harmalol, harmin, peganin alkaloidleri ve yağlardır. Bu maddeler; bağırsak parazitlerini öldürücü, regl ağrısı kesici ve solunum rahatlatıcı olarak etki göstermektedir. Tıbbi anabilim dalı olarak dahiliye, gastroenteroloji ve üroloji dallarında görülen hastalıkların tedavisinde kullanılabilir (Korkmaz ve Karakurt, 2014; Kırıcı ve ark., 2018).

SONUÇ

Ülkemizde bulunan tıbbi bitki olarak yararlanılabilecek bazı yabancı otların; Asteraceae (10 tür), Cyperaceae (8 tür) ve Apiaceae (6 tür) familyalarındaki bitki türlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Euphorbiaceae (5 tür), Aristolochiaceae (3 tür), Solanaceae (3 tür) ve Liliaceae (2 tür) familyaları ise insanlar için zehirli bileşenler içeren bitkileri barındırmaktadır. Bu zehirli bileşenler içeren yabancı otlar dikkate alınarak bilinçsiz kullanımlardan kaçınılmalıdır. Bu bitkilerden tıbbi olarak daha çok; dahiliye, gastroenteroloji ve üroloji anabilim dallarında yararlanıldığı tespit edilmiştir.

Toprağın öz evlatları olarak nitelendirilen yabancı otların insanoğlu için çok farklı açıdan kullanımının olduğu bilinmektedir. Özellikle yapılmış olan bu çalışmada yabancı otların sahip oldukları çeşitli sekonder metabolitler sayesinde insanlar için tabiatın eczanesi görevlerini üstlendiklerini de bir kez daha ortaya koymaktadır. Her ne kadar tıbbi açıdan kullanımları olsa da yabancı otlar ile başta çeşitli herbisitler kullanılarak yok edilmeye çalışılmakta, bunun

sonucu olarak ise ekolojik çevreye son derece büyük zararlar verilmektedir. Tabiat ve çevre açısından ise yetiştirilen ürüne veya çevreye zararlı olan türlerin tespitinin yapılarak bu türlerin mevcut durumunun ekonomik zarar eşiğinin altında tutulması, insanoğlu için faydalı özellikleri olanların ise kültüre alınıp çeşitli ıslah yöntemleri ile sahip oldukları önemli özelliklerinin arttırılarak, insana zarar verebilen içeriklerinin azaltılması veya yok edilmesi sayesinde daha kullanılabilir hale getirilebilmesi son derece büyük önem taşımaktadır. Günümüz sanayi koşulları her ne kadar çeşitli sentetik birleşikleri üretebiliyor olsa da kullanmakta olduğumuz birçok ilacın hammaddesi bitkisel kökenli veya bitkilerde bulunan bazı sekonder birleşiklerin sentetik olarak laboratuvar koşullarında sentezlenmesi ile elde edilmektedir. Unutulmamalıdır ki ihtiyacımız olan her türlü kaynağa doğada ulaşabilmemiz mümkündür. Yeter ki doğal zenginliklerimizi kaybetmeden doğru şekilde doğayı kullanmayı bilelim.

KAYNAKÇA

- Asımgil, A. (2009). Şifalı bitkiler. *Timaş Yayınları Entegre Matbaacılık. Sanayi Cad. İstanbul*, s. 317.
- Al-Snafi, A. E. (2020). Constituents and pharmacology of *Fumaria officinalis*-A review. *IOSR Journal of Pharmacy*, 10(1), 17-25.
- Aydın, O., Tursun, N. (2010). Bitkisel kökenli bazı uçucu yağların bazı yabancı ot tohumlarının çimlenme ve çıkışına olan etkilerinin araştırılması. *KSÜ Zir. Fak. Bitki Kor. Böl., KSÜ Doğa Bil. Derg.* 13(1), 11-17.
- Baydar, H. (2019). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (9. Basım). *Nobel Akademik Yayıncılık, Yayın*, s. 1-20.
- Baytop, T. (1999). Türkiye’de Bitkiler ile Tedavi (Geçmişte ve Bugün). *İlâveli 2. Baskı, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul*, s. 243.
- Casanova, E., García-Mina, J. M. and Calvo, M. I. (2008). Antioxidant and antifungal activity of *Verbena officinalis* L. leaves. *Plant Foods for Human Nutrition*, 63(3), 93-97.
- Hao, D., Xiao P., Ma, H., Peng, Y. and He, C. (2015). Mining chemodiversity from biodiversity: Pharmacophylogeny of medicinal plants of *Ranunculaceae*. *Chinese Journal of Natural Medicines*, 13(7), 507-520.
- Das, U. and Islam, M. S. (2019). A review study on different plants in *Malvaceae* family and their medicinal uses. *Am. J. Biomed. Sci. Res.*, 3(2), 94-97.
- Demirezer, L. Ö. (2010). Bitkilerin tıpta kullanılması konusundaki sorumluluklarımız. *Bitkilerle Tedavi Sempozyumu 5-6 Haziran 2010 Zeytinburnu/İstanbul Bildiri Kitabı*, s. 87- 88.
- Doğan, I., Mennan, H., Mahmut, D. ve Altop, E. K. (2010). Koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim sistemlerinde yabancı ot mücadelesi. *Derim*, 27(2), 45-57.
- Doukkali, Z., Taghzouti, K., Bouidida, E. L., Nadjmouddine, M., Cherrah, Y and Alaoui, K. (2015). Evaluation of anxiolytic activity of methanolic extract of *Urtica urens* in a mice model. *Beh. and Br. Func.*, 11(1), 1-5.
- Fathi, H., Gholipur, A., Ali Ebrahimzadeh, M., Yasari, E., Ahanjan, M. and Parsi, B. (2018). In vitro evaluation of the antioxidant potential, total phenolic and flavonoid content and antibacterial activity of *Lamium album* extracts *Inter. Journal of Pharma. Sci. and Res.*, 9(10), 4210-9.
- Güncan, A. (2016). Yabancı otlar ve mücadele prensipleri. *Selçuk Üniversitesi Basımevi Alaeddin Keykubat Kampüsü/Konya* 311 s.
- Jain, R., Sharma, A., Gupta, S., Sarethy, I. P. and Gabrani, R. (2011). *Solanum nigrum*: Current perspectives on therapeutic properties. *Alternative Medicine Review*, 16(1), 78-85.

- Jebasingh, D., Jackson, D. D., Venkataraman, S. and Emerald, B. S. (2012). Physiochemical and toxicological studies of the medicinal: plant *Cyperus rotundus* L (*Cyperaceae*). *International Journal of Applied Research in Natural Products*, 5(4), 1-8.
- Kandemir, A., Tatlı, M., Mutlu, A. ve Güneysel, Ö. (2014). Özkıyım amaçlı *Datura Stramonium* alımına bağlı antikolinerjik sendrom: Olgu sunumu. *Journal of Academic Emergency Medicine Case Reports/Akademik Acil Tıp Olgu Sunumları Dergisi*, 5(2).
- Kırıcı, S., Kayıran, S. D. ve Tokuz, G. (2018). Doğu Akdeniz bölgesinde üzerlik (*Peganum harmala* L.) bitkisinin tütsü olarak kullanımı. *Mersin Üniv. Tıp Fak. Lokman Hekim Tıp Tar. ve Folk. Tıp Dergi*, 8(1), 1-12.
- Korkmaz, M., Karakurt E. (2014). Kelkit (Gümüşhane) aktarlarında satılan tıbbi bitkilerin etnobotanik özellikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 18(3), 60-80.
- Lakić, N. S., Mimica-Dukić, N. M., Isak, J. M. and Božin, B. N. (2010). Antioxidant properties of *Galium verum* L. (*Rubiaceae*) extracts. *Central European Journal of Biology*, 5(3), 331-337.
- Michel, J., Abd Rani, N. Z. and Husain, K. (2020). A review on the potential use of medicinal plants from *Asteraceae* and *Lamiaceae* plant family in cardiovascular diseases. *Frontiers in Pharmacology*, 11, 852.
- Mwine, T. J. and Damme, V. P. (2011). Why do *Euphorbiaceae* tick as medicinal plants? A review of *Euphorbiaceae* family and its medicinal features. *Journal of Medicinal Plant Research* 5(5):652-662.
- Nelson, L. S. Shih, R. D. Balick, M. J. and Lampe, K. F. (2007) Handbook of poisonous and injurious plants, New York Botanical Garden, s. 18-347.
- Önen, H. (2021). Yabancı otlar ve herboloji (Yabancı ot bilimi), 2. Bölüm. “Herboloji (Yabancı ot bilimi): İlkeler, kavramlar ve uygulamalar / *Weed Science: Theory and Practice*”, s. 8-27. Adana.
- Özbir E., Yazıcıpğlu A. ve Akalın E. (2019). Ammi visnaga (Kürdanotu, Hiltan). *Türk Farmakope Dergisi*, 4(2), 95-111.
- Özer, Z. (1993). Niçin yabancı ot bilimi. *Türkiye L. Herboloji Kongresi Bildirileri. Adana*, s. 1-7.
- Özüşen, B. ve Yıldız, Z. (2012). Buzul Çağı’ndan İlk Çağ’a tüketimin tarihi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 4(7), 1-16.
- Redouan, F. Z., Benítez, G., Picone, R. M., Crisafulli, A., Yebouk, C., Bouhbal, M. and Merzouki, A. (2020). Traditional medicinal knowledge of *Apiaceae* at talasemtane National Park (Northern Morocco). *South African Journal of Botany*, 131, 118-130.

- Tembelo, B., Arslan, Z. F. ve Aksoy, N (2020). Avrupa-Sibirya (Euro-Siberian) flora alanının Batı Karadeniz Alt Bölgesi (Euxine)'nde bulunan tıbbi yabancı ot türleri. *Düzce Üniv. Bilim ve Tek. Dergisi*, 8(3), 2193-2207.
- Uluğ, E., Kadioğlu, İ. ve Üremiş, İ. (1993). Türkiye'nin yabancı otları ve bazı özellikleri. *T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yayın*, (78), 513.
- Urech, K., Scher, J. M., Hostanska, K. and Becker, H. (2005). Apoptosis inducing activity of viscin, a lipophilic extract from *Viscum album* L. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 57(1), 101-109.
- Üremiş, İ. (2006). Türkiye'de *Brassicaceae* familyasından bitkilerin allelopatik etkileri üzerine yapılan çalışmalar, *Allelopati Çalıştayı (Türkiye'de Allelopatinin Kullanımı: Dün, Bugün, Yarın) Bildiri Kitabı Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araş. Ens. 13- 15 Haziran 2006 -Yalova*, s. 24.
- Yalçın, A. (2005). Fitoterapi. *Geçit Kitabevi, İstanbul*, s. 383.

BÖLÜM 5

***Carthamus* sp. TÜRLERİNİN BİTKİ KORUMA UYGULAMALARINDA KULLANILMA POTANSİYELLERİ**

Arş. Gör. Safa HACIKAMİLOĞLU¹

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun, Türkiye. safa.hacikamiloglu@omu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-2188-2765

1. GİRİŞ

Bitkileri ve bitkisel ürünleri böcek ve mantar gibi zararlılardan korumak amacıyla çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bazı durumlarda ekim zamanını ayarlama, karışık ekim gibi masraf gerektirmeyen kültürel tedbirler alınabileceği gibi, bazı durumlarda insan ve hayvanlara doğrudan temas halinde zarar verebilecek kimyasallar da kullanılabilir. Bu kimyasalların yanlış ve aşırı kullanımında, toprak ve yer altı suları kirlenmekte hem bitkiler hem de tüketiciler için çeşitli dezavantajlar oluşabilmektedir. Günümüzde tüketicilerin bilinçlenmesi, organik üretim ve tüketimin yaygınlaşması sayesinde sentetik ürünlerden organik bitkisel ürünlere geçiş artmıştır. Üreticinin organik kökenli kimyasallar kullanması hem maliyeti hem de doğadaki kalıntı miktarını azaltmakta, ayrıca tüketici kitlesini de cezbetmektedir. Bu amaçla böcek kovucu, antibakteriyel ve fungusit gibi özellikler taşıyan bitkilerin ekstraktları yoğun şekilde araştırılmaktadır. Bitkilerden elde edilen doğal bileşikler, sentetik olan ticari ürünlerin yerini alarak hem insan sağlığını korumakta hem de ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır (Demirtaş ve ark., 2013). Bu bölümde önemli bir alternatif yağ bitkisi olan aspir bitkisinin ve yabani akrabalarının kullanım olanakları araştırılmıştır.

2. BİTKİLERDEKİ FENOLİK BİLEŞİKLERİN ELDE EDİLMESİ VE ÇEŞİTLİ KULLANIM ALANLARI

Fenolik maddeler çoğunlukla kromatografik yöntemlerle ekstrakte edilmektedir. Metanol, aseton, su, hekzan, eter, etil asetat, diklor metan, benzen, kloroform gibi çözücülerin kullanıldığı sistemlerde, sıcaklık ve basınç uygulanarak karışım şeklinde fenolik madde topluluğu elde edilmektedir. Ekstraksiyonun ardından çözücünün uzaklaştırılması için farklı evaporasyon yöntemleri uygulanarak ekstraktlar elde edilir. Modern endüstriyel araçlarda, ekstraksiyon aşamasında fenolikler birbirinden ayrılarak tekli saflaştırma yöntemleri de uygulanabilmektedir. Bunlardan ayrı olarak yüksek basınç altında karbondioksit gibi belirli koşullarda süper çözücü haline gelen gazların kullanıldığı ‘‘Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu’’ teknikleri de mevcuttur (Çolak ve Tülek, 2003). Ancak bu sistemlerin ilk kurulum maliyetleri yüksektir.

Bitkilerden elde edilen fenolik maddeler, antioksidan özellikleri sayesinde, birçok üründe dayanıklılığın artırılmasında kullanılmaktadır.

Örneğin, deri sanayisinde dayanıklılığı artırmak için tanen ilave edilmesi (Cemeroğlu ve Cemeroğlu, 1998), meyve sularında durultma ajanı olarak tanen kullanılması (Bakkalbaşı, 2012), soya yağının oksidatif stabilitesinin artırılması ve raf ömrünün uzaması için klorojenik asitin kullanılması (Luzia ve ark., 1997), ferulik asitin biyodönüşüm yoluyla vanilin gibi aroma maddelerine dönüştürülmesi (Yılmaztekin, Cabaroğlu ve Erten, 2008) için kullanılabilir.

3. ASPİR BİTKİSİNİN ARTAN ÖNEMİ

Carthamus türleri çoğunlukla Orta Doğu ülkelerinde yaygın şekilde yetişirken, yabani akrabaları Amerika'dan Avusturalya'ya kadar yetişebilmektedir. Dünyada 25 *Carthamus* türü olduğu bilinmektedir (Arslan ve ark., 2010). Çiçekleri genellikle sarı renkli, bazı türleri sarı-turuncu, mavi, pembe veya pembe-mor olabilmektedir. *Carthamus*'lar dikenli yapılarından dolayı arazi kullanımını kısıtlayabilmektedirler. Bu yüzden istilacı ot olarak tanımlanmış türleri bulunmaktadır (Grace ve ark., 2002).

Aspir bitkisi eski tarihlerde Mısır ve çevresinde çiçeklerinden elde edilen boyası için kullanılmıştır. Mısırlıların, aspir çiçeklerinden elde edilen sarı boyayı kullandıkları, tarihi eserlerde tespit edilmiştir. Ancak kullanılan türün hangi *Carthamus* olduğu konusunda kesinlik yoktur (Marinova ve Riehl, 2009).

Son 50 senede Dünya'da alternatif yağ bitkilerinin desteklenmesi sonucu aspir bitkisinin popülerliği artmış, ancak bu sefer tohumlarındaki bitkisel yağ için yetiştirilmiştir. Aspir bitkisinin tohumlarında %30 civarı yüksek kaliteli bitkisel yağ bulunmaktadır. Ayrıca yağda yüksek orandaki GLA (gamma linolenik asit) bu yağı önemini artırmaktadır.

Günümüzde bütün *Carthamus* türleri içerisinde en çok araştırılan kültür aspiri olan *C. tinctorius*'dur. Dünya literatüründe aspir ile alakalı 1990 yılından bu yana ise toplam 1938 çalışma, sadece 2021 yılında ise 138 çalışma yapılmıştır. Her geçen yıl aspir ile alakalı çalışmalar artmaktadır.

Aspir bitkisini bu kadar önemli yapan kuraklık ve sıcaklık stresine karşı dayanıklı olması ve alternatif yağ bitkisi olmasıdır. Dünya da mevcut yağ bitkilerine alternatif olacak birçok bitki üzerine mesai harcanmaktadır. Alternatif bir yağ bitkisi olarak aspir, kurak sayılan bölgelerde kışlık olarak yetiştirilebilmektedir.

Dünya da 19 farklı ülkede aspir yetiştirilmektedir. Rusya, Kazakistan ve Hindistan en büyük yetiştiricileri iken, Türkiye dünya da sekizinci sıradadır. Ülkemizde 2000’li yıllarda en fazla Güneydoğu Anadolu bölgesinde üretim yapılırken, günümüzde İç Anadolu bölgesi ana üretim merkezi konumundadır. Ülkemizde 15 adet tescilli aspir çeşidi bulunmaktadır. Bunların 2 tanesi 2000 yılı öncesi, 5 tanesi 2015 öncesi, 8 tanesi ise son 4 sene içerisinde tescil ettirilmiştir. Aspir yetiştiriciliği havza bazlı destek projeleri kapsamında 2017 yılından beri devlet tarafından desteklenmektedir. Ülkemizde aspir yetiştirilen alanlar ise günden güne artmaktadır.

Ülkemiz bitkisel yağlar konusunda kendine yeter konumda değildir. 1990’lardan beri yağ ithalatı yapılmakta olup günümüzde yağ ihtiyacımızın yarısını üretip, kalan yarısını ise ithal edilmektedir. Bu ithalatın bedeli ise her geçen gün artmaktadır. Ayrıca son yıllarda bölgemizde yaşanan savaşlar, gemi trafiğinin engellenmesi, döviz kurunun dalgalanması, ambargolar sebebiyle zaman zaman gıda krizi oluşabilmektedir. Bu sebepten yağ bitkilerinin çeşitliliğinin artırılması, ülkemizin her koşuldaki topraklarını değerlendirebilecek alternatif yağ bitkileri ile yağ açığımızın kapatılması gerekmektedir.

Aspir gibi, zengin fenolik bileşik kaynağı olan bitkilerin, tohumları dışında yan ürünlerinin de olması, daha çok üreticinin tercih etmesini sağlayacaktır. Aspir gibi bitkilere yatırım arttıkça ülkemizin yağ ithalatı da azalacak, dışa olan bağımlılığımız azalacaktır.

Yabani aspir türleri, aspir ıslahında önemli yer tutmaktadır. Ülkemizde 4 farklı tür yaygın olarak yetişmektedir.

4. *Carthamus* TÜRLERİNDE BULUNAN FENOLİK BİLEŞİKLER

Carthamus türleri farklı ekolojik bölgelere uyum sağlamak için çeşitli fenolojik bileşikleri bünyelerinde biriktirmektedir. Bu fenolojik bileşiklerin kompozisyonu sabit olmayıp zaman içerisinde değişmektedir.

Araştırmacılar yaprak, çiçek ve tohumların bileşiminde bulunan fenolik bileşikleri incelemişlerdir. Aspir bitkisinde flavonoidler, fenolik asitler, alkaloidler, poliasetlenler, yağ asitleri, steroller, triterpenler, uçucu yağlar, şekerler ve amino asitler bulunduğunu bildirmişlerdir (Kazuma ve ark., 2000; Pu ve ark., 2019; Akihisa ve ark., 1996; Demirtaş ve ark., 2013).

5. ÇEŞİTLİ *Carthamus* EKSTRAKTLARIN BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

Demirtaş ve ark. (2013), *C. glaucus* bitkisinin yaprak ve çiçeklerinden elde ettikleri metanol-kloroform ekstraktının patates böceği (*L. decemlineata*) insektisidal aktivitesinin olduğunu ancak bu etkinin çok kuvvetli olmadığını bildirmişlerdir.

Taskova ve ark. (2002), *C. lanatus* bitkisinde su-metanol ekstraktının verimliliğinin en yüksek olduğunu (kuru maddenin %15'i) ve *Staphylococcus aureus*, *Esherichia coli* ve *Candida albicans* üzerine önemli antibakteriyel ve antifungal etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir. Aynı çalışmada su ve hekzan ekstraktlarının hiçbir türe karşı etki göstermediği belirlenmiştir.

Feroz ve Ali (2016), *C. lanatus* metanol ekstraktında alkaloid, tanen, saponin, steroid, kumarin, betasiyanin ve flavonoid bileşiklerinin bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu ekstrakt *Aspergillus flavus* ve *Aspergillus niger* funguslarına karşı oldukça yüksek biyolojik aktivite göstermiştir. Araştırmacılar bitkinin önemli bir antifungal kaynak olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Javaid ve ark. (2019), *C. oxycantha* köklerinin metanol ekstraktında 130 farklı bileşik tespit etmişlerdir. Araştırmacılar bitkiden elde edilebilecek olan yağ asitleri, yağ asidi metil esterleri, furanerol, fitol gibi birtakım bileşiklerin antifungal, antibakteriyel etkilerinin olduğunu ve önemli bir biyoaktif bileşen kaynağı olduğunu bildirmişlerdir. Bitkiden elde edilen yağın kompozisyonunda bulunan dodekanoik asit, oktadekanoik asit, hekzadekanoik asitlerin antioksidant, pestisit, hemolitik, larvisit (Rahuman ve ark., 2000) etki gösterebildiği bilinmektedir. Bu yağın bakterilerin hücre membranlarını bozarak hücrelerin dağılmasını sağladıkları (Ismail ve ark., 2014), benzer şekilde yukarıda sayılan yağ asitlerinin fungusların hücrelerinin dağılmasını sağladığından dolayı fungusit olarak kullanılabileceği (Pohl ve ark., 2011) araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Ikram ve ark. (2020), *C. oxycantha* köklerinin metanol ekstraktının *Staphylococcus aureus*, *Esherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas Aeruginosa* karşısında dozlara bağlı olarak önemli oranda inhibisyon elde ettiklerini, ayrıca bu ekstraktın antibiyotikten daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Raza ve ark. (2015), *C. oxycantha* köklerinin farklı ekstraktlarında alkaloid ve triterpenoidlerin, bulunduğunu, bu ekstraktın farklı *Bacillus* sp. türlerine karşı önemli inhibisyon etkisi gösterdiğini bildirmişlerdir.

Qazi ve ark. (2013), *C. tinctorius* çiçek etanol ekstraktının *Klebsiella* sp. karşısında orta, *E. coli*, *B. pumilus* ve *S. aureus* karşısında ise zayıf antibakteriyel etki gösterdiğini, *Staphylococcus* sp. suşlarına karşı ise hiç etkinlik gösteremediğini bildirmişlerdir.

Hussain ve ark. (2021), *C. tinctorius* tohumlarının alkaloid, flavonoid ve terpenoid bileşiklerini içerdiğini bildirmişlerdir. Bu sekonder metabolitleri ayrı ayrı ekstrakte edip inceleyen araştırmacılar, hepsinin 20 mg/ml dozunda *Aspergillus* sp. karşısında %90 üzerinde inhibisyon sağladığını tespit etmişlerdir. Araştırmada, sekonder metabolitlerin bakteri hücresinin membran geçirgenliğini, DNA transkripsiyonunu ve protein sentezinin bozmasından dolayı inhibisyon oluşabildiği belirtilmiştir.

Karimkhani ve ark. (2016), *C. tinctorius* çiçeklerinin metanol ekstraktında en yüksek olarak gallik asit, ardından kumarik asit, kafeik asit ve ferulik asit tespit etmişlerdir. Araştırmacılar 120 mg/ml konsantrasyonunun aspir çiçeği ekstraktının *Staphylococcus aureus*'u tamamen inhibe ettiğini, 240 mg/ml konsantrasyonun ise *Salmonella typhi*'yi tamamen inhibe ettiğini bildirmişlerdir.

Salem ve ark. (2014), *C. tinctorius* bitkisinde çiçeklenme dönemi boyunca fenolik madde değişimini gözlemlemişlerdir. Tomurcuk ve çiçek oluşumu sırasında (çiçeklenme başlangıcı), precarthamin yüksek oranda bulunurken, çiçeklenme sonuna doğru precarthamin bileşiği yerini carthamin maddesine bırakmaktadır. Bu döngü meydana gelirken aspir çiçeklerinin rengi sarıdan kırmızıya doğru dönüşmektedir. Araştırmacılar, bu dönüşümün tamamlandığı meyve oluşumu döneminde en yüksek antibakteriyel etkinin görüldüğünü bildirmişlerdir. Meyve oluşumu döneminde toplanan çiçeklerin metanol ekstraktının *Esherichia coli* bakterisine karşı etkili olduğu bildirilmiştir.

Khatimah ve ark. (2021), farklı dozlarda aspir çiçeği katılan hayvan kaba yemlerinde *Salmonella pullorum* ve *Esherichia coli* bakterilerinin gelişimini incelemişlerdir. Araştırmacılar %0,5 oranında çiçek katılan yemlerde inhibisyon etkisinin en yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar yemlere küçük

miktarlarda aspir çiçeği katılmasının ekonomi ve uygulanabilirlik adına elverişli olabileceğini bildirmişlerdir.

KAYNAKÇA

- Akihisa, T. Yasukawa K. Oinuma, H. Kasahara, Y. Yamanouchi, S. Takido, M. Kumaki, K. Tamura, T. (1996). Triterpene Alcohols from the Flowers of *Compositae* and Their Anti-Inflammatory Effects. *Phytochemistry*. 43: 1255–1260.
- Arslan, Y. Katar, D. Güneylioğlu, H. Subaşı, İ. Şahin, B. Bülbül, A.S. (2010). Türkiye Florasındaki Yabani *Carthamus* L. Türleri ve Aspir (*C. tinctorius* L.) Islahında Değerlendirme Olanakları. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 19(1-2): 36-43.
- Bakkalbaşı, E. (2012). Tanenlerin Kimyası, Gıdalardaki Varlığı ve Gıda İşlemenin Tanenler Üzerine Etkisi. *Akademik Gıda*. 10(2): 96-108.
- Cemeroğlu, A.P., Cemeroğlu, B.S., (1998). Sağlık Açısından Gıda Fenolikleri. *Gıda Teknolojisi*. 3(9):52-55.
- Çolak, N. Tülek, Y. (2003). Süperkritik Akışkan Ekstraksiyonu. *Gıda*. 28(3): 313-320.
- Demirtaş, İ. İnah, N.K. Koldaş, S. Karakoç, Ö.C. Tüfekçi, A.R. Gül, F., Telci, İ. Erenler, R. Altun, M. (2013). Değerlendiremediğimiz Tarım Ürünleri Potansiyelimiz. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*. 6(1): 168-173.
- Taskova, R. Mitova, M. Najdenski, H. Tzvetkova, I. Duddeck, H. (2002). Antimicrobial activity and cytotoxicity of *Carthamus lanatus*. *Fitoterapia*. 73: 540-543.
- Feroz, S. Ali, J. (2016). Preliminary Phytochemical Analysis, Antioxidant, and Antimicrobial Evaluation of *Carthamus lanatus*. *Inovare journal of Sciences*. 4(5): 1-3.
- Grace, B.S. Sheppard, A.W. Whalley, R.D.B. Sindel, B.M. (2002). Seedbanks and Seedling Emergence of Saffron Thistle (*Carthamus lanatus*) in Eastern Australian Pastures. *Australian Journal Of Agricultural Research*. 53: 1327-1334.
- Hussain, A.Y. Hussein, H.J. Rubaye, F.A. (2021). Antifungal Activity of the Secondary Metabolites Extracted from *Carthamus tinctorius* L. against *Aspergillus* Species Isolated from Stored Medicinal Plants Seeds in the Iraqi Markets. *Clinical Schizophrenia & Related Psychoses*. 15(6). Doi: 10.3371/CSRP.HAHH.081221.
- Ismail, K. Abdullah, S. Chong, K. (2014). Screening for potential antimicrobial compounds from *Ganoderma boninense* against selected food borne and skin disease pathogens. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6: 771-774.
- Ikram, M. Beshbishy, A.M. Kifayatullah, M. Olukani, A. Zahoor, M. Naeem, M. Amin, M. Shah, M. Abdelaziz, A.S. Ullah, R. Mothana, R.A. Siddiqui, N.A. Batiha,

- G.E.S. (2020). Chemotherapeutic Potential of *Carthamus oxycantha* Root Extract as Antidiarrheal and In Vitro Antibacterial Activities. *Antibiotics*. 9 (226).
- Javaid, A. Raifq, M. Shoaib, A. (2019). Potential Bioactive Phytoconstituents in *Carthamus oxycantha* M. Bieb. Root. *International Journal of Biology and Biotechnology*. 16 (1): 221-229.
- Karimkhani, M.M. Shaddel, R. Khodaparast, M.H.H. Vazirian, M. Piri-Gheshlaghi, Sh. (2016). Antioxidant And Antibacterial Activity Of Safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) Extract From Four Different Cultivars. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*. 8(4): 565-574.
- Kazuma, K. Takahashi, T. Sato, K. Takeuchi, H. Matsumoto, T. Okuno, T. (2000). Quinochalcones and Flavonoids From Fresh Florets in Different Cultivars of *Carthamus tinctorius* L. *Bioscience Biotechnology Biochemistry*. 64: 1588–1599.
- Khatimah, K. Purwanti, S. Jamilah. (2021). The antibacterial activity of Kasumba turate (*Carthamus tinctorius* L.) against *Salmonella pullorum* and *Escherichia coli* as an alternative feed additive for poultry. The 3rd International Conference of Animal Science and Technology. doi:10.1088/1755-1315/788/1/012191.
- Luzia, M.R. Da Paixao, C.C. Marcilio, R. Trugo, L.C. Quinteiro, L.M.C. De Maria, A.B.D. (1997). Effect of 5-Caffeoylquinic Acid on Soybean Oil Oxidative Stability. *International Journal of Food Science and Technology*. 32:15-19.
- Marinova, E. Riehl, S. 2009. *Carthamus* species in the ancient near east and South-Eastern Europe: Archaeobotanical Evidence for Their Distribution and Use as A Source of Oil. *Vegetation History and Archaeobotany*. 18: 341–349.
- Pohl, C.H. Kock, J.L.F. Thibane, V.S. 2014. Antifungal free fatty acids: a Review. *Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research And Technological Advances*. A. Méndez Vilas (Ed.). Formatex Publishers.
- Pu, Z.J. Yue, S.J. Zhou, G.S. Yan, H. Shi, X.Q. Zhu, Z.H. Huang, S.L. Peng, G.P. Chen, Y.Y. Bai, J.Q. (2019). The Comprehensive Evaluation of Safflowers in Different Producing Areas by Combined Analysis of Color, Chemical Compounds, and Biological Activity. *Molecules*. 24: 3381.
- Rahuman, A.A. Gopalakrishnan, G. Ghouse, B.S. Arumugam, S. Himalayan, B. (2000). Effect of *Feronia limonia* on Mosquito Larvae. *Fitoterapia*. 71: 553-555.
- Raza, M.A. Mukhtar, F. Danish, M. (2015). *Cuscuta reflexa* and *Carthamus oxyacantha*: Potent Sources of Alternative and Complimentary Drug. *Springer Plus*. 4(1):76.
- Salem, N. Msaada, K. Elkahoui, S. Mangano, G. Azaeiz, S. Slimen, I.B. Kefi, S. Pintore, G. Limam, F. Marzouk, B. (2014). Evaluation of Antibacterial,

Antifungal, and Antioxidant Activities of Safflower Natural Dyes During Flowering. BioMed Research International. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/762397>.

Qazi, N. Khan, R.A. Kazi, Y.F. Kumar, P. Rizwani, G.H. (2013). Antibacterial Activity of *Carthamus tinctorius* L. Against Bacterial Isolates. Journal of Antimicrobials. 128: 172-176.

Yılmaztekin, M. Cabaroğlu, T. Erten, H. (2008). Biyoteknolojik Yollarla Aroma Maddelerinin Üretimi. Gıda. 33(1): 35-41.

BÖLÜM 6

TOPRAK SOLUCANLARI VE VERMİKOMPOSTUN BİTKİ GELİŞİMİ, HASTALIK, ZARARLI VE NEMATOD MÜCADELESİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Dr. Lerzan ÖZTÜRK¹

¹ Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye. lerzanzoturk@gmail.com
Orcid ID: 0000-0003-2199-6807

GİRİŞ

Çevre; canlıların yaşamı boyunca ilişkilerini sürdürdüğü dış ortam olan çevre yaşama ortamını oluşturan hava, su ve toprak gibi unsurlardan oluşmaktadır. Çeşitli kaynaklardan çıkan katı, sıvı ve gaz halindeki kirletici maddelerin hava, su ve toprakta yüksek oranda birikmesi ile çevre kirliliği meydana gelmektedir. Yaşam alanlarında bu gibi faktörlerle meydana gelen bozulma da insan sağlığını, insanoğlunun beslenmesinde önemli gıda maddesi olan kültür bitkilerinin ve hayvan sağlığını da olumsuz etkilemektedir.

Bununla birlikte yeryüzünde yaşayan insan nüfusu günden güne artmakta ve bu artışla beraber beslenme için ihtiyaç duyulan gıda maddelerinde de artık görülmektedir. Nüfus artışına paralel olarak kentleşmenin artması ve tarım alanlarının yerleşime açılmasıyla tarımsal üretim yapılacak alan sayısı azalmaktadır. Bunun sonucunda birçok ülkede kısıtlı alanda bitkisel ve hayvansal üretim yapılmakta ve gıda ihtiyacını karşılayacak yüksek verim elde edilmesi amaçlanmaktadır. Tarımsal üretimde verim artışı elde etmek için yoğun gübreleme yapılmakta ve verim kayıplarına neden olan hastalık ve zararlılara karşı sentetik kimyasal pestisitler aşırı ilaçlama yapılmaktadır. Kimyasal gübreler de içerdikleri ağır metallerle toprağın zamanla yapısını bozmakta ve aynı zamanda kültür bitkisi gelişimini de olumsuz etkilemektedir. Bilhassa fazla potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeren gübrelerin toprağa uygulanmasıyla burada bulunan besin elementleri arasında denge bozulmakta ve besin elementlerinin bitkilerce alımı engellenmektedir.

Bitki koruma ürünlerinden pestisitler ise toprağa uygulandıklarında sulama suyuna karışabilmekte, bitkiler tarafından alındığında bitkilerle beslenen diğer canlılara tüketim yoluyla geçerek karsinojen olmaktadır. Bununla birlikte sentetik kimyasallar hava, toprak ve gıda ürünlerinde kalıntılar oluşturmakta, bitkilerde fitotoksititeye sebep olarak kalitesiz ürünlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Ulukapı ve Şener, 2017). Avrupa'da 520 adet aktif maddeli ruhsatlı pestisit bulunmakta ve bunların % 64'ü sentetik kimyasallardan oluşurken bunların içeriğindeki aktif maddelerden sadece 110 tanesi zararlı etkileri bakımından insan ve çevre sağlığına düşük risk rubunda yer almaktadır. Pestisitlere uzun süre maruz kalmak ya da pestisit kalıntıları olan meyve ve sebzelerin tüketilmesiyle insanlarda uzun kanser, doğum anormallikleri, üreme sorunları, nörolojik sorunlar, Alzheimer ve Parkinson

gibi ilaçlarla tedavisi güç rahatsızlıklar görülebilmektedir (Özay ve Arslantaş, 2016).

Çevre duyarlılığının artması ile tarımsal üretimde kullanılan kimyasalların taşıdığı riskler nedeniyle bunların yerine alternatif maddelerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu maddelerden biri de vermikomposttur. Vermikompost, hayvan dışkısı, kâğıt, bitki artıkları gibi organik atıkların bazı toprak solucanları tarafında sindirilmesi ile ortama bıraktıkları dışkılarından oluşmaktadır. Vermikompost, zengin besin maddesi ve enzim içeriği ile toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını iyileştirmekte, bitki gelişimini teşvik etmektedir. Bununla birlikte kompost bünyesinde bulunan birçok faydalı bileşen ve mikroorganizma ile bazı bitki hastalık ve zararlıları da kontrol edilebilmektedir (Bellitürk, 2016).

Son yıllarda, toprak düzenleyiciler olarak vermikompost ürünlerinin bitki gelişimi, hastalık ve zararlı mücadelesinde kullanımı ile ilgili yürütülen çalışmalarda ümitvar sonuçlar alınmıştır. Bu uygulamalarla *Rhizoctonia*, *Verticillium* ve *Phytium* gibi birçok hastalığın baskılanmasında başarılı sonuçlar alınmıştır (Erşahin ve ark., 2009). Vermikompostun tüm bu olumlu etkilerinin yanı sıra kompostu meydana getirecek solucanlar artık maddeleri sindirip faydalı maddelere dönüştürerek atık kaynaklı çevre kirliliği de azaltılabilmektedir.

Bu makalede vermikompost ürünlerinin farklı kültür bitkilerinde gübre olarak kullanımı ile ilgili yapılan çalışmalar derlenmiş, hastalık, zararlı ve nematod mücadelesinde bu ürünlerin etkinliği ile ilgili bilgiler verilmiş ve örneklerle açıklanmıştır.

VERMİKOMPOST

Vermikompostlama, aerobik ortamda organik kalıntıların farklı toprak solucanlarının besin olarak tüketmesi yoluyla ayrıştırılmasıdır. Bu ayrışmada solucanlarla birlikte mikroorganizmalar da rol oynamaktadır. Solucan faaliyeti ile üretilen vermikest ise makro ve mikro besinler, amilaz, proteaz, lipaz gibi enzimler, büyüme hormonları, vitaminler, büyüme hormonları, proteazlar, amilazlar, lipaz, selülaz ve kitinaz gibi enzimler ve bakteri gibi diğer mikroorganizmalarca zengindir. İçeriğinde bitkiler tarafından kolayca alınan formlarda N, K, P, Ca ve Mg gibi elementlerin oranı da yüksektir. Kullanılan atık maddelerin cinsine bağlı olarak değişmekle birlikte üretilen vermikest

% 9.5-17.98 organik karbon, % 0.5-1.5 azot, % 0.1-0.3 fosfor, % 15-0.56 potasyum, % 0.06-0.30 sodyum, 2-9.50 mg kg⁻¹ bakır, 2-9.30 mg kg⁻¹ demir, 5.70-11.50 mg kg⁻¹ çinko, 2-9.50 mg kg⁻¹ sülfat bulunmaktadır (Kumar ve ark., 2018). İçerdiği büyüme hormonları ve hümik asitler ile bitki büyüme düzenleyici görevi görebilmektedir (Garg ve ark., 2006). Toprak pH, enzim aktivitesi ve su tutma kapasitesi de vermikompost uygulamasıyla iyileştirilebilmektedir. Ayrıca vermikompostta bulunan bakteriler de hastalık ve zararlıların gelişimine karşı baskılayıcı olabilmektedir.

Vermikompostta solucan besini olarak kâğıt atıkları, gıda atıkları, ahır gübresi, hayvansal atıklar, ipek böceği üretim artıkları, yaprak ve meyve gibi bitki artıkları, yabancı ot artıkları, mantar atıkları, evsel mutfak atıkları, alkol endüstrisi atıkları kullanılmaktadır (Edwards ve Neuhauser, 1988). Bu atıkların büyük çoğunluğu solucanlar tarafından direkt tüketilirken bir kısmı da solucanların tüketebileceği forma dönüştürülerek besin olarak verilmektedir. Solucanlar tükettikleri bu atıkların çok az bir kısmını yaşamsal faaliyetlerinde kullanmakta ve kalan kısmını da sindirilmiş formda dışkı olarak ortama bırakmaktadırlar (Pathma ve Sakthivel, 2012). Her bir solucan yaklaşık 0.5 ila 0.6 g ağırlığındadır, vücut ağırlığına eşdeğer miktarda atık yemekte ve bir günde tükettiği atık miktarının yaklaşık % 50'sine eşdeğer miktarda işlenmiş atık üretmektedir (Adhikary, 2012).

Solucan bağırsağında tüketilmiş atıkların 4-8 haftada sindirilmesi ve ayrışmasına yardımcı olan ve gübreye dönüştüren farklı mikroorganizmalar, enzimler, hormonlar ve bağırsak mukusları bulunmaktadır (Nagavallemma ve ark., 2004). Vermikompost tekniğinde bakteriler ve sıcaklık yardımıyla yapılan kompost ve diğer tekniklere oranla tüketilen atıklar 2-5 kat daha kısa sürede gübreye dönüştürülebilmektedir (Atiyeh ve ark., 2008a).

TOPRAK SOLUCANLARI VE VERMIKOMPOSTTA KULLANILAN TÜRLER

Yeryüzünde 8.300'den fazla türü tespit edilen toprak solucanları Lumbricidae familyasında yer almaktadır (Domínguez ve Gómez-Brandón, 2012). Toprak solucanları toprak katmanlarında ilerlerken tüneller açmakta ve bu tüneller sayesinde toprakta havalanma sağlanmaktadır. Ayrıca yağışlardan sonra fazla su alt katmanlara bu tünellerden ilerlemektedir. Bununla birlikte solucanlar sert toprak keseklerini parçalayarak köklerin rahat ilerlemesini

sağlamaktadır. Bunlar, topraklardan çeşitli toksik kimyasalları yok etme yeteneğine de sahiptir. *Dendrobaena rubida*, *Dendrobaena veneta*, *Eiseniella tetraedra*, *E. fetida*, *Aporrectodea tuberculata*, *Lumbricus rubellus*, *L. terrestris* ve *Allolobophora chlorotica* gibi bazı solucan türleri hidrokarbonlar, toksik bileşikler, pestisit kalıntıları ve zararlı organik bileşikleri topraktan ayrıştırarak temizlemektedir (Singh ve ark., 2020). Solucanlar topraktan CO₂ ve N₂O emisyonunu da sırasıyla % 33 ve % 42 arttırmaktadır (Lubbers ve ark., 2013).

Solucanlar, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Bacillus*, *Azospirillum*, *Azotobacter* vb. gibi bitki büyümesini teşvik eden rizosferik bakterileri besinle birlikte almakta ve bağırsaklarındaki uygun ortamda bu bakteriler aktif hale gelmektedir. Örneğin, *Eisenia fetida* bağırsaklarında, azot fikse eden *Clostridium butyricum*, *C. beijerinckii* ve *C. paraputrificum* gibi bakteriler tespit edilmiştir (Citernesi ve ark., 1977). Dolayısıyla aktif hale gelen bakteriler çoğalmaktadır ve solucanların aktivitesiyle, bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin (PGPR) popülasyonunun artmasına neden olmaktadır (Sinha ve ark., 2010). Bu bakteriler topraktaki elementleri çözerek bitkiye yararlı hale getirmesi, siderofor üretimi, atmosferdeki serbest azotu bağlama, etilen ve Indole asetik asit gibi bitkinin gelişimini uyarıcı hormon üretimini gibi direkt ve indirekt etkileri ile bitki gelişimini teşvik etmektedirler (Beneduzi ve ark., 2012). Bununla birlikte bitkilerin mineral madde alımını ve buna bağlı olarak vejetatif gelişimini arttırmaktadırlar (Flores-Gallegos ve ark., 2019).

Solucanlar batakılık, pis sularda ve kanalizasyonlarda bulunan *Escherichia* spp. ve *Salmonella* spp. gibi insanlarda da patojen bakterileri yok etmektedir. *Lampito mauritii* solucanın barsağında 15-17×10³ CFU/g değerinde saptanan *Salmonella* sp. ve 10-14×10² CFU/g değerinde bulunan *Escherichia* sp.'nin 70 günlük vermikompost süresi sonunda bağırsaktan tamamen temizlendiği saptanmıştır (Kiyasudeen ve ark., 2016).

Solucanlar zeytin kara suyu gibi toksik atıkların topraktan elimine olmasına yardımcı olmaktadır. *Eisenia fetida* solucanı ile yapılan çalışmada solucan samana batırılmış zeytin karasuyu besininde 3 ay beslendiğinde karasuyunun toksik etkisinin % 50 azaldığı saptanmıştır (Masciantro ve ark., 2010).

Solucan beslenmesi ile elde edilen vermikompostta da *Bacillus benzoovorans*, *B. cereus*, *B. licheniformis*, *B. macroides*, *B. megaterium*, *B. pumilus*, *B. subtilis*, *Cellulosimicrobium cellulans*, *Microbacterium oxydans*, *Pseudomonas libaniensis*, *Sphingomonas* sp., *Kocuria palustris* gibi farklı bakteriler bulunmuştur (Vaz-Moreira ve ark., 2008).

Solucan türlerinden *Eisenia andrei* Bouché 1972, *Eisenia fetida* Savigny 1826, *Eudrilus eugeniae* Kinberg 1867, *Dendrodrilus rubidus* Savigny 1826, *Dendrobaena hortensis* Michaelsen, 1890, *Dendrobaena veneta* Rosa 1886, *Drawida nepalensis* Michaelsen 1907, *Fletcherodrilus* spp., *Heteroprorodrilus* spp., *Lampito mauritii* Kinberg, 1867, *Lumbricus rubellus* Hoffmeister 1843, *Metaphire posthuma*, *Perionyx excavatus* Perrier 1872, *Perionyx ceylanensis*, *Polypheretima elongata* Perrier 1872, ve *Pheretima excavatus* türleri vermikompostta en uygun türler olarak bildirilmektedir (Edward ve Dominguez, 2011; Edwards ve Bohlen 1996).

Bu canlılar hermafrodittir, ancak kendi kendine döllenme de görülebilmektedir. Kokon veya yumurta büyüklüğü türden türe değişkenlik göstermektedir ve kokon rendi yaşlanma ile birlikte değişmektedir. Dişiler 6 haftalıkken kokon birkamaya başlamaktadır. Uygun ortam koşullarında 6 haftalıktan 6 aya kadar olan dönemde bir çift solucan 100 kokon üretebilmektedir (Şekil 1). Her solucan 7-10 günde bir 1 adet kokon meydana getirmektedir. Üretilen kokonlar da yaklaşık 3-5 hafta inkübasyonda kalmaktadır (İsmail, 1997). Yaşam döngüsü türlere göre farklılık göstermektedir. *Eisenia fetida* türünde çiftleşmeden sonra olgun dönemi tamamlayana kadar 248 gün gibi bir süre geçmektedir (Şekil 1) (Venter ve Reinecke, 1988).

Oldukça hızlı çoğalan bu canlıların popülasyonu 1:1 ahır gübresi ve çürümüş yaprak karışımında 1-2 ayda 300 kat çoğaltılabilmektedir. Kültüre alımda 10 kg çoğaltım ortamına 50 adet solucan bırakılmakta ve beslenip kokon bırakması için uygun sıcaklıklarda bekletilmektedir (Adhikary, 2012).

Solucanların üremesi ve gelişmesi için ortamda 20-30 °C sıcaklık olması yeterli olmaktadır. Vermikompost oluşumu için ise ortamda % 80-90 nem olması gerekmektedir (Dominguez ve Edwards, 1997; Kumar ve ark., 2018). Ortam pH'sının ise 5-9 olması gerektiği vurgulanmaktadır (Iliv ve Mihalache, 2019). *Eisenia fetida* gibi bazı türlerde sıcaklık arttıkça büyüme oranı artmaktadır. Kokon üretimi de sıcaklıkla arttığından popülasyon artmakta ve vermicompost üretimi de artmaktadır. Nem az olduğunda ise solucanlar kaçma eğilimine girmektedir (Zhang ve ark., 2020).

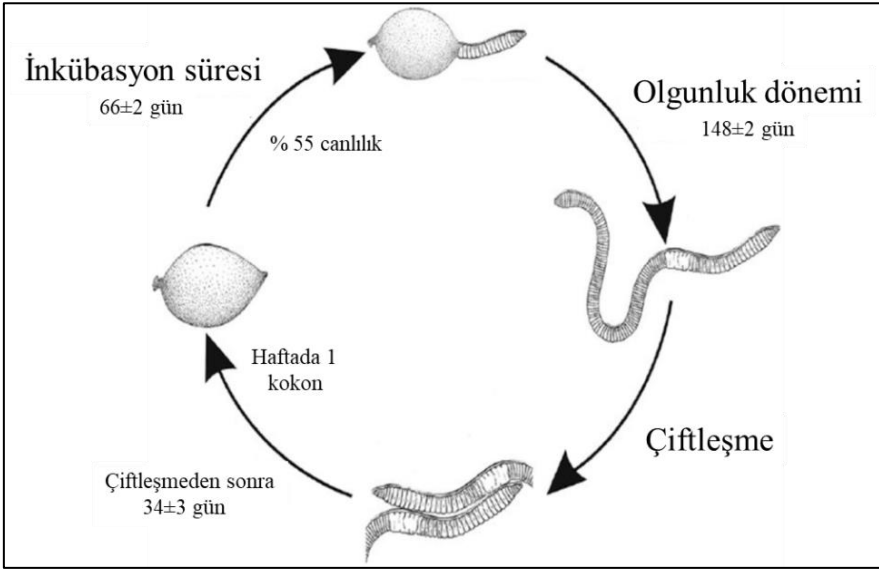


Şekil 1. A. *Eisenia* spp. tarafından üretilen vermicompost B. *Eisenia* spp. bireyi C-D. *Eisenia* spp. kokon

Solucanların gelişimleri bazı pestisitlerin uygulanmasıyla da olumsuz etkilenmektedir. *Eisenia fetida* solucanı atrazine, benomy, chlorpyrifos, carbaryl, cyanazine, cypermethrin, glyphosate, malathion, monocrotophos, r-metalaxyl ve rac-metalaxyl pestisitlerinden zarar görmektedir. Solucanda kokon üretimi, gelişme, selüloz aktivitesi ve daha birçok fonksiyon olumsuz etkilenmektedir. *Eisenia andrei* solucanında Azinphos-methyl, ve carbaryl toksik olmaktadır kokon üretimi, hareketin kısıtlanması gibi etkiler gözlemlenmektedir. *Perionyx excavatus* solucanında isaldicarb, carbofuron,

chlorpyrifos, endosulfan, mancozeb ve monocrotophos pestisitleri gelişim ve kokon üretimini olumsuz etkilemektedir (Datta ve ark., 2006).

Solucanlar, vücut kısımlarından bir kısmını kaza gibi nedenlerle kaybettiğinde kaybettikleri kısmı tekrar geliştirip eski yapılarını kazanabilmektedir. Solucanlarda bazı türler 2-5 yıl kadar yaşayabilmektedir (Venter ve Reinecke, 1987)



Şekil 2. *Eisenia fetida* gelişim döngüsü (Venter ve Reinecke, 1988)

VERMİKOMPOST NASIL KULLANILIR?

Vermikompostun genel kullanım şekli bitkinin kök bölgesindeki toprağa karıştırma şeklindedir. Uygulanacak miktar vermikompostun besin içeriğine ve kültür bitkisi çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Tarla bitkilerinde uygulama dozu genelde 5-6 ton/ha, sebzelerde 10-12 t/ha, meyve ağaçlarında ağaç başına 8-10 kg, süs bitkilerinde çiçeklerde saksı başına 100-150 gr solucan gübresi uygulanmaktadır (Kumar ve ark., 2018).

Vermikest çay olarak da kullanılabilir. Vermikest çayı hazırlanırken havalandırılmalı yada havalandırmasız yöntemle hazırlanmaktadır. Havalandırılmalı vermikest çayı elde ederken vermikest su ile

karıştırılmakta ve 12-24 saat düzenli olarak hava verilerek suyun sirkülasyonu sağlanmaktadır. Havalandırmazsız vermikompost metodunda ise 1:3-1:200 gibi farklı oranlarda solucanlarca üretilen vermikest su ile karıştırılmakta ve karışım 12 saat-3 hafta gibi farklı sürelerde bekletilmektedir. Karışım süzülerek 1:10 oranında seyreltilmekte ve kullanılmaktadır. Çayın içinde de bitki büyüme düzenleyiciler, besin elementleri ve faydalı mikroorganizmalar bulunmaktadır (Arancon ve ark., 2007; Ersahin, 2007).

VERMİKOMPOST VE ÜRÜNLERİNİN BİTKİSEL ÜRETİMDE KULLANIMI

Vermikompostta üretilen vermikestin kültür bitkisi yetiştiriciliğinde gübre olarak kullanılması ile bitki gelişiminin olumlu etkilediği birçok literatürde yer almaktadır. Uygulama ile bitkilerde tohum çimlenmesi teşvik etmekte, bitkilerde vejetatif gelişme, yaprak alanı, klorofil içeriği, mineral madde ve vitamin içeriği, şeker içeriği, büyüme hormonu oranı, sürgün ve kök uzunluğu gibi parametrelerde artış görülmektedir. Bununla birlikte vermikest uygulamasıyla topraktan bitkinin yararlı fosfor ve potasyum besin elementlerini kolay alabilecekleri forma dönüştürmekte ve kökten alımını arttırmaktadır (Erşahin, 2007).

Vermikest uygulamasıyla kültür bitkilerinde hastalık dayanıklılık artmaktadır. Bitkiler daha hızlı gelişmekte ve üründe erkencilik elde edilmektedir. Meyvede ve sebze raf ömrü artmaktadır. Bitkide su tutma kapasitesi de artmaktadır ve böylece özellikle sulama yapılmayan kurak alanlarda yetişen meyve ağaçlarında ve diğer bitkilerde bitkinin nemini korumaktadır.

Vermikompost ürünleri ile farklı bitkilerle yapılan çalışmalarda alınan sonuçlar Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Bazı kültür bitkilerinde vermikompost uygulaması ve vermikestin bitki gelişime etkisi

Kültür bitkisi	Vermikompostta kullanılan besin/bitki	Vermikompostta kullanılan solucan türü	Bitkide etkisi	Referans
<i>Bamya</i> (<i>Abelmoschus esculentus</i> L.), maş fasulyesi (<i>Vigna radiata</i> L.), salatalık (<i>Cucumis sativus</i> L.)	Yüzen eğrelti otu (<i>Savina molesta</i>)	<i>Eisenia fetida</i>	Tohum çimlenmesinde artış. Vejetatif gelişmede artış	Hussein ve ark., 2008
Domates (<i>Lycopersicum esculentum</i> L.)	İnek gübresi	<i>Eisenia fetida</i>	Bitkinin vejetatif gelişiminde, bitki boyunda artış. Verimde % 74 artış, meyvede C vitamininde % 47, çözünen şeker oranında % 71	Wang ve ark., 2017
Brokkoli (<i>Brassica oleracea</i> L.)	İnek gübresi+mantar artıkları,+sebze artıkları	<i>Lumbricus rubellus</i>	Verimde, kalitede, C vitamini ve şeker içeriğinde artış. Brokkolinin raf ömründe artış	Hidayati, 2017
<i>Bamya</i> (<i>Abelmoschus esculentus</i> L.)	Gıda artıkları, sebze ve meyve artıkları, hayvan gübresi	<i>Lumbricus terrestris</i>	Verimde % 94.8 artış	Oroka, 2015
Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.)	Aritma çamuru, fındık kabuğu, imek gübresi	<i>Eisenia fetida</i>	Verim ve kalite parametrelerinde artış	Kızılkaya ve ark., 2012
Marul (<i>Lactuca sativa</i> L.)	İnek gübresi	<i>Eisenia fetida</i>	Vejetatif gelişimde, klorofil ve nitrat içeriğinde artış	Papathanasiou ve ark., 2012

Tablo 1. Devam

Kültür bitkisi	Vermikompostta kullanılan besin/bitki	Vermikompostta kullanılan solucan türü	Bitkide etkisi	Referans
Sorghum (<i>Sorghum</i> spp.)	Çeltik samanı	<i>Eisenia fetida</i>	Am fungusu <i>Glomus</i> spp. ile beraber yada sadece vermikompost uygulandığında bitki vejetatif gelişiminde artış, mikoriza kolonizasyonunda artış	Hameeda ve ark., 2007
Çeltik (<i>Oryza sativa</i> L.)	Hindi dışkısı	<i>Perionyx ceylanensis</i>	Toprakta N,P,K artışı. Bitki gelişim parametrelerinde ve verimde artış	Jayakumar ve ark., 2011
Patates (<i>Solanum tuberosum</i> L.), ispanak (<i>Spinacia oleracea</i> L.) turp (<i>Brassica campestris</i> L.)	Çeltik samanı+sığır gübresi	<i>Perionyx excavatus</i> , <i>Lampito mauritii</i>	Verimde artış.	Ansari, 2008
Domates (<i>Lycopersicon esculentum</i> L.)	İnek gübresi+ yaprak artıkları	<i>Eudrilus eugeniae</i>	Verim ve kalite artışı	Eswaran Mariselvi, 2016
Domates (<i>Lycopersicon esculentum</i> L.)	İnek gübresi+ <i>Tithonia diversifolia</i> L.+mısır koçarı	<i>Eisenia fetida</i>	Vejetatif gelişim ve verimde artış	Sabidon ve Sudaria, 2018
Domates (<i>Lycopersicon esculentum</i> L.)	At gübresi	<i>Eisenia fetida</i>	Vejetatif gelişim ve verimde artış	Stepanova ve ark., 2020

Tablo 1. Devam

Kültür bitkisi	Vermikompostta kullanılan besin/bitki	Vermikompostta kullanılan bitki	Vermikompostta kullanılan solucan türü	Bitkide etkisi	Referans
Kara mercimek (<i>Vigna mungo</i> L.) Herper), maş fasulyesi (<i>Vigna radiata</i> L.) ve susam (<i>Sesamum indicum</i> L.)	-		<i>Eudrilus eugeniae</i>	Vejetatif gelişme ve verimde artış	Hatti ve ark., 2012
Karpus (<i>Citrus lanatus</i> L.)	Şeker kamaşı artıkları+ Canavalia ensiformis (L.) DC.		<i>Eisenia fetida</i>	Bitki gelişim parametrelerinde artış	Riveira ve ark., 2022
Çilek (<i>Fragaria vesca</i> L.)	At gübresi+ meyve ve sebze artıkları, kağıt artıkları		<i>Lumbriscus rubellus</i> , <i>Eisenia fetida</i> , <i>Perionyx excavatus</i> , <i>Eudrilus eugeniae</i>	Verim, kalite ve vejetatif gelişimde artış.	Abdulsoud ark., 2009 ve
Patlıcan (<i>Solanum melongena</i> L.)	İnek gübresi+ sucul yabancı ot artıkları		<i>Eudrilus eugeniae</i>	Vejetatif gelişimde artış	Sundari, 2020
Mısır (<i>Zea mays</i> L.)	Sığır gübresi		<i>Eisenia fetida</i>	Verim, kalite ve vejetatif gelişimde artış.	Silva, 2017
Mısır (<i>Zea mays</i> L.)	<i>Ziziphus mauritiana</i> , <i>Aerva javanica</i> , <i>Calligonum comosum</i> , <i>Sacchrum benghalens</i> , <i>Calligonum polygon</i> , <i>Prosopis cineraria</i> bitki artıkları+ ahır gübresi		<i>Eisenia fetida</i>	Vejetatif gelişme ve verimde artış	Younas ve ark., 2021

SOLUCAN VE VERMİKOMPOST ÜRÜNLERİNİN BİTKİ KORUMA ETMENLERİNİN MÜCADELESİNDE KULLANIMLARI

Vermikeste bulunan bakteri gibi birçok faydalı mikroorganizma hastalık, zararlı ve nematodlara antagonistik etki göstermektedir. Özellikle kültür bitkisi tohum ekinimden önce gübre olarak yapılacak uygulamalar fide ve fidanlarda kök hastalıklarına neden olan bakterileri önemli oranda baskılamaktadır. Vermikest uygulaması bitkilerde hastalık ve zararlılara karşı direnç oluşmasını da teşvik etmektedir. Vermikest antifungal ve antibakteriyel etkiyi solucan tarafından salgılanan ve içeriğinde aglütinin, lumbricidin gibi bileşenler bulunan sölom sıvısı sağlamaktadır (Wang ve ark., 2006). Vermikest, vermikest çayı gibi farklı ürünler denenerek alınan sonuçlar alt başlıklar altında verilmiştir.

1) Solucan ve Ürünlerinin Zararlı Mücadelesinde Etkinliği ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Tetranychus urticae akarına karşı laboratuvarında ve serada yürütülen çalışmalarda *Eisenia fetida* solucanı, çınar (*Platanus* spp.) yaprağı ve ahır gübresi yarıyarıya karıştırılarak hazırlanan ortamda beslenmiştir. Solucan tarafından üretilen vermikest 1:10 oranında su ile karıştırılarak üretilen çaydan 3 ml alınıp azocyclotin akarisit ile yarı yarıya karıştırılıp zararlıya uygulandığında 72 saat sonra zararlı popülasyonunun tamamı ölmüştür. Sadece akarisit uygulamasında da % 100 ölüm görülmüştür. Çalışma sonrasında çay uygulamasının akarisit kullanımını % 50 azalttığı saptanmıştır. Ayrıca, *T. urticae*'nin vermikest çayının kokusuna duyarlı olduğu belirtilmiştir. (Aghamohammadi ve ark., 2016).

Lahana güvesi (*Plutella xylostella* Linnaeus, 1758) mücadelesinde vermikompost ve farklı bitkisel ürünler karıştırılarak etkinliğine bakılmıştır. Vermikompost üretiminde besin olarak sebze artıkları ve ahır gübresi kullanılmış, *Lumbricus rubellus* solucanı vermikest üretmesi için bu ortamda beslenmiştir. Vermikompost aşaması sırasında papaya (*Carica papaya*), neem (*Azadirachta indica* L.), kadife çiçeği (*Tithonia diversifolia*), tarçın elması (*Annola muricata* Lin) kurutulmuş ve öğütülmüş yaprakları da % 2.5 oranında vermikompost ortamına katılmıştır. Elde edilen karışıma daha sonra lahana tohumları ekilmiş ve lahana güvesi bulaştırılmıştır. Deneme sonunda kadife

çiçeği+vermikompost, papaya+vermikompost, tarçın elması+vermikompost, neem+vermikompost uygulamalarında lahanaya zarar veren güve popülasyonunun uygulanan tüm popülasyonla kıyaslandığında sırasıyla % 20.26, % 24.32, %29.69, % 17.50 olduğu tespit edilmiştir. Vermikompost ve bitkisel artıkların zararlıya etkili olduğu saptanmıştır (Nurhidayati ve ark., 2020).

Domates güvesi (*Tuta absoluta*)'ya karşı vermikompost denemesi kurulmuştur. Denemelerde % 30 ve % 60 katı vermikompost gübre, % 20 ve % 40 çay kompostu kullanılmıştır. Çalışma sonunda ergin bireyin yaşam süresinin kısaldığı, yumurta üretim oranı ile net üretkenlik oranının düştüğü ve bu düşüşün % 60 kompost uygulamasında en düşük olduğu saptanmıştır (Foroushani ve Poorjavad, 2017).

İki noktalı kırmızı örümcek (*Tetranychus urticae*), unlu bit (*Pseudococcus* sp.) ve afit (*Myzus persicae*) zararlılarına karşı vermikompost ürünleri ile yapılan denemede uygulamanın en az etkiyi kırmızı örümcekler üzerinde gösterdiği, unlu bitlere orta derecede etkili olurken akarları tamamen baskıladığı saptanmıştır (Arancon ve ark, 2007).

Tütün beyaz sineği (*Bemisia tabaci*)'ye karşı hurma, antep fıstığı, gıda artıkları ve inek gübresi kullanılarak solucanlar tarafından üretilen vermikesten denenmiştir. Bu farklı artıkların vermikestleri ayrı ayrı % 30 oranında farklı saksılarda toprağa karıştırılmış ve ayrı ayrı denenmiştir. Saksılara domates fideleri dikilip 50 dişi ve 50 erkek beyaz sinek bireyi bulaştırıldığında zararlıdan ovipozisyonun azaldığı, bitkilerde beslenen beyaz sinek sayısının azaldığı tespit edilmiştir. En iyi sonuç antep fıstığı artıkları vermikompostunda alınmıştır (Sedaghatbaf ve ark., 2017).

Gıda artıkları ve *Eisenia fetida* solucanı kullanılarak yapılan vermikompostta elde edilen vermikesten % 5, % 10 ve % 20'lik çay hazırlanmıştır. Bu çay serada domates bitkisinde çizgili hıyar böceği (*Acalymna vittatum*) ve tütün boynuzlukurdu (*Manduca sexta* L.) zararlılarına uygulanmıştır. Yapılan çay uygulamalarında tüm dozlar bu iki zararlıyı baskılamıştır (Edwards ve ark., 2010).

Serada gül bitkisinde yürütülen çalışmada % 20, % 40, % 60, % 80 ve % 100, oranlarında uygulanan kermikest çayı gül yaprak biti *Macrosiphum rosae* (L.)' ne uygulandığında tüm dozlar zararlıya etkili olmuş ve en yüksek ölüm oranına % 100 dozunda ulaşılmıştır (Najafabadi, 2014). Bir başka

denemede de *Heteropsylla cubana* psilidine karşı vermikompost etkili sonuçlar vermiştir (Biradar ve ark., 1998).

Afit (*Myzus persicae* Sulz.), unlu bit (*Pseudococcus* sp.) ve lahanana kelebeği (*Pieris brassicae* L.) zararlılarına karşı % 0, % 20, % 40, % 60, % 80 ve % 100 vermikompost içeren ortama ekilmiş domates ve biber bitkilerinde % 20 ve % 40 dozlarının afit ve unlu bit popülasyonunu azalttığı tespit edilmiştir. Vermikompost karıştırılmış ortama ekilmiş lahanalarda ise lahanana kelebeği zararı oldukça azalmıştır (Arancon ve ark., 2005).

2) Solucan ve Vermikompost Ürünlerinin Hastalık Etmenlerinin Mücadelesinde Etkinliği ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Toprak solucanları bitki hastalıklarına neden olan patojenlerin zararını da azaltabilmektedir. Bun da toprak yapısını iyileştirerek, havalandırma sağlayarak, faydalı doğal düşman mikroorganizmaları toprağa bırakarak sağlamaktadır. *Lumbricus terrestris*, *Fusarium* sp. ile bulaşık buğday samanından fungusu parçalayıp inokulumunu azaltmıştır (Oldenburg ve ark., 2008).

Bitki patojeni *Fusarium oxysporum* ve *Alternaria solani* de üç solucan türü *Drawida calebi*, *Lumbricus terrestris* ve *Eisenia fetida* tarafından yutulduğunda bağırsakta büyük bir kısmı yok edilebilmiştir. *Serratia marcescens* bakterisi solucan barsağında tamamen elimine olurken *Bacillus cereus* var. *mycoides* inokulumunda azalma meydana geliştir (Edwards ve Fletscher, 1988).

Vermikomposttaki bakteri gibi mikroorganizmalar fungal hastalıkları baskılamıştır. Bununla birlikte vermikestteki antifungal bileşenler de fungal patojenlere etkili olmaktadır. Örneğin bambu bitkisi *Eisenia fetida* solucanının besini olarak kullanılarak elde edilen vermikestteki ergosterol peroksid metaboliti *Rhizoctonia solani* fungusunun misel gelişimini engellemiştir (You ve ark., 2019).

Pheretima guillelmi gibi solucanların derisinden salgılanan lumbricin gibi salgılar da antifungal etki göstermiştir. Ayrıca solucan bağırsaklarındaki sölom sıvısı da fungal patojenler üzerinde etkili bulunmuştur. *Eisenia fetida* solucanının sölom sıvısında bulunan lysenin bileşeni antifungal ve antibakteriyel etki göstermiştir. *Dendrobaena veneta* ve *Eisenia fetida* sölom

sıvısı *Fusarium oxysporum* üzerinde 24-72 saatte etkili olmuştur. *Eudrilus eugeniae* solucanının sıvısı ise *Aspergillus niger* ve *Candida albicans* gelişimini engellemiştir (Gudeta ve ark., 2022).

Eisenia andrei, *Dendroabena veneta* ve *Allobophora chlorotica* solucanlarının sölom sıvısındaki söloositler de *Berkeleyomyces basicola*, *Fusarium culmorum*, *Globisporangium irregulare*, *Rhizoctonia solani*, *Macrophomina phaseolina* ve *Sclerotinia sclerotiorum* funguslarının gelişimini engellemiştir. *D. veneta* solucanının 3.500 söloosit/ml uygulama dozu *B. basicola* misel gelişimini 10 günde % 74.5 azaltmıştır. *E. andrei*'nin 5.000 söloosit/ml dozu *Fusarium culmorum* fungusunun misel gelişimini 48 saatte % 34.1 engellemiştir. *M. phaseolina* fungusunda *A. chlorotica* solucanının 5.000 söloosit/ml dozu % 44.7 gelişimi inhibe etmiştir. *G. irregulare* fungusunda ise *D. vendeta* uygulaması misel gelişimini arttırmış. *A. chlorotica* solucanının 5.000 söloosit/ml dozu ise % 44.7 engellemiştir (Ecimovic ve ark., 2021).

Bitki hastalıklarının mücadelesinde vermikompost ürünleri de kullanılmıştır. Domates bitkisinde solgunluk etmeni *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*'ye karşı inek gübresi ile beslenmiş *Eisenia fetida* solucanı tarafından üretilmiş vermikest denenmiştir. Vermikest karıştırılmış toprağa fideler dikilmiştir. Uygulama uzun yıllar sürdürüldüğünde hastalık etmeninin baskılandığı saptanmıştır. Çalışmada toprak analizlerinde patojenle antagonistik ilişkiye giren ve spor çimlenmesini engelleyen *Gaiella*, *Nocardioides* ve *Ilumatobacter* cinsi bakterilerin toprakta yoğunluğunun arttığı saptanmıştır (Zhao ve ark., 2019)

Domates bitkisinde geç yanıklık etmeni *Phthorora infestan*'a karşı *Eisenia fetida* solucanının pamuk, sebze ve meyve artıklarında beslenmesiyle ürettiği vermikestten elde edilen ekstrakt denenmiş ve hastalık etmeni baskılanmıştır. Denemede hastalık bulaştırılan 30 bitkiden sadece 18 tanesinde hastalık semptomu görülmüştür (Zaller, 2006).

Çilek bitkisinde yürütülen tarla denemelerinde kağıt ve gıda artıklarından vermikompost yapılarak elde edilen vermikestin 5 t/ha ve 10t/ha uygulanmasıyla *Verticillium* hastalığının baskılandığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada topraksız tarım ortamında inek gübresinden elde edilmiş vermikestin % 0, % 10, % 20 ve % 40 dozlarında uygulamalarının *Phytium* spp. ve

Rhizoctonia spp. bitki patojenlerine de etkili olduğu görülmüştür. *Phytium* için % 10 luk doz uygulaması da oldukça etkili olmuştur (Chaoi ve ark., 2002).

Buğday bitkisinde yürütülen bir çalışmada solucanlardan izole edilen su ve vermiket çayı *Fusarium graminearum* fungusunu sırasıyla % 26 ve % 16 baskılamıştır (Akinnoye ve ark., 2019).

Vermikompostun sıvı ekstraktı bezelye ve *Impatiens balsamina*'da külleme etmenleri *Erysiphe cichoracearum* ve *Erysiphe pisi*'ye etkili olarak belirlenmiştir (Signh ve ark., 2003).

Vermikompost çayı soğanda çürüklük etmeni *Sclerotium cepivorum* ve gül külleme etmeni *Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*'ye ve *Phytophthora nicotianae*'de etkili bulunmuştur (Abolmaaty ve Fawaz, 2016; Seddihi ve ark., 2017; Szczech, 1995).

3) Solucan ve Vermikompost Ürünlerinin Nematod Mücadelesinde Etkinliği ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Solucanlardan bazı türler toprakta bitkilerde zarara neden olan bitki paraziti nematod popülasyonunun baskılanmasına da yardımcı olmaktadır. *Pontoscolex corethrurus* solucanı *Heterodera sacchari* ve *Pratylenchus zae* nematodları ile beslenmekte ve popülasyonunu azaltmaktadır (Boyer ve ark., 2013). *Allolobophora longa* solucanı da *Heterodera rostochiensis* nematoduun juvenilleri ile beslenmektedir (Ellenby, 1944). *Lumbricus rubellus* ve *Lumbricus terrestris*'te nematodlarla beslenmektedir (Ilieva-Makulec ve Makulec, 2002). *Metaphire guillelmi* ve *Agrotoreutus nyongi* bazı türler ise toprakta bitkisel ve hayvansal artıklardan azot ayrıştırarak topraktaki azot miktarının artmasına neden olmakta ve bu durum bakteri ile beslenen nematod popülasyonunun artmasına yol açmaktadır (Tao ve ark., 2009).

Kök ur nematodu *Meloidogyne incognita*'ya karşı vermikompost denemesi yapılmıştır. İnek gübresi, talaş ve Göleveze (*Colocasia esculenta*) bitkisi artıklarına beslenen *Eisenia fetida*, *Lumbricus rubellus*, *Perionyx ecavatus* solucanları tarafından üretilen vermikesten nedenmiştir. Denemede 2 kg steril toprağa 20 gr vermikesten karıştırılmıştır. Deneme sonunda bitki köklerinde nematod zararının azaldığı, ur sayısının çok düşük olduğu tespit edilmiştir (Zuhair ve ark., 2020).

Vermikompost ürününü ekstraktının agarı nematodlara karşı invitro denendiğinde Criconematidae familyasından nematodlar ile *Trichodorus*

sparsus ve *Paratrichodorus pachydermus* nematod türlerinin gelişmediği tespit edilmiştir (Brzeski, 1997).

Bambu (*Phyllostachys edulis* (Carrière) J. Houz) ve kudzu (*Pueraria lobata* (Willd) Ohwi) ve sebze artıkları kullanılarak *Eisenia fetida* ve *Perionyx excavatus* solucanları ile yapılan vermikompost işlemi sonrası elde edilen vermikest ekstraktı *Rotylenchulus reniformis* ve *Meloidogyne incognita* nematodlarına karşı denendiğinde iki nematod türünün de yumurta açılımının azaldığı saptanmıştır (You ve ark., 2018).

Kağıt ve gıda artıkları ve inek gübresi kullanılarak üretilmiş vermikest 5 t/ha, 10 t/ha ve 20 t/ha oranında domates, çilek, biber ve asma fidanı dikilmiş alanlara gübre olarak verilmiştir. Uygulama sonrasında deneme yürütülen alanlarda bitki paraziti nematodların popülasyonunun azaldığı, fungivor ve bakterivor nematodların ise arttığı tespit edilmiştir (Arancon ve ark., 2002).

Vermikest çayı kullanılarak yapılan bir başka çalışmada kök ur nematodu *Meloidogyne incognita* bulaştırılan domates fidelerinde kökte nematod zararı sonucu oluşan urlanmanın oldukça azaldığı görülmüştür (Edwards, 2007).

Vermikest ekstraktı kullanılarak yapılan diğer bir çalışmada patlıcan bitkisinde *Meloidogyne javanica* nematodunun kökte zararı ve urlanma, nematod gelişimi, yumurta açılımı kontrole oranla azalmıştır. Nematod popülasyonu baskılanmıştır (Ebrahimi ve ark., 2021). Eruca sativa vermikompostu da *Meloidogyne javanica* çoğalmasını % 70.5 engellemiştir (Rostami ve ark., 2022).

Vermikest ekstraktı, neem yağı, sarımsak ekstraktı ve Hint elması yaprakları kombinasyonları kök lezyon nematodu *Pratylenchus* sp. nematoduna karşı denenmiştir. Vermikest ekstraktı ve neem yağı uygulamasında % 95 oranında nematod baskılanmıştır. Hint elması vermikest ekstraktı uygulamasında nematoda etkinlik % 83, sarımsak ekstraktı ve vermikest ekstraktında ise % 100 olmuştur. Kepek ve hayvan gübresi vermikesti ve neem yağı kombinasyonu da oldukça etkili görülmüştür (Nath ve Singh, 2011). Sığır gübresinden elde edilen vermikest de *Pratylenchus brachyurus* nematodunun birey sayısını azaltmıştır (Dossin ve ark., 2022).

Vermikest içinde bulunan nematofag fungus ve bakteriler de nematodları baskılayabilmektedir. Vermikeste genellikle Actinomycetes grubu nematodlar bulunmakta ve bunların nematofag bileşenler salgıladığı bilinmektedir.

Vermikestta buluna bazı bakteri popülasyonlarının nematod kütikülasına zarar veren ve hücre duvarı parçalayan kitinaz salgılamakta ve bu sayede nematodların morfolojik yapısını bozmaktadır (Yasir ve ark., 2009). Vermikest içindeki bakterilerin nematodlar üzerine etkisinin belirlendiği çalışmada izole edilen *Lysinibacillus fusiformis*, *Bacillus megaterium*, *B. safensis*, *Pseudomonas resinovorans*, *Lysinibacillus* sp. ve *Sphingobacterium daejeonense* bakterileri *Meloidogyne javanica* nematodunun üreme oranını % 47-61 azaltmıştır (Rostami ve ark, 2021).

Yine solucanların sölom sıvısı da nematodlara karşı toksik olmaktadır. *Eisenia fetida* solucanının sölom ekstraktının denendiği çalışmada *Meloidogyne javanica*'nın yumurta açılımının engellediği belirlenmiştir (Rostami ve ark., 2013).

KAYNAKÇA

- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Yardim, F., and Lee, S. (2002). Management of plant parasitic nematodes by use of vermicomposts. Proceedings of Bright-on Crop Protection Conference – Pests and Disease 2, 705–10.
- Aghamohammadi, Z., Etesami, H., & Alikhani, H. A. (2016). Vermiwash allows reduced application rates of acaricide azocyclotin for the control of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, on bean plant (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ecological Engineering*, 93, 234–241. doi:10.1016/j.ecoleng.2016.05.04.
- Abulsoud, M. & Emam, M. & El-Rahman, N. (2015). The Potential Use of Vermicompost in soilless culture for producing strawberry. *International Journal of Plant & Soil Science*. 8, 1-15. 10.9734/IJPSS/2015/20009.
- Foroushani, P. A., and Poorjavad, N., (2017). Effects of different application methods of vermicompost on tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae) population. *Iranian Journal of Plant Protection Science Vol 48*, No 1, Spring & Summer (59-67) DOI: 10.22059/ijpps.2017.209718.1006719
- Abolmaaty, S. M. and S. B. M. Fawaz, (2016). Effect of vermin-compost treatments and EM1 on onion white rot disease. *Global Journal of Advanced Research*, 3(8), 658-669.
- Akinuoye-Adelabu, D. B., Hatting, J., de Villiers, C., Terefe, T., & Bredenhand, E. (2019). Effect of redworm extracts against fusarium root rot during wheat seedling emergence. *Agronomy Journal* doi:10.2134/agronj2018.11.0743
- Kumar, A., C.H. Prakash B., Brar, S. N. and Kumar B.. 2018. Potential of vermicompost for sustainable crop production and soil health improvement in different cropping systems. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci*. 7(10), 1042-1055. doi: <https://doi.org/10.20546/ijemas.2018.710.116>
- Ansari, A. (2008). Effect of Vermicompost on the Productivity of Potato (*Solanum tuberosum*), Spinach (*Spinacia oleracea*) and Turnip (*Brassica campestris*).
- Arancon, N. & Edwards, C. & Dick, R. & Dick, L. (2007). Vermicompost tea production and plant growth impacts. *BioCycle*. 48. 51.
- Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Yardim, E. N., Oliver, T. J., Byrne, R. J. & Keeney, G. (2007). Suppression of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*), mealy

- bug (*Pseudococcus* sp) and aphid (*Myzus persicae*) populations and damage by vermicomposts. *Crop Protection*, 26, 29-39.
- Biradar, A. P., Sunita, N. D., Teggel, R.G., Devarandavadgi, S. B. (1998). Effect of vermicompost on the incidence of subabul psyllid. *Insect-Envi.*, 4 (2), 55-56.
- Boyer, J., Reversat, G., Lavelle, P., & Chabanne, A. (2013). Interactions between earthworms and plant-parasitic nematodes. *European Journal of Soil Biology*, 59, 43–47. doi:10.1016/j.ejsobi.2013.10.004
- Brzeski, W. M. (1997). Vermicompost extract applicable for studies of nematode parasitism on plants. *Fundam. Appl. Nematol.* 20 (1), 95-98.
- Citernesi U, Neglia R, Seritti A, Lepidi AA, Filippi C, Bagnoli G, Nuti MP, Galluzzi R. (1977). Nitrogen fixation in the gastro-enteric cavity of soil animals. *Soil Biol Biochem.* 9, 71–72. doi: 10.1016/0038-0717(77)90064-5.
- Chaoui, H. & Edwards, C & Brickner, A & Lee, S & Arancon, Norman. (2002). Suppression of the plant diseases, *Pythium* (damping off), *Rhizoctonia* (root rot) and *Verticillium* (wilt) by vermicomposts. Proceedings of Brighton Crop Protection Conference - Pests and Diseases. 2.
- Dominguez, J. & Gomez-Brandon, M. (2012). Vermicomposting: Composting with earthworms to recycle organic wastes. 10.5772/33874.
- Dominquez, J. & Edwards, C. A. (2011). Biology and ecology of earthworm species used for vermicomposting. *Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental* Othman. H. and Ahmad .S /ZJPAS: 2020, 32 (6): 46-53 53
- Datta, S., Singh, J., Singh, S., & Singh, J. (2016). Earthworms, pesticides and sustainable agriculture: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(9): 8227–8243. doi:10.1007/s11356-016-6375-0
- Dossin, M. F., Andrade, N., Sobucki, L., Portela, A, V. O., Stacke, R. F., Belle, C, Ramos, R. F., Ramires, M. F., Santos, J. R. P., Antonelli, Z. I. (2022). *Pratylenchus brachyurus* Suppression by organic fertilizers and the development of soybean plants. *Research, Society and Development*, [S. l.], v. 11, n. 6, p. e52611629301. DOI: 10.33448/rsd-v11i6.29301. Disponível em:
- Ečimović, S., Vrandečić, K., Kujavec, M., Žulj, M.; Ćosić, J., Velki, M. (2021). Antifungal activity of earthworm coelomic fluid obtained from *Eisenia andrei*,

- Dendrobaena veneta* and *Allolobophora chlorotica* on six species of phytopathogenic fungi. *Environments*, 8, 102. <https://doi.org/10.3390/environments8100102>
- Edwards C.A. & Bohlen P.J. (1996). Biology and ecology of earthworms (Vol. 3). *Springer Science & Business Media*.
- Edwards, C. A., Fletcher, K. E. (1988). Interaction between earthworms and microorganisms in organic matter breakdown. *Agric Ecosyst Environ*, 20, 235-249.
- Edwards, C., Arancon, N., Vasko-Bennett, M., Askar, A., Keeney, G. (2010). Effect of aqueous extracts from vermicomposts on attacks by cucumber beetles (*Acalymna vittatum*) (Fabr.) on cucumbers and tobacco hornworm (*Manduca sexta*) (L.) on tomatoes. *Pedobiologia* 53, 141-148. 10.1016/j.pedobi.2009.08.002.
- Edwards, C. A., Arancon, N. Q., Emerson, E., and Pul-liman, R. 2007. Suppression of plant-parasitic nematodes and arthropod pests with vermicompost tea. *Biocycle* 48, 38–9.
- Ebrahimi, M., Mousavi, A., Souri, M. K., Sahebani, N. (2021). Can vermicompost and biochar control *Meloidogyne javanica* on eggplant?. *Nematology* 23, 1-12. 10.1163/15685411-bja10094.
- Eswaran, N. and Mariselvi, S. Efficacy of vermicompost on growth and yield parameters of *Lycopersicum esculentum* (Tomato). *International Journal of Scientific and Research Publications*. 6(1), 95-108, 2016.
- Garg, V. K., Yadav, Y.K. and Sheoran, A. (2006) Livestock excreta management through vermicomposting using an epigeic earth worm *Eisenia foetida*. *The Environmentalist* 26, 269-276. doi:10.1007/s10669-006-8641-z.
- Gudeta, K., Bhagat, A., Julka, J.M., Sinha, R., Verma, R., Kumar, A., Kumari, S., Ameen, F., Bhat, S.A., Amarowicz, R., Sharma, M. (2022). Vermicompost and its derivatives against phytopathogenic fungi in the soil: A Review. *Horticulturae* 8, 311. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040311>
- Hidayati, Nur. (2017). Combined effect of vermicompost and earthworm *Pontoscolex corethrurus* inoculation on the yield and quality of broccoli (*Brassica oleracea* L.)

- Using organic growing media. *Journal of Basic and Applied Research International*. 22, 148-156.
- Hatti, Shankerappa, Londonkar, Ramesh, Patil, Saraswati, Biradar, Pulikeshi, Patil, Sharanabasappa. (2012). Effect of *Eudrilus eugeniae* vermiwash on the growth of plants. 15. 63-67.
- Hameeda, B. & Harini, G. & Reddy, O. P. (2007). Effect of composts or vermicomposts on sorghum growth and mycorrhizal colonization. *African Journal of Biotechnology Vol 6 Num 1*. 6.
- Hussain, N., Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2017). Generation of highly potent organic fertilizer from pernicious aquatic weed *Salvinia molesta*. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(5), 4989–5002. doi:10.1007/s11356-017-0826-0
- Iliev V., Michalache M. (2019). Vermicompost production and its importance for soil and agricultural production. *Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LXII*, Issue 1, 56-62.
- Ismail, S.A. (1997) Vermicology: The biology of earthworms. *Orient Longman Limited, Chennai*, 92
- Ilieva-Makulec, K., Makulec, G.. (2002). Effect of the earthworm *Lumbricus rubellus* on the nematode community in a peat meadow soil. *European Journal of Soil Biology* 38, 59-62. 10.1016/S1164-5563(01)01126-8.
- Joshi, Rakesh, Vig, Adarsh, Singh, Jaswinder. (2013). Vermicompost as soil supplement to enhance growth, yield and quality of *Triticum aestivum* L.: a field study. *International Journal Of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. 2. 16. 10.1186/2251-7715-2-16.
- Jayakumar, M., Sivakami, T., Ambika, D., & Karmegam, N. (2011). Effect of turkey litter (*Meleagris gallopavo* L.) vermicompost on growth and yield characteristics of paddy, *Oryza sativa* (ADT-37). *African Journal of Biotechnology*, 10(68), 15295–15304.
- Katheem Kiyasudeen S et al. (2016). Prospects of organic waste management and the significance of earthworms. *Applied Environmental Science and Engineering for a Sustainable Future*, DOI 10.1007/978-3-319-24708-3_9

- Kizilkaya, R., Hepşen, Ş., Türkmen, C., Durmuş, M.. (2012). Vermicompost effects on wheat yield and nutrient contents in soil and plant. *Archives of Agronomy and Soil Science* 58, 175-179. 10.1080/03650340.2012.696777.
- Masciandaro G, Macci C, Doni S, Ceccanti B. (2010). Use of earthworms (*Eisenia fetida*) to reduce phytotoxicity and promote humification of pre-composted olive oil mill wastewater. *J Sci Food Agric.* 90(11), 1879-85. doi: 10.1002/jsfa.4028. PMID: 20602513.
- Nath, G., Singh, K.. (2011). Combination of vermicomposts and biopesticides against nematode (*Pratylenchus* sp.) and their effect on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum*). *IIOAB Journal* 2, 27-35.
- Najafabadi, S.M. (2014). Effect of various vermicompost-tea concentrations on life table parameters of *Macrosiphum rosae* L. (Hemiptera: Aphididae) on rose (*Rosa hybrida* L.) flower. *Journal of Ornamental plants*, 4, 81-92.
- Nurhidayati, Machfudz M., Basit, A. and Handoko, R. N. S. (2020). Effectiveness of vermicompost with additives of various botanical pesticides in controlling *Plutella xylostella* and their effects on the yield of cabbage (*Brassica oleracea* L.var. *capitata*). *Asian J. Agric. Biol.* 8(3), 223-232. DOI: <https://doi.org/10.35495/ajab.2019.10.436>
- Lubbers, I. M., Van Groenigen, K. J., Fonte, S. J., Six, J., Brussaard, L., & Van Groenigen, J. W. (2013). Environ Geochem Health Greenhouse-gas emissions from soils increased by earthworms. *Nature Climate Change*, 3(3), 187.
- Oldenburg, E., Kramer, S., Schrader, S., & Weinert, J. (2008). Impact of the earthworm *Lumbricus terrestris* on the degradation of *Fusarium*-infected and deoxynivalenol-contaminated wheat straw. *Soil Biology and Biochemistry*, 40(12), 3049–3053. doi:10.1016/j.soilbio.2008.09.004
- Oroka, F. O. (2015). Influence of municipal solid waste vermicompost on soil organic carbon stock and yield of okra (*Abelmoschus esculentus* Moench) in a tropical agroecosystem. *Journal of Environment and Earth Science*, 5(12), 61–66.
- Özay, Ö., Arslantaş, D. (2016). Pestisit maruziyeti ve nöropsikiyatrik etkileri. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 38 (Beyin Farkındalığı Özel Sayısı):42-48, DOI: <http://dx.doi.org/10.20515/otd.88785>

- Rostami, M., Karegar, A., Taghavi, S. M. (2021) Biocontrol potential of bacterial isolates from vermicompost and earthworm against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* infecting tomato plants. *Egypt J Biol Pest Control* 31, 36). <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00383-9>
- Rostami, M., Olia, M. & Arabi, M. (2014). Evaluation of the effects of earthworm *Eisenia fetida*-based products on the pathogenicity of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) infecting cucumber. *Int J Recycl Org Waste Agricult* 3, 58. <https://doi.org/10.1007/s40093-014-0058-y>
- Rostami M, Karegar A, Ghorbani A.(2022). Effects of *Arugula* vermicompost on the Root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) and the promotion of resistance genes in tomato plants. *Plant Pathol J* 38(4), 261-271. doi: 10.5423/PPJ.OA.01.2022.0006. Epub 1. PMID: 35953046; PMCID: PMC9372107.
- Rivera, B., Quej, C. V., Gutiérrez, R., Andrade, J., Carrillo, E., González, V., Villarreal, E. (2022). Use of organic substrates on the quality of watermelon seedlings. *Horticultura Brasileira*. 40, 261-267. 10.1590/s0102-0536-20220303.
- Rao, K. R. (2002). Induced host plant resistance in the management of sucking insect pests of groundnut. *Ann. Plant. Protect. Sci.* 10, 45–50.
- Seddigh, S., Kiani, L. (2017). Evaluation of different types of compost tea to control rose powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosae*). *International Journal of Pest Management*, 64(2), 178–184. doi:10.1080/09670874.2017.1361050
- Sedaghatbaf, R., Samih, M. A., Zohdi, H., & Zarabi, M. (2018). Vermicomposts of different origins protect tomato plants against the sweetpotato whitefly. *Journal of Economic Entomology*, 111(1), 146–153. <https://doi.org/10.1093/jee/tox238>
- Singh, U.P. & Maurya, Sudarshan & Singh, D P. (2003). Antifungal activity and induced resistance in pea by aqueous extract of vermicompost and for control of powdery mildew of pea and balsam. *Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. 110. 544-553.
- Stepanova, D & Grigoriev, M & Grigorieva, A & Tatarinova, Z & Ivanov, A. (2021). The effect of vermicompost from local raw materials on tomato productivity in

- Yakutia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 670. 012007. 10.1088/1755-1315/670/1/012007.
- Szczzech, M. (1995). Suppressiveness of potting medium with vermicompost toward *Phytophthora nicotianae*. *Proc. Cont biol. Contr. Soilborne & Postharvest Dis.*, Skierniewice, Poland: 83-86.
- Sabijon, J., Sudaria, M. A. (2018). Effect of vermicompost amendment and nitrogen levels on soil characteristics and growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* cv. Diamante max) . *International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences* 2(2), 145-153 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/ijaflls/issue/39180/434953>
- Silva, P., Silva, P., Oliviera, V., Oliviera, F., Costa, L.R.. (2017). Vermicompost application improving semiarid-grown corn green ear and grain yields. *Revista Caatinga*. 30, 551-558. 10.1590/1983-21252017v30n302rc.
- Sundari, Sivagami. (2020). Effect of vermicompost prepared from aquatic weeds on growth and yield of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Journal of Biopesticides* 3. 10.4172/2155-6202.1000128.
- Tao, J., Chen, X., Liu, M., Hu, F., Griffiths, B., Li, H. (2009). Earthworms change the abundance and community structure of nematodes and protozoa in a maize residue amended rice–wheat rotation agro-ecosystem *Soil Biol. Biochem.* 41, pp. 898-904, 10.1016/j.soilbio.2008.12.002
- Wang, C., Sun, Z. J. and Zheng, D. (2006). Research advance in antibacterial immunity ecology of earthworm. *The Journal of Applied Ecology*, 17 (3), 525.
- Wang, X.-X., Zhao, F., Zhang, G., Zhang, Y., & Yang, L. (2017). vermicompost improves tomato yield and quality and the biochemical properties of soils with different tomato planting history in a greenhouse study. *Frontiers in Plant Science*, 8. doi:10.3389/fpls.2017.01978
- Vaz-Moreira, I., Maria, E., Silva, C. M., Manaia, O., Nunes, C. (2008) Diversity of bacterial isolates from commercial and homemade composts. *Microbial Ecol* 55, 714–722.
- Venter, J.M.; Reinecke, A.J. (1987-01-29). "*The life-cycle of the compost worm Eisenia fetida (Oligochaeta)*". *African Zoology*. 23 (3): 161–165. doi:10.1080/02541858.1988.11448096

- Younas, M., Zou, H., Laraib, T., Abbas, W., Akhtar, M. W., Aslam, M. N., et al. (2021) The influence of vermicomposting on photosynthetic activity and productivity of maize (*Zea mays* L.) crop under semi-arid climate. *PLoS ONE* 16(8), e0256450. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256450>
- You, Xiaodong & Tojo, Motoaki & Ching, Shelby & Wang, Koon-Hui. (2018). Effects of vermicompost water extract prepared from bamboo and kudzu against *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*. *Journal of nematology*. 50. 10.21307/jofnem-2018-054.
- You, Xiaodong, Wakana, Daigo, Ishikawa, Kazuki, Hosoe, Tomoo, Tojo, Motoaki. (2019). Antifungal activity of compounds isolated from bamboo vermicompost against *Rhizoctonia solani* AG1-IB. *Advances in Microbiology*. 09. 957-970. 10.4236/aim.2019.912061.
- Zhao, F., Zhang, Y., Dong, W. et al. (2019). Vermicompost can suppress *Fusarium oxysporum f. sp. lycopersici* via generation of beneficial bacteria in a long-term tomato monoculture soil. *Plant Soil* 440, 491–505 <https://doi.org/10.1007/s11104-019-04104-y>
- Zaller, Johann G. (2006). Foliar spraying of vermicompost extracts: effects on fruit quality and indications of late-blight suppression of field-grown tomatoes. *Biological Agriculture & Horticulture*, 24(2), 165–180. doi:10.1080/01448765.2006.9755017
- Zuhair, Raghda, Yasser M., Nabil M., El-Dahshouri, M., Zhang, L., Ageba, M. (2022). Efficacy of amended vermicompost for bio-control of root knot nematode (RKN) *Meloidogyne incognita* infesting tomato in Egypt *Meloidogyne incognita* infesting tomato in Egypt. *Environmental Technology & Innovation*. 27. 10.1016/j.eti.2022.102397.
- Zhang, H., Li, J., Zhang, Y., Huang, K. (2020). Quality of vermicompost and microbial community diversity affected by the contrasting temperature during vermicomposting of dewatered sludge. *Int J Environ Res Public Health* 17(5), 1748. doi: 10.3390/ijerph17051748. PMID: 32156070; PMCID: PMC7084763.

BÖLÜM 7

BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARI PARAZİTLEYEN ENDOPARAZİTİK FUNGUSLAR, BİYOLOJİLERİ, ÖNEMLİ TÜRLER VE NEMATOD MÜCADELESİNDE ETKİNLİKLERİ

Dr. Lerzan ÖZTÜRK¹

¹ Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye. lerzanzoturk@gmail.com
Orcid ID: 0000-0003-2199-6807

GİRİŞ

Toprak, kayaların ve organik maddenin yüzyıllar boyunca çeşitli etkenlerle parçalanıp ayrılmasıyla meydana gelmiş, bitkilere yaşam ortamı görevini gerçekleştiren, su ve besin maddesi sağlayan bir maddedir. Toprak hacmini mineral maddeler, su, hava ve organik maddeler meydana getirmekte ve organik maddelerin bir kısmını humus, diğer kısımlarını bitki kökleri ve toprak canlıları oluşturmaktadır. Toprak canlıları da bakteriler ve aktinomisetler, mantarlar ve alger, toprak solucanları gibi organizmalardan oluşmaktadır. Toprakta birçok canlı birbiriyle etkileşim içerisinde yaşamaktadır

Toprak mikro-faunasında nematodlar önemli bir yer tutmaktadır. Nematoda, tahminen 500.000 türü kapsayan hayvanlar alemindeki en büyük ikinci filum olarak bilinmektedir. Bitkilerin toprak altı ve toprak üstü kısımlarında zarar yapan önemli canlı grubu içerisinde yer alan nematodlar kökte beslenmenin yanı sıra bazı virüs hastalık etmenlerinin bitkilere taşınmasında önemli roller oynamaktadır. Bu zararlıların bitkinin kök kısmında yaptığı zarar sonucunda bitkilerde gelişme geriliği görülmekle birlikte yoğun populasyon altında bitkilerin ölümüne de neden olabilmektedirler. Nematodlar içerisinde *Xiphinema* spp., *Longidorus* spp., *Criconeoides* spp., *Ditylenchus* spp., *Pratylenchus* spp., *Heterodera* spp. ve *Meloidogyne* spp. en önemli cinsler olarak bilinmektedir (Abd Elgawad ve Askary, 2015). Özellikle tropik ve subtropik alanlarda nematodların tarımsal üretimde yıllık % 14 verim kaybı meydana getirdiği bildirilmektedir (Misgana, 2018). Bununla birlikte nematodlar bitki köklerinde beslenerek açtıkları yaralardan fungal ve bakteriyel hastalıkların girişine sebep olarak dolaylı olarak da zarar meydana getirmektedirler. Bununla birlikte nematod zararına uğramış kökler patojen bulaşmalarına daha duyarlı olmakta ve hastalık infeksiyonları ile bitkilerde oksidatif stres daha da artmaktadır.

Bitkilerde yüksek verim kayıplarına neden olabilen bitki paraziti nematodlar ile mücadelede zorluklar yaşanmaktadır. Toprak solarizasyonu, dayanıklı anaç kullanımı, toprağı su altında bırakma gibi uygulamalar mücadelede yetersiz kalmaktadır. Özellikle dayanıklılığı kırabilen nematodlarda dayanıklı anaç dikimi etkisiz olmaktadır. Toprağı su altında bırakmak ise su kıtlığı yaşadığımız günümüzde hem maliyetli olmakta hemde

yeterli su bulunamadığından uygulanamamaktadır. Bununla birlikte bu uygulama toprakta bulunan diğer faydalı organizmalara da zarar vermektedir.

En yaygın kullanılan yöntem olan kimyasal mücadelede açık alanlarda ekonomiliğin olmaması, uygulanan nematodların toksik dozlarının derindeki nematodlara ulaşmayıp etki edememesi, kullanılan etkili maddelerin toksik etkileri ve taban suyunda kalıntı meydana gelme riski gibi nedenler ile dünyada alternatif mücadele yöntemleri üzerinde yoğun çalışmalar yapılmaya başlanmıştır. Bunlardan biri de tarımsal üretimi olumsuz yönde baskı altına alan etmenlerin etkilerinin doğal düşmanlar kullanılarak azaltılması olarak tanımlanan biyolojik savaştır. Bitki paraziti nematodlar ile biyolojik mücadele predatör nematodlar, protozoonlar, tardigradlar, sıçan kuyruklular (collembola türleri), planaryalar (yassı solucanlar), predatör akarlar, fungal ve bakteriyel antagonis doğal düşmanlar ile sağlanabilmektedir.

Biyolojik mücadele uygulamalarında nematodları parazitleyebilen doğal düşman fungal etmenler önemli rol üstlenmektedir. Mantarlar, karasal ekosistemde en bol bulunan organizmalar arasındadır. Doğada toprakta bir çoğu saprofit olarak yaşayan bu organizmalardan bazıları nematod popülasyonu ile antagonistik ilişki içerisinde girmekte böylece insan ve çevre sağlığına zarar vermeyen bir yöntemle nematod popülasyonu baskılanabilmektedir.

BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLAR

Yeryüzünde bilinen 26.000'den fazla nematod türü arasında 8000'i omurgalıların parazitidir (Hugot ve ark., 2001), 4100'ü ise çoğunlukla toprak kaynaklı kök patojenleri olan bitki parazitleridir (Nicol ve ark., 2011).

Bitki paraziti herbivor nematodlar kök, gövde, yaprak ve çiçek gibi kısımlarında endoparazit, ektoparazit ve yarı endoparazit olarak beslenerek bitki gelişimini etkileyen ve verim kayıplarına neden olabilen toprak altı zararlılarıdır. Bu zararlılar bitkide kökte stiletleri ile beslenirken hücre ölümüne neden olmakta ya da hücre büyümesini uyararak dev hücreler oluşmasına yol açmaktadır (Lambert ve Bekal, 2002).

Turunçgil alanlarında *Tylenchulus semipenetrans*, çeltik alanlarında *Aphelenchoides besseyii* ve *Hirshmaniella oryzae*, sebze alanlarında *Meloidogyne javanica* ve *M. incognita*, patates ekiliş alanlarında *Meloidogyne chitwoodi*, *Globodera pallida* ve *G. rostochiensis*, soğan gibi yumrulu

bitkilerde *Ditylenchus dipsaci*, çilek alanlarında *Aphelenchoides fragariae*, tahıl ekiliş alanlarında *Pratylenchus* türleri, *Heterodera avenae*, *H. latipons* ve *H. filipjevi*, meyve ve bağ alanlarında ise *Xiphinema index*, *Mesocriconema xenoplax*, *Pratylenchus neglectus*, *Pratylenchus zae* ve *Pratylenchus thornei*, muz alanlarında *Helicotylenchus multicinctus* en zararlı nematodların başında gelmektedir.

BİTKİ PARAZİTİ NEMATODLARIN FUNGAL PATOJENLERİ

Fungal patojenlerle yapılan biyolojik mücadele çalışmaları 1880'li yıllara dayanmaktadır. Bu dönemde Kühn 1881 yılında *Taricum auxiliare* mantarı tarafından *Heterodera schachtii* dişilerinin parazitliğini ilk defa gözlemlemiş ve sonraki yıllarda çok sayıda fungus, nematod, böcek, bakteri, virüs ve diğer canlıları parazitleyebildiğini saptamıştır (Stirling, 1991). Doğada toprakta nematodlarla bir arada yaşayan funguslar nematodlarla sürekli etkileşim halindedir ve nematodların baskılanmasında etkilidir.

Nematofag funguslar, konukçu nematod üzerinde veya içinde yaşayan ve besin elde ederek ondan yararlananlardır. Nematofag fungusların geniş konukçu dizini bulunmaktadır. Bunlardan bazıları patojenik, predatör ya da parazitik olurken bir kısmı da konukçu nematodlarla karşılaştığında onları enfekte etmekte ve parazitik hale dönüşmektedir. Nematodlarla parazitik ilişkide olanlar toksin üreten, endoparazitik, kist ve yumurta paraziti ve fırsatçı funguslar olmak üzere de gruplara ayrılmaktadır (Lawal ve ark., 2022).

Tuzak oluşturan funguslar, miselyumlarında nematodları yakalamak için ağımsı ya da halka şeklinde tuzaklar oluşturmaktadırlar. Nematodlar tuzak oluşturan fungusların bulunduğu alana geldiğinde fungus ağlarında takılmakta ve hareketsiz halde gelmektedir. Nematod kütikülasından penetre olan fungus çoğalıp gelişerek nematodun ölümüne neden olmaktadır.

Fungal doğal düşmanlardan endoparazitik funguslar, nematodları enfekte etmek için sporlar üreten bir nematofag fungus grubudur. Bunlar ağ gibi özel yapılar üretmemektedir. Doğal sistemlerde nematodların popülasyon yoğunluğunun baskılanmasında kilit rol oynamaktadırlar. Bu funguslar sporları ile (konidia veya zoosporlar) bitki-parazitik nematodları enfekte etmektedirler. Nematodlar tarafından alınan sporlar, özefagus veya bağırsaklarda çimlenebilmekte ya da nematodun kütüküla yüzeyine tutunabilmektedir.

Yüzeyle tutunan funguslarda sporlar dar bir penetrasyon tüpü ile nematod içine geçiş yapmakta, burada sporulasyona devam etmekte ve vejetatif gelişimini tamamlamaktadır. Örneğin Ophiocordycipitaceae familyasındaki endoparazit funguslar oral (*Harposporium* spp.) yolla yada kütikülaya tutunarak (*Ophiocordyceps* spp., *Hirsutella* spp., *Drechmeria* spp., *Haptocillium* spp.) nematodu parazitlemektedir. *Catenaria* cinsinde *Catenaria anguillulae*'de ise aktif zoosporlar nematod kütikülası ile temas ettiğinde kistik yapı kazanmakta ve bu şekilde nematoda tutunmaktadır. *Haptoglossa* (Haptoglossales, Haptoglossaceae) cinsi ise kütikülaya temas ettiğinde hareketsiz sporlarını nematod içine aktarmaktadır. Endoparazitik fungusların 50 tanesi obligat parazittir (Degenkolb ve Vilcinskas, 2016a). Endoparazitik funguslar konukçuya genellikle oldukça spesifiktir ve konukçu olmayan yapay ortamlarda kültüre alınmaları oldukça zordur (Devi, 2018).

Bazı nematofag fungus türleri ise nematodlar için toksik olan belirli kimyasal bileşikler üretmektedir. Bu bileşiklerin kimyasal özellikleri, basit yağ asitleri ve pironlar, laktonlar, benzokinonlar, antrakınonlar, furanlar, alkaloidler, siklodepsipeptidler ve peptaibiyotikler gibi diğer organik asitler şeklinde olabilmektedir (Degenkolb ve Vilcinskas, 2016a). Bu bileşikler nematodların hareketsiz kalmasına neden olmakta ve ardından funguslar onları tüketmektedir. Toksin üreten bu fungusların çoğu basidiomycetes'tir. Örneğin, *Pleurotus* cinsinden birkaç mantar türü, nematotoksik aktiviteye sahip toksinler üretmektedir. Bu cinsten *P. ostreatus* türü, nematodlar, böcekler ve diğer funguslar için toksik olan linoleik asitten türetilen bir bileşik olan trans-2-dekenoik asit üretmektedir. Bununla birlikte, basidiomycetlerin sadece bu tip toksinleri üretmediği, aynı zamanda nematodlar için toksik ama nematodu tüketmeyen fungus türleri de bulunmaktadır (Al-Ani ve ark., 2022). Yine *P. lilacinus* tarafından üretilen asetik asit, juvenil nematodlara etki etmektedir. (Djian ve ark., 1991). *Fusarium equiseti* fungusunun ürettiği toksik bileşenler ise kök-ur nematod yumurtalarının açılımını engellemekte ve juvenillerin hareket yeteneğini olumsuz etkilemektedir (Nitao ve ark., 1999).

Nematodların yapılarında onları parazitlerinden koruyan bol proteinli kalın kütiküla tabakası gibi fiziksel özellikler bulunmaktadır. Bunları aşmak için fungal patojenler alkalın serin proteaz ve nötr serin proteaz gibi enzimler kullanmaktadır. Proteaz enzimleri, kütiküladaki proteinlerin peptit bağlarının hidrolizini katalize etmektedir (Al-Ani ve ark., 2022). Örneğin, *Lecanicillium*

psalliotae tarafından üretilen alkali serin proteaz, saatler içinde kütiküllerin bozulmasına neden olmakta ve *Panagrellus redivivus* nematodunu saatler içerisinde hareketsiz hale getirmektedir (Yang ve ark., 2005). Diğer bir fungus *Arthrobotrys oligospora*, *A. microscaphoides*, *A. shizishama*, *Monacrosporium megalosporum*, *Hirsutella rhosilinesis*, *Pochonia chlamydosporia*, *P. rubescens* nematoda karşı patojenitede rol oynayan serin proteaz enzimi üretmektedir (Zhao ve ark., 2004). Kabuklarında kitinaz bulunan nematod yumurtalarına karşı ise *Monacrosporium thaumasium*, gibi funguslar ise kitinaz salgı olarak etki edebilmektedir (Soares ve ark., 2014). *M. thaumasium* aynı zamanda serin proteaz enzimi salgılamakta ve bunu kullanarak *Angiostrongylus vasorum* nematoduna karşı patojenik olabilmektedir (Soares ve ark., 2012).

Yeryüzünde tespit edilen 70 cinse ait 700 fungus türünün nematodlarla etkileşim içinde olduğu bildirilmektedir (Yu ve ark., 2014). Bunlar Ascomycetes, Basidiomycetes, Zygomycetes, Chytridiomycetes ve Oomycetes filumlarında yer almaktadır (Moosavi ve Zare, 2012). *Acrophialophora*, *Acremonium*, *Allomyces*, *Aniriopsis*, *Aphanomyces*, *Arthrobotrys*, *Aspergillus*, *Botryotrichum*, *Catenaria*, *Cephalosporium*, *Cladosporium*, *Colletotrichum*, *Coniothyrium*, *Cystopage*, *Chaetomium*, *Chaetopsinea*, *Cylindrocarpon*, *Dactylaria*, *Dactylella*, *Diheterospora*, *Drechmeria*, *Entomophthora*, *Epicoccum*, *Exophiala*, *Fusarium*, *Gliocladium*, *Harposporium*, *Hirsutella*, *Humicola*, *Isaria*, *Lagenidium*, *Leptoglenia*, *Margarinomyces*, *Meristacrum*, *Metarhizium*, *Monotospora*, *Monocillium*, *Monacrosporium*, *Microdochium*, *Macrobotophthora*, *Mortierella*, *Myzocytiun*, *Nematophthora*, *Neocosmospora*, *Nematotoonus*, *Olpidium*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Phoma*, *Phialophora*, *Phytophthora*, *Pleurotus*, *Pseudopopulospora*, *Pseudeurotium*, *Rhopalomyces*, *Rhizopus*, *Scytalidium*, *Stagnospora*, *Stylopaga*, *Tarichum*, *Thielavia*, *Trichosporan*, *Trichocladium*, *Trichothecium*, *Trichoderma*, *Ulocladium* cinslerine ait fungusların nematodlara karşı farklı derecede antagonistik etkisi olduğu literatürlerde yer almaktadır (Siddiqi ve Mahmood, 1996).

Nematofag funguslardan *Arthrobotrys oligospora*, *Pochonia chlamydosporia*, *Nematotoonus concurrens* Drechsler, *Nematotoonus leiosporus* Drechsler, *Hirsutella rhosoliensis*, *Purpleocillium lilacinum*, *Paecilomyces* spp., *Catenaria anguillulae* Sorokin, *Harposporim* spp.

nematodlara antagonistik etkisi tespit edilen önemli türlerin başında gelmektedir (Nordbring-Hertz ve ark., 2006).

***Catenaria* spp.**

Taksonomik sınıflandırması:

Filum: *Chytridiomycota*

Sınıf: *Chytridiomycetes*

Takım: *Blastocladales*

Familiya: *Catenariaceae*

Cins: *Catenaria*

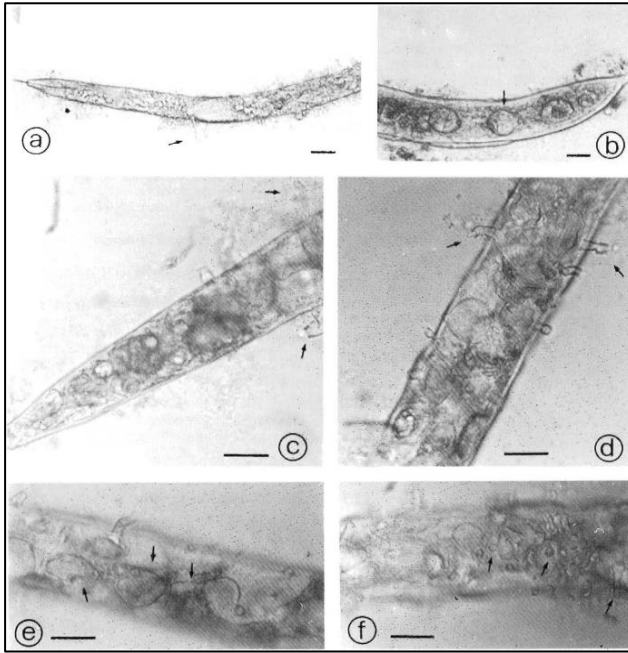
Tanımı ve biyolojisi:

Catenaria spp, zoospor olarak adlandırılan hareketli sporlar üreten (kitin çeperli) mantarlardan oluşan cinstir. *Catenaria* cinsi, ilk defa 1876'da Sorokin tarafından bulunmuştur. Araştırmacı fungus ile bulaşık yılan balıklarında etmeni tespit etmiş ve *C. anguillulae* olarak adlandırmıştır (Butler, 1928). *Catenaria* spp. ilk defa 1876 yılında tespit edilmiş ve Catenariaceae familyasında sınıflandırılmıştır. *Catenaria* spp.'nin taksonomik sınıflandırılması yıllar içinde değişmiş ve günümüzde *Blastocladiomycota* filumuna dahil edilmiştir (James ve ark., 2006). Blastocladiomycota filumu zoospor oluşturan fungusları içeren Blastocladales takımını içermektedir. Bu takımdakiler iyi gelişmiş hifi olan, β -1-3-glucan içeren hücre duvarı olan, mitozik funguslardır (Roberson, 2020).

Catenaria türleri arasında *C. anguillulae* nematodlara karşı en etkili tür olarak bildirilmektedir. Nematodlara etkili diğer türler ise *C. auxillaris* ve *C. vermicola* olarak belirlenmiştir (Birchfield, 1960; Castillo ve Lawrence, 2011). *C. anguillulae*'nin hareketli zoosporları nematodları enfekte etmektedir. Zoosporlar 6.1-6.8 μ m uzunluğunda ve 3.7 μ m genişliğindedir, armut şeklindedir ve 19-20 μ m ölçülerinde kamçıya sahiptir (Deacon ve Saxena, 1997). *Catenaria*'nın dallanmış yada dallanmamış hifleri (5-12 μ m) küresel, eliptik, oval, üçgen, piriform veya alt piriform şeklindeki 15-70 \times 12-36 μ m büyüklükteki sporangiyayı oluşturmaktadır. Sporangia'lar isthmus adı verilen iki hücreli 6-34 μ m yapılarla zincir şeklinde birbirine bağlanmaktadır (Srivastava ve Sinha, 2012).

Catenaria anguillulae zoosporları nematod konukçusu bulmak için flagellumları ile topraktaki su filmleri arasında hareket etmektedir. Uygun konukçu nematod bulunduğunda fungus zoosporları çoğunlukla nematodların doğal açıklıkları, yani ağız, boşaltım gözenekleri, vulva veya anüs çevresinde kolonize olmaktadır. Zoosporlar kütikülaya tutunduktan sonra kamçı hücre içine çekilmektedir. Zoosporlar, nematod içine giren dar bir çimlenme tüpü oluşturarak çimlenmektedir. Çim borusu ucunda vezikül oluşmaktadır. Nematod içinde miselyum gelişmekte ve üzerinde üreme organları oluşmaktadır. Sporulasyon devam etmekte ve nematod ölümleri görülmektedir (Şekil 1). Fungus konukçu nematotta yaşam döngüsünü 24 saatte tamamlamaktadır (Couch, 1945).

Fakültatif parazit olan *C. anguillulae* toprakta bitki artıklarında, nematodlar üzerinde ve diğer küçük hayvanlarda parazit olarak yaşamını sürdürebilmektedir. Bu fungus türü 28°C gibi yüksek sıcaklıklarda daha hızlı gelişmektedir. Bununla birlikte oldukça yüksek pH (6-8) ve düşük bir tuz konsantrasyonu, nematodlarda fungusun hızlı gelişimini teşvik etmektedir (Sayre ve Keeley, 1969).



Şekil 1. *Catenaria anguillulae* ile bulaşık *Xiphinema index* nematode

C. vermicola ise *Heterodera* türlerini parazitleyebilmektedir. Enfekteli dişiler veya kistler fungus zoosporları ile dolmakta ve nematod bünyesinde fungus hayat döngüsünü 2-3 günde tamamlamaktadır (Srivastava ve Sinha, 2012).

Bu fungus birçok nematodu parazitleyebilmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Bazı bitki paraziti nematodlara karşı nematofag olarak etkinliği kanıtlanmış *Catenaria* spp. fungus türleri

Fungus türü	Nematod türü	Referans
<i>Catenaria vermicola</i>	<i>Belonolaimus longicaudatus</i> <i>Criconemoides rusticum</i> <i>Hoplolaimus tylenchiformis</i> <i>Hoplolaimus indicus</i> <i>Meloidogyne</i> spp. <i>Pratylenchus brachyurus</i> <i>Pratylenchus zaeae</i> <i>Radopholus similis</i> <i>Tylenchus semipenetrans</i> <i>Tylenchorhynchus martini</i> <i>Xiphinema chambersi</i>	Birchfield, 1960
<i>Catenaria anguillulae</i>	<i>Anguina tritici</i> , <i>Aphelenchus avenae</i> , <i>Ditylenchus dipsaci</i> <i>Helicotylenchus dihystra</i> <i>Hoplolaimus indicus</i> <i>Heterodera cajani</i> <i>Heterodera sorghi</i> <i>Meloidogyne javanica</i> <i>Meloidogyne graminicola</i> <i>Meloidogyne incognita</i> <i>Panagrellus redivivus</i> <i>Paralongidorus lemoni</i> <i>Paralongidorus buchae</i> <i>Scutellonema brachyurum</i> <i>Seinura</i> spp. <i>Tylenchorrhynchus brassicae</i> <i>Xiphinema index</i>	<u>Esser ve Ridings, 1973,</u> Jaffee, 1986, Singh ve gupta, 1986, Ciancio ve Chinappen, 1987, Singh ve ark., 1996, Zaki, 1999; Singh ve ark., 2013

	<i>Xiphinema basiri</i> <i>Xiphinema oxicaudatum</i> <i>Xiphinema americanum</i> <i>Xiphinema chambersi</i> <i>Xiphinema rivesi</i>	
<i>Catenaria auxillaris</i>	<i>Globodera pallida</i> <i>Heterodera schachtii</i> <i>Heterodera avenae</i> <i>Heterodera glycines</i> <i>Rotylenchulus reniformis</i>	Castillo ve Lawrence, 2011

***Arthrobotrys* Corda, 1839**

Taksonomik sınıflandırması:

Filum: *Ascomycota*

Alt-filum: *Pezizomycotina*

Sınıf: *Leicomycetes*

Familya: *Helotiales*

Cins: *Arthrobotrys*

Tanımı ve biyolojisi:

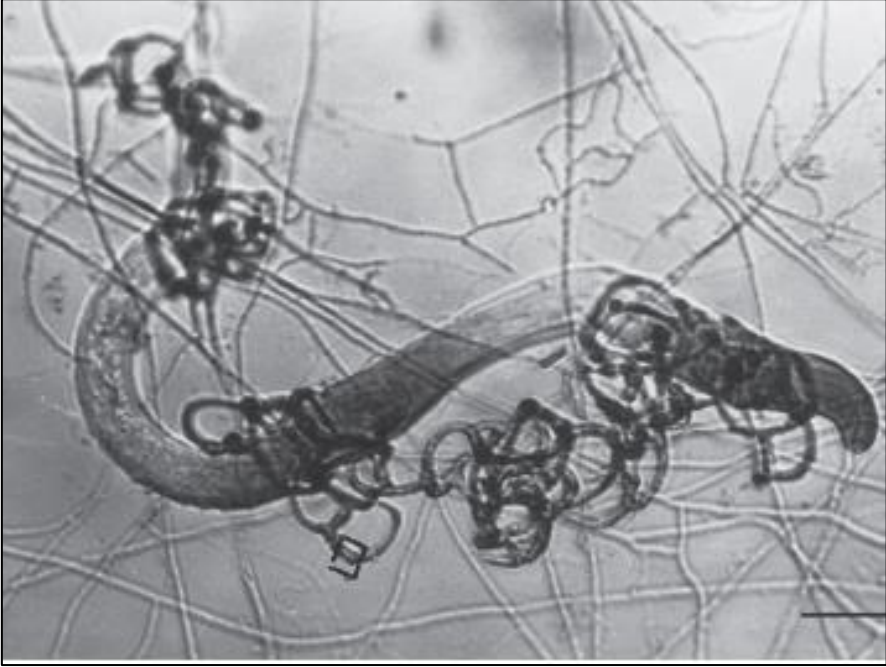
Arthrobotrys, Orbiliaceae familyasındaki tuzak oluşturan fungus cinsidir. 71 türü bulunmaktadır. Nematodları yakalayan ve onlarda beslenen funguslardandır.

Bu cinsin en önemli türlerinden biri *Arthrobotrys oligospora* Fres. 1852'dir. *A. oligospora*, 1850'de ilk defa Avrupa'da Georg Fresenius tarafından teşhis edilmiştir ve yeryüzünde en yaygın bulunan nematofag funguslardan biridir. Fungus her tekstürde toprak, hayvan dışkı, yüzey suları ve çok kirli yüzeyler dahil olmak üzere birçok ortamda gelişebilmektedir (Xue-Mei ve Ke-Qin, 2011).

Toprağın 0-30 cm derinliğinde yaygın ve yoğun olan fungus, 40 cm'nin altında ise az sayıda tespit edilebilmiştir. Fungusun yoğunluğu rizosferde kök veya artıkları olmayan topraklarda daha yüksek bulunmuş, yetiştirilen kültür bitkisi türüne bağlı olarak yoğunlukta farklılıklar bulunmuştur (Xue-Mei ve Ke-Qin, 2011).

A. oligospora fungusu, 2 hücreli, armut biçimli konidyumları ile çoğalmaktadır. Fungusun sporları 22-32 µm büyüklüktedir (Duddington, 1955). Fungus için en uygun gelişme sıcaklığı sırasıyla 20-25°C olarak belirlenmiştir ve kolonilerin büyüme hızı, ışık varlığında karanlıkta olduğundan daha fazladır (Domsch ve ark., 1980).

Bu cinse ait funguslar gelişmiş miselleriyle nematodları tuzağa düşürüp yakalamakta, kütikülaya tutunarak nematod içine doğru ilerlemekte ve nematod içeriğini sindirmektedir. Enfekte olmuş konukçunun ölümünden sonra hifler ölü nematodlardan çıkmakta konidiofor ve konidia üretmektedir (Şekil 2) (Xue-Mei ve Ke-Qin, 2011).



Şekil 2. *Arthrobotrys oligospora* conidiaları ve enfekte nematod (Nordbring-Hertz, 2004).

Arthrobotrys türleri, özellikle de *A. oligospora* nematisidal (linoleic acid, oligosporon ve 4',5'-dihydro-oligosporon, antifungal (oligosporon, hydroxyoligosporon, 10',11'-epoxyoligosporon ve 4',5'-dihydro-oligosporon) ve antibakteriyel (oligosporon, oligosporol A ve oligosporol B) özellikte birçok sekonder metabolite sahiptir (Stadler ve ark., 1993b). Bu bileşenlerinin de

etkisiyle farklı cins ve familyadan nematodu parazitleyebildikleri tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Bazı bitki paraziti nematodlara karşı nematofag olarak etkinliği kanıtlanmış *Arthrobotrys* spp. fungus türleri

Fungus türü	Nematod türü	Referans
<i>Arthrobotrys oligospora</i>	<i>Meloidogyne mayaguezsis</i> <i>Meloidogyne incognita</i> <i>Meloidogyne javanica</i> <i>Pratylenchus coffeae</i> <i>Helicotylenchus</i> spp. <i>Ditylenchus destructor</i> <i>Rotylenchus reniformis</i> <i>Tylenchorrhynchus cylindricus</i>	Birchfield, 1960 Duponnois ve ark., 1996 Szabo, 2018 Hiep ve ark., 2019
<i>Arthrobotrys dactyloides</i>	<i>Meloidogyne javanica</i>	<u>Peiris ve ark., 2020</u>
<i>Arthrobotrys dasguptae</i>	<i>Criconemoides informis</i> <i>Globodera pallida</i> <i>Globodera rostochiensis</i> <i>Rotylenchus fallorobustus</i> <i>Rotylenchus robustus</i> <i>Panagrellus redivivus</i> <i>Hemicycliophora conida</i> <i>Longidorus attenuates</i>	<u>Boag ve ark., 1988</u>
<i>Arthrobotrys conoides</i>	<i>Meloidogyne mayaguezsis</i> <i>Meloidogyne incognita</i>	Duponnois ve ark., 1996
<i>Arthrobotrys irregularis</i>	<i>Meloidogyne arenaria</i> <i>Meloidogyne incognita</i>	<u>Cayrol, 1983</u> <u>Vouyoukalou, 1993</u>
<i>Arthrobotrys microscaphoides</i>	<i>Meloidogyne</i> spp.	<u>Anfal ve Kasim, 2019</u>
<i>Arthrobotrys guizhouensis</i>	<i>Helicotylenchus</i> spp. <i>Meloidogyne arenaria</i> <i>Meloidogyne incognita</i> <i>Meloidogyne javanica</i> <i>Pratylenchus coffeae</i> <i>Rotylenchus reniformis</i>	Hiep ve ark., 2019

	<i>Tylenchorrhynchus cylindricus</i>	
<i>Arthrobotrys cookedichison</i>	<i>Meloidogyne</i> spp.	<u>Anfal ve Kasim, 2019</u>
<i>Arthrobotrys robusta</i>	<i>Meloidogyne</i> spp. <i>Ditylenchus myceliophagus</i>	<u>Cayrol, 1978</u> <u>Anfal ve Kasim, 2019</u>
<i>Arthrobotrys eudermata</i>	<i>Meloidogyne</i> spp.	<u>Anfal ve Kasim, 2019</u>
<i>Arthrobotrys thaumasia</i>	<i>Meloidogyne</i> spp.	<u>Anfal ve Kasim, 2019</u>

Pochonia Bat & O.M. Fonseca

Taksonomik sınıflandırması:

Filum: *Ascomycota*

Alt-filum: *Pezizomycotina*

Sınıf: *Sordariomycetes*

Takım: *Hypocreales*

Familya: *Clavicipitaceae*

Cins: *Pochonia*

Tanımı ve biyolojisi:

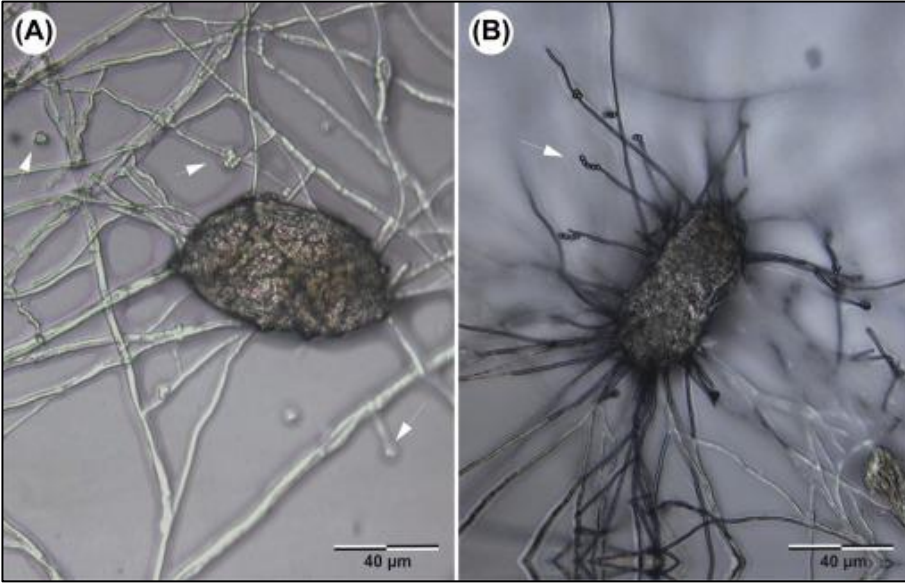
Pochonia Bat ve O.M. Fonseca cinsi yeni adını *Verticillium sn. Prostrata*'nın filogenetik incelemesinden sonra almıştır. Bu cinste 10 takson bulunmaktadır. Bu cinsteeki türler nematodların ve kistlerin aseksüel parazitleridir. Bu cinste nematodların en önemli parazitlerinden biri olan *Pochonia chlamydosporia* türü yer almaktadır ve bu türün de alt varyeteleri bulunmaktadır (Monaka ve ark., 2013).

Pochonia chlamydosporia Zare, Gams et Evans (eski adıyla *Verticillium chlamydosporium*, Goddard), ilk defa Wilcox ve Tribe (1974) tarafından bir nematod paraziti olarak rapor edilmiştir. Nematod yumurtalarının fungal paraziti olarak da bilinen *Pochonia chlamydosporia* ayrıca bazı bitkilerin kök endofitidir. Bu fungusun hem monokotiledon hem de dikotiledon bazı bitkilerde bitki büyümesini teşvik ettiği ve bitkinin savunma mekanizmalarını düzenlediği birçok çalışmada tespit edilmiştir. Bitkilerde gelişmenin artmasında fungusun rolü bitki büyüme düzenleyicilerinin üretilmesi ve topraktan P gibi besin elementi alımının artmasıyla açıklanmaktadır. Fungus da

P gibi besin elementlerinin ayrıştırılmasında görev alan organik asitler üretmektedir. (Zavala-Gonzalez ve ark., 2010).

Pochonia chlamydsoporia, beyaz-sarı kolonilere sahiptir. *P. chlamydsoporia* konidia ve klamidospor olmak üzere iki tür spor üretmektedir. Konidiaların in-vitro çoğaltımı kolay olurken klamidosporlar yavaş gelişmekte ve üretimi zor olmaktadır. Fungusun en iyi gelişme sıcaklığı 25-30°C arasındadır. *P. chlamydsoporia*, nematod yumurtalarını miselleri ile sarmakta ve apressoria geliştirerek yumurta kabuğundan giriş yaparak yumurta içi ile beslenmektedir (Trifonova ve Karadjova, 2003) (Şekil 3).

Fungusta bulunan proteaz ve kitinaz enzimleri nematodun yumurtasının parazitlenmesinde rol oynamaktadır (Vieira dos Santos ve ark., 2013). Bununla birlikte içerdiği pochonin A-E, phomalactone, tetrahydromonorden, ve monorden gibi sekonder metabolitler özellikle kök ur nematodlarının ikinci dönem larvalarına karşı engelleyici etki göstermektedir (Degenkolb ve Vilcinskas, 2016).



Şekil 3. *Meloidogyne javanica* nematodu A) *Pochonia chlamydsoporia* var. *chlamydsoporia* ile parazitlenmiş B) *Pochonia chlamydsoporia* var. *catenulata* ile parazitlenmiş (Avelar Monteiro ve ark., 2020).

P. chlamydosporia en çok çalışılan nematofag fungusların başında gelmektedir. Bu fungus, farklı cinslere ait nematod türlerinin yumurtalarını parazitleme yeteneğine sahiptir (Çizelge 3). Bazı ülkelerde, zararlılarla mücadelede *P. chlamydosporia* bazlı biyolojik mücadele preparatları üretilmiş ve satışı yapılmaktadır.

Çizelge 3. Bazı bitki paraziti nematodlara karşı nematofag olarak etkinliği kanıtlanmış *Pochonia chlamydosporia* fungus türleri

Fungus türü	Nematod türü	Referans
<i>Pochonia chlamydosporia</i>	<i>Heterodera schachtii</i>	Hay ve Skipp (1993)
	<i>Heterodera trifolii</i>	De Leij & Kerry (1991)
	<i>Heterodera cajani</i>	Siddiqui ve ark. (1996)
	<i>Meloidogyne arenaria</i>	Siddiqui ve Mahmood (1996)
	<i>Meloidogyne incognita</i>	Crump ve Irving (1992)
	<i>Meloidogyne javanica</i>	Wang ve ark., 2005
	<i>Meloidogyne hapla</i>	Nicole ve ark., 2000
	<i>Globodera pallida</i>	
	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	

***Nematoctonus* Drechsler**

Taksonomik sınıflandırması:

Filum: *Basidiomycota*

Sınıf: *Agaricomycotina*

Alt sınıf: *Agaricomycetes*

Takım: *Agaricales*

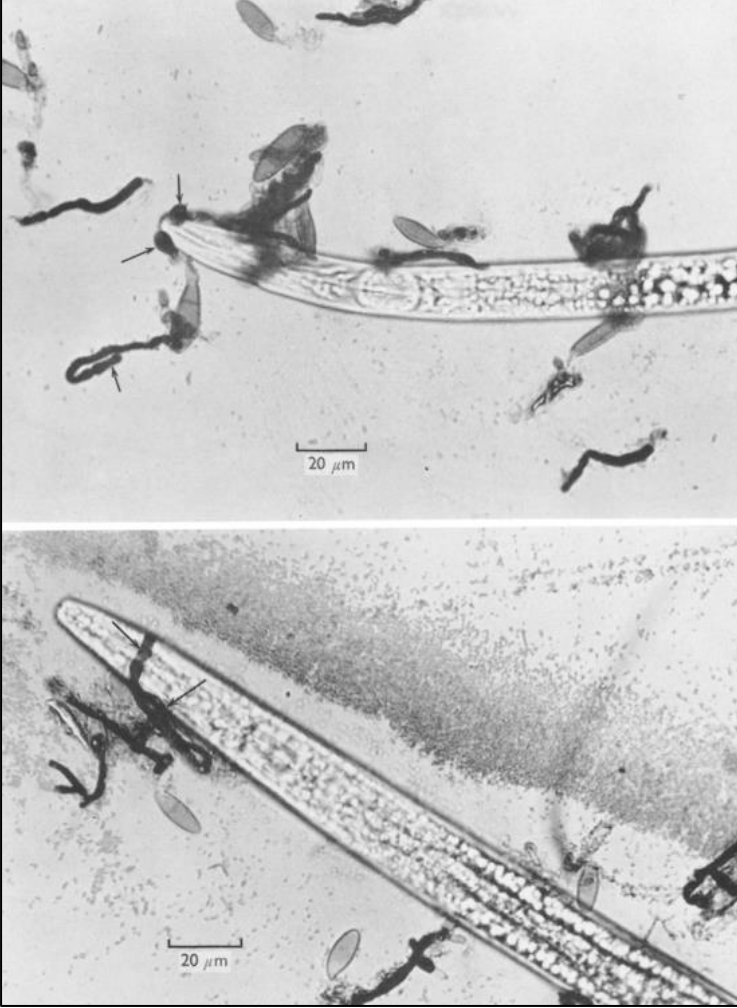
Familya: *Pleurotaceae*

Cins: *Nematoctonus*

Tanımı ve biyolojisi:

Nematoctonus Drechsler cinsi *Pleurotaceae* familyasında yer almaktadır. Bu funguslar predatör yada parazitoit özelliktedir. Bu cinse ait funguslar toprakta, bitki artıklarında, yosunlarda bulunmaktadır. Predatör türler gelişmiş hif yapıları ve yapışkan düğümükleri ile nematod konukçularını yakalayıp nematod içine penetre olmakta ve nematod içeriği ile beslenerek konidia üretmeye devam etmektedir. Parazitoit türler ise yapışkan özelliğe düğümükleri ile nematoda tutunmakta ve kütükülaya yapışan konidium

çimlenerek nematod içine girip burada hif oluşturarak beslenmektedir (Şekil 4). Bu cins içinde 10 predatör ve 5 parazitoit tür olmak üzere 15 fungus türü bulunmaktadır (Koziak ve ark., 2011).



Şekil 4. *Nematoctonus concurrens* konidiaları ile parazitlenmiş *Aphelenchus avenae* nematodu (Giurma ve Cooke, 1971).

Aynı zamanda, *Nematoctonus* fungus türleri plörotin ve dihidropleurotinik asit gibi nematodlara etkili sekonder metabolitler üretmektedir (Anke ve ark., 1995). Bu cinste *Nematoctonus leiosporus*, *N. robustus*, *N. haplocladus*, *Nematoctonus tylosporus*, *Nematoctonus*

geogenius, *Nematoctonus angustatus* gibi funguslar *Bunonema* sp., *Panagrellus redivivus* gibi nematodları parazitleyebilmektedir (Koziak ve ark., 2007).

Çizelge 4. Bazı bitki paraziti nematodlara karşı nematofag olarak etkinliği kanıtlanmış *Nematoctonus* fungus türleri

Fungus türü	Nematod türü	Referans
<i>Nematoctonus concurrens</i>	<i>Aphelenchus avenae</i> <i>Meloidogyne incognita</i>	Giuma ve Cooke, 1971 Zawam ve ark., 1999
<i>Nematoctonus robustus</i>	<i>Meloidogyne graminicola</i> <i>Panagrellus redivivus</i>	Singh ve ark., 2017
<i>Nematoctonus haplocladus</i>	<i>Aphelenchus avenae</i>	Giuma ve Cooke, 1971

***Hirsutella* Patouillard**

Taksonomik sınıflandırması:

Filum: Ascomycota

Sınıf: Sordariomycetes

Takım: Hypocreales

Familya: Ophiocordycipitaceae

Cins: *Hirsutella*

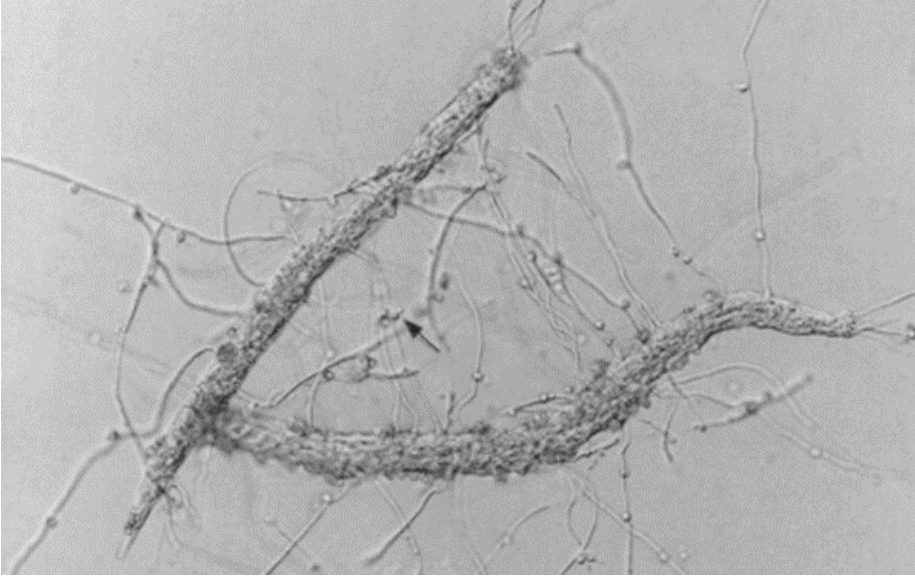
Tanımı ve biyolojisi:

Hirsutella, Ophiocordycipitaceae familyasında eşeysiz üreyen ve 70 türü bulunan fungus cinsidir. İlk olarak 1892'de Patouillard tarafından tanımlanan bu cins, böcek, akar ve nematodları parazitleyebilmektedir. *Hirsutella* cinsi fungusların konidiaları sadece phialide bağlandıklarında aktif hale gelmektedir (Simmons ve ark., 2005).

Bu cinste *H. rhossiliensis* nematodlara en etkili fungus olarak belirtilmektedir. *H. rhossiliensis* hareketsiz sporlar üretmektedir ve bu sporlar nematod geçişi sırasında kütikülaya geçmektedir. *H. rhossiliensis* sporları nematodlara yapışmakta ve nematod içine penetre olup nematod içinde çimlenmekte, hifler gelişme ve vücut içi hifle dolan nematodlar birkaç gün içerisinde ölmektedir (Askary, 2015). Fungus laboratuvarında besiyerinde

çoğaltılabilesine rağmen toprakta saprofit olarak gelişmemekte, topraktaki ölü nematodlarda çoğalabilmektedir.

Geniş konukçu dizini olan bu fungus türü *Heterodera*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Mesocriconema*, *Anguina*, *Ditylenchus*, *Xiphinema*, *Aphelenchoides*, *Steinernema*, *Heterorhabditis*, *Anaplectus* ve *Cephalobus* cinslerindeki nematodları parazitleyebilmektedir (Çizelge 5). *H. rhossiliensis*, *Ditylenchus dipsaci*'yi 4 günde, *Meloidogyne incognita*'yı ise 2 günde öldürebilmektedir (Moosavi, 2020).



Şekil 5. *Hirsutella minnesotensis* ile parazitlenmiş *Heterodera glycines* nematodunda fungus konidiumu (Chen ve ark., 2000)

Aksenik koşullarda buğday tohumları bu fungusun kolonizasyonu için en iyi konukçusu olarak bildirilmektedir. Fungus kolonize olmuş tohumlar kullanılarak *H. rhossilinesis* toprağa bulaştırılabilmektedir. Yulaf ve çeltik tohumları da bu amaçla kullanılabilir. Ancak fungus steril olmayan toprakta çoğaltılamamaktadır (Jaffee ve Zehr, 1985).

Çizelge 5. Bazı bitki paraziti nematodlara karşı nematofag olarak etkinliği kanıtlanmış *Hirsutella* fungus türleri

Fungus türü	Nematod türü	Referans
<i>Hirsutella rhossiliensis</i>	<i>Mesocriconema xenoplax</i> <i>Heterodera schachtii</i> <i>Heterodera daverti</i> <i>Meloidogyne hapla</i> <i>Heterodere humuli</i> <i>Heterodera avenae</i> <i>Heterodera glycines</i> <i>Meloidogyne javanica</i> <i>Meloidogyne incognita</i> <i>Meloidogyne hapla</i> <i>Xiphinema diversicaudatum</i> <i>Rotylenchus robustus</i> <i>Hoplolaimus galeatus</i> <i>Aphelenchoides fragariae</i> <i>Ditylenchus dipsaci</i> <i>Ditylenchus destructor</i> <i>Pratylenchus penetrans</i> <i>Bursaphelenchus xylophilus</i> <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> <i>Steinernema carpocapsae</i> <i>Anaplectus granulatus</i> <i>Globodera rostochiensis</i>	Timper ve Brodie, 1993 Jaffee ve ark., 1994 Nicole ve ark, 2000 Xiang ve ark., 2006
<i>Hirsutella minnesotensis</i>	<i>Heterodera glycines</i> <i>Heterodera avenae</i> <i>Bursaphelenchus xylophilus</i> <i>Meloidogyne hapla</i> <i>Heterorhabditis bacteriophora</i> <i>Steinernema carpocapsae</i>	Chen ve ark., 2006
<i>Hirsutella thompsonii</i>	<i>Panagrellus redivevus</i>	Lubian ve ark., 2011

Paecilomyces

Taksonomik sınıflandırması:

Filum: Ascomycota

Alt-filum: Pezizomycotina

Sınıf: Eurotiomycetes

Alt-takım: Eurotiomycetidae

Takım: Eurotiales

Famila: Trichocomaceae

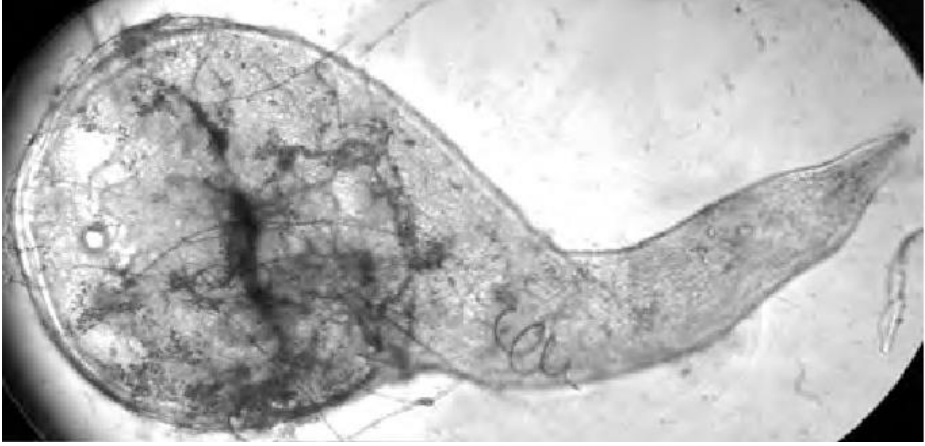
Cins: Paecilomyces

Tanımı ve biyolojisi:

Paecilomyces nematofag türleri ile bilinen kozmopolit bir fungus cinsidir. Farklı ortamlarda çok hızlı çoğaltılabilmesi ve yüksek sayıda spor üretebilmesi nedeniyle tarımsal üretimde kimyasal mücadeleye alternatif olarak uygulanabilecek iyi bir biyolojik mücadele etmenidirler. İlk defa 1907 yılında tanımlanan bu cinste 145 tür bulunmaktadır (Moreno-Gavira ve ark., 2020).

Paecilomyces cinsi funguslar, genellikle sarımsı hiflere ve düzensiz dallanan konidioforlara sahip hiyalin ve uzun boyunlu phialidlere sahiptir. Konidialar tek hücrelidir. Hyalin zincir şeklindedir ve yeni gelişen konidilar bazal uçta bulunmaktadır (Borba ve ark., 2010). Bu cinsin türleri, sporlarının çimlenmesini takiben hiflerin gelişmesi ve appresoria oluşumu yoluyla farklı nematod türlerinin hem yumurtaları hemde her dönem bireyelerine giriş yapabilmektedir (Şekil 6). Fungus tarafından üretilen litik enzimler nematisidal etkili olup kitinaz, proteaz ve aminaz sentezinde rol oynamaktadır (Moreno-Gavira ve ark., 2020).

Paecilomyces fungusları antibikrobiyal özellikte steroid, flavonoid, ve terpenoid gibi sekonder bileşikler de üretmekte ve böylece diğer hastalık etmenlerinin mücadelesinde etkili olmaktadır. Ayrıca indole asetik asit ve gibereillin gibi hormonların da üretilmesiyle bu funguslar bitki gelişimini, tuz ve kuraklık stresine dayanıklılığını da arttırmaktadır (Moreno-Gavira ve ark., 2020).



Şekil 6. *Paecilomyces variotii* ile bulaşık *Meloidogyne javanica* dişi bireyi (Al-Quasim ve ark., 2009)

Bu cinste nematisit etkili en önemli tür *P. lilacinus*'tur ancak bu tür *Purpureocillium* cinsine dahil edilmiştir (Luangsa-Ant ve ark., 2009). *P. marquandii* ise *Marquandomyces marquandii* adıyla farklı cinse eklenmiştir. Gruptaki diğer türler de nematodlara etkili bulunmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Bazı bitki paraziti nematodlara karşı nematofag olarak etkinliği kanıtlanmış *Paecilomyces* fungus türleri

Fungus türü	Nematod türü	Referans
<i>Paecilomyces fumosoreseus</i>	<i>Meloidogyne javanica</i>	Tigano-Milano ve ark., 1994
<i>Paecilomyces variotii</i>	<i>Meloidogyne incognita</i>	Al-Quasim ve ark., 2009

Purpureocillium

Taksonomik sınıflandırması:

Filum: Ascomycota

Sınıf: Sordariomycetes

Takım: Hypocreales

Familya: Ophiocordycipitaceae

Cins: *Purpureocillium*

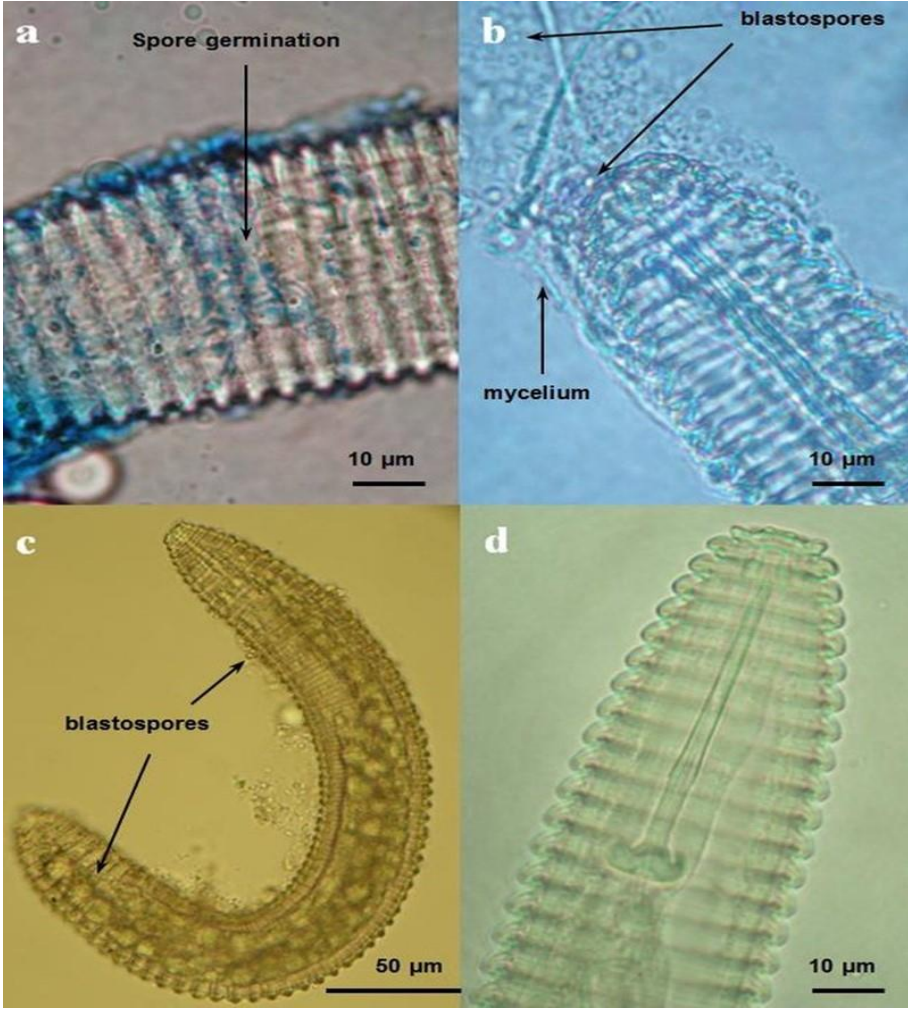
Tanımı ve biyolojisi:

Purpureocillium, Ophiocordycipitaceae familyasından bir fungus cinsidir. Bu cinste en önemli biyolojik mücadele etmenlerinden olan *Purpureocillium lilacinum* (eski adıyla *Paecilomyces lilacinus* (Thorn) Samson) dahil 5 tür bulunmaktadır. Tarım alanları, ormanlar, otlaklar ve çöllerdeki topraklar ile birçok böcek ve nematod dahil olmak üzere çok çeşitli habitatlarda yaşayabilmektedir. Bu cinsteeki funguslar geniş bir pH toleransına sahiptir ve 26 ila 30°C arası sıcaklıklarda yaşayabilmektedir.

P. lilacinum'da konidioforlar 400-600 µm uzunluğundadır ve yoğun kümelenmiş phialidlere sahip dallar oluşturmaktadır. Conidiophore uçları 3-4 µm genişliğinde, sarı-mor renkte ve pürüzlü çeperlidir. Konidia'lar elipsoidal yapıda ve hafif pürüzlü çeperli, hiyalin mor renkli ve 2.5-3.0 x 2-2.2 µm uzunluktadır. Klamidosporlar yoktur.

P. lilacinum nematodun yumurta kabuğuna tutunduktan sonra appresorium ve kabuk yüzeyinde hifler oluşturarak kabuk içine girmekte ve burada bulunan juvenil nematoda zarar vermektedir. Fungus kabuk tabakasından geçişi kolaylaştıracak proteaz ve kitinaz enzimleri üretmektedir. Miselyum ayrıca yumurta kütikülasına nüfuz edebilmekte ve zarar vermektedir. Dişi nematodlarda parazitlenme düşük oranda görülmektedir. Bu durumlarda fungus dişi nematodlara anal ve vulval açıklıklardan girebilmekte ve içi fungus ile dolan parazitlenmiş nematodlar ölmektedir (Şekil 7) (Jatala, 1986).

P. lilacinum *Meloidogyne incognita*, *Tylenchulus semipenetrans* ve *Nacobus aberrans* dahil olmak üzere birçok nematod türünü parazitleyebilmektedir (Çizelge 7) (Jatala, 1986).



Şekil 7. *Purpureocillium lilacinum* ile parazitlenmiş *Criconema* sp. Nematodu (Lopez-Lima ve ark., 2014).

Çizelge 7. Bazı bitki paraziti nematodlara karşı nematofag olarak etkinliği kanıtlanmış *Purpureocillium* fungus türleri

Fungus türü	Nematod türü	Referans
<i>Purpureocillium lilacinum</i> (<i>Paecilomyces lilacinus</i>)	<i>Heterodera avenae</i> <i>Heterodera glycines</i> <i>Heterodera schachtii</i> <i>Heterodera trifolii</i> <i>Heterodera zea</i> <i>Meloidogyne paranaensis</i>	Moreno-Gavira ve ark., 2020

	<i>Meloidogyne marylandi</i> <i>Meloidogyne hapla</i> <i>Meloidogyne graminicola</i> <i>Meloidogyne exigua</i> <i>Meloidogyne enterobii</i> <i>Meloidogyne javanica</i> <i>Meloidogyne incognita</i> <i>Meloidogyne hapla</i> <i>Globodera pallida</i> <i>Pratylenchus thornei</i> <i>Nacobus aberrans</i> <i>Tylenchulus semşpenetrans</i> <i>Radophulus similis</i> <i>Rotylenchulus reniformis</i>	
<i>Purpureocillium lavendulum</i>	<i>Meloidogyne incognita</i>	Bao ve ark., 2022

Harposporium

Taksonomik sınıflandırması:

Filum: Ascomycota

Sınıf: Sordariomycetes

Takım: Hypocreales

Familya: Ophiocordycipitaceae

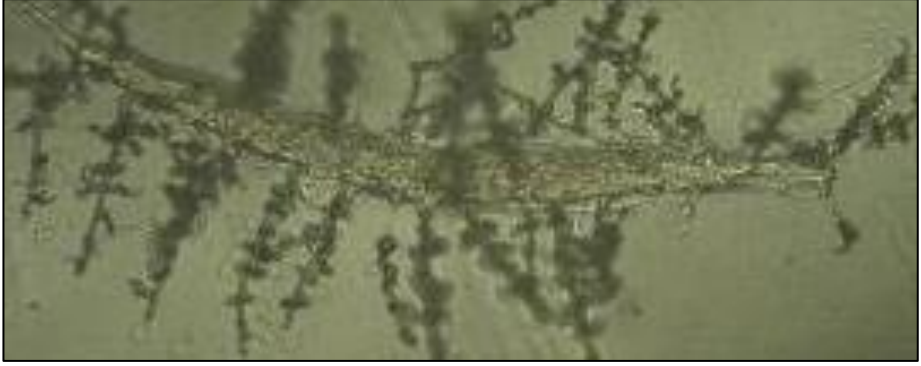
Cins: *Harposporium*

Tanımı ve biyolojisi:

Harposporium, nematodları parazitlemek için konidia üretebilen bir endoparazitik nematofag fungus cinsidir. Lohde (1984) tarafından tanımlanan *Harposporium* cinsi nematodları parazitleyebilen 31 tür fungusu kapsamaktadır ve bu fungusların birçok çalışmada özellikle serbest yaşayan bakterivor nematod konukçuları tespit edilmiştir (Çizelge 8). Nematoda infeksiyonu başlatabilmek için konidyanın yanı sıra bu cinste bazı türler klamidospore da meydana getirmektedir. *Harposporium anguillulae* Lohde, *Harposporium cycloides* Drechsler, *Harposporium dicorymbum* Drechsler, ve *Harposporium leptospira* Drechsler fungus türleri nematod içinde konidia oluşturmaktadır.

Bunların yanısıra bu cins fungusları nematisit etkili polyketone 5-hydroxy-3-(hydroxymethyl)-6-methyl-2H-pyran-2-one, terpendole C gibi sekonder bileşenler de üretmektedir (Dai ve ark., 2022).

Harposporium türleri nematodları farklı yollarla parazitlemektedir. *Harposporium thaumasium* gibi bazı fungus türlerinde nematod fungusu yemek olarak bünyesine almakta ve fungus özefagus, yemek borusu gibi yapılara yerleşerek enfeksiyon başlatmaktadır. *Harposporium subuliforme* Drechsler ise yapışkan konidiaları ile nematodu parazitlemektedir (Şekil 8). *H. anguillulae* ise bu cinsten nematofag olarak tespit edilen ilk türdür ve fazla miktarda konidia üretmektedir (Li ve ark., 2011).



Şekil 8. *Harposporium anguillulae* ile parazitlenmiş nematod

Bu cinsteki funguslar birçok nematodu parazitleyebilmektedir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Bazı bitki paraziti nematodlara karşı nematofag olarak etkinliği kanıtlanmış *Purpureocillum* fungus türleri

Fungus türü	Nematod türü	Referans
<i>Harposporium thaumasium</i>	<i>Panagrellus redivivus</i> <i>Bursaphelenchus xylophilus</i>	Li ve ark., 2011
<i>Harposporium anguillulae</i>	<i>Meloidogyne incognita</i>	Dai ve ark., 2022

SONUÇ

Nematodlar toprak ekosisteminde populasyon bakımından önemli yer tutmaktadır. Bunların bir kısmı topraktaki diğer fungal patojenlerle

beslenmekte, bir kısmı predatör görevi görmekte, bir kısımda bitki köklerinde zarar meydana getirebilmektedir. Toprakta yaşayan bu canlılar burada yaşatan birçok mikroorganizma ile antagonistik ilişki içerisine girmektedir. Bunlar içerisinde fungal etmenlerden bazıları nematod bireyleri üzerine farklı yollarla gelişimi baskılayıcı etki göstermektedir. Bu özelliklerinden dolayı da *Arthrobotrys oligospora* gibi bazı funguslar biyolojik mücadelede kullanılmakta ve hatta ticari preparat haline getirilmektedir. Yeryüzünde mevcut nematofag türlerin yanısıra yeni türlerin tespiti çalışmaları da devam etmektedir.

KAYNAKÇA

- Anke, H., Stadler, M., Mayer, A., Sterner, O. (1995). Secondary metabolites with nematicidal and antimicrobial activity from nematophagous fungi and Ascomycetes. *Canadian Journal of Botany*. 73(S1), 932-939.
- Askary, T. (2015). Nematophagous fungi as biocontrol agents of phytonematodes. 10.1079/9781780643755.0081.
- Abd-Elgawad M. and Askary, T., (2015). "Impact of Phytonematodes on Agriculture Economy. In Book: Biocontrol Agents of Phytonematodes. Chapter: Impact of Phytonematodes on Agriculture Economy" Publisher: *CABI, Wallingford, UK*.
- Avelar Monteiro, T. S., Magalhães Pacheco, P. V., Gouveia, A. S., Balbino, H. M., & Grassi de Freitas, L. (2020). *Pochonia. Beneficial Microbes in Agro-Ecology*, 669–682. doi:10.1016/b978-0-12-823414-3.00033-2.
- Bao, Z. X. Liu, R. Li, C. Q., Pan, X. R. Zhao, P. J. (2022). Pathogenicity and Metabolites of *Purpureocillium lavendulum* YMF1.00683 against *Meloidogyne incognita*. *Pathogens* 11, 795. <https://doi.org/10.3390/pathogens11070795>
- Borba, C. M., Brito, M. M. S. (2015). *Paecilomyces*: Mycotoxin production and human infection. In: Paterson R.R.M., Lima N., editors. *Molecular Biology of Food and Water Borne Mycotoxigenic and Mycotic Fungi*. CRC Press; Boca Raton, FL, USA: pp. 401–421.
- Boag, B., Ainsworth, L. F., & Robertson, W. M. (1988). Observations on the specificity of the nematophagous fungus *Arthrobotrys dasguptae* (Shome & Shome) to plant-parasitic nematodes. *Nematologica*, 34(2), 238–245. doi:10.1163/002825988x0033
- Butler, R, E. J. (1928). Morphology of the chytridiacean fungus, *Catenaria anguillulae*, in liver-fluke eggs. *Annals of Botany*, 42(4), 813–821. doi:10.1093/oxfordjournals.aob.a.
- Al-Ani, L. K. T, Soares, F.E. F., Sharma, A, de los Santos-Villalobos, S, Valdivia-Padilla, A. V. and Aguilar-Marcelino, L. (2022) Strategy of nematophagous fungi in determining the activity of plant parasitic nematodes and their prospective role in sustainable agriculture. *Front. Fungal Biol.* 3, 863198. doi: 10.3389/ffunb.2022.863198.
- Birchfield, W. A. (1960). New species of *Catenaria* parasitic on nematodes of sugarcane. *Mycopathologia et Mycologia Applicata* 13, 331–338 <https://doi.org/10.1007/BF02089931>.
- Castillo, J. D., Lawrence, K. S. (2011). First report of *Catenaria auxiliaris* parasitizing the reniform nematode *Rotylenchulus reniformis* on cotton in Alabama. *Plant Dis.* (4), 490. doi: 10.1094/PDIS-07-10-0524. PMID: 30743328.

- Cayrol, C. (1983). Lutte biologique contre les *Meloidogyne* au moyen d'*Arthrobolrys irregularis*. *Revue Néma.* 6, 265-273.
- Cayrol, J. C. (1978). Bulletin Federation Nationale des Syndicats Agricoles des Cultivateurs de Champignons 15: 1445-1451.
- Chen, S., Liu, X. Z., & Chen, F. J. (2000). *Hirsutella minnesotensis* sp. nov., a new pathogen of the soybean cyst nematode. *Mycologia* 92(5), 819. doi:10.2307/3761576.
- Chen, J., Abawi, G. S., Zuckerman, B. M. (2000). Efficacy of *Bacillus thuringiensis*, *Paecilomyces marquandii*, and *Streptomyces costaricanus* with and without organic amendments against *Meloidogyne hapla* infecting lettuce. *J. Nematol.* 32, 70–77.
- Chen, S., Liu, S., (2007). Effects of tillage and crop sequence on parasitism of *Heterodera glycines* juveniles by *Hirsutella* spp. and on juvenile population density. *Nematopica*, 37, 93-106.
- Ciancio, A. and Chinappen, M. (1987). *Paralongidorus buchae* host for *Catenaria anguillulae*. *Nematol. Mediterr.* 15, 391-394.
- Couch, J. N. (1945). Observations on the Genus *Catenaria*. *Mycologia.* 37(2), 163. doi:10.2307/3754916.
- Dai, Z, Gan, Y, Zhao, P, Li, G. (2022). Secondary metabolites from the endoparasitic nematophagous fungus *Harposporium anguillulae* YMF 1.01751. *Microorganisms.* 10(8), 1553. doi: 10.3390/microorganisms10081553. PMID: 36013971; PMCID: PMC9415808.
- Degenkolb, T., Vilcinskis, A. (2016). Metabolites from nematophagous fungi and nematicidal natural products from fungi as an alternative for biological control. Part I: metabolites from nematophagous ascomycetes. *Appl Microbiol Biotechnol* 100, 3799–3812. <https://doi.org/10.1007/s00253-015-7233-6>.
- Del Sorbo, G., Marziano, F., D’Errico, F. P. (2003). Diffusion and effectiveness of the nematophagous fungus *Hirsutella rhossiliensis* in control of the cyst nematode *Heterodera daverti* under field conditions, *Journal of Plant Pathology*, 85, 219-221.
- Devi, G. (2018). Utilization of Nematode Destroying Fungi for Management of Plant-Parasitic Nematodes-A Review. *Biosciences, Biotechnology Research Asia* 15, 377-396. 10.13005/bbra/2642.
- Domsch, K., Gams, W., Traute-Heidi, A. (1980). Compendium of soil fungi. *New York: Academic Press (London) LTD.* pp. 60–63.
- Duddington, C. (1955). "Fungi That Attack Microscopic Animals". *Botanical Review.* 21 (7), 377–439.

- Esser, R. P. and Ridings, W. H. (1973). Pathogenicity of selected nematodes by *Cateneria anguillulae*. *Proc. Soil Crop Sci. Soc. Florida*. 33, 60-64.
- Giurma, A. Y., Cooke, R. C. (1971). Nematotoxin production by *Nematoctonus haptocladus* and *N. concurrens*. *Transactions of the British Mycological Society*, 56(1), 89–96. doi:10.1016/s0007-1536(71)80112-2
- Glockling, S. L., Holbrook, G. P. (2005). Endoparasites of soil nematodes and rotifers II The genus *Haptocillium*. *Mycologist*. 19(1), 2–9. doi:10.1017/s0269915x05001011.
- Hiep, N. V., Ha, N. T., Thuy, T. T. T., Van Toan, P. (2019). Isolation and selection of *Arthrobotrys* nematophagous fungi to control the nematodes on coffee and black pepper plants in Vietnam. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 52(7-8), 825–843. doi:10.1080/03235408.2019.1647694
- Hugot, J. P., Baujard P., Morand S. (2001). Biodiversity in helminths and nematodes as a field of study: an overview. *Nematology*. 3 (3), 199-208.
- Jaffee, B. A., Zehr, E. I. (1985). Parasitic and saprophytic abilities of the nematode-attacking fungus *Hirsutella rhossiliensis*. *J Nematol*. 17(3), 341-5. PMID: 19294104; PMCID: PMC2618463.
- Jaffee, B.A., (1986). Parasitism of *Xiphinema rivesi* and *X. americanum* by zoosporic fungi. *J. Nematol.*, 18, 87-93.
- Jaffee, B. A., Ferris, H., Stapleton, J. J., Norton, M. V., Muldoon, A. E. (1994). Parasitism of nematodes by the fungus *Hirsutella rhossiliensis* as affected by certain organic amendments. *J Nematol*. 26(2), 152-61. PMID: 19279878; PMCID: PMC2619489.
- Jatala, P. (1986). Biological control of plant-parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology*. 24(1), 453-489. doi:10.1146/annurev.py.24.090186.
- Kaczmarek, A., Boguś, M. I. (2021). Fungi of entomopathogenic potential in *Chytridiomycota* and *Blastocladiomycota*, and in fungal allies of the *Oomycota* and *Microsporidia*. *IMA Fungus*. 12, 29 (2021). <https://doi.org/10.1186/s43008-021-00074-y>
- Koziak, A., Cheng, K., Thorn, R. G. (2011). Phylogenetic analyses of *Nematoctonus* and *Hohenbuehelia* (Pleurotaceae). *Canadian Journal of Botany*. 85, 762-773. 10.1139/B07-083.
- Lafta, A., Kasim, A. (2019). Effect of nematode-trapping fungi, *Trichoderma harzianum* and *Pseudomonas fluorescens* in controlling *Meloidogyne* spp. *Plant Archives*. 19, 1163-1168.
- Lawal, I., Yusuf Fardami, A., Ahmad, F., Yahaya, S., Abubakar, A. & Sa'id, M., Marwana, M., Maiyadi, K. (2022). A Review on nematophagus fungi: a

- potential nematicide for the biocontrol of nematodes. *Journal of Environmental Bioremediation and Toxicology*. 5, 26-31. 10.54987/jebat.v5i1.677.
- Li, X., Luo, H., Zhang, K. (2011). A new species of *Harposporium* parasitic on nematodes. *Canadian Journal of Botany* 83, 558-562. 10.1139/b05-019.
- Luangsa-Ard J.J., Houbraken J., Van Doorn T., Hong S.B., Borman A.M., Hywel-Jones N.L., Samson R.A. (2011). *Purpureocillium*, a new genus for the medically important *Paecilomyces lilacinus*. *FEMS Microbiol. Lett.* 321, 141–149. doi: 10.1111/j.1574-6968.2011.02322.x.
- Lubian, C., Matinha, D. D., Portz, R. L., Missio, V. C., Rinaldi, L. K., Chiapetti, T. P., Ribeiro Abade, M. T. (2017). *Hirsutella thompsonii* and *Pochonia chlamydosporia* (Syn. *Verticillium chlamydosporium*) Mycelia Growth and Predation on *Panagrellus redivivus*. *Journal of Agricultural Science*. 9(11): 137. doi:10.5539/jas.v9n11p137
- Misgana, M. (2018). "Plant-parasitic Nematodes and Their Management". A review. *J. Bio., Agri. and Healthcare*. 8(1), 16-18.
- Moosavi, M. R. (2020). Fungi as biological control agents of plant-parasitic nematodes. 2nd edition. 10.1007/978-3-030-51034-3_14.
- Moreno-Gavira, A., Huertas, V., Diánez, F., Sánchez-Montesinos, B., Santos, M. (2020). *Paecilomyces* and its importance in the biological control of agricultural pests and diseases. *Plants (Basel)*. 9(12), 1746. doi: 10.3390/plants9121746. PMID: 33321854; PMCID: PMC7763231.
- Marban-Mendoza, N., Garcia, E. R., Dicklow, M. B., Zuckerman, B. M. (1992). Studies on *Paecilomyces marquandii* from nematode suppressive chinampa soils. *J. Chem. Ecol.* 18, 775–783. doi: 10.1007/BF00994614.
- Nicol, J., Turner, D., Coyne, L., den Nijs, L., Hockland, S., Maafi, Z. (2011). Current nematode threats to world agriculture. In J. Jones, G. Gheysen & C. Fenoll (Eds). *Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions*. Berlin: *Springer Science Business Media*, 21-43. https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_2.
- Nicole, M.V., George, S.A. (2000). *Hirsutella rhossiliensis* and *Verticillium chlamydosporium* as biocontrol agents of root-knot nematode *M. hapla* on lettuce. *Journal of Nematology* 32, 85-100.
- Nordbring-Hertz, B., (2004). Morphogenesis in the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora* - An extensive plasticity of infection structures. *Mycologist*. <https://doi.org/10.1017/S0269915X04003052>.
- Nonaka, K., Ōmura, S., Masuma, R., Kaifuchi, S., & Masuma, R. (2013). Three new *Pochonia* taxa (Clavicipitaceae) from soils in Japan. *Mycologia* 105(5), 1202–1218. doi:10.3852/12-132

- Peiris, P. U. S., Xu, C. Y., Groves, K. M., Brown, P. H. and Li, Y. J. (2020). Biocontrol efficacy of nematode trapping fungi *Arthrobotrys oligospora* and *A. dactyloides* against root-knot nematode in ginger. *Acta Hortic.* 1269, 141-146. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1269.19>
- Sayre, R. M. & Keeley, L. S. (1969). Factors influencing *Catenaria anguillulae* infections in a free living and a plant-parasitic nematode. *Nematologica.* 15, 492-502.
- Singh, D., Pandey, K. S. and Singh, R. K. (2017). Efficacy of *Nematoctonus robustus* along with organic amendment for the management of rice root knot nematode *Meloidogyne graminicola*. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 6(7), 255-260. doi: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.607.030>
- Singh, U., Sahu, A., Sahu, N., Singh, R., Shukla, R., Singh, D. K., Singh, B., Jaiswal, R. K., Singh, D. P., Rai, Dr, Manna, M., Singh, K., Srivastava, J., Rao, A., Prasad, S. (2013). Nematophagous fungi: *Catenaria anguillulae* and *Dactylaria brochopaga* from seed galls as potential biocontrol agents of *Anguina tritici* and *Meloidogyne graminicola* in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biological Control.* 67, 475–482. 10.1016/j.biocontrol.2013.10.002.
- Siddiqui, Z. A. Mahmood, I. (1996). Biological control of *Heterodera cajani* and *Fusarium udum* on pigeonpea by *Glomus mosseae*, *Trichoderma harzianum* and *Verticillium chlamydosporium*. *Israel J. Plant Sci.* 44, 49-56.
- Siddiqui, Z. A., Munshi, A. H. & Mahmood, I. (1996). Biological control of *Meloidogyne javanica* by some fungi in chickpea. *Thai J. Agric. Sci.* 29, 115-123.
- Simmons, D. R., Kepler, R. M., Rehner, S. A., Groden, E. (2015). Phylogeny of *Hirsutella* species (Ophiocordycipitaceae) from the USA: remedying the paucity of *Hirsutella* sequence data. *IMA Fungus.* 6(2), 345-56. doi: 10.5598/imafungus.2015.06.02.06.
- Singh, K. P., Gupta, P. (1986). Observations on *Catenaria anguillulae* parasitic on *Heterodera sorghi*. *Advances in Biological Research.* 4: 240-250.
- Singh, K. P., Stephen, R. A., Vaish, S. S. (1996). Pathogenicity and development of *Catenaria anguillulae* on some nematodes. *Mycological Research.* 100(10): 1204–1206. doi:10.1016/s0953-7562(96)80181-x.
- Singh, K. P., Stephen, R. A., and Makesh Kumar, T. (1993). Development of *Catenaria anguillulae* in *Heterodera cajani*. *Mycological Research.* 97, 957-960.
- Soares, F. E. F., Queiroz, J. H., Araújo, J. V., Gouveia, A., Queiroz, P. V., Hiura, E., et al. (2014). Nematocidal action of chitinases produced by the fungus *Monacrosporium thaumasium* under laboratorial conditions. *Biocontrol Sci. Technol.* 25, 337–344.

- Soares, F. E., Braga, F. R., Araújo, J. V., dos Santos Lima, W., Mozer, L. R., and Queiróz, J. H. (2012). In vitro activity of a serine protease from *Monacrosporium thaumasium* fungus against first-stage larvae of *Angiostrongylus vasorum*. *Parasitol. Res.* 110: 2423–2427. doi: 10.1007/s00436-011-2781-x.
- Srivastava, S., Sinha, A. (2012). Detection and purification of viruses. modern trends in microbial biodiversity of natural ecosystem. *Biotech books*.
- Stadler, M., Sterner, O. and Anke, H. (1993b). New biologically active compounds from the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora* Fresen. *Z Naturforsch C.* 48, 843–850.
- Tigano-Milano S., Carneiro G., De Faria R., Frazao S., Mccoy C. (1994). Isozyme Characterization and pathogenicity of *Paecilomyces fumosoroseus* and *P. lilacinus* to *Diabrotica speciosa* (Coleoptera Chrysomelidae) and *Meloidogyne javanica* (Nematoda: Tylenchidae). *Biol. Control.* 5, 378–382. doi: 10.1006/bcon.1995.1044.
- Timper, P., Brodie, B. B. (1993). Infection of *Pratylenchus penetrans* by nematode-pathogenic fungi. *J Nematol.* 25(2), 297-302. PMID: 19279772; PMCID: PMC2619380.
- Tribe, H. T. (1977). A parasite of white cysts of *Heterodera*: *Catenaria auxiliaris*. *Transactions of the British Mycological Society* 69, 367-376.
- Xue-Mei, N., Ke-Qin, Z. (2011). *Arthrobotrys oligospora*: a model organism for understanding the interaction between fungi and nematodes, *Mycology.* 2:2: 59-78. DOI: 10.1080/21501203.2011.562559
- Xiang, M.C., Yang, E.C., Xiao, Q.M., Liu, X.Z. and Chen, S.Y. (2006). *Hirsutella vermicola* sp. nov., a new species parasitizing bacteria-feeding nematodes. *Fungal Diversity* 22, 255-266.
- Yang, J. K., Huang, X. W., Tian, B. Y., Wang, M., Niu, Q. H., and Zhang, K. Q. (2005). Isolation and characterization of a serine protease from the nematophagous fungus, *Lecanicillium psalliotae*, displaying nematicidal activity. *Biotechnol. Lett.* 27: 1123–1128. doi: 10.1007/s10529-005-8461-0
- Zaki, M. J. (1999). New Host Records of *Catenaria anguilullae* Sorokin From Pakistan. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 2, 259-260.
- Vouyoukalou, E. (1993). Effect of *Arthrobotrys irregularis* on *Meloidogyne arenaria* on tomato plants. *Fundamental and applied nematology*, 16(4): 321-324.
- Vieira dos Santos, M. C., Esteves, I., Kerry, B., & Abrantes, I. (2013). Biology, growth parameters and enzymatic activity of *Pochonia chlamydosporia* isolated from potato cyst and root-knot nematodes, *Nematology* 15(4), 493-504. doi: <https://doi.org/10.1163/15685411-00002695>.

- Wang, K., Riggs, R. D., and Crippen, D. 2005. Isolation, selection, and efficacy of *Pochonia chlamydosporia* for control of *Rotylenchulus reniformis* on cotton. *Phytopathology*, 9, 890-893.
- Zavala-Gonzalez, E. A., Escudero, N., Lopez-Moya, F., Aranda-Martinez, A., Exposito, A., Ricaño-Rodríguez, J., ... Lopez-Llorca, L. V. (2015). Some isolates of the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* promote root growth and reduce flowering time of tomato. *Annals of Applied Biology*, 166(3), 472–483. doi:10.1111/aab.12199.
- Zawam, H. S., Abdelnabby, H. M., Manal, M. S., Abeer, M. S. (1999). Effect of different fungal filtrates and spores on *Meloidogyne incognita* under laboratory and greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Applied Science* 25(1), 111-124.
- Zhao, M. L., Mo, M. H., and Zhang, K. Q. (2004). Characterization of a neutral serine protease and its full-length cDNA from the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora*. *Mycologia*, 96, 16–22. doi: 10.1080/15572536.2005.11832991.

BÖLÜM 8

BAZI İSTİLACI BÖCEK TÜRLERİNİN BİYOLOJİK MÜCEDELESİ

Arş. Gör. Furkan DOĞAN¹

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Sakarya, Türkiye.
furkandogan@subu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5483-4762

GİRİŞ

İstilacı böcek türlerinin biyolojik mücadele yöntemi ile baskılanması uzun zamandır yapılmakta olup, oldukça başarılı sonuçlarla dolu bir geçmişe sahiptir. Biyolojik mücadele yöntemi ile ilgili çalışmalar son yıllarda büyük bir ilerleme kaydetmiş ve biyolojik mücadele uygulamaları hem zararlı mücadelesinden kaynaklanan çevresel tahribatın azalmasına hem de istilacı böceklerin tahrip ettiği bitki türlerinin korunmasına önemli derecede katkı sağlamıştır (Wright, 2014). İstilacı böcekler çoğunlukla egzotik, yerli ve doğal olmayan türleri içermektedir (Göktürk ve Tozlu, 2018). Bu türler, kendi anavatanına veya bölgesine özgü olan böceklerin, çeşitli yollarla başka ülke veya habitat alanlarına geçmek suretiyle bu alanların biyoçeşitliliğinde olumsuz etkiler yaratan böcek türleri olarak tanımlanabilmektedir. İstilacı böceklerin meydana getirdiği zararlara çok sayıda örnek verilebilir. Çoğu örnekte, istilacı böcekler tarımsal endüstriyi ciddi derecede tehdit etmiş ve temel gıda ürünlerini tehlikeye sokmuştur. İstilacı böcek türlerinin sebep olduğu bu tehditlerin daha çevresel ve sürdürülebilir bir yöntem ile çözülebilmesi için, biyolojik mücadele çalışmaları oldukça önem arz etmektedir.

İSTİLACI BÖCEK TÜRLERİNİN YAYILMASI

İstilacı böcekler bir bölgeye geçiş yaptıklarında, sahip oldukları pek çok avantajdan dolayı o alana kolayca adapte olabilirler. Bu avantajlar; bölgede hızlı bir şekilde gelişebilmeleri, büyüebilmeleri, yayılabilmeleri, bazı çevre koşullarına yüksek toleranslı olabilmeleri ve polifag olup pek çok bitki ile beslenebilmeleri şeklinde açıklanabilmektedir (Anonim, 2011).

İstilacı böcek türleri kendi doğal alanlarından başka habitat alanlarına çeşitli yollarla geçiş yapabilmektedirler. Bu yollardan birisi de şüphesiz ki insan faaliyetleridir (Musolin ve ark., 2022). İstilacı böceklerin insan faaliyetleri sonucu yayılmasına ilişkin bazı örnekler aşağıda sunulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. İstilacı böcek türlerinin insan faaliyetleri sonucu yayılmasına ilişkin bazı örnekler (Musolin ve ark., 2022).

Takım	Familya	İstilacı Böcek Türü	Yayılma Nedeni
Hemiptera	Coreidae	<i>Leptoglossus occidentalis</i>	Kıtalar arasında
Hemiptera	Pentatomidae	<i>Halyomorpha halys</i>	seyahat eden uçaklar aracılığıyla.
Hemiptera	Tingidae	<i>Corythucha arcuata</i>	
Coleoptera	Buprestidae	<i>Agrilus planipennis</i>	Ahşap ürünler veya ambalajlama malzemelerinin taşınması sırasında
Coleoptera	Curculionidae	<i>Polygraphus proximus</i>	Demiryolu
Coleoptera	Curculionidae	<i>Ips amitinus</i>	aracılığıyla kerestelerin sevkiyatı sırasında
Coleoptera	Buprestidae	<i>Lamprodila festiva</i>	Yetiştiricilik için
Lepidoptera	Crambidae	<i>Cydalima perspectalis</i>	kullanılan bitki veya
Lepidoptera	Gracillariidae	<i>Cameraria ohridella</i>	bitki materyalleri
Lepidoptera	Gracillariidae	<i>Phyllonorycter issikii</i>	aracılığıyla yayılabilmektedir.

İSTİLACI BÖCEK TÜRLERİNİN NEDEN OLDUĞU ZARARLAR

İstilacı böcek türleri insanların gıda kaynaklarını tahrip etmesi, sıtma, Zika Virüsü ve Dang Humması gibi önemli hastalık etmenlerini yayarak insan sağlığını tehdit etmesi, değerli bitki türlerini riske atması, ülke ekonomisine zarar vermesi ve ekolojik dengenin bozulmasına yol açması gibi nedenlerden dolayı mücadelesi oldukça önemli olan türlerdir. İstila ettikleri bölgede neredeyse tüm tarımsal ürünlerde zararlı hale gelebilir ve yerli bitki türlerini tahrip edebilirler. Ticaretin hızla artması, sosyal küreselleşme gibi nedenler de bu türlerin daha önce bulunmadıkları bölgelere hızla yayılmasına sebep olmaktadır (Venette ve Hutchison, 2021). Yapılan bir çalışmada istilacı türlerden kaynaklı meydana gelen ekonomik kaybın küresel olarak yılda en az 70 milyar \$ gibi bir zarara mal olduğu belirlenmiştir. Bölgesel olarak değerlendirilecek olduğunda ise en yüksek yıllık zararın 27.3 milyar \$ ile Kuzey Amerika'da, bunu takiben 3.6 milyar \$ ile Avrupa'da olduğu yapılan

çalışmalarda tespit edilmiştir. İklim değişikliğinin bir sonucu olarak meydana gelen küresel ısınma, artan nüfus yoğunluğu ve uluslararası ticaret istilacı böceklerin yeni alanlara yayılmasına imkân sağlamaktadır. Ancak istilacı böcek türlerinin dikkatli gözetimi, bu türlere karşı alınan önlemler ve kamu bilincinin artırılması istilacı böceklerin meydana getirdiği maliyetlerde ciddi derecede tasarruf sağlamaktadır (Bradshaw ve ark., 2016).

Özellikle bitki patojeni virüslerin vektörü olan böcekler, tarımsal üretim için en önemli zararlılar arasında yer almaktadır. Bu vektörlerin bir kısmı verdikleri zarardan dolayı tarım endüstrisinde ciddi derecede kısıtlamalara neden olmuştur. Buna örnek olarak, Güney Afrika'da Domates Lekeli Solgunluk Virüsü (TSWV) ve Papaya Halkalı Leke Virüsü (PRSV) verilebilir. Çoğu istilacı böcek türü bitkisel ürünlerin doğrudan zararlısı olup, verdikleri fiziksel hasar dolayısıyla verim ve kalitelerinin düşmesine sebep olmaktadır.

İstilacı böceklerin doğrudan meydana getirdiği zararlı etkiler şu şekilde sıralanabilmektedir;

- (1) Afrika'da istilacı böcek türlerinin bütün olarak gıda ürünlerinin üretimini tehdit ettiği ve mahsullerde meydana gelen kaybın yanı sıra, pazara ürün tedarikinde de sıkıntıya neden olduğu görülmüştür (Sileshi ve ark., 2019). Örneğin; Güz Tırtılı (*Spodoptera frugiperda*) Afrika'da 43 ülkede varlığı doğrulanmış bir istilacı türdür. Zararlı olduğu ana ürün olan mısırdaki yapılan araştırmalar sonucunda Zambia'da toplam üretimde meydana gelen verim kaybına bakıldığında zaman %25-50 arasında olduğu, Ghana'da ise %22-67 arasında olduğu görülmektedir (Day ve ark., 2017). Yine *Bactrocera dorsalis* Afrika'da 41 ülkede varlığı doğrulanmış olan istilacı bir türdür. Zararlı olduğu ana ürünler olan mango ve guavada çiftlik bazında yapılan araştırmalara bakıldığında Mozambik'de mango meyvesinde %56 oranında, yine aynı bölgede guava meyvesinde %92 oranında verim kaybı meydana geldiği görülmüştür (Cugala, 2014),
- (2) 1980'lerin başında Çin'de tespit edilen *Dendroctonus valens* isimli istilacı böcek Shanxi eyaletinden, bitişindeki dört eyalete hızla yayılmıştır ve 500.000 hektardan fazla çam ormanını istila etmiştir. 1999'lu yılların başlarından günümüze kadar önemli oranda ağaç ölümlerine neden olmaktadır (Sun ve ark., 2013),

- (3) Arjantin Karıncası (*Linepithema humile*) 6000 kilometreye kadar yayılabilen ve yerli karınca türleriyle büyük ölçüde rekabet eden 'süper koloniler' oluşturmuştur (Human ve Gordon 1996, Holway 1999, Giraud ve ark., 2002),
- (4) Ateş Karıncasının (*Solenopsis invicta*) sadece Teksas eyaletinde yıllık 300 milyon \$ tutarında zarara neden olduğu bilinmektedir (Pimentel ve ark., 2005),
- (5) Khapra Böceği (*Trogoderma granarium*) yerfistığı depolama alanlarında çok ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Zararının larvaları obur bir şekilde depolanmış hayvansal veya bitkisel gıdalarla beslenir ve onları kirletir, aynı zamanda bu tür dünyadaki en istilacı 100 zararlıdan biri olarak kabul edilmiştir (Lowe ve ark., 2000),
- (6) *Lymantria dispar* ABD'de ormanlar ve süs bitkileri için önemli bir zararlı haline gelmiştir. Bu zararının kontrolü için tahmini yıllık 11 milyon \$ harcadığı bildirilmektedir (Campbell ve Schlarbaum 1994).

İstilacı böcek türlerinin dolaylı yollardan meydana getirdiği zararlı etkiler şu şekilde sıralanabilmektedir;

- (1) Kahverenkli Kokarca (*Halyomorpha halys*)'nın çeşitli bitki hastalıklarının vektörlüğünü (örneğin, aflatoksin üreten fungusların) yapması nedeniyle meydana gelen zararlar (Opoku ve ark., 2019),
- (2) Yine istilacı böceklerin bulaşmış olduğu bölgelerde yoğun pestisit kullanımının insan sağlığına, suya ve çevreye vermiş olduğu zararlar,
- (3) *Cicadellidae* familyasında yer alan ve polifag zararlı *Homalodisca vitripennis* türü bitkinin ksileminde beslenen istilacı bir türdür ve yaprak yanıklığı hastalığı etmeni *Xylella fastidiosa*'nın da vektörüdür. ABD ve Meksika'nın bazı bölgelerine özgü olan bu çekirge türünün, büyük olasılıkla süs bitkilerinin ithalatı–ihracatı sırasında Fransız Polinezyası'nı (1999'da), Hawaii'yi (2004), Paskalya Adası'nı (2005) ve Cook Adaları'nı (2007) işgal ettiği düşünülmektedir (Grandgirard ve ark., 2006).

Tablo 2. Bazı istilacı böcek türlerinin takımı, familyası ve bilimsel isimlerine dair örnekler.

No	Takım	Familya	Tür
1	Lepidoptera	Gracillariidae	<i>Acrocercops brongniardella</i>
2	Hemiptera	Adelgidae	<i>Adelges piceae</i>
3	Hemiptera	Adelgidae	<i>Adelges tsugae</i>
4	Coleoptera	Buprestidae	<i>Agrilus fleischeri</i>
5	Coleoptera	Buprestidae	<i>Agrilus mali</i>
6	Coleoptera	Buprestidae	<i>Agrilus planipennis</i>
7	Hemiptera	Sternorrhyncha	<i>Aleurodicus disperses</i>
8	Coleoptera	Cerambycidae	<i>Anoplophora chinensis</i>
9	Coleoptera	Cerambycidae	<i>Anoplophora glabripennis</i>
10	Diptera	Tephritidae	<i>Bactrocera cucurbitae</i>
11	Diptera	Tephritidae	<i>Bactrocera dorsalis</i>
12	Diptera	Tephritidae	<i>Bactrocera zonata</i>
13	Hemiptera	Pentatomidae	<i>Bagrada hilaris</i>
14	Lepidoptera	Gracillariidae	<i>Cameraria ohridella</i>
15	Lepidoptera	Crambidae	<i>Chilo partellus</i>
16	Hemiptera	Tingidae	<i>Corythucha arcuata</i>
17	Lepidoptera	Crambidae	<i>Cydalima perspectalis</i>
18	Coleoptera	Curculionidae	<i>Dendroctonus micans</i>
19	Hymenoptera	Cynipidae	<i>Dryocosmus kuriphilus</i>
20	Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankliniella occidentalis</i>
21	Hemiptera	Pentatomidae	<i>Halyomorpha halys</i>
22	Coleoptera	Curculionidae	<i>Ips amitinus</i>
23	Coleoptera	Curculionidae	<i>Ips cembrae</i>
24	Coleoptera	Curculionidae	<i>Ips duplicatus</i>
25	Coleoptera	Buprestidae	<i>Lamprodila festiva</i>
26	Hemiptera	Coreidae	<i>Leptoglossus occidentalis</i>
27	Diptera	Agromyzidae	<i>Liriomyza huidobrensis</i>
28	Diptera	Agromyzidae	<i>Liriomyza sativae</i>
29	Diptera	Agromyzidae	<i>Liriomyza trifolii</i>
30	Coleoptera	Curculionidae	<i>Listronotus bonariensis</i>
31	Hemiptera	Fulgoridae	<i>Lycorma delicatula</i>
32	Hemiptera	Sternorrhyncha	<i>Phenacoccus manihoti</i>
33	Lepidoptera	Gracillariidae	<i>Phyllonorycter issikii</i>

34	Lepidoptera	Gracillariidae	<i>Phyllonorycter populifoliella</i>
35	Coleoptera	Curculionidae	<i>Polygraphus proximus</i>
36	Coleoptera	Bostrichidae	<i>Prostephanus truncatus</i>
37	Hemiptera	Sternorrhyncha	<i>Rastrococcus invadens</i>
38	Hemiptera	Ricaniidae	<i>Ricania japonica</i>
39	Lepidoptera	Noctuidae	<i>Spodoptera eridania</i>
40	Lepidoptera	Noctuidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>
41	Lepidoptera	Gelechiidae	<i>Tuta absoluta</i>

İSTİLACI BÖCEK TÜRLERİNİN BİYOLOJİK MÜCADELESİ

İstilacı böcekler bir bölgeye bir kez giriş yaptıktan sonra, popülasyonların kontrol altına almak oldukça zor olmaktadır. Yerli olmayan türlerin, bir alanı istila etmeleri o alana çeşitli yollarla ulaşmaları ile başlamaktadır. Daha sonra bölgede yeni bir popülasyon olarak yerleşik hale gelebilmektedirler. Bu tür popülasyonlar zamanla büyüyebilir ve yayılabilir, zararlı yoğunluğunun artmasıyla istilacı duruma ulaşabilmektedirler (Lodge ve ark., 2006). 20. yüzyılın başlarında istilacı zararlıların girişini azaltmak için yeni politikalar uygulanırken, Amerika Birleşik Devletleri'nde yılda ortalama olarak 2,5 adet yerli olmayan tür tespit edildiği yapılan çalışmalarla ortaya çıkarılmıştır (Aukema ve ark., 2010).

İstilacı böceklere karşı yapılan mücadelede sürdürülebilir olması, çevrede ve sağlık alanında meydana gelen problemleri azaltması, insektisitlere olan bağılılığı azaltması gibi sebepler biyolojik mücadele çalışmalarının benimsenmesine yol açmıştır. Biyolojik mücadele istilacı böceklerin popülasyonlarının baskılanmasında kendi kendini idame ettiren, sürdürülebilir bir çözüm sunar. Dünya çapında yapılan tüm biyolojik mücadele çalışmalarının yaklaşık olarak %20'si zararlıları başarıyla baskılamıştır (Wright, 2014).

Klasik biyolojik mücadele

Biyolojik mücadele çeşitli yöntemlere ayrılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi klasik biyolojik mücadele yöntemidir. Klasik biyolojik mücadelede zararlının orijininin (kökeninin) bulunduğu ülkeden, zararlının doğal düşmanları ithal edilerek getirilir ve zararlının bulunduğu faunaya yerleştirilmeye çalışılır. Aynı işlem yerli doğal düşmanların etkili olmadığı ekonomik zararlı yerli

türlere de uygulanmaktadır. En eski yöntemlerden biri olduğu için buna “Klasik Biyolojik Mücadele” adı da verilmektedir (Uygun ve ark., 2010). Yapılan çalışmalarda 2010 yılına kadar 588 zararlı böceğe karşı 6175 klasik biyolojik mücadele ajanı tespit edilmiştir. Bu böceklerin %33’ü salımı yapılan alanlara yerleşmiştir ve %10’u hedeflenen zararlıların %29’una karşı tatmin edici derecede kontrol sağlamıştır (Cock ve ark., 2016). Klasik biyolojik mücadele yolu ile ekolojik faydalar da sağlanmıştır. Bu yöntemin kullanılması biyolojik çeşitliliğin ve doğal ekosistemin de korunmasına fayda sağlamaktadır (Van Driesche ve ark., 2010, 2016). Örneğin; 1990’larda endemik bitki *Commidendrum robustum* türünü tehdit eden istilacı böcek *Insignorthesia insignia* ile mücadele amacıyla, coccinellid predatör *Hyperaspis pantherina* St Helena’ya getirilerek başarı sağlanmıştır (Fowler, 2004).

Çoğaltıcı biyolojik mücadele

Bir diğer yöntem ise çoğaltıcı biyolojik mücadeledir. Çoğaltıcı biyolojik mücadele; klasik biyolojik mücadelenin etkili olmadığı, doğal düşmanların popülasyonlarının zararlı popülasyonu baskılamak için yetersiz olduğu, doğal düşmanların çoğalıp ertesi yıla geçemediği ve salım için doğal düşman popülasyonunun yetersiz olduğu durumlarda doğal düşmanların popülasyonlarının tekrar tekrar artırılması amacıyla gerekli zamanlarda ve yeterli sayıda zararlıların bulunduğu alanlara salınmasıdır (Uygun ve ark., 2010). Örneğin, *Trichopria drosophilae* (Perkins) (Hymenoptera: Diapriidae)’nin çoğaltıcı salımının yapılmasıyla, istilacı bir tür olan Kiraz Sirke Sineği (*Drosophila suzukii* (Diptera: Drosophilidae))’nin mücadele edilemediği alanlarda, biyolojik mücadele ajanının istilacı türün kontrolünü sağlayabileceği ve ciddi salgınları önleyebileceği görülmüştür (Rossi Stacconi vd., 2018).

Koruyucu biyolojik mücadele

Bir diğer yöntem ise doğal düşmanların korunması ve desteklenmesidir. Bu yöntem doğal dengenin korunması veya bozulan doğal dengenin tekrar kurulması amacıyla yapılan çalışmaları içerir. Bu yöntem diğer yöntemlere nazaran geniş alanlarda daha başarılı sonuçlar vermektedir (Uygun ve ark., 2010).

İstilacı böcek türlerinin yeni ortamlarda gelişip kolayca yayılabilmelerinin en önemli sebeplerinden birisi de artık doğal düşmanlarından yoksun bir bölgede yaşıyor olmalarıdır. Biyolojik mücadele yöntemi, doğal düşmandan yoksun bir bölgede yaşayan zararlının popülasyon yoğunluğunu azaltmak amacıyla bu doğal düşmanların temin edilmek suretiyle zararlılara karşı kullanılmasıdır. Bu yöntem yeni bir yöntem değildir ve antik çağlardan beri uygulanmaktadır, yaklaşık onuncu yüzyıldan kalma *Oecophylla* karıncalarının Çin’de pazarlarda satıldığı ve çiftçilerin turunçgilleri korumak amacıyla bu karıncaları satın aldığına dair kayıtlar bulunmaktadır (Liu, 1939). İlk başarılı biyolojik mücadele deneyi, 1889’da Albert Koebele’nin torbalı koşnil (*Icerya purchasi*) popülasyonlarını kontrol etmek amacıyla *Rodolia cardinalis*’in salımını yapmasıyla kayıtlara geçmiştir (Caltagirone ve Douth, 1989).

Tablo 3: İstilacı böcekler karşı yapılmış biyolojik mücadele çalışmaları ve başarıları.

İstilacı Böcek Türü	Biyolojik Mücadele Ajanı	Açıklama	Kaynak
<i>Homalodisca vitripennis</i>	<i>Gonatocerus ashmeadi</i>	<i>G. ashmeadi</i> 'nin hızlı ve geniş coğrafi yayılımı, Fransız Polinezyası'nda zararlının yayıldığı alan boyunca düşük bir maliyetle popülasyonu hızlı bir şekilde azaltmıştır. Salının yapılmasıyla, 7-10 ay içinde tüm takımadalardaki yaprakbiti popülasyonunu baskılandığı görülmüştür.	Petit ve ark., 2009
<i>Dryocosmus kuriphilus</i>	<i>Torymus sinensis</i> Kamijo	Hırvatistan, Slovenya ve Macaristan'da yapılan çalışmalarda, <i>T. sinensis</i> istilacı böceğin popülasyonunun başarılı bir şekilde baskılanmış ve yüksek bir parazitlenme oranı göstermiştir.	Matošević ve ark., 2017
<i>Profenusa thomsoni</i>	<i>Lathrolestes thomsoni</i>	2004–2008 yılları arasında Alaska'nın Anchorage eyaletinde yapılan salımların ardından, istilacı böcek popülasyonlarında %40'ın üzerinde azalma meydana gelmiştir.	Soper ve ark., 2015
<i>Coleophora serratella</i>	Çok sayıda parazitoite sahip	Kuzey Amerika'da yapılan bir çalışmada, zararlıın istila ettiği alanda 28 parazitoite sahip olmasına rağmen %5–16 oranda parazitlenme görülmüştür, fakat kendi doğal alanında 24 parazitoit ile %40–70 oranında parazitlenme olduğu görülmüştür.	Cornell ve Hawkins, 1993

<i>Halyomorpha halys</i>	<i>Trissolcus japonicus</i>	Yumurta parazitoitleri içerisinde <i>H. halys</i> popülasyonlarının klasik biyolojik mücadelesi için en umut verici ajandır ve Çin'de yüksek oranda parazitlik göstermiştir.	Yang ve ark., 2009
<i>Nezara viridula</i>	<i>Trissolcus basalıs</i>	<i>T. basalıs</i> dünyanın çeşitli bölgelerinde, <i>N. viridula</i> yumurtalarına karşı soya fasulyesinde yüksek parazitlik oranına sahiptir.	Esquivel ve ark., 2018; Seymour ve Sands, 1993
<i>Agrilus planipennis</i>	<i>Oobius agrili</i> ve <i>Tetrastichus planipennis</i>	Çin'in Changchun şehrinde yapılan bir çalışmada, <i>Oobius agrili</i> en fazla %61.5 parazitlik oranı, <i>Tetrastichus panipennis</i> ise en fazla %40.4 parazitlik oranı göstermiştir.	Liu ve ark., 2007
<i>Ceroplastes destructor</i>	<i>Anicetus communis</i> ve <i>A. nyasicus</i>	Avustralya'nın Queensland eyaletinde yapılan çalışmada, biyolojik mücadele ajanının salımının ardından bölgede tam bir biyolojik mücadele sağlanmıştır.	Sands ve ark., 1986
<i>Ceroplastes rubens</i>	<i>Anicetus beneficus</i>	Japonya'da zararlıyı başarıyla baskılayan biyolojik mücadele ajanının, 1977'de Avustralya'nın Queensland eyaletindeki 60 bölgeye salımı yapılmıştır. İzlenen alanlarda ortalama 2,5 yılda başarı sağlanmıştır. Bir bölgede 3,5 yıl içerisinde zararlının 100 yaprak başına düşen ergin sayısı 350'den 2'ye düşürülmüştür.	Smith, 1986
<i>Coleophora laricella</i>	<i>Agathis pumila</i> ve <i>Chrysocharis laricella</i>	Kuzey Amerika'da yapılan çalışmada, biyolojik kontrol ajanının salınması ardından bölgede tam bir biyolojik mücadele sağlanmıştır.	Webb ve Quednau, 1971; Ryan, 1990; Long, 1988

<i>Dendroctonus micans</i>	Salımı yapılan çoğu bölgede (Gürcistan, Türkiye ve Batı Avrupa) zararlı popülasyonunu ve zarar gören ağaç sayısını önemli derecede azaltmıştır.	Fielding ve Evans, 1997
<i>Diprion similis</i>	Amerika'da yapılan biyolojik mücadele çalışmalarında zararlı tür her iki biyolojik mücadele ajanı tarafından da baskılanmıştır.	McGugan ve Coppel, 1962; Mertins ve Coppel, 1968
<i>Dryocosmus kuriphilus</i>	Biyolojik mücadele ajanı istilacı böcek popülasyonunu Japonya ve ABD'de zararlı olmayacak seviyelere indirmiştir. Parazitoit tüm İtalya'ya yayılmıştır ve %85-90 parazitlenme oranı göstermiştir. Parazitoit 2015 ve 2016 yıllarında Türkiye'ye İtalya'dan getirilmiştir ve zararlının etkili olduğu alanlara salımı yapılmıştır.	Moriya ve ark., 2003; Cooper ve Rieske, 2007; Quacchia ve ark., 2008; Borowiec ve ark., 2014; Matošević ve ark., 2015; İpekbal ve ark., 2017
<i>Gilpinia hercyniae</i>	İstilacı böceğe karşı en etkili biyolojik mücadele ajanlarından birisidir. Doğada yaygın olarak bulunur ve etmenin popülasyonunu düşük seviyede tutan ana faktörlerdendir. Kuzey Amerika'da zararlıya karşı başarılı bir biyolojik mücadele sağlamıştır.	Magasi ve Syme, 1984
<i>Icerya aegyptiaca</i>	Kiribati, Mikronezya Federal Devletleri, Kuzey Mariana Adaları, Marshall ve Wake Adaları'nda doğal düşmanın salımının yapılmasıyla birlikte zararlının kontrolü sağlanmıştır.	Brancatini ve Sands, 1997; Sands ve ark., 1999

<i>Icerya purchasi</i>	<i>Rodolia cardinalis</i>	Ascension adası ve Galapagos'da <i>R. cardinalis</i> istilacı türü başarıyla baskılayıp, biyolojik mücadelede sağlamıştır.	Causton ve ark., 2006; Calderon Alvarez, 2002
<i>Icerya seychellarum</i>	<i>Rodolia chermesina</i>	Seşşeller'de <i>R. chermesina</i> 'nın salımının ardından 5 yıl boyunca yapılan takiplerde, bitkilerde bulunan zararlı yoğunluğu azalmış ve iyileşme görölmüştür.	Johnson ve Threadgold, 1999; Beaver (kişisel iletişim)
<i>Jamella australiae</i>	<i>Aphanomerus</i> sp.	Kuzeyden, Güney Queensland'e taşınan yumurta parazitoiti zararlıyı kontrol altına almıştır.	Smith ve Smith, 2000
<i>Lymantria dispar</i>	<i>Entomophaga maimaiga</i>	Biyolojik mücadele ajanı Bulgaristan'ın çeşitli bölgelerine salınmıştır ve Nessebar bölgesinde zararlının istilasını önemli derecede bastırmıştır. Sonuç olarak <i>E. maimaiga</i> 'nın zararlı etmeni bastırma potansiyeline sahip olduğu görölmüştür.	Georgiev ve ark., 2021
<i>Metamasius callizona</i>	<i>Lixadmontia franki</i>	<i>L. franki</i> istilacı böcek türüne karşı potansiyel bir ajandır. Florida'da yapılan salımın ardından <i>L. franki</i> 'nin Florida'da hayatta kalabildiği ve çoğalabildiği görölmüştür.	Frank ve Cave, 2005; Cave, 2008
<i>Operophtera brumata</i>	<i>Cyzenis albicans</i>	Yeni İskoçya, Britanya Kolumbiyası, Massachusetts ve Hingham'da yapılan çalışmalarda zararlının popülasyonu başta <i>C. albicans</i> olmak üzere çeşitli parazitoitler tarafından bastırılmıştır.	Embree, 1971; Embree ve Otvos, 1984
<i>Quadrastichus erythrinae</i>	<i>Eurytoma erythrinae</i>	Hawaii genelinde <i>E. erythrinae</i> salımının yapılması ile 2 yıl içerisinde ağaçlarda zararlının meydana getirdiği zarar azaldı. 2018 itibarıyla yapılan örneklemelerde bitkilerin	Kaufman ve ark., 2020

		yapraklarında %33'ten daha az gal hasarı olduğu tespit edilmiştir. <i>E. erythrinae</i> 'nin, Hawaii'deki bazı bölgelerde zararlıın hasarını %85'den fazla oranda azalttığı tespit edilmiştir.
<i>Anoplophora chinensis</i> <i>Forster</i>	<i>Aprostocetus anoplophorae</i> <i>anoplophorae</i> Delvare ve <i>Spathius erythrocephal</i>	Yapılan çalışmada İtalya'da <i>Aprostocetus anoplophorae</i> tarafından <i>Anoplophora chinensis</i> yumurtalarının %72'sinin parazitlendiği görülmüştür. Avrupa parazitoiti <i>S. erythrocephal</i> de biyolojik mücadele ajanı olarak kullanımla potansiyeline sahiptir.
<i>Listronotus bonariensis</i>	<i>Microctonus hyperodae</i>	<i>M. hyperodae</i> Güney Amerika'dan ithal edilmiş ve Yeni Zelanda'da çeşitli bölgelere salını yapılmıştır.
<i>Agrilus mali</i>	<i>Sclerodermus pupariae</i>	Çin'in Sincan eyaletinde, Yabani elma (<i>Malus sieversii</i>) üzerinde istilacı <i>A. mali</i> 'nin mücadelesi amacıyla <i>S. pupariae</i> kullanılarak yapılan biyolojik mücadele çalışmasının başarılı olduğu görülmüştür.
<i>Corythucha arcuata</i> (Say)	<i>Erythmelus klopomor</i> Triapitsyn	ABD, Missouri eyaletinde yapılan bir çalışmada, <i>E. klopomor</i> 'un istilacı tür <i>C. arcuata</i> 'ya karşı klasik biyolojik mücadele amacıyla kullanılabile potansiyelinin olduğu tespit edilmiştir.

Goldson ve ark., 1990,
1992, 1993; McNeill ve
ark., 2002

Wang ve ark., 2014

Puttler ve ark., 2014

Bagrada hilaris
Gryon myrmecophilum
(Ashmead), *Telenomus*
podisi (Ashmead) ve *T.*
basalis

Meksika'nın Saltillo şehrinin, Coahuila eyaletinde yapılan
çalışma sonucunda yumurta parazitöitlerinin *B. hilaris* türünü
parazitlediği tespit edilmiştir.

Felipe-Victoriano ve
ark., 2019

Biyolojik mücadele ajanlarının zararlılara olan etkilerinin daha kolay tespit edilebilmesi ve hedef dışı etkilerinin önüne geçilebilmesi açısından biyolojilerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması oldukça önemlidir. Çünkü biyolojik mücadele ile ilgili yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar olsa da, hedef dışı organizmalar için şaşırtıcı sonuçlara neden olan çok sayıda başarısız çalışma da vardır. Örneğin; Pembe Kurt Salyangozu (*Euglandina rosea*), istilacı tür Dev Afrika Salyangozu (*Achatina fulica*)’nu kontrol etmek amacıyla Hawaii adalarına salınmıştır. Bunun sonucunda kontrol edilmek istenen zararlı tür yerine *E. rosea* ormanları istila etmiş ve bunun sonucunda birkaç endemik salyangoz türünün neslinin de tükenmesine neden olmuş olabileceği düşünülmektedir (Howarth, 1991). Yeni Zelanda’daki istilacı yaban arılarının parazitoit *Sphecoxenus vesparyus burra* ile biyolojik mücadelesinde, getirilen parazitoitlerin Kuzey Amerika kökenli olmasından dolayı, Batı Avrupa kökenli yaban arısı popülasyonlarına karşı tamamen başarısız olmuştur (Donovan ve Read, 1987, Lester ve ark., 2014). Karantinaya tabi zararlı organizmalardan biri olan *Listronotus bonariensis*’ye karşı parazitoit olan *Microctonus hyperodae* ile yapılan biyolojik mücadele çalışmalarında direnç meydana geldiği görülmüştür. Parazitoit Yeni Zelanda’da meralardaki zarar oranını ilk zamanlar %80-90 oranında azaltırken (McNeill ve ark., 2002), gün geçtikçe baskılama oranının %44’e kadar düşmüş olduğu görülmüştür (Popay ve ark., 2011).

SONUÇ

Sonuç olarak araştırmacılar yaptıkları çalışmalar sonucunda, yabancı türlerin kasıtlı olarak yeni bir ortama salımının yapılmasında pek çok riskin de var olduğunu görmüşlerdir. Potansiyel bir biyolojik mücadele ajanı kapsamlı bir şekilde araştırılıp, yapılan çalışmalarda olumlu sonuçlar alınsa bile bölgeye girişinin ardından yeni davranışlar gözlemlenebilmektedir. Yeni bir türün yeni bir bölgeye getirilmesi yerli türlerin çoğuna ciddi derecede zarar verebilir ve bazı durumlarda bu türlerin yok olması gibi geri dönüşmez sonuçlara bile neden olabilmektedir. Bundan dolayı çeşitli bilim adamları bir biyolojik kontrol ajanının mücadele için uygunluğunun, söz konusu ajanın tüm mevcut organizmalar ve çevresel koşullarla birlikte doğal yaşam alanlarına benzer bir ortamda, yıllarca izlenmesinden sonra anlaşılabilmesini düşünmektedir. Bunun yapılması da yoğun işçilik ve maliyet gerektireceğinden mümkün gibi görünmemektedir (McLaughlin ve Dearden, 2019).

İstilacı böcek türleri, yukarıda bahsedilen çeşitli üstün özelliklerinden dolayı oldukça tehlikeli türler olup, istila ettiği bölgelerde önemli ekonomik kayıplara sebep olmaktadır. Bu türlere karşı yapılacak biyolojik mücadele ise, sadece tarım alanlarında değil, aynı zamanda doğal alanlarda zarar meydana getiren istilacı böcekler için de oldukça önemli ve vazgeçilmez bir kontrol yöntemidir. Günümüzde çok sayıda endemik türün yok olma riski altında olması gibi durumlar biyolojik mücadele yöntemlerinin yoğun bir şekilde incelenmesine yol açmıştır. Biyolojik kontrol, sürdürülebilir olması, zararlıların mücadelesinde yoğun olarak kullanılan kimyasal mücadeleye nazaran çevreye ve insana daha az zararlı bir alternatif sunması gibi avantajlarından dolayı oldukça önemli bir kontrol yöntemidir. Klasik biyolojik mücadele istilacı böceklerin etkilerinin azaltılmasına ve saldırıya uğrayan yerli türlerin korunmasına önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- Aukema, J. E., McCullough, D. G., Von Holle, B., Liebhold, A. M., Britton, K., & Frankel, S. J. (2010). Historical accumulation of nonindigenous forest pests in the continental United States. *BioScience*, 60(11), 886-897.
- Borowiec, N., Thaon, M., Brancaccio, L., Warot, S., Vercken, E., Fauvergue, X., Ris, N., & Malausa, J. C. (2014). Classical biological control against the chestnut gall wasp “*Dryocosmus kuriphilus*” (Hymenoptera, Cynipidae) in France. *Plant Protection Quarterly*, 29(1), 7–10. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.525254643403265>
- Brabbs, T., Collins, D., Hérard, F., Maspero, M., & Eyre, D. (2015). Prospects for the use of biological control agents against Anoplophora in Europe. *Pest management science*, 71(1), 7-14.
- Bradshaw, C. J., Leroy, B., Bellard, C., Roiz, D., Albert, C., Fournier, A., ... & Courchamp, F. (2016). Massive yet grossly underestimated global costs of invasive insects. *Nature communications*, 7(1), 1-8.
- Brancatini, V. A., & Sands, D. P. A. (1997). Control or no control of breadfruit mealybug (*Icerya aegyptiaca*): selecting the “right” species of *Rodolia*. In: Waterhouse, D.F., Ferrar, P. (Eds.), Second Workshop on Biological Control in the Pacific at Nadi, Fiji in 1995. *South Pacific Commission, Noumea, New Caledonia*, p. 56.
- Calderon Alvarez, C. (2002). *Evaluación de la Eficaci a de Rodolia cardinalis (Mulsant)(Coleoptera: Coccinellidae) en el Control Biológico de Icerya purchasi Maskell (Homptera: Margarodidae) en las Islas Galápagos* (Doctoral dissertation, Tesis de grado. Pontifica Universidad Javeriana, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Bogota, Colombia).
- Caltagirone, L. E., & Douthett, R. L. (1989). The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Annual review of entomology*, 34(1), 1-16.
- Campbell, F. T., & Schlarbaum, S. E. (1994). Fading forests. *Natural Resources Defense Council, Washington, DC Canadian Food Inspection Service web site: www.cfia-acia.agr.ca/english/plaveg/for/evaluae.shtml*.
- Causton, C. E., Peck, S. B., Sinclair, B. J., Roque-Albelo, L., Hodgson, C. J., & Landry, B. (2006). Alien insects: threats and implications for conservation of Galápagos Islands. *Annals of the Entomological Society of America*, 99(1), 121-143.
- Cave, R. D. (2008). Biological control of the Mexican bromeliad weevil. *Biocontrol News and Information*, 29(1), 1N-2N.

- Cock, M. J., Murphy, S. T., Kairo, M. T., Thompson, E., Murphy, R. J., & Francis, A. W. (2016). Trends in the classical biological control of insect pests by insects: an update of the BIOCAT database. *BioControl*, 61(4), 349-363.
- Cooper, W. R., & Rieske, L. K. (2007). Community associates of an exotic gallmaker, *Dryocosmus kuriphilus* (Hymenoptera: Cynipidae), in eastern North America. *Annals of the Entomological Society of America*, 100(2), 236-244.
- Cornell, H. V., & Hawkins, B. A. (1993). Accumulation of native parasitoid species on introduced herbivores: a comparison of hosts as natives and hosts as invaders. *The American Naturalist*, 141(6), 847-865.
- Cugala, D., Ekesi, S., Ambasse, D., Adamu, R. S., & Mohamed, S. A. (2014). Assessment of ripening stages of C avendish dwarf bananas as host or non-host to *B actrocera invadens*. *Journal of Applied Entomology*, 138(6), 449-457.
- Day, R., Abrahams, P., Bateman, M., Beale, T., Clotley, V., Cock, M., ... & Witt, A. (2017). Fall armyworm: impacts and implications for Africa. *Outlooks on Pest Management*, 28(5), 196-201.
- Donovan, B. J., & Read, P. E. C. (1987). Attempted biological control of social wasps, *Vespula* spp., (Hymenoptera: Vespidae) with *Sphecophaga vesparum* (curtis) (Hymenoptera: Ichneumonidae) in New Zealand. *New Zealand journal of zoology*, 14(3), 329-335.
- Embree, D. G. (1971). *Operophtera brumata* (L.), winter moth (Lepidoptera: Geometridae). In: Anonymous (Ed.), *Biological Control Programmes Against Insects and Weeds in Canada, 1959–1968. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK*, pp. 167–175.
- Embree, D. G., & Otvos, I. S. (1984). *Operophtera brumata* (L.) winter moth (Lepidoptera: Geometridae). In: Kelleher, J.S., Hulme, M.A. (Eds.), *Biological Control Programmes in Against Insects and Weeds in Canada, 1969–1980. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough, UK*, pp. 353–357.
- Esquivel JF, Musolin DL, Jones WA, Rabitsch W, Greene JK et al. (2018) *Nezara viridula* (L.). Invasive Stink Bugs and Related Species (Pentatomoidea): Biology, Higher Systematics, Semiochemistry, and Management (ed. by JE McPherson), pp. 351– 423. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Felipe-Victoriano, M., Talamas, E. J., & Sánchez-Peña, S. R. (2019). Scelionidae (Hymenoptera) parasitizing eggs of *Bagrada hilaris* (Hemiptera, Pentatomidae) in Mexico. *Journal of Hymenoptera Research*, 73, 143.
- Ferguson, C. M., Evans, A. A., Barratt, B. I. P., & Phillips, C. B. (1997, August). Establishment and dispersal of *Microctonus hyperodae* Loan (Hymenoptera: Braconidae) in Otago and Southland. In *Proceedings of the New Zealand Plant Protection Conference* (Vol. 50, pp. 41-46).

- Fielding, N. J., & Evans, H. F. (1997). Biological control of *Dendroctonus micans* (Scolytidae) in Great Britain. *Biocontrol News and Information*, 18(2).
- Fowler, S. V. (2004). Biological control of an exotic scale, *Orthezia insignis* Browne (Homoptera: Ortheziidae), saves the endemic gumwood tree, *Commidendrum robustum* (Roxb.) DC.(Asteraceae) on the island of St. Helena. *Biological Control*, 29(3), 367-374.
- Frank, J. H., & Cave, R. D. (2005, September). *Metamasius callizona* is destroying Florida's native bromeliads. In *Second International Symposium on Biological Control of Arthropods, Davos, Switzerland* (Vol. 1, pp. 91-101).
- Georgiev, G., Mirchev, P., Georgieva, M., Kechev, M., Belilov, S., Matova, M., ... & Mutafchiiski, I. (2021). Biological control of gypsy moth (*Lymantria dispar*) by the entomopathogenic fungus *Entomophaga maimaiga* in Bulgaria in 2021. *Silva Balcanica*, 22, 17.
- Giraud, T., Pedersen, J. S., & Keller, L. (2002). Evolution of supercolonies: the Argentine ants of southern Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(9), 6075-6079.
- Goldson, S. L., McNeill, M. R., Phillips, C. B., & Proffitt, J. R. (1992). Host specificity testing and suitability of the parasitoid *Microctonus hyperodae* (Hym.: Braconidae, Euphorinae) as a biological control agent of *Listronotus bonariensis* (Col.: Curculionidae) in New Zealand. *Entomophaga*, 37(3), 483-498.
- Goldson, S. L., McNeill, M. R., Proffitt, J. R., Barker, G. M., Addison, P. J., Barratt, B. I. P., & Ferguson, C. M. (1993). Systematic mass rearing and release of *Microctonus hyperodae* (Hym.: Braconidae, Euphorinae), a parasitoid of the Argentine stem weevil *Listronotus bonariensis* (Col.: Curculionidae) and records of its establishment in New Zealand. *Entomophaga*, 38(4), 527-536.
- Goldson, S. L., McNeill, M. R., Stufkens, M. W., Proffitt, J. R., Pottinger, R. P., & Farrell, J. A. (1990). Importation and quarantine of *Microctonus hyperodae*, a South American parasitoid of Argentine stem weevil. In *Proceedings of the Forty Third New Zealand Weed and Pest Control Conference* (pp. 334-338). New Zealand Weed and Pest Control Society Inc..
- Göktürk, T., & Tozlu, G. (2018). Artvin İli'nin İstilacı Yabancı Böcek Türleri. *ULUSLARARASI ARTVİN SEMPOZYUMU ARTVİN 18-20 EKİM*, 145.
- Grandgirard, J., Hoddle, M. S., Roderick, G. K., Petit, J. N., Percy, D., Putoa, R., ... & Davies, N. (2006). Invasion of French Polynesia by the Glassy-Winged Sharpshooter, *Homalodisca coagulata* (Hemiptera: Cicadellidae): A New Threat to the South Pacific. *Pacific Science*, 60(4), 429-438.
- Holway, D. A. (1999). Competitive mechanisms underlying the displacement of native ants by the invasive Argentine ant. *Ecology*, 80(1), 238-251.

- Howarth, F. G. (1991). Environmental impacts of classical biological control. *Annual review of entomology*, 36(1), 485-509.
- Human, K. G., & Gordon, D. M. (1996). Exploitation and interference competition between the invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant species. *Oecologia*, 105(3), 405-412.
- İpekdal, K. , Emin, A. , Kuzucu, A. Ş. , Karadağ, M. , Koçluk, M. , Açııcı, Ö. , Şah, S. , Aksu, Y. & Colombari, F. (2017). Kestane Gal Arısı, *Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu (Hymenoptera: Cynipidae)'nin larva parazitoiti *Torymus sinensis* Kamijo (Hymenoptera: Torymidae) ve biyolojik mücadelede kullanım olanakları . *Türkiye Entomoloji Bülteni* , 7 (2) , 173-189 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/entoteb/issue/31546/345761>
- Johnson, S., & Threadgold, R. (1999). Report on the monitoring and status of the coccid (*Icerya seychellarum*) on Aldabra from 1980 to 1999. *Unpublished report, Seychelles Islands Foundation*.
- Kaufman, L. V., Yalamar, J., & Wright, M. G. (2020). Classical biological control of the erythrina gall wasp, *Quadrastichus erythrinae*, in Hawaii: Conserving an endangered habitat. *Biological Control*, 142, 104161.
- Lester, P. J., Gruber, M. A., Brenton-Rule, E. C., Archer, M., Corley, J. C., Dvořák, L., ... & Van Oystaeyen, A. (2014). Determining the origin of invasions and demonstrating a lack of enemy release from microsporidian pathogens in common wasps (*Vespula vulgaris*). *Diversity and Distributions*, 20(8), 964-974.
- Liu, G. (1939). Some extracts from the history of entomology in China. *Psyche*, 46(1), 23-28.
- Liu, H., Bauer, L. S., Miller, D. L., Zhao, T., Gao, R., Song, L., ... & Gao, C. (2007). Seasonal abundance of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae) and its natural enemies *Oobius agrili* (Hymenoptera: Encyrtidae) and *Tetrastichus planipennisi* (Hymenoptera: Eulophidae) in China. *Biological Control*, 42(1), 61-71.
- Lodge, D. M., Williams, S., MacIsaac, H. J., Hayes, K. R., Leung, B., Reichard, S., ... & McMichael, A. (2006). Biological invasions: recommendations for US policy and management. *Ecological applications*, 16(6), 2035-2054.
- Long, G. E. (1988). The larch casebearer in the intermountain northwest. In *Dynamics of Forest Insect Populations* (pp. 233-242). Springer, Boston, MA.
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S., & De Poorter, M. (2000). *100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database* (Vol. 12). Auckland: Invasive Species Specialist Group.
- Magasi L. P., & Syme, P. D. (1984). *Gilpinia hercyniae* (Hartig), European spruce sawfly (Hymenoptera: Diprionidae). In: Kelleher JS, Hulme MA, eds.

- Biological control programmes against insects and weeds in Canada 1969-1980. *Slough, UK: Commonw. Agric. Bureaux*, p. 295-297.
- Matošević, D., Lacković, N., Kos, K., Kriston, E., Melika, G., Rot, M., & Pernek, M. (2017). Success of classical biocontrol agent *Torymus sinensis* within its expanding range in Europe. *Journal of Applied Entomology*, 141(9), 758-767.
- Matošević, D., Lacković, N., Melika, G., Kos, K., Franić, I., Kriston, E., ... & Rot, M. (2015). Biological control of invasive *Dryocosmus kuriphilus* with introduced parasitoid *Torymus sinensis* in Croatia, Slovenia and Hungary. *Periodicum biologorum*, 117(4), 471-477.
- McGugan, B. M. & Coppel, H. C. (1962). Biological control of forest insects – 1910–1958. In: A Review of the Biological Control Attempts Against Insects and Weeds in Canada. *Commonwealth Agricultural Bureaux Franham Royal, UK*, pp. 35–127
- McLaughlin, G. M., & Dearden, P. K. (2019). Invasive insects: management methods explored. *Journal of Insect Science*, 19(5), 17.
- McNeill, M. R., Goldson, S. L., Proffitt, J. R., Phillips, C. B., & Addison, P. J. (2002). A description of the commercial rearing and distribution of *Microctonus hyperodae* (Hymenoptera: Braconidae) for biological control of *Listronotus bonariensis* (Kuschel)(Coleoptera: Curculionidae). *Biological Control*, 24(2), 167-175.
- Mertins, J. W., & Coppel, H. C. (1968). *The Changing Role of Exenterus Amictorius (Panzer), a Parasite of Diprion Similis (Hartig) in Wisconsin*. University of Wisconsin, College of Agriculture.
- Moriya, S., Shiga, M., & Adachi, I. (2003). Classical biological control of the chestnut gall wasp in Japan. In *Proceedings of the 1st international symposium on biological control of arthropods* (pp. 407-415). Washington: USDA Forest Service.
- Musolin, D. L., Kirichenko, N. I., Karpun, N. N., Aksenenko, E. V., Golub, V. B., Kerchev, I. A., ... & Selikhovkin, A. V. (2022). Invasive insect pests of forests and urban trees in Russia: Origin, pathways, damage, and management. *Forests*, 13(4), 521.
- Opoku, J., Kleczewski, N. M., Hamby, K. A., Herbert, D. A., Malone, S., & Mehl, H. L. (2019). Relationship between invasive Brown Marmorated Stink Bug (*Halyomorpha halys*) and fumonisin contamination of field corn in the mid-Atlantic US. *Plant disease*, 103(6), 1189-1195.
- Petit, J. N., Hoddle, M. S., Grandgirard, J., Roderick, G. K., & Davies, N. (2009). Successful spread of a biocontrol agent reveals a biosecurity failure: elucidating

- long distance invasion pathways for *Gonatocerus ashmeadi* in French Polynesia. *BioControl*, 54(4), 485-495.
- Pimentel, D., Zuniga, R., & Morrison, D. (2005). Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. *Ecological economics*, 52(3), 273-288.
- Puttler, B., Bailey, W. C., & Triapitsyn, S. (2014). Notes on distribution, host associations, and bionomics of *Erythmelus klopomor* Triapitsyn (Hymenoptera, Mymaridae), an egg parasitoid of lace bugs in Missouri, USA, with particular reference to its primary host *Corythucha arcuata* (Say) (Hemiptera, Tingida). *Journal of Entomological and Acarological Research*, 46(1), 30-34. <https://doi.org/10.4081/jear.2014.1857>
- Quacchia, A., Moriya, S., Bosio, G., Scapin, I., & Alma, A. (2008). Rearing, release and settlement prospect in Italy of *Torymus sinensis*, the biological control agent of the chestnut gall wasp *Dryocosmus kuriphilus*. *BioControl*, 53(6), 829-839.
- Rossi Stacconi, M. V., Grassi, A., Ioriatti, C., & Anfora, G. (2019). Augmentative releases of *Trichopria drosophilae* for the suppression of early season *Drosophila suzukii* populations. *BioControl*, 64(1), 9-19.
- Ryan, R. B. (1990). Evaluation of biological control: introduced parasites of larch casebearer (Lepidoptera: Coleophoridae) in Oregon. *Environmental Entomology*, 19(6), 1873-1881.
- Sands, D. P. A., Lukins, R. G., & Snowball, G. J. (1986). Agents introduced into Australia for the biological control of *Gascardia destructor* (Newstead)(Hemiptera: Coccidae). *Journal of the Australian Entomological Society*, 25(1), 51-59.
- Sands, D. P. A., Vickers, R. A., Brancatini, V., & Fahey, O. (1997). Control of breadfruit mealybug in the Pacific. *Report of Research, July*, 73.
- Seymour, J. E., & Sands, D. P. A. (1993). Green vegetable bug (*Nezara viridula* [L.]) (Hemiptera: Pentatomidae) in Australian pecans.
- Sileshi, G. W., Gebeyehu, S., & Mafongoya, P. L. (2019). The threat of alien invasive insect and mite species to food security in Africa and the need for a continent-wide response. *Food Security*, 11(4), 763-775.
- Sun JH, Lu M, Gillette NE, Wingfield MJ. Red turpentine beetle: innocuous native becomes invasive tree killer in China. *Annu Rev Entomol.* (2013) 58:293–311. doi: 10.1146/annurev-ento-120811-153624
- Smith, D. (1986). Biological control of *Ceroplastes rubens* Maskell, by the introduced parasitoid *Anicetus beneficus* Ishii and Yasumatsu. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 43(2), 101-105.

- Smith, N. J., & Smith, D. (2000). Studies on the flatid'*Jamella australiae*'Kirkaldy causing dieback in'*Pandanus tectorius*' var.'*pedunculatus*'(A. Br.) Domin on the Sunshine and Gold Coasts in southeast Queensland. *General and Applied Entomology: The Journal of the Entomological Society of New South Wales*, 29, 11-20.
- Soper, A. L., MacQuarrie, C. J., & Van Driesche, R. (2015). Introduction, establishment, and impact of *Lathrolestes thomsoni* (Hymenoptera: Ichneumonidae) for biological control of the ambermarked birch leafminer, *Profenusa thomsoni* (Hymenoptera: Tenthredinidae), in Alaska. *Biological Control*, 83, 13-19.
- Sun, J., Lu, M., Gillette, N. E., & Wingfield, M. J. (2013). Red turpentine beetle: innocuous native becomes invasive tree killer in China. *Annual Review of Entomology*, 58, 293-311.
- Uygun, N. , Ulusoy, M. R. & Satar, S. (2010). Biyolojik mücadele . Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 1 (1) , 1-14 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbmd/issue/22453/240183>
- Van Driesche, R. G., Carruthers, R. I., Center, T., Hoddle, M. S., Hough-Goldstein, J., Morin, L. & Van Klinken, R. D. (2010). Classical biological control for the protection of natural ecosystems. *Biological control*, 54, S2-S33.
- Van Driesche, R., Simberloff, D., Blossey, B., Causton, C., Hoddle, M., Marks, C. O. & Warner, K. D. (Eds.). (2016). Integrating biological control into conservation practice. John Wiley & Sons.
- Venette, R. C., & Hutchison, W. D. (2021). Invasive insect species: Global challenges, strategies & opportunities. *Frontiers in Insect Science*, 1, 650520.
- Wang, Z., Yang, Z., Zhang, Y., Wang, X., Tang, Y., Sun, Q., & Xu, Z. (2014). Biological control of *Agrilus mali* (Coleoptera: Buprestidae) by applying four species of bethylid wasp (Hymenoptera: Bethyridae) on *Malus sieversii* in Xinjiang. *Scientia Silvae Sinicae*, 50(8), 97-101.
- Webb, F.E., & Quednau, F.W. (1971). *Coleophora laricella* (Hübner), larch casebearer (Lepidoptera: Coleophoridae). In: Kelleher JS, Hulme MA, eds. Biological Control Programmes Against Insects and Weeds in Canada 1959–1968. *Tech. Comm. No. 4., Comm. Inst. Biol. Control, Comm. Agric. Bur., Slough, UK.* pp. 131–136.
- Wright, M. G. (2014). Biological control of invasive insect pests. In Integrated pest management (pp. 267-281). Academic Press.

BÖLÜM 9

BAĞ ALANLARINDA BİTKİ GELİŞİMİNDE BİTKİ PARAZİT NEMATODLARININ VE YABANCI OTLARIN BİYOLOJİK MÜCADELESİNDE RİZOBAKTERİLER

Dr. Lerzan ÖZTÜRK¹

Dr. Nur SİVRİ²

Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN³

Zir. Yük. Müh. Gürkan Güvenç AVCI⁴

Dr. Serkan CANDAR⁵

¹ Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye. lerzanzoturk@gmail.com
Orcid ID: 0000-0003-2199-6807

² Ziraat Karantina Müdürlüğü, İstanbul, Türkiye nursvr34@gmail.com Orcid ID: 0000-0003-3621-6121

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Sakarya, Türkiye.
bahadirsin@subu.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-0109-3662

⁴ Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü, Kırklareli, Türkiye
gurkanguvenc.avci@tarimorman.gov.tr Orcid ID: 0000-0002-2760-0773

⁵ Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye serkan.candar@tarimorman.gov.tr
Orcid ID: 0000-0002-2608-8691

GİRİŞ

Meyve türleri zengin besin içerikleri ile insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Bunlardan üzüm, gelişim için belirli çevre koşullarına ihtiyaç duymaması ve birçok farklı türde tüketilebilmesi nedeniyle dünyada en yaygın yetiştiriciliği yapılan meyvelerden biridir. Üzüm 14.000'den fazla çeşidi ile önemli bir kültür bitkisi, zengin mineral ve vitamin içeriği ile iyi bir besin maddesi ve üreticiler için önemli bir gelir kaynağıdır (Alleweld ve ark. 1990). Üzüm, şarap, kuru üzüm, şıra, pekmez, sirke, meyve posası gibi farklı şekillerde tüketilmekte olup, taze olarak da tüketilmektedir. Ayrıca budama artıkları yakıt ve gübre olarak kullanılmakta ve yapraklar salamura yapılarak geleneksel yemeklerin pişirilmesinde kullanılmaktadır.

Bağcılık, maksimum verim hedefiyle yapılırsa da, birçok abiyotik ve biyotik faktör bağlarda üretimi kısıtlamaktadır. Biyotik faktörler arasında nematodlar önemli bir yer tutmaktadır. Bu zararlıların mücadelesinde toprak işleme, solarizasyon, nadas gibi kültürel yöntemlerin yanı sıra kimyasal mücadele de yoğun olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemlerin yetersizliği nedeniyle dünyada nematodlar ve yabancı otlarla mücadelede alternatif yöntemlerinin geliştirilmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır. Bu alternatif mücadele yöntemlerinden biri de parazit nematod, fungus ve bakteri gibi doğal düşmanlar kullanılarak yapılan biyolojik mücadeledir. Doğal düşmanların en önemlilerden biri de rizobakterilerdir. Bu bakteriler bitki gelişimini teşvik etmenin yanı sıra nematisidal, antifungal ve antibakteriyel bileşenler üreterek hastalık ve zararlıları baskılamaktadırlar. Ayrıca Chitinase, Beta-1,3 glucanase, protease, lipase gibi enzimler sentezleyerek bitkilerde hastalık ve zararlı etmenlerine karşı uyarılmış dayanıklılığa da neden olabilmektedirler (Kloepper, 1993).

BAKTERİLERİN ASMA GELİŞİMİNE ETKİSİ

Dünya'da tarımda bitki büyüme düzenleyici olarak etkinliği belirlenmiş önemli rhizobakteriler Agrobacterium, Alcaligenes, Arthrobacter, Azotobacter, Azospirillum, Bacillus, Beijerinckia, Burkholderia, Bradyrhizobium, Clostridium, Comamonas, Enterobacter, Hydrogenophaga, Klebsiella, Lactobacillus, Paenibacillus, Pantoae, Phyllobacterium, Pseudomonas, Rhizobium, Streptomyces, Serratia, Variovovax, Xanthomonas, gibi genoslarda yer almaktadır (Altın ve Bora, 2005).

Rizobakterilerin bir kısmı fosfor gibi elementleri çözerek bitki için yararlı hale getirmekte, demirin bitkiler tarafından toprakta alınması için taşıyıcı görevi gören ve atmosferdeki serbest azotu bağlayan suda çözünür moleküller olan sideroforları üretmektedir. Bitki büyümesi ve olgunlaşması dahil olmak üzere büyümeyi uyarıcı hormonların üretimi gibi doğrudan ve dolaylı etkileri ile bitki büyümesini teşvik etmektedirler (Beneduzi ve ark., 2012).

Bazı rizobakteriler, bitki köklerinin etrafında veya kök yüzeyinde yerleşmekte ve bitki büyümesini teşvik etmektedirler (Kloepper ve Schroth, 1978). PGPR bakterileri epifit PGPR ve endofit PGPR olarak iki gruba ayrılmaktadır. Hücre dışı PGPR toprakta, bitki köklerinin dış yüzeyinde bulunurken, hücre içi bakteriler köklerde bulunmaktadır (Gray ve Smith, 2005). Epifit PGPR, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Caulobacter*, *Chromobacterium*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* ve *Serratia* cinslerini kapsamaktadır. Endofit PGPR grubu, *Rhizobiaceae* ve *Rhizobiaceae* ailelerini ve *Allorhizobium*, *Braziorhizobium*, *Braziorhizobium*, *Bradizobium* cinslerini içermektedir (Gupta ve ark., 2015).

Bacillus megaterium, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas putida* ve *Pseudomonas fluorescens* suşları ile yapılan çalışmada asma fidanlarında büyüme, sürgün uzunluğu, yaprak alanı ve ağırlığında artış sağlanmıştır (Erdoğan ve ark., 2018). Başka bir çalışmada ise *Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas rhodesiae*, *Pseudomonas floresan* bakterileri, Syrah ve Suvignon üzümünün sürgün boyunda artışa neden olmuştur (Rolli ve ark., 2017).

Azospirillum suşları da asma büyümesini teşvik etmektedir. *Azospirillum brasilense* bakterisi suşu Sp245, 420A ve 157/11 anaçlarına aşılansın Colorino üzüm çeşidinin vejetatif gelişimini teşvik etmektedir (Bartolini ve ark., 2017). Aynı bakteri zor köklenen 420A, 161-49, 157-11, SO4, 140Ru, 775P, 1103P; 101-14, 3309C gibi anaçlara aşılansın Sangiovese kalemelerinde köklenme oranını arttırmaktadır (Toffanin ve ark., 2016). 1103 P ve 41 B anaçlarında ise *Bacillus subtilis* OSU-142, *B. megatorium* M-3, *Burkholderia gladii* BA-7, ve *Azospirillum brasilense* Sp 245 vejetatif gelişimi arttırmaktadır. *Burkholderia* spp. strain IF25'de asmada köklenmeyi teşvik etmektedir (Muganu ve ark., 2015).

PGPR, asma yapraklarındaki makro-mikro besin konsantrasyonunu ve klorofil içeriğini arttırmaktadır (Flores-Gallegos vd., 2019). *A. brasilense* Sp 245 yaprakta klorofil miktarını yükseltirken *B. subtilis* OSU-142 kökten mineral madde alımını iyileştirmektedir. (Sabır ve ark., 2012).

Bununla birlikte, *Pseudomonas fluorescens* Rt6M10 ve *Bacillus licheniformis* Rt4M10 absisik asit, indol-3-asetik asit ve giberellinler (A1, A3) üretmektedir. Örneğin kontrol ile karşılaştırıldığında asma fidanlarında, *B. licheniformis* ve *P. fluorescens* bakterisi uygulamasından 45 gün sonra 76 ve 40 kat daha yüksek absisik asit oranı tespit edilmiştir. (Salomon ve ark., 2017). *Micrococcus luteus* bakterisinin suşları ise, asmalarda arsenik birikimini azaltmış ve bu elementin zararlı etkilerine karşı direnç oluşturmuştur (Pinter ve ark., 2018).

Bitki gelişim düzenleyici rizobakteriler asmaların soğuğa, kuraklığa ve tuz stresine karşı toleransını da arttırmaktadır. Örneğin, *Burkholderia phytofirmans*, soğuğa karşı direnci artırarak asmada don zararını önlemektedir (Ait Barka ve ark., 2016).

PGPR ACC deaminaz benzeri enzim sentezine de etki etmektedir. Sentezledikleri 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase bitkilerde etilen seviyesinde azalmaya neden olarak kuraklık durumunda etilen yüksekliğinden dolayı bitkide meydana gelebilecek stresi engellemektedir. *Pseudomonas corrugata* (DR3) ve *Enterobacter soli* (DR6) gibi bakteriler bu yolla asma bitkisinde kuraklık zararını en aza indirmektedir. Bu PGPR'ler ile aşılama düşük etilen seviyeleri kök gelişimini teşvik etmekte, uygulama aynı zamanda toprak ve bitki yapraklarındaki nitrojen ve fosfor seviyelerini de arttırmaktadır. Ayrıca, bitki boyu, sürgün ve kök ağırlığı, nispi nem ve net fotosentetik yaprak alanını önemli ölçüde artırarak, asmaların kuraklıkla daha iyi başa çıkmasını sağlamaktadır. Kuraklık stresi altındaki asmalarda IAA, absisik asit ve malondialdehit seviyeleri önemli ölçüde yükselmektedir (.

Rizobakteriler ağır metallerin yoğun olduğu ortamlarda bitkilerde bu elementlere karşı toleransı artırarak bitkinin stabilitesi, stomatal iletkenlik, kök ve sürgün gelişimi üzerine olumsuz etkilerini minimuma indirmektedir. *Arthrobacter*, *Citrobacter*, *Enterobacter* ve *Pseudomonas* cinslerine ait bakteriler metalleri bağlama ve saflaştırmada etkili olmaktadır. *Arthrobacter* bakterisi uygulanarak yapılan çalışmada Alphonse lavallee üzüm çeşidinde ağır metal stresinin minimuma indiği belirtilmektedir (Çetin ve Daler, 2020).

PGPR aynı zamanda patojenlere karşı sistemik dayanıklılık oluşmasına da yol açmaktadırlar. *B. subtilis* PTA271, *Burkholderia phytofirmans* PsJN, *P. fluorescens* PTA271, *Bacillus amyloliquefaciens* subsp. *plantarum*, *Pantoea agglomerans* PTAAF2, *Serratia liquefaciens* ve *Burkholderia* suşları BE17 ve BE24, asmada gri küf *Botrytis cinerea*'nın gelişimini engellemekte ve aynı zamanda asmada patojene karşı dayanıklılığı uyarmaktadır (Aziz ve ark., 2016; Esmaeel ve ark., 2020). *Burkholderia phytofirmans* PsJN bakterisi, Pierce hastalığına neden olan başka bir patojen *Xylella fastidiosa*'nın hastalık şiddetini azaltmaktadır (Baccari ve ark., 2018). *B. subtilis* asmada geriye ölüm hastalığı patojeni *Eutypa lata*'yı, *Bacillus pumilus* B-30087 bakteri suşu ise külleme etmeni *Uncinula necator*'ı baskılamaktadır (Zanzotto ve Morrini, 2016). *Bacillus subtilis* (Bs168, Bs2500, Bs2504 ve Bs2508) ve *Pseudomonas putida*'nın BTP1 ırkı 41B ve 140 Ruggeri anaçlarına aşılı yerel üzüm çeşidinde kök flokserası gelişimini engellemiştir (Adam ve ark., 2013).

RİZOBAKTERİLER İLE BİTKİ PARAZİTİ

NEMATODLARIN MÜCADELESİ

Acinetobacter, Actinomycetes, Agrobacterium, Arthrobacter, Aureobacterium, Alcaligenes, Azotobacter, Azospirillum, Bacillus, Beijerinckia, Brevibacillus, Brevundimonas, Burkholderia, Bradyrhizobium, Chromobacterium, Clostridium, Clavibacter, Comamonas, Curtobacterium, Corynebacterium, Deaforobacterium, Desulfuribitio, Enterobacter, Flavobacterium, Gluconobacter, Klebsiella, Lysobacter, Methylobacterium, Microbacterium, Micrococcus, Mycobacterium, Paenibacillus, Phingobacterium, Phyllobacterium, Photorhabdus, Pseudomonas, Rhizobium, Sarcina, Serratia, Sinorhizobium, Streptomyces, Stenotrophomonas, Xenorhabdus ve Variovorax cinslerine ait bakteriler nematodlarla antagonistik olarak etkileşime girip etki göstermektedir (Tian et al., 2007).

Rizobakteriler, bitki paraziti nematodlarını farklı yöntemlerle inhibe etmektedir. Doğrudan Bakteriler çeşitli enzimler, toksik kristal proteinler ve uçucu bileşikler sentezleyerek nematodlara etki etmektedir. *Bacillus thuringiensis* bakterisi Cry5, Cry6, Cry12, Cry13, Cry14, Cry21, ve Cry55 nematit etkili kristal bileşenlerini üreterek nematodları baskılamaktadır (Gamalero ve Glick, 2020). Bununla birlikte nematodlarla besinler için rekabet etmektedirler. 1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit (ACC) deaminaz

ekspresyonu ile bitki toleransının artırılması, bitkilerde etilen seviyesinin düşürülmesi dolaylı mekanizmalar arasında yer almaktadır. Bakterilerin çoğu, nematodların yumurtadan çıkışını, larva gelişimini, dişi nematodların üreme kısmı olumsuz yönde etkileyen bazı toksik bileşenler üretir ve nematod ölümlerine neden olabilmektedir. *Pseudomonas* gibi bazı bakteri türleri pyrocyanin, pyrrolnitrin, 2-4-diasetilfloroglucinol gibi sekonder metabolitler üretmekte, *Corynebacterium* gibi türler kitinaz, peroksidaz, fenilalanin, amonyum lizat, dehidrojen lifaz, β -glukanaz, proteaz gibi enzimler üretmekte nematod gelişimini ve üremesini engellemektedirler.

Streptomyces albireticuli gibi bazı bakteriler nematodun içinde kolonize olarak nematodu hareketsiz hale getirmektedir. *Pseudomonas fluorescens* de dahil olmak üzere birçok tür ise antibiyotik üreterek nematodları bitkinin kök bölgesine doğru harekete doğru cezbeden kök salgılarının yapısını değiştirmektedir. Yine bakteriler tarafından salınan bazı bileşenler nematodların üreme gücünü de etkilemektedir. *Pseudomonas fluorescens* bakterileri tarafından üretilen antibiyotik 2,4-diasetilfloroglucinol (DAPG), kök ur (*Meloidogyne* spp.) ve kist (*Heterodera* spp.) nematodlarına karşı umut verici sonuçlar vermektedir (Timper ve ark., 2009).

Rizobakteriler entoparazitik nematodlara da etkili olarak bildirilmektedir. İn-vitro koşullarda Thomson seedless üzüm çeşidi ile yürütülen çalışmalarda *Bacillus megaterium*, *B. brevis*, *Pseudomonas corrugata*, *P. savastanoi*, *Stenotrophomonas maltophilia* ve *Serratia plymuthica* bakterileri *Xiphinema index* popülasyonunu baskılamakta ve asma kökünde nematod zararında azalma meydana gelmektedir (Aballay ve ark., 2011). *Bacillus amyloliquefaciens* FR203A, *B. megaterium* FB133M, *B. thuringiensis* FS213P, *B. thuringiensis* FB833T, *B. weihenstephanensis* FB25M, *B. frigiditolerans* FB37BR, and *Pseudomonas fluorescens* FP805PU suşları da asma bitkisinde *Meloidogyne ethiophica* ve *X.index* nematodlarının zararını ve popülasyonunu azaltmaktadır (Aballay ve ark., 2020).

Bununla birlikte, bitki büyümesini düzenleyici kök bakterilerinin spesifik suşları, bitkilerde pasif savunma mekanizmalarını aktif hale getirerek Uyarılmış Sistemik Dayanıklılığa (ISR) neden olmaktadır (Mhatre ve ark., 2018).

Günümüze kadar dünya genelinde bakterilerin nematodlara etkisi üzerine birçok çalışma yapılmış ve bitki paraziti nematodlara etkili bulunan bakteri türleri Tablo 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Bağ alanlarında zarar yapabilen bazı nematod türlerine karşı etkili bulunan rizobakteriler

NEMATOD TÜRÜ	BAKTERİYEL ETMEN	REFERANS
<i>Meloidogyne javanica</i> ; <i>Radophulus similis</i> ;	<i>Streptomyces marcescens</i>	Suryawanshi ve ark., 2014
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Paenibacillus lenitiorbus</i>	Son ve ark., 2009
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Pseudomonas alcaligenes</i>	Siddiqui ve ark., 2009
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Rhizobium etli</i>	Reimann ve ark., 2008
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Bacillus tequilensis</i>	Tiwari ve ark., 2017
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Bacillus flexus</i>	Tiwari ve ark., 2017
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Paenibacillus polymyxa</i>	El-Hadad ve ark.,2011
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Lysinibacillus sphaericus</i>	Gazieia ve ark., 2021
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Streptomyces avermitilis</i>	Luo ve ark., 2018
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Lysobacter capsici</i>	Lee ve ark., 2015
<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Pseudomonas polymyxa</i>	Sohrabi ve ark., 2018
<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Rotylenchus reniformis</i>	<i>Bacillus firmus</i>	Castillo ve ark., 2013
<i>Meloidogyne exiqua</i>	<i>Paenibacillus macerans</i>	Oliviera ve ark., 2009
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Bacillus circulans</i>	El-Hadad ve ark.,2011
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Almaghrabi ve ark., 2013
<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Pratylenchus coffeae</i> , <i>Helicotylenchus multicitinctus</i> , <i>Radophulus similis</i> , <i>Rotylenchus reniformis</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	Jonathan ve Umamaheshwari, 2006; Priya, 2015
<i>Mesocricnema xenoplax</i>	<i>Pseudomonas aerofaciens</i>	Westcott ve Kluepfel, 1993

<i>Meloidogyne incognita, Meloidogyne javanica</i>	<i>Azotobacter chroococcum</i>	Bansal ve Verma, 2002; Chahal ve Chahal, 2003
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Pseudomonas stutzeri</i>	Seenivasan ve ark., 2001
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Bacillus mycoides</i>	Mekete ve ark., 2009
<i>Meloidogyne incognita: Meloidogyne arenaria; Meloidogyne javanica</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Hammer ve ark., 1997; Timper ve ark., 2009
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ali ve ark., 2002
<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Pseudomonas oryzaehabitans</i>	Leontopoulos ve ark., 2011
<i>Meloidogyne incognita, Meloidogyne javanica</i>	<i>Bacillus cereus</i>	Nagesh ve ark., 2005; Oka ve ark., 1993
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	Behzadi ve ark., 2014
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	Behzadi ve ark., 2014
<i>Meloidogyne arenaria; Meloidogyne incognita</i>	<i>Bacillus pumilus</i>	Lee ve Kim, 2011; Mekete ve ark., 2009
<i>Meloidogyne javanica; Meloidogyne incognita</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Racke ve Sikora, 1992; Zukermann ve ark., 1993
<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Pseudomonas pyrocinia</i>	Hammer ve ark., 1997
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Blumer and Haas, 2000
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Achromobacter xylosoxidans</i>	Ramadan ve Soliman, 2021
<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Pseudomonas striata</i>	Sohrabi ve ark., 2018
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Burkholderia cepacia</i>	Meyer ve ark., 2001

<i>Pratylenchus coffeae</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	Halimah ve ark., 2016
<i>Tylenchulus semipenetrans</i> , <i>Helicotylenchus multincinctus</i>	<i>Pseudomonas florescens</i>	Selvaraj ve ark., 2014; Montasser ve ark., 2012
<i>Meloidogyne incognita</i> : <i>Meloidogyne arenaria</i> ; <i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Pseudomonas florescens</i>	Hammer ve ark., 1997; Timper ve ark., 2009
<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ali ve ark.,2002
<i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Pseudomonas oryzae</i>	Leontopoulos ve ark., 2011
<i>Meloidogyne incognita</i> , <i>Meloidogyne javanica</i>	<i>Bacillus cereus</i>	Nagesh ve ark., 2005; Oka ve ark., 1993

YABANCI OT MÜCADELESİNDE BİTKİ BÜYÜME DÜZENLEYİCİ BAKTERİLER

Yabancı otlar ile mücadelede rizobakterilerin etkinliği ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve birçok bakteri cinsinde herbisidal aktivite tespit edilmiştir. Bu cinslerden *Pseudomonas* ve *Xanthomonas* fazla sayıda türü ile öne çıkmaktadır. Yabancı otlara etkili bulunan bu bakteri türlerinin bazıları hem yabancı ota etki edip kültür bitkisi gelişimini teşvik etmekte, bazıları yabancı ot gelişimini de teşvik etmekte, bazıları ise sadece yabancı otları baskılayıp bitkilere olumsuz etki göstermektedir (Mustafa ve ark., 2019). Bakterilerin yabancı otlar üzerindeki etki mekanizması bitki gelişimini inhibe edici sekonder metabolitler, fitotoksinler ile antibiyotikler üretmek ve siderofor oluşturmaktır. Genellikle kök etrafında kolonize olan *Pseudomonas* bakteri türlerinin büyük çoğunluğu ve bazı *Bacillus* türleri ise bitki kök gelişimini engelleyen ve kök metabolizmasını olumsuz etkileyen hydrogen cyanide toksik bileşenini üretmektedirler. (Kennedy ve ark., 2001; Mustafa ve ark., 2019).

Farklı *Pseudomonas* türleri de siderofor ya da antibiyotik üretmektedir (Mustafa ve ark., 2019). Bir başka bakteri *Serratia plymurtica* ise *Chenopodium album*, *Stellaria media*, *Polygonum convolvulus*, and *Galeopsis speciosa* yabancı otlarına etkili bulunmuştur (Weissmann ve ark., 2003).

Buna karşın rizobakterilerden *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megatherium*, *Bacillus circulans* ve *Bacillus pumilus* ise *Iva xanthifolia* Nutt., *Amaranthus retroflexus* L., *Sorghum halepense* L. (Pers.) ve *Ambrosia artemisiifolia* L. tohum çimlenmesini teşvik etmektedirler (Vrbničanin ve ark., 2008). Özellikle *Bacillus* türleri bitki gelişimini artırıcı gibberalin ve İndol-3-asetik asit gibi bileşenler üretmektedirler (Guttierez-Manero ve ark., 2001). *Bacillus subtilis* bakteri türü ile yapılan çalışmalarda ise *Cuscuta campestris* Yunck ve *Abutilon theophrasti* yabancı otlarının tohum çimlenme oranında gözle görülür düşüş yaşanırken, *Datura stramonium* ve *Onopordum acanthium* bitkilerinde ise çimlenmede artış görülmüştür. *Bacillus licheniformis* bakterisi ise *O. acanthium* tohum çimlenmesini uyarırken, *D. stramonium* ve *A. theophrasti*'ye olumsuz etki göstermiştir (Bozic ve ark., 2014). *Bacillus licheniformis*, *B. pumilus*, *B. amyloliquefaciens*, *B. megatherium*, *A. chroococcum* ve *P. fluorescens* bakterilerinin *Cuscuta campestris* Yunck parazitik bitkisinin tohum çimlenmesine etkisinin belirlendiği çalışmada *B.*

amyloliquefaciens, *B. megatherium* ve *P. fluorescens* çimlenmeyi sırasıyla %15, % 65, % 52 engellerken, *Bacillus licheniformis*, *B. pumilus* ve *A. chroococcum* ise çimlenmeyi % 3, %3 ve % 13 arttırmıştır.

Çizelge 2. Bağ alanlarında yaygın bazı yabancı ot türlerine karşı etkili bulunan rizobakteriler

YABANCI OT TÜRÜ	RİZOBAKTERİ	BİTKİDE ETKİSİ	REFERANS
<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Streptomyces chromofuscus</i> <i>Streptomyces hygroscopicus</i>	Bitki gelişiminin engellenmesi	Nakajima et al., 1991; Isaac et al., 1991
<i>Echinochloa crus-galli</i> <i>Eleusine indica</i> <i>Glyceria striata</i>	<i>Streptomyces saganonensis</i>	Fotosentezin engellenmesi	Saxena ve Pandey, 2001
<i>Cuscuta monogyna</i>	<i>Bacillus pumilus</i>	Tohum çimlenmesinin engellenmesi	Hadizadeh et al., 2014
<i>Xanthium strumarium</i> <i>Conyza canadensis</i>	<i>Xanthomonas campestris</i>	Sürgün ve kök gelişiminin engellenmesi	Boyette ve Hoagland 2013; Boyette ve Hoagland, 2015
<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Pseudomonas aerofaciens</i>	Sürgün ve kök gelişiminin engellenmesi	Li ve Kremer, 2006
<i>Asparagus officinalis</i> <i>Bromus japonicus</i> <i>Bromus tectorum</i> <i>Aegilops cylindrica</i>	<i>Pseudomonas putida</i>	Sürgün ve kök gelişiminin engellenmesi, fitotoksite	Yoshikowa et al., 1993; Harris ve Stahman, 1996; Stubbs ve Kennedy, 2012
<i>Chenopodium album</i>	<i>Pseudomonas syringae</i> <i>Pseudomonas alcaligenes</i>	Tohum çimlenmesinin engellenmesi	Abbas et al., 2017
<i>Amaranthus retroflexus</i> <i>Echinochloa crus-galli</i> <i>Xanthium strumarium</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Sürgün ve kök gelişiminin engellenmesi	Li ve Kremer, 2006

<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Burkholderia cepacia</i>	Sürgün ve kök gelişiminin engellenmesi	Li ve Kremer, 2006
<i>Convolvulus arvensis</i>	<i>Chromobacterium violaceum</i>	Sürgün ve kök gelişiminin engellenmesi	Li ve Kremer, 2006
<i>Cuscuta monogyna</i>	<i>Bacillus megaterium</i>	Tohum çimlenmesinin engellenmesi	Hadizadeh et al., 2014
<i>Cuscuta campestris Yunck</i>			
<i>Cuscuta europaea</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>	Tohum çimlenmesinin engellenmesi	Hadizadeh et al., 2014
<i>Euphorbia esula</i>			
<i>Raphanus raphanistrum</i>			
<i>Bromus tectorum</i>			
<i>Amaranthus retroflexus</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Fitotoksite, kök gelişiminin engellenmesi, kök yaş ve kuur ağırlığında azalma	Brinkman et al., 1999; Diagle et al., 2002; Li ve Kremer, 2006; Ibekwe, Stubbs ve Kennedy, 2012
<i>Echinochloa crus-galli</i>			
<i>Setaria viridis</i>			
<i>Convolvulus arvensis</i>			
<i>Chenopodium album</i>			
<i>Amaranthus spinosus Portulaca oleraceae</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Yabancı ot gelişiminin engellenmesi	Abbas et al., 2017
<i>Convolvulus arvensis</i>			
<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Chryseomonas luteola</i>	Sürgün ve kök gelişiminin engellenmesi	Li ve Kremer, 2006
<i>Convolvulus arvensis</i>			

<i>Setaria viridis</i>				
<i>Convolvulus arvensis</i> <i>Bromus japonicus</i> <i>Bromus tectorum</i> <i>Aegilops cylindrica</i>	<i>Enterobacter taylorae</i>	Fitotoksite, sürgün ağırlığında azalma	Sarwar et al., 1995; Harris ve Stahman, 1991	
<i>Amaranthus hybridus</i> <i>Sorghum halepense</i>	<i>Bacillus subtilis</i>	Kök gelişiminin engellenmesi, kök yaş ve kuur ağırlığında azalma	Martinez-Mendoza et al., 2017; El-Dabaa et al., 2020	
<i>Echinochloa crus-galli</i> <i>Portulaca oleracea</i>	<i>Enterobacter</i> spp.	Tohum çimlenmesinin engellenmesi	Mazolla et al., 1995	

SONUÇ

Bağ alanlarında bitki paraziti nematodlar ve yabancı otlar, asma gelişimini olumsuz etkileyen iki önemli organizmadır. Bakteriler gibi biyolojik mücadele etmenleri geniş bağ alanlarında bu zararlı organizmaları baskılamada başarı sağlamaktadır. Bakteriler toprağa uygulandıktan sonra uygun toprak koşullarında çoğalmakta ve etkinliğini yıllarca koruyabilmektedir. Bu sayede nematod ve yabancı ot gibi zararlılar düşük maliyetle, çevreye ve diğer canlılara zarar vermeden, daha az işçilikle baskılanabilmektedir. Bu şekilde bakteriler kullanılarak mevcut toprak yapısı da iyileştirilerek bitki büyümesi de desteklenebilir. Kimyasalların kullanımının çevreye verdiği zararlar göz önünde bulundurulduğunda uzun süre kullanılacak bu yöntemlerle iyi bir entegre mücadele stratejisi planlanabilecektir. Bu planlamanın hem çevresel hem de ekonomik açıdan önemli katkılar sağlayacağı yadsınamaz bir gerçektir.

KAYNAKÇA

- Aballay, E., Prodan, S., Correa, P., Allende, J. (2020). Assessment of rhizobacterial consortia to manage plant parasitic nematodes of grapevine. *Crop Protect.* 131:105103. doi: 10.1016/j.cropro.2020.105103.
- Aballay, E., Martensson, A., Persson, P. (2011). Screening of rhizosphere bacteria from grapevine for their suppressive effect on *Xiphinema index* Thorne & Allen on in vitro grape plants. *Plant and Soil.* 347. 313-325. 10.1007/s11104-011-0851-6
- Abbas, T., Zahir, Z. A., Naveed, M., Aslam, Z. (2017). Biological control of broad leaved dock infestation in wheat using plant antagonistic bacteria under field conditions. *Environmental Science and Pollution Research.* 2017;24(17):14934-11494
- Adam, A., Makee H., Idris, I (2013). The influence of a non-pathogenic pseudomonas patida strain BTP1 on reproductive and development of grape phylloxera. *Advances in Horticultural Science* 26. 10.13128/ahs-12740.
- Ait Barka, E., Nowak, J., and Clement, C. (2006). Enhancement of chilling resistance of inoculated grapevine plantlets with a plant growth-promoting rhizobacterium, *Burkholderia phytofirmans* strain PsJN. *Appl. Environ. Microbiol* 72: 7246–7252. doi: 10.1128/AEM.01047-06
- Ali, N. I., Siddiqui, I. A., Shaukat, S. S., Zaki, M. J. (2002). Nematicidal activity of some strains of *Pseudomonas* spp. *Soil Biol Biochem* 34:1051–1058.
- Alleweldt, G., Spiegel-Roy, P., Reisch, B. (1990). Grapes (*Vitis*). In: J. N. Moore And J. R. Ballington (Eds.): Genetic resources of temperate fruit and nut crops. *Acta Hort* 290: 291-337.
- Almaghrabi, O. A., Massoud, S. I., Abdelmoneim, T. S. (2013). Influence of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on tomato plant growth and nematode reproduction under greenhouse conditions. *Saudi Journal of Biological Sciences* 20(1): 57-61.
- Aziz, A., Verhagen, B., Magnin-Robert, M. et al (2016). Effectiveness of beneficial bacteria to promote systemic resistance of grapevine to gray mold as related to phytoalexin production in vineyards. *Plant Soil* 405: 141–153 <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2783-z>
- Baccari, C., Antonova, E., Lindow, S. (2018). Biological control of Pierce's disease of grape by an endophytic bacterium. *Phytopathology* 109.
- Bansal, R. K. and Verma, V. K. (2002). Antagonistic efficacy of *Azotobacter chroococcum* against *Meloidogyne javanica* infecting brinjal. *Indian J. Nematol* 32: 132-134.

- Bartolini, S., Carrozza, G. P., Scalabrelli, G., Toffanin, A. (2017). Effectiveness of *Azospirillum brasilense* Sp245 on young plants of *Vitis vinifera* L. *Open Life Sci* 12: 365–372.
- Behzadi Amin, R., Kargar Bideh, A., Taghavi, S. M. (2014). Evaluation of rhizobacteria effects on the activity of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* under greenhouse and laboratory conditions. *Iran J Plant Pathol* 50(1):53–68.
- Beneduzi, A., Ambrosini, A., Passaglia, L. M. (2012). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. *Genet Mol Biol* 35(4 (suppl)):1044-51. doi: 10.1590/s1415-47572012000600020.
- Blumer, C., Haas, D. (2000). Mechanism, regulation, and ecological role of bacterial cyanide biosynthesis. *Archives of Microbiology*. 173. 170-177. 10.1007/s002039900127.
- Boyette, C. D., Hoagland, R. E. (2013). Bioherbicidal potential of a strain of *Xanthomonas* spp. for control of common cocklebur (*Xanthium strumarium*). *Biocontrol Sci Techn* 23:183–96.
- Boyette, C. D., Hoagland, R. E. (2015). Bioherbicidal potential of *Xanthomonas campestris* for controlling *Conyza canadensis*. *Biocontrol Sci Techn* 25:229–37.
- Bozic, D., Jovanovic, L., Raicevic, V., Pavlovic, D., Saric-Krsmanovic, M., Vrbnicanin, S., (2014). The effect of plant growth promoting rhizobacteria on *Datura stramonium* L., *Abutilon theophrasti* Med., *Onopordon acanthium* L. and *Verbascum thapsus* L. seed germination. *Pesticidi i fitomedicina* 29: 205-212. 10.2298/PIF1403205B.
- Brinkman, M. A., Clay, S. A., Kremer, R. J. (1999). Influence of deleterious rhizobacteria on leafy spurge (*Euphorbia esula*) roots. *Weed Technology* 13:835-839
- Castillo, J., Lawrence, K., Kloepper, J. (2013). Biocontrol of the reniform Nematode by *Bacillus firmus* GB-126 and *Paecilomyces lilacinus* 251 on Cotton. *Plant Disease* 97: 967-976. 10.1094/PDIS-10-12-0978-RE.
- Chahal, P. P. K., Chahal, V. P. S. (1988). Biological control of root-knot nematode in brinjal (*Solanum melongena* L.) with *Azotobacter chroococcum*. Proceedings of the US–Pakistan *International Workshop on Plant Nematology*.
- Çetin, S. E. and Daler, S. (2020). “PGPR improves the tolerance on *Vitis vinifera* cv. Alphonse Lavalley grown under lead stress”. *Acta Scientific Microbiology*. 3.4. 202-208.

- Daigle, D., Connick, W., Boyetchko, S. (2002). Formulating a weed-suppressive bacterium in “Pesta”. *Weed Technology* 16(2): 407-413. doi:10.1614/0890-037X(2002)016[0407:FAWSBI]2.0.CO;2
- Duan, B., Li, L., Chen, G., Su-Zhou, C., Li, Y., Merkeryan, H., Liu, W. and Liu, X. (2021). 1-Aminocyclopropane-1-Carboxylate Deaminase-Producing Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Improve Drought Stress Tolerance in Grapevine (*Vitis vinifera* L.). *Front. Plant Sci.* 12:706990. doi: 10.3389/fpls.2021.706990
- El-Hadad, M. E., Mustafa, M. I., Selim, M., El-Tayeb, T. S., Mahgoob, A. E., Abdel Aziz, N. H. (2011). The nematicidal effect of some bacterial biofertilizers on *Meloidogyne incognita* in sandy soil. *Braz J Microbiol*: 42(1):105-13. doi: 10.1590/S1517-83822011000100014.
- Erdogan, U., Turan, M., Ates, F., Kotan, R., Çakmakçi, R., Erdogan, Y., Kıtır, N., Tüfenkçi Ş. (2018). Effects of root plant growth promoting rhizobacteria inoculations on the growth and nutrient content of grapevine. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 49:14, 1731-1738, DOI: 10.1080/00103624.2018.1474910.1080/00103624.2018.1474910
- Esmael, Q., Jacquard, C., Sanchez, L. et al (2020). The mode of action of plant associated Burkholderia against grey mould disease in grapevine revealed through traits and genomic analyses. *Sci Rep.* 10, 19393 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76483-7>
- Gamalero, E, Glick, B. R. (2020). The use of plant growth-promoting bacteria to prevent nematode damage to plants. *Biology* 9.
- Gray, E. J., Smith, D. L. (2005). Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant–bacterium signaling processes. *Soil Biology and Biochemistry* 37(3): 395–412. doi:10.1016/j.soilbio.2004.08.03
- Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N. K., Snehi, S. K., Singh, V. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Current and future prospects for development of sustainable agriculture. *J Microb Biochem Technol* 7: 096-102.
- Gutierrez-Manero, F. J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouchi, J. Tadeo, F. R., Talon, M. (2001). The plant-growth-promoting rhizobacteria *Bacillus pumilis* and *Bacillus licheniformis*461 produce high amounts of physiologically active gibberellins. *Physiol Plant* 111:206–211.
- Halimah, D., Munif, A., Giyanto, G. (2016). The potential of *Ochrobactrum intermedium* - C939A31, *Klebsiella oxytoca* - C939A32, *Bacillus subtilis* - I308A32 isolated from coffee plant for controlling root lesion nematode *Pratylenchus coffeae*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia* 12: 62-68. 10.14692/jfi.12.2.62.

- Hammer, P., Hill, D., Lam, S., Van Pee, K., Ligon, J. (1997). Four genes from *Pseudomonas fluorescens* that encode the biosynthesis of pyrrolnitrin. *Appl. Environ. Microbiol* 63: 2147-2154.
- Harris, P. A. and P. W Stahlman (1991). Biocontrol of *Bromus* and *Aegilops* spp. in winter wheat using deleterious rhizobacteria. *Agron. Abstr* 55:266.
- Ibekwe, A. M, Kennedy, A.C., Stubbs, T. L. (2010). An assessment of environmental conditions for control of downy brome by *Pseudomonas fluorescens* D7. *Int J Environ Technol Manag* 12: 27–46.
- Issac, B. G., Ayer, S. W., Letendre, L. J., Stonard, R. J. (1991) Herbicidal nucleosides from microbial sources. *J Antibiot* 44:729–732
- Jonathan, EI., Umamaheswari, R. (2006). Biomanagement of nematodes infesting banana by bacterial Endophytes (*Bacillus subtilis*). *Ind. J. Nematol* 36: 213-216.
- Kennedy, A. C., Elliott, L. F., Young, F. L., Douglas, C. L. (1991). Rhizobacteria suppressive to the weed downy brome (*Bromus tectorum* L.). *Soil Science Society of America Journal* 55:722-727
- Kloepper, J. W. (1993). Plant growth-promoting rhizobacteria as biological control agents. In: *Metting B (ed) Soil microbial technologies*. Marcel Dekker, New York, USA, pp 255–274
- Li, J., Kremer, R. J. (2006). Growth response of weed and crop seedlings to deleterious rhizobacteria. *Biological Control* 39:58-65
- Lee, Y., and Kim, K. (2015). Antagonistic potential of *Bacillus pumilus* L1 against root-knot nematode, *Meloidogyne arenaria*. *Journal of Phytopathology* 164. 10.1111/jph.12421.
- Leontopoulos, S., Gowen, S., Topalidou, E., Vagelas, I., Gravanis, F. (2011). *Pseudomonas oryzihabitans* suppresses damage caused by root-knot nematode *Meloidogyne javanica* on tomato. *Journal of Agricultural Science and Technology* 5: 502-507.
- Luo, T., Hou, S., Yang, L., Qi, G., Zhao, X. (2018). Nematodes avoid and are killed by *Bacillus mycoides*-produced styrene. *J. Invertebr. Pathol*
- Lee, Y. S., Naning, K. W., Nguyen, X. H., Kim, S. B., Moon, J. H., Kim, K. Y. (2014). Ovicidal activity of lactic acid produced by *Lysobacter capsici* YS1215 on eggs of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Journal of Microbiology and Biotechnology* <https://doi.org/10.4014/jmb.1405.05014>
- Martínez-Mendoza, E., Mena, H., Mendez, C., Oyoque-Salcedo, G., Cortez-Madrigal, H., Portugal, V., Angoa, M. (2012). Effects of *Bacillus subtilis* extracts on weed seed germination of *Sorghum halepense* and *Amaranthus hybridus*. *African Journal of Microbiology Research* 6: 1887-1892. 10.5897/AJMR11.554.

- Mazzola, M., Stahlman, P. W., Leach, J. E. (1995). Application method affects the distribution and efficacy of rhizobacteria suppressive of Downy Brome (*Bromus tectorum*). *Soil Biol. Biochem* 27: 1271-1278.
- Mekete, T., Hallman, J., Kiewnick, S., Sikora, R. (2009). Endophytic bacteria from Ethiopian coffee plants and their potential to antagonize *Meloidogyne incognita*. *Nematology* 11(1):117–127
- Meyer S., Roberts, D., Chitwood, D., Carta, L., Lumsden, R., Mao, W. (2001). Application of *Burkholderia cepacia* and *Trichoderma virens*, alone and in combinations, against *Meloidogyne incognita* on Bell pepper. *Nematropica* 31.
- Mhatre, P. H., Karthik, C, Kadirvel, K., Divya, K. L., Venkatasalam, E. P., Srinivasan, S et al., (2018). Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): a potential alternative tool for nematodes biocontrol. *Biocatal Agric Biotechnol* 119–128
- Montasser, S. A., El-Wahab, A. E., Abd-Elgawad, M., Abd-El-Khair, H., Faika, F. H. K., Hammam, M. M. A. (2012). Effects of some fungi and bacteria as biocontrol agents against citrus nematode tylenchulus semipenetrans cobb. *Journal of Applied Sciences Research* 8: 5436-5444.
- Nagesh, M., Asokan, R., Mohan, K. S. (2005) Partial characterization of novel nematocidal toxins from *Bacillus cereus* Frankland 1887 and their effect on root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. *J Biol Control* 19(1):65–69.
- Nakajima, M., Itoi K, Takamatsu, Y., Kinoshita, T., Okazaki, T., Kawakubo, K. et al (1991). Hydantocidin: A new compound with herbicidal activity from *Streptomyces hygroscopicus*. *The Journal of Antibiotics* 44:293-300
- Oka, Y, Ilan, C, Yitzhak S (1993). Control of the root knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Bacillus cereus*, *Biocontrol Science and Technology* 3:2, 115-126.
- Oliveira, D., P. de Carvalho, Hudson, W., Nunes, A., Silva, G., Campos, V., Júnior, H., Cavalheiro, A. (2009). The activity of amino acids produced by *Paenibacillus macerans* from commercial sources against the root-knot nematode *Meloidogyne exigua*. *European Journal of Plant Pathology* 124: 57-63. 10.1007/s10658-008-9392-0.
- Pinter Funes, M. I., Salomon, M. V., Berli, F., Gil, R., Bottini, R., Piccoli, P. (2018). Plant growth promoting rhizobacteria alleviate stress by AsIII in grapevine. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 267: 100–108. doi:10.1016/j.agee.2018.08.015
- Racke, J. and Sikora, R. A. (1992). Isolation, formulation and antagonistic activity of rhizobacteria toward the potato cyst nematode *Globodera pallida*. *Soil Biol Biochem* 24:521–526.

- Radhakrishnan, R., Park, J. M., Lee, I. J. (2016). *Enterobacter* sp. I-3, a bio-herbicide inhibits gibberellins biosynthetic pathway and regulates abscisic acid and amino acids synthesis to control plant growth. *Microbiol Res* 193:132-139.
- Ramadan, W., Soliman, G. (2021). Effect of different applications of bio-agent *Achromobacter xylosoxidans* against *Meloidogyne incognita* and gene expression in infected eggplant. *Jordan Jordan Journal of Biological Sciences* 363-370.
- Reimann, S., Hauschild, R., Hildebrandt, U. et al. 2008. Interrelationships between *Rhizobium etli* G12 and *Glomus intraradices* and multitrophic effects in the biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on tomato. *J Plant Dis Prot.* 115, 108–113. <https://doi.org/10.1007/BF03356249>
- Rolli, E., Marasco, R., Saderi, S. et al. (2017). Root-associated bacteria promote grapevine growth: from the laboratory to the field. *Plant Soil* 410: 369–382 <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3019-6>
- Sabir, A., Yazici, M. A., Kara, Z., Sahin, F. (2012). Growth and mineral acquisition response of grapevine rootstocks (*Vitis* spp.) to inoculation with different strains of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *J. Sci. Food Agric* 92: 2148–2153. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5600>.
- Salomon, M. V., Bottini, R., de Souza Filho, G. A., Cohen, A. C., Moreno, D., Gil, M. and Piccoli, P. (2014). Bacteria isolated from roots and rhizosphere of *Vitis vinifera* retard water losses, induce abscisic acid accumulation and synthesis of defense-related terpenes in in vitro cultured grapevine. *Physiol Plantarum* 151:359-374. <https://doi.org/10.1111/ppl.12117>.
- Sarwar, M., Kremer, R. J. (1995). Enhanced suppression of plant growth through production of L-tryptophan-derived compounds by deleterious rhizobacteria. *Plant and Soil* 172:261-269
- Selvaraj, S., Palanisamy, G., Theerthagiri, A., Thiruvengadam, R., Nagachandrabose, S., Ramasamy, S. (2014). Evaluation of a liquid formulation of *Pseudomonas fluorescens* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* and *Helicotylenchus multicinctus* in banana plantation. *BioControl* 59: 345-355. [10.1007/s10526-014-9569-8](https://doi.org/10.1007/s10526-014-9569-8).
- Siddiqui, Z., Qureshi, A., Akhtar, M. S. (2009). Biocontrol of root-knot nematode *Meloidogyne incognita* by *Pseudomonas* and *Bacillus* isolates on *Pisum sativum*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 42: 1154-1164. [10.1080/03235400701650890](https://doi.org/10.1080/03235400701650890).
- Sohrabi, F., Sheikholeslami, M., Heydari R et al (2018). Evaluation of four rhizobacteria on tomato growth and suppression of root-knot nematode,

- Meloidogyne javanica under greenhouse conditions, a pilot study. *Egypt J Biol Pest Control* 28: 56.
- Son, S. H., Khan, Z., Kim, S. G., Kim, Y. H. (2009). Plant growth-promoting rhizobacteria, *Paenibacillus polymyxa* and *Paenibacillus lentimorbus* suppress disease complex caused by root-knot nematode and fusarium wilt fungus. *J Appl Microbiol* 107(2):524-32. doi: 10.1111/j.1365-2672.2009.04238.x. Epub 2009 May 19. PMID: 19457027.
- Stubbs, T. L., Kennedy, A. C. (2012). Microbial weed control and microbial herbicides. In: Alvarez-Fernandez R (ed.). *InTech* DOI: 10.5772/32705.
- Suryawanshi, R., Patil, C., Borase, H., Narkhede, C., Shinde, L., Patil, S. (2014). Nematicidal activity of microbial pigment from *Serratia marcescens*. *Natural Product Research* 28: 10.1080/14786419.2014.904310.
- Tian, B., Yang, J., Zhang, K. Q. (2007). Bacteria used in the biological control of plant parasitic nematodes: populations, mechanisms of action, and future prospects. *FEMS*
- Timper, P., Kone, D., Yin, J., Ji, P., Gardener, B., (2009). Evaluation of an Antibiotic producing strain of *Pseudomonas fluorescens* for suppression of plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology*. 41. 234-40.
- Tiwari, S., Pandey, S., Singh Chauhan, P., Pandey, R. (2017). Biocontrol agents in co-inoculation manages root knot nematode [*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood] and enhances essential oil content in *Ocimum basilicum* L. *Industrial Crops and Products*. 97, 292–301. doi:10.1016/j.indcrop.2016.12.030
- Toffanin, A. D., Onofrio, C., Carrozza, G. P. and Scalabrelli, G. (2016). Use of beneficial bacteria *Azospirillum brasilense* Sp245 on grapevine rootstocks grafted with 'Sangiovese'. *Acta Hort* 1136: 177-184. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1136.24>
- Vrbnicanin, S., Jovanovic, J., Bozic, D., Raicevic, V., Pavlovic, D. (2008). Germination of *Iva xanthifolia*, *Amaranthus retroflexus* and *Sorghum halepense* under media with microorganisms. *Journal of Plant Diseases and Protection, Supplement* 297-301.
- Weissmann, R., Uggla, C., Gerhardson, B. (2003). Field performance of a weed-suppressing *Serratia plymuthica* strain applied with conventional spraying equipment. *Biological Control* 48:725-742
- Westcott, S. W., Kluepfel, D. A. (1993). Inhibition of *Criconebella xenoplax* egg hatch by *Pseudomonas aureofaciens*. *Phytopath* 83(11): 1245-1249.
- Yoshikawa, M., Hirai, N., Wakabayashi, K., Sugizaki, H., Iwamura, H. (1993). Succinic and lactic acids as plant growth promoting compounds produced by

rhizospheric *Pseudomonas putida*. *Canadian Journal of Microbiology* 1993; 39:1150-1154

Zanzotto A. and Morroni M. (2016). Major biocontrol studies and measures against fungal and oomycete pathogens of grapevine, *Biocontrol of Major Grapevine Diseases: Leading Research*. CABI, pp.1-34, 2016.

Zukerman, B. M., Dicklow, M. B., Acosta, N. (1993). A strain of *Bacillus thuringiensis* for the control of plant-parasitic nematodes. *Biocontrol Sci Tech* 3(1): 41–46.

BÖLÜM 10

ZARARLILAR İLE KİMYASAL MÜCADELEYE ALTERNATİF YÖNTEMLER (BİTKİ EKSTRAKTLARI VE UÇUCU YAĞLAR)

Dr. Şeyma YİĞİT¹
Doç. Dr. İslam SARUHAN²

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun, Türkiye.
seyma.yigit@omu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-2268-5103

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Samsun, Türkiye.
Islam.saruhan@omu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-0229-9627

1. GİRİŞ

Dünyadaki insan nüfusunun hızla artması, tarım arazilerinin giderek azalması, iklim değişikliklerinin yaşanmasına bağlı olarak beslenme ihtiyaçlarını karşılayacak besin kaynaklarının azalması önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Artan nüfusun yeterince beslenmesi için azalan bu tarım arazilerinden mümkün olduğunca fazla verim alma zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bunun en önemli yolu tarım alanlarında yetiştirilen kültür bitkilerinde en fazla kayba neden olan hastalık ve zararlılar ile mücadele etmektir. Hastalık ve zararlılar; Bitkilerin normal büyümesini durdurmakta, zayıflamasına ve kurumasına sebep olarak ürün de kalite ve kantite kayıplarına neden olmaktadır. Hastalık, zararlı ve yabancı otlar tarafından kültür bitkilerinde yaklaşık %35 civarındaki kaybın olduğu kayıtlarda yer almaktadır (Burçak vd. 2015). Buna bağlı olarak bitkilerin ve bitkisel ürünlerin; zararlılar, hastalık etmenleri ve yabancı otların etkilerinden korunması, kaliteli ve bol ürün elde edilmesi için mücadele edilmesi zorunlu bir hal almıştır. Bitkisel üretimde kayba neden olan canlılar içerisinde zararlılar önemli bir yer teşkil etmektedir. Zararlılara karşı birçok mücadele yöntemi bulunmasına rağmen Dünya genelinde en çok tercih edilen mücadele yöntemi kimyasal mücadeledir. Fakat kimyasalların yoğun ve bilinçsiz kullanımı sadece insan sağlığını etkilemekle kalmayıp aynı zamanda bitki ve hayvan türlerinin yok olmasına, yer altı sularına karışarak çevre kirliliğine ve hedef alınmayan diğer organizmaların yok olmasına neden olmaktadır. Ayrıca zararlıların belli bileşiklere karşı direnç geliştirmesi büyük sorun teşkil etmektedir. Kimyasal savaşın bu olumsuz etkileri karşısında ekolojik dengeye zarar vermeyen mücadele yöntemlerine (biyolojik mücadele, biyoteknik mücadele, vb.) ve kimyasallara alternatif olabilecek doğal organik ürünlere verilen önem artmıştır. Kimyasalların bütün bu olumsuz etkileri göz önünde bulundurulduğunda, kimyasallara alternatif olabilecek ürünlerin önemi daha da artmaktadır. Alternatif ürünler içerisinde uçucu yağlar ve bitki ekstraktlarının kullanımı ilk sırayı almaktadır. Bitkilerden elde edilen uçucu yağların ve ekstraktlarının zararlılara karşı toksik, uzaklaştırıcı (repellent), beslenmeyi engelleyici (antifeedant), gelişme ve çoğalmayı engelleyici etkiler gösterdiği bilinmektedir (Mansour ve ark., 1986 Singh., ve ark., 1989; Shukla ve ark., 1989, Shaaya ve ark., 1993, Mwangi ve ark., 1992, Schmitt, 1994, Ndungu ve ark., 1995). Bu amaçla bitkilerin yaprak, tohum, kök ve gövde parçaları ya da

bunların ezilmiş veya öğütülmüş halleri kullanılmaktadır (Aydın, 2017). Bitkisel pestisitler doğaya toksik madde yaymamakta, ürünler üzerinde kalıntı oluşturmamakta, kısa zamanda dekompoze olarak toprak ve su kirliliklerine yol açmamaktadırlar. Bu avantajlardan dolayı uzun zamandır zararlılarla mücadelede kullanılan bazı bitkisel preparatlar ticari preparat haline getirilerek ve çok sayıda zararlının mücadelesinde kullanılmaktadır (Mazid vd.2011; Senthil-Nathan 2015). Farklı bitkilerden elde edilen ekstraktlar veya uçucu yağlar mevcut zararlılar üzerinde etkileri araştırılmalıdır. Bunun yanında mevcut bitkisel ekstraktlar veya uçucu yağlar ise farklı zararlılar üzerinde etkileri bilimsel çalışmalarla ortaya konulmalıdır. Bu çalışmada bitki ekstrak ve uçucu yağlarının zararlılar ile kimyasal mücadeleye alternatif kullanım olanakları üzerinde durulmuştur.

2. BİTKİ EKSTRAKTLARI VE UÇUCU YAĞLAR

Bitki ekstraktları; gıda, ilaç ve kozmetikte kullanılmak üzere; su, alkol veya hekzan gibi solventler kullanılarak bitkilerin içerisinde belirli kısımların ya da tamamının ekstraksiyon yöntemi ile elde edilmesine denmektedir. Ekstraktların elde edilmesinde belli protokoller bulunmaktadır. Uçucu yağlar yani esansiyel yağlar ise bitkinin kısımlarından (dal, çiçek, gövde gibi) distilasyon yolu ile elde edilen bitki özüdür.

3. BİTKİ EKSTRAKTLARININ ZARARLI MÜCADELESİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Son yıllarda tarımda zararlılarla mücadelede bitkilerden elde edilen ekstraktlar birçok bilimsel çalışmalarda denenmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır. Farklı ülkelerde yapılan bu çalışmalar sonucunda bitkilerden elde edilen ekstraktlar ticari preparat haline getirilmiş ve aktif olarak tarımsal üretimde uygulamaya konulmuştur. Bu konudaki çalışmalar artarak devam etmektedir. Ülkemizde de bazı zararlılara karşı farklı bitki ekstraktları kullanılmaktadır. Özellikle organik tarım anlayışının geliştiği son yıllarda tarım alanlarında zararlılarla mücadelede bitkilerden elde edilen çeşitli bileşiklerin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Giderek artış gösteren organik tarım üretiminde, zararlılarla mücadelesinde kullanımı sınırlandırılan bitki koruma ürünlerinin yerini alabilecek bitkisel bitki koruma ürünlerine olan ihtiyaçta artmakta ve bu konuda daha fazla araştırmaların yapılması oldukça önemlidir. Ülkemizde de

özellikle bazı bitkiler içeriğinde bulunan bileşiklerden dolayı bitkisel bitki koruma ürünü olarak zararlılara karşı etkileri araştırılmaktadır.

Bu konuda en çok çalışma yapılan bitki *Azadirachta indica* A.Juss (Meliaceae)'dır. Bu bitki orjin olarak Pakistan, Hindistan, Endonezya'nın içerisinde yer aldığı Güneydoğu Asya yetişen bir ağaç türüdür. Afrika'nın da tüm tropik ve subtropik alanlarında görülmektedir (Davis 1972; Erdoğan 2013). *A. indica* ağacından elde edilen azadirachtin etkili madde dünyada üzerinde en çok çalışılan ve ticari olarak preparat haline getirilmiş bir bitkisel kökenli pestisitir. Azadirachtin zararlılar üzerine uzaklaştırıcı, yumurta bırakmayı önleyici, beslenme ve gelişmeyi engelleyici, sağlıksız birey oluşturma gibi olumsuz etkileri yanında bazı zararlılara karşı öldürücü etkiside vardır. Bu preparat dünyada geniş kullanım alanına sahip (Schmutterer, 1990) ve ülkemizde de birçok zararlıya karşı kullanılmaktadır.

Azadirachta indica A. Juss meyvelerinden elde edilen ekstraktların Patates böceğine karşı etkilerini laboratuvar şartlarında denendiği çalışmada, postembriyonik ve beslenmeyi engelleyici etkilerinin bulunduğu, ve erginlerde % 98 oranında yumurta veriminin azaldığı görülmektedir (Steets, 1976). Bu çalışmayı destekler nitelikte olan Schmutterer (1981) in yaptığı çalışmada da yumurta veriminin azaldığı belirlenmiştir.

Schmutterer (1985), çalışmalarında *A. indica* tohum ekstraktını bazı zararlılara karşı denemişler ve bu ekstraktın çok sayıda zararlı böceğin kontrolünde ümitvar doğal insektisit özellikli olduğunu belirlemişlerdir. Shelke ve ark. (1987), *Phthorimaea operculella* ile yaptıkları bir çalışmada çeşitli bitkisel ekstraktlar ile uçucu yağların yumurta üzerine etkilerini test etmişlerdir. *Jatropha curcas*, *Azadirachta indica*, *Pongamia glabra* tohumlarının ekstraktları [*P. pinnata*] ile *Bassia latifolia* [*Madhuca longifolia*] (sırasıyla ratnajoti, neem, karanj ve mohua yağları), *Ipomoea carnea* ve *Leptadenia reticulata* ve limon kabuğu yapraklarından elde ettikleri ekstraktların %1, %3, %5 ve %10'luk konsantrasyonlarını hazırlamışlardır. Hazırlanan bu konsantrasyonları yumurtalara spreyleme yöntemi ile uygulamışlardır. Sonuçta %3'lük konsantrasyonda Ratnajoti yağının yumurta açılımını engelleme oranını %91.67 bulurken aynı yağın %5 ve %10'luk konsantrasyonlarında engelleme oranını %100 olarak kaydetmişlerdir.

Mulla ve Su (1999) tarafından *Azadirachta indica* A. Juss (yalancı tesbih ağacı) bitkisiyle yapılan çalışmalardan hazırlanan bir araştırmada, eklem

bacıklılarda bitki ekstraktlarına karşı herhangi bir direncin bulunmadığı ve bu durumun bitki bünyesinde bulunan ve böcekler üzerinde de metabolik olayları etkileyen farklı bileşenlerden kaynaklandığı görüşü ile savunulmuş ve buna göre bitki ekstraktlarının öldürücü etkilerinin olduğu vurgulanmıştır.

Summarwar ve Pandey (2016) *Azadirachta indica*'nin Spodoptera litura'nın pupa dönemine olan etkisini değerlendirmek için bir çalışma yapmışlardır. *A. indica* yaprak ekstresinin. % 0.1, 0.5, 1 ve 1.5 konsantrasyonlarındaki pupada mortalite sırasıyla %25.33, %34.66, %46.66 ve %62.65 olarak bildirilmiştir. *A. indica*'nın tohumundan elde edilen ekstraktında %0.1, 0.5, 1.0 ve 1.5 konsantrasyonda mortalite sırasıyla % 30.66, %42, %49.33 ve % 76 olarak bulmuşlardır. Çalışmada tohum ekstraktının etkisinin yaprak ekstraktına oranla daha yüksek olduğunu kaydetmişlerdir.

Zabel ve ark. (2002), neem ekstraktının *Lymantria dispar* L. ve *L. decemlineata* üzerindeki toksik etkilerini araştırmışlardır. Denemede neem ekstraktının test edilen tüm konsantrasyonlarda yüksek oranda böceğin beslenmesini engellediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar neem bitkisinden elde edilen bileşiklerin entegre mücadele programında zararlılar ile mücadelede kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Baldin ve ark. (2007), farklı domates genotiplerinde yetiştirilen *Bemisia tabaci*'nin 2. dönem nimflerine, *Azadirachta indica*'nın tohum ekstraktı, *Trichilia pallida* yaprak ekstraktını ve *Trichilia pallida* dal ekstraktını uygulamışlardır. *A. indica* tohum ekstraktının farklı domates genotipleri üzerinde bulunan *B. tabaci* nimflerinde %71.3 ile %91.9 arasında ölüme neden olduğunu bildirmişlerdir.

Baharat olarak bilinen kekikte sağlık açısından yararları yanında parfümeri sanayinde de kullanılan bir bitkidir. Özellikle içerdiği karvakrol sayesinde antibakteriyel, antifungal, insektisidal, analjezik, antihelmintik ve antioksidan olarak önemli rolü olduğu belirlenmiştir (Koparal ve Zeytinoğlu, 2003). Schearer (1984), *Thymus vulgare*'nin taze yaprak ve çiçeklerinin buhar distilasyonundan elde edilen ekstraktlarının patates böceği için güçlü şekilde repellent olduğunu bildirmiştir. Przybylski (2002), laboratuvar ve tarla denemelerinde *T. vulgare*'nin *L. decemlineata* üzerindeki repellent etkilerini Polonya'da 1997-2000 yılları arasında çalışmıştır. Bitkinin kuru yaprakları ve meyveleri hem toz hem de sıvı formda kullanılmıştır.

Kekik gibi bir parfümeri bitkisi olan lavantada içeriğinde bulunan %35-55 oranında linalil asetat, %30-40 oranında linalol ve bunlardan ziyade sineol,

limonen, okaliptol, geraniol, borneol, gibi maddeler ötürü çok çalışılan bitkiler arasındadır (Cavanagh ve Wilkinson, 2002). Pavela (2011), 131 bitki türünün metanol ile hazırlanmış ekstraktlarının *Spodoptera littoralis* Bois. zararlısının larva dönemi üzerindeki büyüme engelleyici etkisi ve toksisitesini araştırdıkları çalışmada *Lavandula angustifolia*, *Artemisia campestris* L.'in içinde bulunduğu 19 bitki türünü %100 ölüme neden olduğunu ve %70'in üzerinde büyüme engelleyici etki gösterdiğini görmüşlerdir. *Artemisia absinthium* L ve *Lavandula angustifolia* bitkisi ekstraktlarının ortalama % 39 oranında ölüme sebep olduğunu kaydetmiştir.

Yiğit vd. 2019 yılında yaptıkları çalışmada altı farklı bitki (*Lavandula officinalis* Miller (Lamiaceae), *Mentha piperita* L. (Lamiaceae), *Hyoscyamus niger* L. (Solanaceae.), *Rosmarinus officinalis* L. (Lamiaceae), *Silybium marianum* L. (Asteraceae) ve *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae)) ekstraktlarının *Culex pipiens* Linnaeus, 1758 (Diptera: Culicidae) larvaları üzerinde öldürücü etkileri araştırılmışlardır.

4. UÇUCU YAĞLARIN ZARARLI MÜCADELESİNDE KULLANIM OLANAKLARI

Zararlı mücadelesinde alternatif yöntemler içerisinde bitkisel yağlar önemli bir yer tutmaktadır. Bitkisel yağlar, doğada bulunmaları dolayısıyla doğaya ek toksik madde yaymamaları, kısa sürede dekompoze olmaları, toprak ve su kirliliklerine neden olmamaları, ürünler üzerinde insan sağlığını tehdit eden kalıntı oluşturmamaları, zararlıya özel olmaları gibi olumlu yönlerinden dolayı zararlı mücadelesinde tercih edilmektedirler. Uçucu yağlar zararlılara karşı öldürücü etkinin yanı sıra uzaklaştırıcı, zararlının gelişme ve üremesini de engelleyici olarak da etki gösterebilmektedirler (Nerio ve ark., 2010; Chiluwal ve ark., 2017; Lazarevic ve ark., 2020). Bu yağların zararlı mücadelesinde tercih edilmesinin en önemli nedenleri arasında memelilere karşı olan düşük toksisitesi ve çevreye bilinen zararlı etkilerinin olmayışı da bulunmaktadır (Misra ve Pavlostathis, 1997; Isman, 2000). Bitkisel yağların depo zararlılarına karşı insektisit etkisi üzerine çalışmalar mevcuttur (Teke ve Mutlu, 2020; Pang ve ark., 2021).

Tunç ve ark. (2000), bazı bitkisel uçucu yağların *T. confusum* ve *Ephestia kuehniella*'ya karşı biyolojik etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Bu bitkisel yağlar arasında kekik bitkisinin (*Origanum syriacum* L. var. *beyanii*)

T. confusum'un yumurta döneminde %77 oranında ölüm meydana getirdiğini ortaya koymuşlardır.

Erler (2005), 5,8–184,8 mg/L arasındaki uygulama dozlarında ve 24-96 saat maruz bırakma süresinde, kekik yağının içeriğinde bulunan 6 tane monoterpenoidin (carvacrol, 1,8-cineole, menthol, gamma-terpinene, terpinen-4-ol ve thymol) toksik etkilerini, *T. confusum*'un yumurta ve erginlerine, *E. kuehniella*'nın larva ve yumurtalarına karşı test etmiş ve en etkili bileşiğin carvacrol olduğunu bildirmiştir. Ayrıca kekik yağı yapılan bazı araştırmalarda farklı depo zararlılarına karşıda etkili olmuştur.

Chiasson ve ark. (1994), denemelerinde *T. vulgare*'den elde ettikleri uçucu yağların insektisidal özellikleri laboratuvar koşullarında Patates böceğinin dördüncü dönem larva ve erginlerine karşı araştırmışlardır. Araştırmalarında bu bitki uçucu yağının insektisidal ve repellent özellikleri bulmayı amaçlamışlar ve bu amaç doğrultusunda farklı konsantrasyonlarda uçucu yağı topikal olarak larva ve erginlere uygulamışlardır. Çalışmaları sonucunda araştırmacılar repellent özelliğin doza bağlı olduğunu aynı zamanda topikal uygulamadan dolayı larval ölümlerin gözlemlediklerini bildirmişlerdir. Saroukolai ve ark. (2010) *Thymus persicus* bitkisel yağının *Tribolium castaneum* ve *Sitophilus oryzae*'ye karşı insektisidal etkisini araştırmışlardır. Bu çalışma ergin böceklere 4 farklı konsantrasyonda uygulama yapılmış ve *S. oryzae* erginlerinin *T. persicus*'a, *T. castaneum*'dan daha duyarlı olduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda artan bitkisel yağ konsantrasyonlarında, toksik etkinin de arttığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir. Choi ve ark. (2003), yapmış olduğu denemelerde *Origanum vulgare* L., *Mentha pulegium* L. ve *Mentha piperita* L. uçucu yağlarının *Trialeurodes vaporariorum*'a karşı yüksek oranda toksik etki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Hossain ve ark. (2019) 8 farklı bitkisel yağın *S. oryzae*'ye karşı toksik etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada *S. oryzae* erginlerine karşı bitkisel yağlar 5 farklı konsantrasyon halinde uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan yağların arasında *T. vulgaris*'in 2.4 µl/L konsantrasyonunda *S. oryzae* erginlerinde %80 ölüm meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Abd El-Aziz ve El Sayed, (2019) yaptıkları çalışmada farklı bitkisel yağların *T. castaneum*'a karşı toksik etkilerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada *O. majorana* ve bazı bitkisel yağlar 4 farklı konsantrasyonda (10, 25, 50 ve 100 ml/L) *T. castaneum* erginlerine uygulamışlardır. Uygulanan bitkisel yağlar arasından *O. majorana*

bitkisel yağının 50 ml/L ve 100ml/L konsantrasyonların sırasıyla; %85 ve %100 oranında ölüm meydana geldiği, ayrıca diğer uygulanan yağlardan daha yüksek oranda ölüm meydana getirdiği bildirilmiştir.

Yiğit ve ark. 2019 yılında yaptıkları çalışmada beş farklı kekik türüne ait uçucu yağların (*Origanum majorona*, *O. multiflorum*, *O. saccatum*, *Thymus cillilus*, *T. spicata*) üç farklı dozu (%0,1, %0,5 ve %1) dört tekerrürlü olarak çam kese tırtılının larvalarına uygulanmıştır. Tüm yağların %1 dozu değerlendirildiği zaman en yüksek ölüm oranı *T. cilicus* 'da %95 belirlenmiştir. Diğer türlerde ise sırasıyla *O. saccatum* (%90), *T. spicata* ve *O. multiflorum* (%80) ve *O. majorona* (%75) olarak bulunmuştur.

Rosmarinus officinalis, *Teocrium polium* ve *Sideritis libanotica* bitkilerinden elde edilen uçucu yağların üç farklı dozu (%0,1; %0,5 ve %1,0) çam kese böceği larvalarına uygulanmıştır. Her üç yağda LC90 değerleri ise sırasıyla 1,462; 1,702 ve 1,912 olarak belirlenmiştir. *Sideritis libanotica* çam kese larvalarının mücadelesinde ümitvar olarak görülmektedir (Yiğit, 2020).

Yiğit ve ark., 2021 yılında yaptıkları çalışmada 3 farklı kekik yağının 3 farklı dozunun *Tribolium confusum* üzerine etkileri belirlenmiştir. Sonuç olarak laboratuvar koşullarında yapılan bu çalışmada kekik yağlarının bu depo zararlısına etkili olduğu belirlenmiştir.

Budak (2022) yaptıkları çalışmada, farklı bitkisel uçucu yağların gül yaprak biti üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda, ölüm oranları ve LC90 değerlendirildiğinde en fazla *Aloe vera* olmak üzere her dört uçucu yağın da değerleri birbirine çok yakın olarak bulunmuş olup, yaprak biti mücadelesinde etkili olabileceği görülmektedir. Bu uçucu yağlar, söz konusu yaprak bitinin mücadelesinde ölüm oranlarının yüksek olması, bitkisel kökenli olmaları nedeniyle ve çevreye olumsuz etkisinin bulunmaması açısından tercih edilebileceği ortaya konmuştur.

5. SONUÇ

Geçmiş yıllardan günümüze kadar, bitkilerin bünyelerinde bulunan bazı maddelerin özelliklerinin belirlenmesine yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Tarımda yoğun bir şekilde kullanılan geniş spektrumlu pestisitler, çevre ve insan sağlığını tehdit eder duruma gelmiştir. Bu nedenle, bitki zararlılarının kontrolünde, doğa dostu, insan ve çevre sağlığına zarar vermeyen, zararlı kimyasal içermeyen bileşiklerin tarımda kullanımı ön plana çıkmaktadır.

Bitkilerden elde edilen bitki ekstraktları ve uçucu yağlarının, bitkilerde zarar yapan türlere karşı etkili olduğuna dair de çok sayıda çalışma yer almaktadır. Ekonomik önemi olan bitki türlerinde çeşitli bitki zararlılarına karşı dayanıklılık riski olan sentetik pestisitler yerine alternatif kaynak olarak doğal bitki ekstraktlarının kullanılmasının ekosistem üzerindeki kirlilik yükünün azaltılması ve daha sağlıklı tarımsal ürünler elde edilmesi açısından önemli olduğu düşünülmektedir. Ayrıca kullanılan kimyasal ilaçlara karşı zararlılar dayanıklılık kazanmakta ve oluşan bu dayanıklıktan dolayı mücadele güçleşmektedir. Bunun yanında birçok üründe kullanılan kimyasallardan dolayı kalıntı problemleri yaşanmaktadır. Bu durum özellikle ihracatta ciddi problemler oluşturmaktadır. Zararlılarla mücadelede kalıntı problemi taşımayan, çevreye olumsuz yönde etkisi olmayan, kolaylıkla uygulanabilen alternatif mücadele olarak bitki ekstraktları ve uçucu yağlar bu durumda kullanılacak en önemli unsurlardır. Günümüzde organik tarım ve iyi tarım uygulamalarında bitki ekstraktları ve uçucu yağlar daha fazla önemsenererek, bu konuda yapılan çalışmalar arttırılmalıdır. Çalışmalar sonucunda ümitvar olan bitki ekstraktları ve uçucu yağlar ticarileştirilerek kullanıma sunulmalıdır.

KAYNAKÇA

- Abd El-Aziz, M., El-Sayed, Y. (2009). Toxicity and biochemical efficacy of six essential oils against *Tribolium confusum* (du val) (Coleoptera: Tenebrionidae). Egyptian Academic Journal of Biological Sciences. A, Entomology, 2(2), 1-11.
- Aydın, Ç., Mammadov, R. (2017). İnektisit aktivite gösteren bitkisel sekonder metabolitler ve etki mekanizması. Marmara Pharmaceutical Journal, 21(1), 30-37.
- Baldin, E.L.L., Vendramim, J.D., Lourençao, A.L. (2007). Interaction Between Resistant Tomato Genotypes and Plant Extracts On *Bemisia tabaci* (GENN.) Bıotype B Sci.Agric. (Piracicaba, Braz.). 64 (5), 476-481.
- Budak, E., Yiğit, Ş., Aşkın, A., Akça İ., Saruhan, İ. (2022). Bazı Uçucu Yağların *Macrosiphum rosae* (L.)(Hemitera: Aphididae)'ya İnektisidal Etkilerinin Belirlenmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(1), 101-107.
- Burçak, A. A., Duru, A. U., & Örnek, H. (2015). Bitki koruma ürünleri ve pestisit kalıntıları. TC Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara.
- Cavanagh, H. M. A., & Wilkinson, J. M. (2002). Biological activities of lavender essential oil. Phytotherapy research, 16(4), 301-308.
- Chiasson, H., Groison, V., Vincent, C., Bélanger, A.(1994). Determination of the insecticidal properties of *Tanacetum vulgare* on the Colorado beetle (*Leptinotarsa decemlineata*). Resume des Recherches, Centre de Recherche et de Developpement en Horticulture, 23, 43-44.
- Chiluwal, K., Kim, J., Do Bae, S., & Park, C. G. (2017). Essential oils from selected wooden species and their major components as repellents and oviposition deterrents of *Callosobruchus*. Journal of Asia-Pacific Entomology, 20(4), 1447-1453.
- Choi, H. Heelee, E. Choi, B. R. Manpark, H. Ahn, Y. J., (2003). Toxicity of Plant Essential Oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University, Republic of Korea, Suwon, 441-744.
- Davis P.H (1972). Flora of Turkey and the East Aegean Islands⁴, Edinburg University Press, Edinburg.
- Erdoğan P (2013). *Azadirachta indica* A. Juss ile *Melia azedarach* L. bitkilerinden elde edilen insektisitlerin özellikleri ve zararlılara etkisi. Karaelmas Science and Engineering Journal 3 (2):14-25.
- Erler, F. (2005). Fumigant activity of six monoterpenoids from aromatic plants in Turkey against the two stored-product pests confused flour beetle, *Tribolium*

- confusum*, and Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella*. Journal of Plant Diseases and Protection, 112(6), 602-611.
- Hossain, F., Follett, P., Salmieri, S., Vu, K. D., Harich, M., & Lacroix, M. (2019). Synergistic effects of nanoemulsions in combination with ionizing radiation for control of rice Weevil *Sitophilus oryzae* in Stored Grains. Journal of food science, 84(6), 1439-1446.
- Isman, M.B.(2000). Plant essential oils for pest and disease management. Crop Protection ,19(8-10): 603-608.
- Koparal, A.T., Zeytinoğlu, M. (2003). Effects of carvacrol on a human nonsmall cell lung cancer(NSCLC) cell line, A549", Cytotechnology 43, 149-154.
- Lazarevic, J., Jevremovic, S., Kostic, I., Kostic, M., Vuleta, A., Jovanovic, S. M., & Jovanovic, D. Š. (2020). Toxic, Oviposition Deterrent and Oxidative Stress Effects of *Thymus vulgaris* Essential Oil against *Acanthoscelides obtectus*. INSECTS, 11(9).
- Mansour, F., Ravid, U. and Putievsky, E.(1986). Studies of the Effects of Essential Oils Isolated from 14 Species of Labiatae on the Carmine Spider Mite, *Tetranychus cinnabarinus*. Phytoparasitica, 14(2):137- 142.
- Mazid S, Kalida J.C, Rajkhowa R.C. (2011). A review on the use of biopesticides in insect pest management. International Journal of Science and Advanced Technology 1:169-178.
- Misra, G., Pavlostathis, S.G. (1997). Biodegradation Kinetics of Monoterpenes in Liquid and SoilSlurry Systems. Applied Microbiology and Biotechnology, 47: 572-577.
- Mulla, M.S. and Su, T. (1999). Activity of Biological Effects of Neem Products against Arthropods of Medical and Veterinary Importance. American Mosquito Control Association, 15, 133-152.
- Mwangi, J. W., Addae—Mensah, I., Muriuki, G., Munavu, R., Lwande, W. and Hassanali, A.(1992). Essential oils of *Lippia* Species in Kenya IV: Maize Weevil (*Sitophilus zeamais*) Repellency and Larvicidal Activity. Int. Pharmacognosy, 30(1): 9-16.
- Ndungu, M., Lwande, W., Hassanali, A., Moreka, I. and Chabra, S.C., (1995). Cleome Monophylla Essential Oil and its Constituents as Tick (*Rhipicephalus appendiculatus*) and Maize Weevil (*Sitophilus zeamais*) Repellents. Ent. Exp. Et Appl., 76: 217-222.
- Nerio, L. S., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. (2010). Repellent activity of essential oils: a review. Bioresource technology, 101(1), 372-378.
- Pang, X., Feng, Y. X., Qi, X. J., Xi, C., Du, S. S. (2021). Acute toxicity and repellent activity of essential oil from *Atalantia guillauminii* Swingle fruits and its main

- monoterpenes against two stored product insects. *International Journal of Food Properties*, 24(1), 304-315.
- Pandey J., Summarwar S. (2016). Effect of leaf extract of *Azadirachta indica* treated diet fed to adults of *Spodoptera litura* on fecundity and egg hatching. *J Entomol Zool Stud* ;4(4):167-169.
- Pavela, R. (2011). Insecticidal and repellent activity of selected essential oils against of the pollen beetle, *Meligathes aeneus* (Fabricius) adults. *Industrial Crops and Products*, 34: 888–892.
- Saroukolai, A. T., Moharrampour, S., & Meshkatsadat, M. H. (2010). Insecticidal properties of *Thymus persicus* essential oil against *Tribolium castaneum* and *Sitophilus*. *Journal of Pest Science*, 83(1), 3-8.
- Schmitt, A., 1994. Plant Extracts as Pest and Disease Control Agents. Proceedings of the international meeting, 2-3 June 1994, Trento, 264-272.
- Schmutterer, H., 1981. Some properties of components of the neem tree (*Azadirachta indica*) and their use in pest control in developing countries. *Med. Fac. Landbouw. Rijksuniv. Gent.*, 46 (1), 39-47.
- Schmutterer, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from neem tree *Azadirachta indica*. *Annu. Rev. Entomol.* 35:271-297.
- Scheerer, W. R., 1984. Componentes of Oil of Tansy (*Tanacetum vulgare*) That Repel Colorado Potato Beetles (*Leptinotarsa decemlineata*). *Journal of Natural Products*, 47(6), 964-969.
- Shaaya, E., Ravid, U., Paster, N., Kostjukovsky, M., Menasherov, M. and Plotkin, S.(1993). Essential oils and their Components as Active Fumigants against Several Species of Stored Product Insects and Fungi. *Acta Horticulturae, Int. Symp. on Medicinal and Aromatic Plants.*, 344:131-137.
- Shukla, H.S., Upadhyay, P. D. and Tripathi, S. C., 1989. Insect Repellent Property of Essential Oils of *Foeniculum vulgare*, *Pimpinella anisum* and *Anethole*. *Pesticides.*, 23: 33-35
- Shelke, S. S.; Jakhav, L. D.; Salunkhe, G. N. 1987. Ovicidal action of some vegetable oils and extracts in the storage pest of potato, *Phthorimaea operculella* Zell. *Dep. Entomology, Mahatma Phule Agric. Univ., Rahuri 413, Vol.13 No.1 pp.40- 41 ref.3.*
- Senthil-Nathan S (2015). A review of biopesticides and their mode of action against insect pests. In: Thangavel P, Sridevi G (eds) *Environmental Sustainability*. Springer, Delhi.
- Singh, D., Siddiqui, M.S. and Sharma, S. ,1989. Reproduction Retardant and Fumigant Properties in Essential Oils against Rice Weevil(Col:Curculionidae) in Stored Wheat. *J. Econ. Ent.*, 82(3): 727-733.

- Steets R. 1976. Studies on the effect of a purified extract of fruits of *Azadirachta indica* on *Leptinotarsa decemlineata* Say (Col: Chrysomelidae). Z. ang. Ent. 82, 169-176.
- Teke, M. A., & Mutlu, Ç. (2020). Insecticidal and behavioral effects of some plant essential oils against *Sitophilus granarius* and *Tribolium castaneum*. Journal of Plant Diseases and Protection, 1-11.
- Yiğit, Ş., Akça, İ., Bayhan, E., Bayhan, S., Tekin, F., Saruhan, İ. 2019 .Determining the Toxicity of Some Thyme Essential Oils Against the Pine Processionary [*Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Notodontidae)], Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 50 (3): 226-230.
- Yiğit, Ş. , Akça, İ. , Saruhan, İ. , Bayhan, S. , Bayhan, E. & Tekin, F. (2020). Bazı uçucu yağların çam kese böceğine [*Thaumetopoea* sp.] (Lepidoptera: Notodontidae)] karşı toksik etkilerinin araştırılması. Ormancılık Araştırma Dergisi, 7 (1) , 76-79 .
- Yiğit, Ş., Aşkın, A. K., Saruhan, İ., Akça İ., Budak, E., Bayhan, E., Tekin, F. (2021). Bazı kekik yağlarının *Tribolium confusum* Duv (Coleoptera: Tenebrionidae)'a karşı etkilerinin araştırılması. Akademik Ziraat Dergisi, 10(2), 285-290.
- Zabel, A., Manojlović, B., Rajković, S., Stanković, S. and Kostić, M. (2002). Effect of neem extract on *Lymantria dispar* L. (Lepidoptera: Lymantriidae) and *Leptinotarsa decemlineata* (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Pesticide Science, 75: 19-25.

BÖLÜM 11

NANO TEKNOLOJİ VE NANO PESTİSİTLER YEŞİL SENTEZ BİTKİSEL EKSTRAKTLARIN TARIMSAL ZARARLILARA KARŞI KULLANIM OLANAKLARI ÜZERİNE İNCELEMELER

Dr. Sami DURA¹

Dr. Onur DURA²

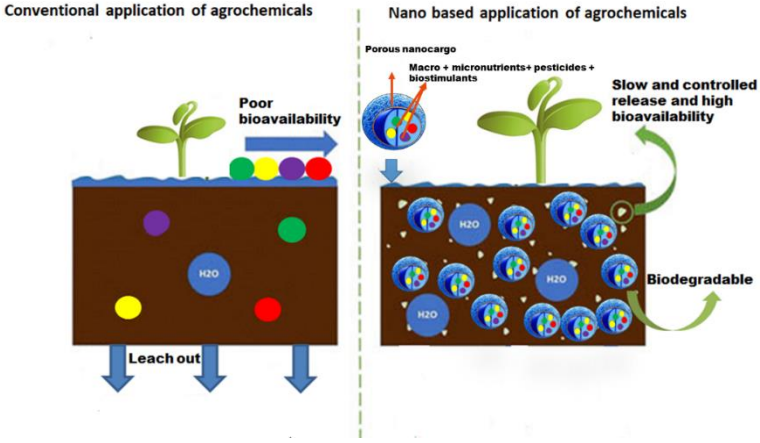
¹Albaugh Teknik Müdür- İzmir -Türkiye. sdura@albaugh.eu, Orcid ID: 0000-0003-0924-7299

²Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü-Yalova-Türkiye onurdura@gmail.com Orcid ID: 000-0002-4562-8462

GİRİŞ

İnsan beslenmesinde önemli bir faktör olan tarım, insanoğlunun toplu hayata geçişinde önemli bir rol oynamış ve insanlığın büyük çoğunluğunun temel geçim kaynağı haline gelmiştir. Ayrıca en önemli etkenlerden mevcut nüfusun her yıl yaklaşık 84 milyon artarak ilerlemesiyle dünya nüfusunun, yüzyılın sonunda 11,2 milyara erişeceği hesaplanıyor. NFPA'ya göre, 2017-2050 yıllarında mevcut nüfusa 2,2 milyar kişinin daha eklenmesi bekleniyor. Bu yıllar arasında dünya nüfusuna kıtalardan eklenecek olan tahmini nüfus ise; Afrika kıtasından yaklaşık 1,3 milyar, Asya'dan yaklaşık 750 milyon insanın dahil olması öngörülüyor. Nüfus artışında Asya'yı Latin Amerika ve Karayipler bölgesi ile Kuzey Amerika ve Okyanusya izleyecek. Tahminlere göre, 2050'li yıllara geldiğimizde dünya nüfusunun yarısının sadece dokuz ülke tarafından oluşturulacağı tahmin edilmektedir. Bu 9 ülke ise; Hindistan, Nijerya, Pakistan, Etiyopya, Kongo, Tanzania, Amerika Birleşik Devletleri, Uganda ve Endonezya olarak sıralanabilmektedir (Alok ve ark., 2019).

Tüm dünyadaki tarım alanlarında ilk başlangıçtan beri bitkisel hastalıklar, zararlılar hayvansal organizmalar ve yabancı otlar bitkisel üretimi önemli oranda ekonomik anlamda etkilemektedir. İdeal bir bitkisel üretim yapabilmek için mevcut bitkileri koruyabilmek, tarımsal üretimi artırmak ve ürünlerin kalitesini yükseltmek amacıyla zararlı organizmalara karşı mücadele gerektiği ölçüde yapılmalıdır. Bunlar içerisinde kimyasal mücadele, kolay uygulanabilmesi, maliyetinin düşük olması ve sonucunun kısa sürede alınabilmesi nedeniyle diğer mücadele yöntemlerine oranla daha fazla tercih edilmektedir. Fakat çözüm olduğu düşünülen bu kimyasalların aşırı derecede kullanımı sonucunda mikroorganizmalara, böceklerle ve bitki paraziti nematodlara karşı zaman içerisinde direnç oluşumu ortaya çıkmaktadır. Bunun sonucunda daha yüksek dozlarda kimyasal pestisitler uygulanmakta ya da kullanılan kimyasalların çeşitliliği arttırılmaktadır. Özellikle toprak altında bulunan ve kapalı habitatlarda bulunan zararlılara karşı kimyasalların kullanımı olumlu sonuçlar vermemektedir (Öztürk, 2004). Bir diğer yönden uygulanan klasik yöntemlerdeki kimyasalların %30 hedefine ulaşmamakta ve drift olarak hedef dışı organizmalara veya çevreye sızarak zarara neden olmaktadır.



Şekil 1. Nanoteknoloji yeniliklerinin zirai kimyasallarda kullanımı bitki sistemlerinde ve toprakta yararlılığın sağlanmasına yardımcı olması

Bu nedenlerle kimyasal mücadeleye alternatif olarak çevreyle dost bitki özütleri kullanılarak gerçekleştirilen mücadele yöntemlerine geçilmesini zorunlu hale getirmiştir. Yeni bir yaklaşım olarak nano pestisitler, yeşil sentez bitkisel ekstraktların örneğin nano gümüş partikül (AgNPs) gibi katkıları ile bitki özütlerinin tarımsal zararlılara ve bitki paraziti nematodlar (BPN) ile mücadelede kullanımı son yıllarda Dünya da üzerinde çalışılan en önemli konulardan birisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Carlos ve ark., 2020).

Günümüzde kimyasal pestisitlerin insan sağlığı ve çevreye olan olumsuz etkilerinin anlaşılması ile özellikle de tarımsal zararlılar ile mücadelede yeni alternatif mücadele yöntemlerinin etkinliklerinin belirlenmesi konusunda yapılan bilimsel çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır (Çıracı, 2005).

21. yüzyılda yaşanan bilimsel gelişmelerin ışığı altında geliştirilen nanoteknoloji kapsamında tarım alanlarında kullanılan bitki koruma ürünlerinin ve tarımsal gübrelerin nanoteknoloji katkılı üretimlerine başlanmıştır.

Nanoteknoloji, son yıllardaki teknolojik gelişmelerin en önemlisi olarak kabul edilmekte ve potansiyel uygulamaları nedeniyle tüm endüstrilerde kullanılmaktadır. Hemen hemen tüm sektörler (gıda, tarım, tıp, otomotiv, bilgi ve iletişim teknolojileri, enerji, tekstil, inşaat vb.) nanoteknolojik gelişmeler ışığında geleceklerini yeniden düzenlemektedir. Ülkelerin en önemli gelir kaynağı olan tarım sektörü, karşılaşılan sorunlara çözüm olarak nanoteknolojik

ürünlerin kullanımını giderek artırmaktadır. Tarımsal girdilerin (pestisitler, herbisitler, gübreler vb.) nano taşıyıcılar kullanılarak verimlerinin artırılarak kullanımının azaltılması, nanosensörler kullanılarak tarladaki mahsullerin çevresel koşullarının ve gelişiminin eş zamanlı olarak tespit edilmesi, numune hacminin ve nanodiziler sayesinde kullanılan analit miktarı, su kaynaklarının nano filtrelerle etkin şekilde arıtılması, nanopartiküller kullanılarak mahsullerin gelişiminin hızlandırılması, tarım endüstrisinde öne çıkan nanoteknolojik uygulamalardır. Tarımda nano tabanlı sistem, aktif bileşenlerin dozunu düşürmeye, besin kayıplarını en aza indirmeye ve optimize edilmiş su ve besin yönetimi yoluyla verimi artırmaya çalışır.

Öncelikle Nanometre nedir bunu tam olarak anlamak gereklidir. Nanometre uzunluk birimidir ve mikrometreden 1000 kat daha küçüktür. ‘Nano’ sözcük olarak, Yunancada “cüce” anlamına gelmekte olup aynı zamanda başka bir deyiş ile bir fiziksel büyüklüğün bir milyarda biri anlamına da gelmektedir. Metrenin bir milyarda birine karşılık uzunluk birimine bir nanometre denilmektedir. Bir nanometre içine yan yana ancak 2-3 atom dizilebilmektedir; yaklaşık 100-1000 atom bir araya gelerek nano ölçekte bir nesneyi oluşturur (Rai, 2009).

Bir malzeme nano boyuta ulaştığında, fiziksel ve kimyasal performanslar mevcut anlayışımızın önemli ölçüde ötesinde olacaktır.

Metrik Boyut Ölçümü	1. Nesne	Boyut (nm)
1 Meter (m) = 1m	1. Karbon nanotup (müh.)	2
100 Centimeters (cm) = 1m	2. DNA'nın genişliği	2.5
1,000 Millimeters (mm)= 1m	3. Virüs	100
1,000,000 Micrometers (μm)= 1m	4. İnsan saçının genişliği	75,000
1,000,000,000 Nanometers (nm)= 1m	5. Dolar paranın kalınlığı	100,000
1,000,000,000,000 Picometers (pm)= 1m	6. Toplu iğne başı	2 milyon
	7. Shaquille O'Neal	2.1 milyar

Şekil 2. Nano ve metrik boyut ile bazı maddelerin nano ölçekteki boyutları

1960'lı yıllarda nanoteknoloji ile alakalı ilk çalışmalar başlamıştır. Bu çalışmaların başlangıcında, fizik biliminin 20. Yüzyıldaki önemli bilim insanlarından birisi olan Richard Phillips Feynman tarafından 1959 yılında malzeme ve cihazların moleküler boyutta üretilmesi ile başarılacakları hakkında yaptığı bildiride (Aşağıda daha çok yer var/ There is Plenty of Room

at the Bottom) dayandığı bilinmektedir (Kayır ve Bağcıl, 2010). Feynman bu bildirisinde malzeme boyutlarının küçültülebilmesi sayesinde çok küçük yapıların ölçülebileceği ve bu sayede yeni amaçlar için kullanılabileceğinin özellikle belirtmiştir. Feynman'ın yapmış olduğu bu bildiriden sonra ilerleyen yıllarda bilim adamları, bu küçük yapılar odaklanarak üzerinde çalışmaya başlamışlardır. İlk kez 1974 yılında nanoteknoloji terim olarak Norio Taniguchi tarafından, "ileri düzey duyarlılıkla mevcut teknolojilerin küçültülmesine dayalı bir teknoloji" olarak tanımlanmıştır (Ramsden, 2005). 1981 yılında, Nanometre düzeyinde atom ve moleküllerin incelemesinde kullanılan "Taramalı Tünelleme Mikroskobu" ve 1985 yılında geliştirilen Atomik Kuvvet Mikroskobu sayesinde nanoteknoloji bilimi hızla gelişmeye başlamıştır (Drexler, 1986). Nanoteknolojinin temeli ise atom veya molekülleri bir bir hassas şekilde birleştirip, doğadaki atomik dizilimi taklit ederek elde edilmek istenen ürünün elde edilmesi ve maddeleri farklı kılması ilkesine dayanmaktadır. Rice Üniversitesi'nde, 1990'lara gelindiğinde Richard Smalley ve bilim insanı tarafından 60 karbon atomunun simetrik bir şekilde sıralanmasıyla oluşturulan futbol topu şeklindeki "fullerene" moleküllerini geliştirmişlerdir. Oluşan bu molekül bir nanometre büyüklüğünde, plastikten daha hafif, çelikten daha güçlü, ısı ve elektrik geçirgen özelliklerine sahip bir yapıyı oluşturmuştur. Yapmış oldukları bu araştırma ile 1996 yılında Nobel Kimya Ödülü'nü kazanmışlardır (Anonim, 2012).

Nanoteknolojinin fizik, kimya, biyoloji, tıp, enerji ve çevre gibi diğer alanlarda başarılı bir şekilde uygulanması, tarımda uygulanabilirliği konusunda büyük ilgi uyandırmıştır.

Araştırmalarda ve ürün geliştirmede tarımsal nanoteknolojiye yapılan yatırımlar, son on yıldaki verilerden ortaya çıkan bir patlama büyümesine sahiptir. Nano zirai kimyasallar bazı özel çıkarımları olan olağanüstü özelliklere sahip olabilir: bunlardan yüksek çözünürlük, iyi stabilite, yüksek etkinlik, salınmayı tetikleme sadece bir kaçıdır (Shanon, 2020).

Daha sonra, çeşitli işlevselleştirilmiş ve modifiye edilmiş nano malzemelerden daha "akıllı" bir zirai kimyasal sistem inşa edilebilir - üstün penetrasyon, hedef odaklı pestisit, aktiflerin kontrollü salınması, biyolojik olarak parçalanabilen malzemeler - çevre güvenliğini sağlamak, alımını iyileştirmek için bir sistem haline getirilebilir. Böylece pestisitler ve gübreler bitkilerin korunup büyümesini teşvik eder.

2001 yılında “Pestisit Taşıma Sistemi” (PDS) kavramı gündeme geldiğinden beri, pestisitlerin tam olarak uygulanması ve aynı zamanda dozajı azaltırken beklenen kontrol performansının elde edilmesi gerektiğine dikkat çekilmeye başlandı. Bu anlamda, nano pestisit, hassas (PDS) Pestisit Taşıma Sistemi beklentisini karşılayabilir. Nanomalzemeler doğal olarak daha büyük spesifik yüzey alanlarına (veya daha fazla konuşulan - yüzey-hacim oranına) sahiptir, bu da daha iyi performans için, daha iyi özellikler elde etmek için daha fazla yüzey modifikasyonuna izin verir. Bu nedenle, pestisit performansını artırmak için ortaya çıkan nanoteknolojiyi birleştirmek, güçlü bir şekilde bu yönünü geliştirilir.

Örnek olarak bunlardan nanogümüş partikülü (AgNPs) katkılı bitkisel ekstraktların temel çalışma prensibi, etkili tarımsal zararlı veya hastalıklara karşı bitki ekstraktlarının parçacık boyutunu 20-50 nm boyutlarında küçültmek suretiyle zararlı hedef organizmaya ait peptit (Amino asit), kükürt hidrojen bağlarını (-SH) ve sitoplazmik DNA ve mtDNA yapısını bozarak bitki özütlerinin daha etkili olarak çalışmasına olanak sağlamaktır (Dura ve ark., 2019).

Günümüzde ticari olarak satışı olan nanoteknoloji ürünlerine bazı örnekler verilecek olursa; nano gümüş katkılı pestisitler, gübreler, çizilmeyen araba boyaları, antibakteriyel ve koku tutmayan tekstil ürünleri kir tutmayan kaplamalar, kendi kendisini temizleyen camlar, şeffaf koruyucu güneş kremleri gibi ürünlerden sadece bir kaçıdır. Bu gelişmeler bundan sonra nanoteknolojik ürünlerin yaşamımızda daha fazla yer alacağına birer göstergesidir (Miller, 2008).

Uzun zamandır nanopartikül üretiminde kullanılan kimyasal ve fiziksel teknolojiler sayesinde istenilen küçüklükte ve yüksek çözünürlüklü partiküller, kısa sürede üretilebilmesine rağmen partikül kararlılıklarının iyi olmaması, toksik içeriklerinin yüksek olması ve kullanılan teknolojilerin pahalı olması gibi nedenlerden dolayı yeni teknolojilerin daha çok araştırılmasını kaçınılmaz hale getirmiştir (Narayanan ve Sakthivel, 2010). Bu bağlamda araştırmaların başlamasıyla doğada zaten var olan, mükemmel biçimde tasarlanmış nano boyutlar içeren maddelerin ve canlıların incelenmesi bilim adamlarına ilham kaynağı olmuş, canlı yapılar kullanılarak inorganik maddelerin üretilmesi araştırılmaya başlanmıştır.

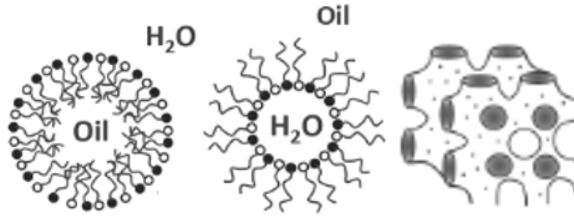
Genel olarak, nano taşıyıcılar, aşağıdakiler gibi biyolojik olarak parçalanabilen polimerlerden hazırlanır: polisakkaritler (siklodekstrinler, chitosan, ksantan ve karboksimetilselüloz), aljinik asitler, herbisitler, doğal polipeptitler (kolajen, jelatinler ve amino asitler) yavaş salınım için kullanılır, poli(laktik asit) (PLA), poli(glikolik asit) (PGA), poli(ϵ -kaprolakton) (PCL), polihidroksialkanoatlar (PHA'lar), poli(β -hidroksibütirat) (PHB'ler), poli(β hidroksi-valerat) (PHV) ve poli(hidroksibütirat-ko-valerat) (PHB-V) gibi maddeler daha az kirlenici, daha güvenli ve daha etkili ürünler yapabilmek nedeniyle tercih edilerek yeni adaylarda çalışılmaktadır (Harpreet ve ark., 2021).

Nano pestisitler açısından, henüz evrensel olarak kabul edilmiş bir yasal tanım yoktur, ancak genel olarak aktif madde (A.M.) ve yardımcı formül materyallerini bir arada içeren nano boyutlu parçacık veya damlacık olduğu konusunda genel bir fikir birliğine varılmıştır. Nano parçacık boyutu aralığının geniş anlamı, katı anlamda 100 nm'den küçük ve çoğunlukla 100-300 nm'dir. Nano partiküllerin/damlacıkların boyutu, onların fizibilitelelerini, verimliliklerini ve hücrelere girme yollarını etkiler ve ardından biyolojik performansı daha da etkiler. Halihazırda hazırlık ekipmanının sınırlı olması nedeniyle, nano boyutlu ilaçların boyutu çoğunlukla 200-300 nm arasındadır. Birçok anti-tümör ilaç raporu, daha büyük nano partiküllerin veya damlacıkların (150~300 nm) hayvan hücrelerine fagositoz veya endositoz yoluyla doğrudan girebileceğini ve ardından tıbbi etkiler gösterdiğini ortaya koymaktadır. Benzer şekilde, böcek hücreleri hayvan hücreleridir ve fago veya endo sitozda da işlev görebilir. Ancak hücre duvarlı zararlılar (bitkiler ve mantarlar) için, hücre duvarı gözeneklerinden geçme şansının daha yüksek olması ve ardından etki alanına ulaşması için partikül/damlacık boyutu 150 nm'den küçük olmalıdır. Şu anda bitki koruma alanında yukarıdaki nano-pestisit tanımına uyan birkaç pestisit vardır:

MİKROEMÜLSİYONLAR (ME):

Sıvı aktif maddeler, çok miktarda yüzey yardımcı yüzey aktif madde, aktif madde, yağ ve su/veya elektrolit sulu çözeltisinin karıştırılmasıyla oluşan mikroemülsiyon formülasyonunda damlacık boyutu 10-100 nm'ye ulaşır.

Nano pestisit tanımını karşılar ve politropik mikro yapılara sahiptir (Şekil 3).



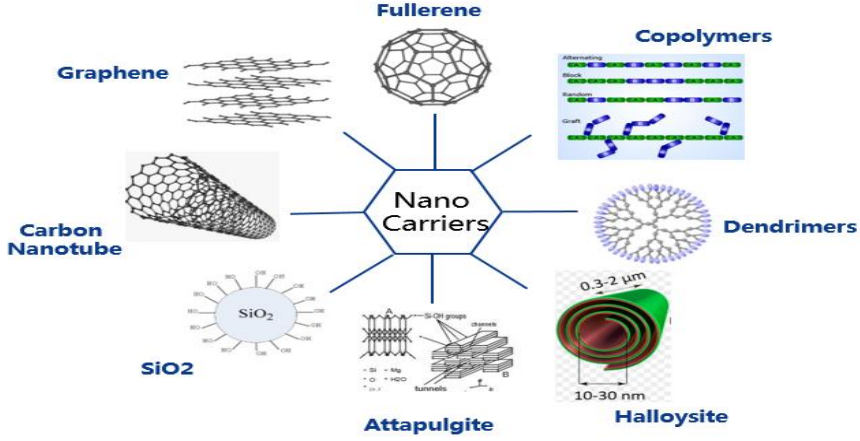
Şekil 3. Mikroemülsiyon değişken mikro yapıları sahiptir. (Suda Yağ (Sol), Yağda Su (Orta), İki Sürekli Dağılım (Sağ))

NANO SÜSPANSİYON KONSANTRESİ (NANO SC):

Nano SC, partikül boyutunu mikrodan nano'ya (genel olarak 500nm ~ < 1µm) düşürmek için sıradan SC'nin daha fazla öğütülmesiyle, özel yardımcı formüller ve öğütme yöntemi eklenerek üretilir. Nano SC, sıradan SC ile karşılaştırıldığında çok daha küçük parçacık boyutuna ve daha büyük yüzey-hacim oranına sahiptir. Bu tür karakterler teorik olarak daha iyi penetrasyona, yapışma kabiliyetine ve etkinliğe yol açar. Ancak nano SC'nin dezavantajları, spesifik ekipman kullanma maliyetinin artması, hazırlama yöntemi ve nano parçacıkların dağılmasını ve sabit kalmasını sağlamak için çok daha fazla yardımcı formülasyon gereksiniminden kaynaklanmaktadır.

NANO İLAÇ TAŞIYICILARI:

Nano pestisitinin en çok çalışılan yönlerinden biri, aktif bileşenleri aktif olmayan taşıyıcılara (veya üzerinde) gömerek, sararak ve taşıyarak nano ilaç taşıyıcısını oluşturmaktır. Genel olarak aday olabilecek birçok malzeme vardır, örneğin, karbon elementi (karbon nanotüp, grafen, fulleren), organik kopolimerler (doğal ve sentetik kopolimerler, dendrimerler), metaloid (silikon dioksit), metalik olmayan mineraller (Halloysit, Attapulgit) vb. (Şekil 4).



Şekil 4. Nano ilaç taşıyıcı adaylarının örnekleri.

Farklı nano ilaç taşıyıcıları farklı karakterlere sahiptir ve fiziksel-kimyasal özellikleri belirler ve tüm sistemin biyolojik performansını ve sonraki hazırlama yöntemini de etkiler. Nano ilaç taşıyıcıların ideal aktivitesi ve etkisi, uygulama sahnelerine ve amaçlarına göre seçici ve modifiye edilerek elde edilebilir. Ancak piyasada bulunabilen çok az ticarileştirilmiş ürün vardır (Danial ve ark., 2022).

NANO BOYUTLU METALİK PARÇACIKLAR

Nano boyutlu metalik parçacıklar ve bunların oksitlenmiş formları, bitki koruyucular gibi davranabilir. Bakır, eski bir mantar ilacı olarak, tarih boyunca uzun bir süre bitki koruyucu olarak kullanılmıştır.

Kuprik iyonu birçok mantar biyolojik mekanizmasını etkiler ve mantar büyümesinin inhibisyonunu sağlamak için DNA hasarlarına neden olur.

Biyolojik engelleme, geleneksel metalik bakırın yeterli miktarda uygulanmasına dayanır, aksine, aynı kontrol etkinliği daha az nano amorf metalik bakırın uygulanmasıyla elde edilebilir.

Nano-gümüş, nano ZnO veya nano TiO₂'nin tek başına veya kombinasyon uygulaması, bazı raporlarda nano bakıra benzer mantar kontrol etkinliği sağladığı belirtilmiştir.

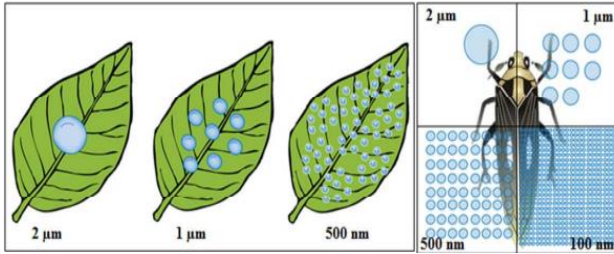
Örneğin özel Abamectin 18 EC üzerindeki yapılan çalışmalar ile formülasyon, nano pestisit özelliklerine sahiptir ve 1μm'den küçük damlacık

boyutu, suda seyreltikten sonra şeffaftan yarı saydam bir görünüme sahiptir, ayrıca geleneksel ürüne kıyasla üstün etkinliğe sahiptir (Şekil 5).



Şekil 5: Tyndall etkisi, görünür ışık 100~900 nm parçacıklar arasında belirli bir boyut aralığında saçıldığında görülür. (solda su, sağda özel Aba 18EC seyreltilmiş reçetesi)

Nano pestisit yeni öncü bir konudur ve üzerindeki araştırmalar hızla artmakta konuya olan ilgi yükselmektedir. Küçük boyutu nedeniyle, kaplanan yüzey alanı, dozajın aynı ağırlığındaki mikro partiküllerinkinden çok daha büyük hale gelir. Bu nedenle, genellikle etkinliğin geometrik bir artış kazanacağına inanılmaktadır (Şekil 6). Böylece pestisit azaltılması politikası için olası bir çözüm olabileceği düşünülmektedir (Meng ve ark., 2021).



Şekil 6. Mikro ölçekten nano ölçüğe karşı kapsama alanı karşılaştırmasının şematik çizimi

Bununla birlikte, nano pestisit zararlılara karşı sağladığı potansiyel faydalar gibi, hedef dışı organizmalar, güvenlik riskleri, çevresel birikimden geniş kapsama alanına ve yüksek penetrasyon verimliliği de eşit derecede

dikkat çekmektedir. Amerika EPA, önemli bir otorite kuruluş olarak nano pestisit konusunda her bir konuyu kendi içinde değerlendirerek duruma göre ve ihtiyatlı bir düzenleyici tutum içindedir. Bu nedenle nano pestisitler geliştirilirken yönetmelikler de paralel olarak dikkate alınarak geliştirilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca, biyolojik performans beklentimiz, yapılan çalışmalarımıza göre uyumlu olmalı olmadığı durumlarda meydana gelen tutarsızlığın derinliklerindeki bilimsel nedenlerin araştırılması önem taşımaktadır.

YEŞİL SENTEZ

Fiziksel yöntemler sayesinde nanopartikül sentezinde pahalı ekipmanlar, yüksek basınç ve yüksek sıcaklık gerekirken kimyasal yöntemle nanopartikül sentezinde çevreye zararlı olan çeşitli toksik kimyasallar kullanılmaktadır. Sentez yöntemleri arasından biyolojik sentez (yeşil sentez-green synthesis) daha ucuz, biyoyumlu ve çevre dostu olduğu için diğer yöntemlere göre son yıllarda daha çok tercih edilen yöntem olarak bilinmektedir. Yeşil sentez için bakteri, fungi, alg, maya ve bitkilerin kök, yaprak, gövde ve çiçek gibi kısımları içeren biyolojik kaynaklar kullanılabilir. Böylece inorganik metal iyonlarının metal nanopartiküllere dönüşmesi sağlanmış olur. Bu nedenle yeşil sentez, nano malzeme üretimi alanında önemli bir yöntem olarak kabul edilmektedir (Çiftçi ve ark., 2021).

Yapılan araştırmalar göstermektedir ki toksik madde içeriği az, çevre dostu, canlı hücrelerden nanopartikül üretimi esasına dayanan “Yeşil Nanoteknoloji” terimi ortaya çıkmıştır. Bu terim ile, atık ürünler problemini azaltan, kolay uygulanabilir, insan sağlığına zararı olmayan, yöntemleri, nanoteknoloji bilimi kapsamında araştıran çalışma yöntemleri olarak ifade edilmektedir (Duncan, 2011). Yeşil nanoteknoloji kapsamında özellikle bitki ekstraktları ve mikroorganizmalar kullanılmaktadır. Bu anlamda birçok yararlı organizmalar (mayalar, bakteriler ve EPF lar gibi.) kullanılmakla birlikte örnek olarak yeşil bitki ekstraktları olarak yeşil çay, siyah çay, zencefil, zerdeçal, nar, limon, gül suyu, ıspanak, karanfil, tarçın *Aloe vera*, *Azadirachta indica* (yalancı tesbih ağacı), *Camellia sinensis* (çay), *Jatropha curcas* (hint fıstığı), *Acalypha indica* (hint ısırganı), *Ricinus communis* (Hintyağı) örnek verilebilir (Kumar ve ark., 2013).

Bu gibi bitkilerin özütlerini kullanarak, demir, kalay, bakır, çinko, palladyum, mangan, gümüş ve altın gibi pek çok metalin ve oksitli formlarının nanoparçacık sentezi ile uygulamalarının yanı sıra karbon temelli bir malzeme olan grafen oksitin indirgenmesi gibi çeşitli uygulamaları da içeren pek çok çalışma sonucu nano özellikler kazandırılmaktadır. Bitkilerin kökleri, yaprakları, gövdeleri içerdiği toplam fenolik asit, tanin, flavonoid, terpen, kumarin, vitamin, likopen, antosiyanin ve karotenoid gibi fitokimyasallar indirgeyici ajan olarak kullanılmaktadır. Bu durum birçok yöntem arasında biyolojik yaklaşım, basit olması ve çevre dostu olması sayesinde en umut verici yaklaşım olmasını sağlamaktadır.

Dünyadaki çalışmalar 2000’li yılların ortalarından sonra daha da hızlanarak farklı ürünler farklı kullanım amaçlarına göre geliştirilmiştir. Birçok firma tarafından da kullanıma sunulmuştur. Tablo1’de bahsi geçen yıllarda çalışmaları yapılan nanopestisitleri ve kullanım alanlarından bahsedilmiştir (Ram ve ark. 2017).

Tablo1. Geliştirilen nanopestisitler ve kullanım amaçları

Taşıyıcı sistem	Materyal	Amaç	Method
Chitosan	Imazapic and Imazapyr	Sitotoksiste deneyleri	Enkapsülasyon
Silika	Piracetam, pentoxifylline, pyridoxine	Perfüze beyin dokusu	Süspanسیون
Aljinat	İmidacloprid	Sitotoksiste, emici haşere (yaprak zararlıları)	Emülsiyon
Polyasetik asit-polyethylen glykol-polyasetik asit	İmidacloprid	Ölümcül konsantrasyonun azaltılması	Enkapsülasyon
Karboxymethyl chitosan	MethomyI	Daha uzun süre etkili olması için yavaş salınım	Enkapsülasyon
Chitosan/tripolyfosfat	Paraquat	Düşük sito ve genotoksiste	Enkapsülasyon
Chitosan/tripolyfosfat Chitosan-saponin Chitosan-Cu(Bakır)	Chitosan, saponin, CuSO4	Antifungal aktivite	Çapraz-bağlantılı
Xyloglukan/poloxamer	Tropicamide	Önemli ölçüde daha yüksek korneaya geçirgenliğine sahip olmak. Keçi korneası boyunca geçirgenliği sırasında daha düşük toksik ve tahriş edici olmayan etki	Enkapsülasyon

Buğday Gluteni	Ethofumesate	Difüzyonu azaltmak	Tuzak/Ekstrüzyon
Aljinat	Azadirachtin	Yavaş salınım	Enkapülasyon
Sümfaktanlar/yağ/su	Glyphosate	Biyolojik etkinlikte artış ve Pestisit formülasyonlarının çevreye olan olumsuz etkisini azaltmak çevreye	Emülsiyon
Aljinat/chitosan	Paraquat	Artan etki süresi ve hassas hedefler üzerinde kimyasal ekolojik toksisite problemlerini azaltmak	Aljinatın ön jelleşmesi sonrasında aljinat ve chitosan arasında karmaşık yapışma
Polyhidroksibutyrate-co-hidroksivaleerate	Atrazine	Azalan genotoksisite ve artan biyolojik olarak parçalanabilirlik	Enkapülasyon
Organik-inorganik nanohibrit	2,4-Diklorofenoksiasetat	Kontrollü salınım	Kendine özgü yapı

SONUÇ

Bitki korumanın da içinde yer aldığı yenilikçi araştırmalar kapsamında nanoteknoloji uygulamaları, biyoteknolojiden sonra ikinci bir devrim olabilme niteliğindedir. Günümüzden sadece birkaç yıl öncesinde tarımda nanoteknolojinin kullanımı genellikle teorik olmuştur, fakat nano formülasyon gelişmeleriyle tarımsal kimyasal endüstrisindeki önemi hızla artmaya başlamıştır. Geleneksel pestisitlere göre daha etkili mekanizmalara sahip olması, yapısındaki çok az miktarda bulunan aktif madde ile sentetik pestisitlere oranla daha az risk oluşturması ve aktif maddenin kontrollü bir şekilde salınımına olanak sağlamasıyla nano pestisitlerin etkin zararlı kontrolü sağlanmasında en önemli noktalarından birini oluşturmuştur (Gazala ve ark., 2020). Nanoteknoloji, tarımsal yönetim ve faaliyetlerde bu tür kritik ve kalıcı sorunlara potansiyel çözümler sunabilse de bununla birlikte, uygulamalarından kaynaklanan yeni çevre ve insan sağlığı tehlikeleri, insanlık için öngörülemeyen zorluklar doğurabilir. Örneğin, uygulandıktan sonra çevreye dağılan bu nano malzemelerin biyogüvenliği, olumsuzluğu, akıbeti bilinmeyen ve kazanılmış biyolojik reaktivitesi/toksitesisi halen bilinmeyen ve tehdit edici bir alandır, açık alan kullanımından önce dikkatli ve bilimsel olarak araştırılması gereken bir alandır. Diğer potansiyel faydaların yanı sıra, tarımsal ekosistemlerimizde ayrıca sürdürülebilir tarımda bir tür akıllı tarım aracı olarak da tarla bitkilerinde hızlı hastalık teşhisi ve ambalajlanmış gıda kalitesi ve kontaminasyonların izlenmesi için nano araçlardan yararlanılabilir (Çiçek ve ark., 2015). Benzer şekilde, toprakların ve bitkilerin kalitesi ve sağlığı, son derece hassas nano malzemelere dayalı sensörler yardımıyla gerçek zamanlı olarak düzenli olarak izlenebilir. Ayrıca entomolojik açıdan nanoteknolojinin diğer kullanım alanlarında bahsedildiği gibi nano yapım teknikleri aracılığıyla patojen ve zararlıların bitki içerisindeki hareket yeteneklerinin izlenebilirliği ile dayanıklı çeşit geliştirme açısından da ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu özellikleri göz önünde bulundurulduğu zaman tarımsal zararlılarla mücadelede nanoteknolojinin kullanımı ve uygulanabilirliği oldukça dikkat çekicidir. Ülkemizdeki durum bitki koruma açısından değerlendirildiğinde, gelişiminin ilk aşamalarında olan nanoteknolojinin, multidisipliner çalışmalarla geliştirilmesi ve kolaylıkla pratiğe aktarılabilmesi büyük önem taşımaktadır. Nanogümüş partikül içeren bitki ekstraktları ile yapılan bilimsel çalışmaların sadece in vitro koşullarda değil, aynı zamanda in vivo koşullarda da denenmesi

son derece önem arz eden diğer önemli noktalardan birini oluşturmaktadır. Kısaca nano pestisit uygulamalarının önümüzdeki yakın gelecekte pestisit kalıntısı yönetimine önemli katkılar sağlayacak bir yol olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, derin bilimsel temellere dayalı olarak, tarımda nanoteknoloji uygulaması konusunda sorumlu bir düzenleyici fikir birliği geliştirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Alok A., Pawan K., Rita C., (2019). TERI-Deakin Nanobiotechnology Centre : Nanotechnology-based Agrochemicals as “Nanonutrifications” and Its Application Practices. 2019 June Agropages.
- Anonim, (2012). Nanoteknoloji ile yeni ürünler ve yeni pazarlar yaratın, <http://nanoenarge.com.tr/sayfa.asp>, (Erişim Tarihi: 12.08.2018)
- Carlos R., S., O; Jéssica M., Francisco W., R., J; Afonso H., S., J. (2020) Nano delivery systems of pesticides active agents for agriculture applications an overview. ICIAGRO 2020.0051
- Çiçek S., Nadaroğlu H. (2015). The use of nanotechnology in the agriculture Korean Science Volume 3 Issue 4 / Pages.207-223)
- Çiftçi H., Er Çalışkan Ç, Öztürk K., Yazıcı B. (2021). Yeşil Yöntemle Sentezlenen Biyoaktif Nanopartiküller. Black Sea Journal of Engineering and Science Cilt 4 - Sayı 1: 29-42 / Ocak 2021
- Çıracı S, Özbay E, Gülseren O, Demir HV, Bayındır M, Oral A, Senger T, Aydınlı A, Dana A. (2005). Türkiye’de Nanoteknoloji. Tübitak Bilim ve Teknik Dergisi, Ağustos sayısı.
- Danial A., Yunhao G., Sanaz F., Alireza P., Mojtaba A., Gholamreza A., Mohammad H., (2022). Conventional agrochemicals towards nano-biopesticides: an overview on recent advances. Chem. Biol. Technol. Agric. 9:13 <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00281-0>
- Devatha, C. P., ve Thalla, A. K. (2018). Green synthesis of nanomaterials. In Synthesis of inorganic nanomaterials (pp. 169-184). Woodhead Publishing.
- Drexler K. E., (1986). Engines of Creation: The Coming Era Of Nanotechnology, Doubleday, New York
- Duncan, T.V., (2011). Applications Of Nanotechnology In Food Packaging And Food Safety: Barrier Materials, Antimicrobials And Sensors. J Colloid Interface Sci 363(1): 1-24.
- Dura, O., Sarı, Y., Tınmaz, A. B., Sönmez, İ, Yeşilayer, A. ve Kepenekci, İ., (2019). Nano Gümüş Katkılı Moringa oleifera L. (Brassicales: Moringaceae) Su Ekstraktının Meloidogyne incognita (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 (Nematoda: Meloidogynidae) Karşı Laboratuvar Koşullarında Etkinliğinin Belirlenmesi. Bahçe 48 (1), 19-25.
- Harpreet S., Archita S., Sanjeev K., Shailendra K.A, Neha B., Madhu K. (2021). Recent advances in the applications of nano-agrochemicals for sustainable agricultural development. Environ Sci Process Impacts. 2021 Mar 4;23(2):213-239.

- Gazala Q.F., Ahmad D. (2020). Nano-agrochemicals: Economic Potential and Future Trends. 2020-Nanobiotechnology in Agriculture pp 185-193.
- Kayır Y.Z. ve Bağçıl E.G. (2010). Nanoteknoloji Nedir? 15. Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, 11-13 Kasım, İstanbul.
- Kumar, A., Chisti, Y., Banerjee, U. (2013). Synthesis of metallic nanoparticles using plant extracts: *Biotechnology Advances* (31) 346–356.
- Meng J., Yue S., Mukesh K.K., Golam J.A., Shujun S. and Jie Z. (2021) Phytonanotechnology applications in modern agriculture. 2021, Jiang et al. *Journal of Nanobiotechnology* 19;430
- Miller, G., ve Senjen, R. (2008). Out Of The Laboratory And On To Our Plates- Nanotechnology In Food And Agriculture. Friends Of The Earth Australia, Europe&USA.p.68.NanoyapıYarıİletkenAraştırmaLaboratuvarı,<http://maycalistaylari.comu.edu.tr/calistay> 2009/sunumlar/konferans/Hunlu_NanTek.pdf (25.06.2015).
- Narayanan, K.B., Sakthivel, N. (2010). Biological Synthesis of Metal Nanoparticles By Microbes, *Adu, Colloid Interface Sci.*156;1-13.
- Öztürk, R. (2004). Antiseptik ve Dezenfektan Maddeler Karşı Direnç Sorunu, Sterilizasyon Dezenfeksiyon ve Hastane İnfeksiyonları, *Simad Yayınları*, 1, 41-60 s.
- Ram P., Atanu B., and Quang D.N. (2017). Nanotechnology in sustainable agriculture: recent developments, challenges, and perspectives, 2017 June, *Frontiers in Microbiology*.
- Ramsden, J.J. (2005). What Is Nanotechnology? Department Of Advanced Materials, Cranfield University, Bedfordshire, UK. *Nanotechnology Perceptions* 1. 3-17.
- Shaon K.D. (2018). Nanoscience in Agriculture for Agrochemicals. 2018, June, *Acta Scientific Agriculture Volume 2 Issue*.

BÖLÜM 12

YENİ BİYOTEKNOLOJİK YÖNTEMLERİN BİTKİ KORUMA ALANINDA KULLANIMI

Dr. Öğr. Üyesi Rahime CENGİZ ¹

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Sakarya, Türkiye. rahimecengiz@subu.edu.tr Orcid ID: 0000-0001-6355-7496

GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde nüfus artışı devam etmesine rağmen, tarım arazileri giderek daralmaktadır. İşlenebilir tarım alanları bitkisel üretimimiz açısından, mera, yaylak ve kışlaklar ise hayvancılığın gelişmesi ve doğa koruma açısından önemlidir (Anonim, 2022a). TÜİK' in 2021 yılı verilerine göre, toplam tarım alanı 38089 bin hektardır (buna çayır ve mera arazisi de dahil edilmiştir). Toplam tarım alanının %52.2' sini işlenen alanlar, %9.4'ünü uzun ömürlü bitkiler altındaki alanlar (çok yıllık meyvelikler), %38.4'ünü daimî çayır ve mera alanları oluşturmaktadır (TÜİK, 2022).

Ülkemizde nüfusun artması, buna karşılık toplam tarım arazilerinin daralması sonucu kişi başına düşen tarım alanı miktarı azalmıştır. Ülkemiz nüfus artışı 1990-2018 döneminde yaklaşık %1.45 olmuş, aynı dönem içerisinde kişi başına düşen tarım alanı 0.76 ha dan 0.30 ha' a düşmüştür. Ülkemiz nüfusunun 2023 yılında 86.907.367 kişi olması, 2040 yılında ise 100.331.233 kişiye ulaşması beklenmektedir. Nüfusun 2069 yılına kadar artarak 107.664.079 kişiyle en yüksek değerine ulaşacağı öngörülmektedir (Anonim, 2022b).

Artan insan nüfusu, azalan tarım alanları ve yaşanmakta olan küresel iklim değişikliği tarımsal üretimin verimliliğinin artırılmasını zorunlu hale getirmiştir. Bitki ıslahçıları her geçen yıl daha verimli çeşitler geliştirse de biyotik ve abiyotik stres faktörleri nedeni ile çeşitlerin gerçek verim performansları sınırlandırılmaktadır.

Bu yüzyılın 2. yarısında ulaşılan tarımsal verim artışı, modern ıslah yöntemlerinin uygun yetiştirme teknikleri ile birlikte kullanılması sonucu elde edilmiştir. Geçmişte yeni çeşit geliştirirken ıslahçıların öncelikleri arasında verim artışı ve ürün kalitesi birinci sırada bulunurken, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık kazandırmak ikinci planda kalmıştır. Pek çok bitki türünde ıslah ile verim artışında belli bir noktaya gelinmiş ve verimi sınırlayan biyotik ve abiyotik faktörler ön plana çıkmıştır. Tarımsal üretimi negatif olarak etkileyen hastalık ve zararlılar nedeniyle oluşan ürün kayıplarını düşürmek için kimyasal ilaçlar kullanılmakta, fakat bu kimyasal maddelerin kalıntıları hem üründe hem de toprakta uzun süre ayrıışmadan buldukları için insan, hayvan ve çevre sağlığını tehdit etmektedir.

Hastalık ve zararlılara dayanıklılık için klasik bitki ıslahını kısıtlayan bir diğer konu ise tür içi genetik çeşitlilikle sınırlı kalması ve dayanıklılığın

aktarılmasının uzun zaman almasıdır. Günümüzde, özellikle insan beslenmesinde önemli yeri olan ürünlerde, bu genetik çeşitliliğin sınırlarına yaklaşmıştır. Klasik bitki ıslahı yöntemlerinden beklenen başarı, üzerinde çalışılan popülasyondaki genetik çeşitlilik ile doğru orantılı olduğundan, popülasyonda var olan çeşitliliğin daha da artırılması gerekmektedir. Melezleme ile aktarılan genin özelliklerinin bitkilerde fenotipik olarak gözlenebilmesi için, Mendel açılmaları'nın belirlediği çok sayıda bitkiden oluşan melez popülasyona gereksinim vardır. Uyumlu türler arasında klasik yöntemlerle yapılan melezlemelerle yeterli varyasyon sağlanabilmektedir. Ancak, yabani türlerle yapılan melezlemelerde, yeterli varyasyon için geniş bir popülasyona gereksinim duyulmaktadır. Böyle bir popülasyondan ise, kısırılık ve bozulan karakterlerin düzeltilmesi için, uzun yıllar süren geri melezlemeler sonunda yeni bir çeşit geliştirilebilmektedir. Aralarında melezleme yapılabilen türlerin azlığı, melezlemelerde istenen karakterlerle birlikte istenmeyenlerin de döllere geçişinin engellenememesi, istenmeyen karakterlerin geri melezleme yoluyla elimine edilmesinin çok uzun zaman alması gibi bazı sorunlar klasik bitki ıslahının önemli olumsuzluklarını oluşturmaktadır.

Biyoteknolojik yöntemler klasik bitki ıslahının etkinliğini artıran, tamamlayan ve destekleyen teknikler olarak ortaya çıkmıştır. Bu yöntemlerin kullanılmasıyla tanımlanmış ve düzenlenmiş bir genin direkt aktarılması mümkün olduğundan, farklı türler ve cinsler arası gen aktarımında melezleme zorunluluğu ortadan kaldırılmıştır. Klasik ıslahta yabani ırklardan bir özelliğe ait genin aktarılmasında en önemli engel olan doğal izolasyon, yani kısırılık ve uyumsuzluk sorunu da biyoteknolojik yöntemler ile ortadan kalkmaktadır. Aynı zamanda klasik ıslahta farklı cinsler arası gen aktarımında ikinci büyük engel olan, bağlılık (linkage) nedeniyle istenen genlerle birlikte istenmeyen genlerin de mezlere geçmesi sorun olmaktan çıkmaktadır (Özgen ve Türet, 1995). Klasik bitki ıslahının temelini oluşturan varyasyon ve seleksiyon, yeni teknolojide karşımıza transformasyon ve in vitro seleksiyon olarak çıkmaktadır. In vitro seleksiyonlar, tüm bitki yerine hücre seçimine olanak sağlamakta; bu ise tarlada binlerce bitki yerine, petri kutularında hücre düzeyinde çalışmak anlamına gelmektedir. In vitro koşullarda seleksiyonun herhangi bir zamanda yapılabilmesi nedeniyle, bitkinin gelişme dönemlerine bağlı kalınmaması da önemli bir olanak sağlamaktadır (Simmonds, 1983; Philips ve Eberhart, 1993). Bu nedenlerle, günümüzde olduğu gibi gelecekte de

yeni bitki çeşitlerinin geliştirilmesinde biyoteknolojik yöntemlerden önemli ölçüde yararlanılması beklenmektedir.

DNA yapısının çözülmesi (Watson ve Crick, 1953), DNA'yı çeşitli noktalardan kesebilen restriksiyon endonükleaz enzimlerinin keşfi (Smith ve Wilcox, 1970) ve bu enzimlerin DNA'nın kesilmesi için kullanılması (Danna ve Nathans, 1971), ilk defa bir DNA sekans analizinin gerçekleştirilmesi (Wu ve Taylor, 1971) ve Taq polimeraz enzimi kullanılarak, Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) yöntemi ile DNA fragmentlerinin amplifikasyonu (Mullis ve Faloona, 1987), rekombinant DNA teknolojisi/biyoteknoloji alanındaki çalışmalara önemli katkıda bulunan araştırmalardan bazı örneklerdir.

Atıkların biyolojik arıtımından, mayalanma (fermantasyon) gerektiren gıda üretimine kadar farklı uygulama alanları bulan biyoteknoloji içinde yer alan bitki biyoteknolojisinin günümüze gelene kadar uzun bir süreçten geçtiği bilinmektedir (Doyle ve Persley, 1996). 1700'lü yıllarda melez bitkilerin diğerlerinden ayrılmasıyla başlayan bu süreç, 2001'de A vitamini ve demir bakımından zenginleştirilmiş transgenik çeltik çeşidinin elde edilmesine kadar gelmiştir (Çizelge 1) (Vines, 2002).

Bitkisel anlamda modern biyoteknoloji çalışmaları ise, istenilen genlerin bulunması, karakterize edilmesi, izolasyonu ve hedef hücreye aktarılması aşamalarından oluşmaktadır.

Tablo 1. Bitki Biyoteknolojisinin Gelişmesinde Önemli Aşamalar

Dönem	Önemli Gelişmeler
1700'lü yıllar	Melez bitkilerin diğerlerinden ayırt edilmesi
1900	Mendel'in, özel karakterlerin anaçlarından döllerine geçtiğini belirlemesi ve bu nedenle gen kavramının gelişmesi
1922	Avrupalı botanikçilerin Mendel Kuralları'ndan yararlanarak melez bitki üretimini geliştirmeleri
1953	DNA'nın yapısının belirlenmesi ile modern genetik araştırmalarının başlaması
1970	Gelişmekte olan ülkelerde melez tohumların üretimde kullanılması
1973	Genetik mühendisliği teknikleri ile gen izolasyonu ve aktarımı
1983	Antibiyotiğe dayanıklı ilk transgenik tütün bitkisinin elde edilmesi

1985	Virüs, bakteri ve böceklerle dayanıklı transgenik bitkilerin tarla denemelerinin yapılması
1986	Amerika'da herbisite dayanıklı transgenik tütün bitkisine üretim izninin verilmesi
1990	Herbisite dayanıklı transgenik pamuk bitkisinde ilk başarılı tarla denemesinin yapılması
1992	ABD Tarım Bakanlığı'nın transgenik gıdaların, klasikler gibi, denetlenmesine karar vermesi.
1994	İlk transgenik domates çeşidinin tüketicilere satışına başlanması
1995	Herbisite dayanıklı transgenik kolza ve mısır çeşitlerinin geliştirilmesi
2000	Böcek ve virüslere dayanıklı transgenik pamuk, soya, mısır, şeker pancarı, patates ve domates çeşitlerinin onaylanarak üretimlerinin başlaması
2001	A vitamini ve demir bakımından zenginleştirilmiş transgenik çeltik çeşidinin geliştirilmesi

Bitkisel üretimi sınırlayan faktörlerin başında hastalıklar, zararlı böcekler ve yabancı otlar gelmektedir. Farklı bitki türlerinde klasik ıslah yöntemleriyle hastalıkların farklı ırklarına dayanıklılık kazandırılmıştır. Zamanla bazı dayanıklılıkların kırıldığı ve farklı hastalık ırklarının epidemi yaptığı görülmektedir. Bitki hastalıkları için klasik ıslah yöntemleri aynı tür içerisinde dayanıklılık genleri mevcut olduğunda başarılı olmasına rağmen zararlı böceklerle ve yabancı otlara dayanıklılık kazandırılması konusunda bu başarı sınırlı kalmıştır.

Zirai kimyasalların aşırı kullanımı ciddi çevre ve sağlık sorunlarına neden olmuştur. Bu nedenle, mevcut kontrol stratejilerini değiştirmek veya en azından tamamlamak için yeni ve daha güvenli yöntemlere yönelik artan bir talep vardır. Biyolojik kontrol, yani zararlılarla veya bitki hastalıklarıyla mücadele için doğal antagonistlerin kullanılması, kimyasal pestisitlere umut verici bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Birkaç *Bacillus* bazlı ürün, mikrobiyal pestisitler, fungusitler veya gübreler olarak pazarlanmıştır. *Bacillus* bazlı biyopestisitler konvansiyonel tarımda yaygın olarak kullanılmaktadır, buna karşın *Bacillus* bazlı biyofungisitlerin ve biyogübrelerin uygulanması hala bekleyen bir konudur (Perez-Garcia ve ark., 2011).

BİTKİ HASTALIKLARINA DAYANIKLILIK İÇİN BİYOTEKNOLOJİK YÖNTEMLERİN KULLANILMASI

Tarımsal üretimi tehdit eden en önemli unsurların başında bitki patojenleri gelmektedir. Bitki hastalıklarının yarısından fazlasını funguslar oluşturmakta ve bunu virüsler takip etmektedir. Yaklaşık 100.000 bitki hastalığının sorumlusu olarak 10.000 fungus, 250 bakteri, 100 molliküt, 1.000 virüs ve 50 viroid etmeni belirlenmiştir (Agrios, 2005). Fungal bitki hastalıklarının genellikle kimyasal olan fungusitler ile etkili bir şekilde mücadelesi yapılmaktadır. Bakteri ve virüs hastalıklarının ise en etkili mücadele yolu koruyucu tedbirlerdir. Kimyasal ilaçlar ile etkili bir şekilde mücadelesi yapılan hastalıklar, bu şekilde yok edilirken yararlı mikroorganizmaların da zarar görmesine ve ayrıca insan ve çevre sağlığına da istenmeyen etkilere yol açtığı bilinmektedir (Akbaş, 2018).

Bitkiler, dayanıklılık genleri (R) aracılığı ile patojen saldırısını algılayıp bir savunma oluşturabilmektedir. Bu savunma mekanizması enfeksiyondan önce ürettikleri proteinler ve organik moleküller ile gerçekleşir. Bitkilerde çok sayıda dayanıklılık R-geni karakterize edilmiştir ve bazıları bitki ıslahında başarıyla kullanılmaktadır. Böylece ıslah programlarından elde edilen dayanıklı bitkilerin kullanımı ile pestisit gibi uygulamalara iyi bir alternatif oluşturulmuştur (Akbaş, 2018). Rekombinant DNA teknikleri hassas olan bitkilerde patojenlere karşı bitkinin uyarılmasını ya tek bir dominant dayanıklılık geni ya da normal olarak savunma mekanizmasında var olan genler ile sağlar (Rommens ve Kishore, 2000). Daha geniş ve sürekli dayanıklılık sağlamak için bitkinin hipersensitif reaksiyon (Hypersensitive Response, HR) ve sistemik kazanılmış dayanıklılık (Systemic Acquired Resistance, SAR) gibi savunma mekanizmaları önemlidir (Strittmatter ve ark., 1995). HR, uygun bir bitki dayanıklılık geni ya da bir elisitör molekülü ile lokal hücre ölümünü karakterize eder. Patojen olmadığı durumlarda bile SAR ile bitkiye dayanıklılık kazandırılabilir. Örneğin, *Arabidopsis thaliana*'daki transkripsiyonal regülatör Npr1 geni, patojen çeşitliliğine karşı bitkinin dayanıklılık seviyesini artırır. Patojen bağlantılı (Pathogenesis Related, PR) proteinler biyotik strese karşı biriken farklı proteinlerden oluşan bir protein grubudur. PR proteinleri salisilik asit, jasmonik asit, sistemin ve etilen gibi farklı uyarıcılardan teşekkül eder. PR proteinlerinin bazıları antifungal aktivite gösterir. Bazı PR proteinlerine β -1, 3-

glukanaz (PR-2), kitinaz (PR-3) ve fungal membrane per-metaboliz (PR5) örnektir (Akbaş, 2018). Fitoaleksinler; mikroorganizmalara maruz kaldıktan sonra, bitkiler tarafından üretilen antimikrobiyal ve antifungal aktiviteli düşük molekül ağırlıklı doğal olmayan protein bileşenlerdir. Birçok konukçu-patojen ilişkisinde süperoksit anyon, hidroksi radikal ve hidrojen peroksit gibi aktif oksijen üretimi gözlenmiştir. Bunun konukçu savunmasında önemli bir rol oynadığı bilinmektedir (Wu ve ark., 1997). Bitkilerin sürekli aktif oksijen üretimi sağlaması dayanıklılık geliştirme çalışmalarında esastır. Bununla birlikte, farklı bitkilerde dayanıklılığı sağlamak için transgen olarak Pto ve Cf-9 N gibi spesifik bitki dayanıklılık genleri kullanılmıştır (Tang ve ark., 1999). Kısaca, bitki türlerinde kesin bir patojene karşı dayanıklılığı sağlayan bir gen tanımlanmış ve diğer bitki türlerine aktarılmıştır. Transformasyon yoluyla bu yeni geni kazanan konukçu, genetik olarak dayanıklı olduğu aynı patojene karşı dayanıklılığı daha da artar. Bazı bitki türlerinde uygun bir biçimde çalışan dayanıklılık genleri diğer bazı bitkilerde fonksiyonel olamayabilir (Akbaş, 2018).

Patojenden türetilen dayanıklılık, patojenin kendisinden türetilen transgenler ile hastalıklardan korunabilmenin harika ve doğal yollarından biridir. Örneğin bitki viral transgenleri konukçu bitkiyi transgenin alındığı virüs enfeksiyonundan koruyabilir. Viral dayanıklılıkta bitkilerin genetik mühendisliği, araştırmanın gelişen bir alanıdır.

Patojenden türetilmiş dayanıklılık, ya transgen tarafından kodlanmış protein ile ya da transgen (RNA yoluyla) tarafından üretilen transkript yoluyla sağlanır. Yapılan son araştırmalar, virüslere karşı patojenden türetilen dayanıklılığın çoğu durumlarda RNA temelli post transkripsiyonal gen susturma mekanizması yolu ile olduğunu göstermiştir. Konukçu bitkilerin bu savunma sistemi hem transgen hem de virüs tarafından üretilen mRNA'nın bozulmasına yol açar. Genellikle, RNA yoluyla olan dayanıklılık virüsün strainlerine karşı yüksek seviyede koruma sağlarken protein yoluyla olan dayanıklılık ilişkili olan geniş bir virüs kitlesine karşı sağlanır (Dawson, 1996). Kılıf protein genlerinin, virüsler tarafından sebep olunan hastalıkları engellemede ya da enfeksiyonun azaltılmasında etkili olduğu bilinmektedir. Virüslere karşı dayanıklılık sağlamak için kılıf proteinine ilaveten, viral replikaz gen dizileri, kusurlu virüs hareket protein genleri, uydu virüs RNA'sı, ribozom ve virüs antisense'leri de bitkilere aktarılmıştır. Bütün dünyada geniş

bir ürün dizisinde virüs hastalıklarının kontrolünde genetik mühendisliğinin hayli etkili olduğu kanıtlanmıştır (Akbaş, 2018).

Bitkilerde CRISPR/Cas sistemi kullanan ilk genom düzenleme uygulaması 2013 yılında *Arabidopsis thaliana* ve *Nicotiana benthamiana* olan iki model organizma kullanılarak elde edilmiştir (Li ve ark., 2013; Mao ve ark., 2013). Yıllar içinde, farklı tek yıllık bitki türlerinde (domates, pirinç, soya fasulyesi ve buğday) ve çok yıllık türlerde (ör. narenciye, elma ve üzüm) uygulamaya kadar çeşitli raporlarla daha fazla ilerleme kaydedilmiştir (Ghogare ve ark., 2020). Fungal ve bakteriyel patojenlere karşı bitki direncini artırmanın ana araçlarından biri, *Theobroma kakao* ve diğer birkaç türde kanıtlandığı gibi, hassas genlerin (S genleri) hedeflenmesine dayanır (Fister ve ark., 2018; Langner ve ark., 2018). Hassas gen ayırt ediciliği, bitki ve patojen arasındaki uyumluluğu kritik olarak kolaylaştıran genler olmalarına dayanır. Özellikle biyotrofik patojenler durumunda etkileşimleri için gereklidirler. Bu nedenle, bir S geninin mutasyonu veya kaybı, patojenin hastalığa neden olma yeteneğini sınırlayabilir (Van Schie ve Takken, 2014). Domatesin sadece tüylü küfe değil, aynı zamanda *Pseudomonas syringae*, *Phytophthora capsici* ve *Xanthomonas* spp. Dayanıklılık göstermesinde olduğu gibi (Paula de Toledo Thomazella ve ark., 2016). *Erwinia amylovora*'ya karşı direnç elde etmek için elmada (*Malus domestica*) benzer bir yaklaşım kullanılmıştır (Pessina ve ark., 2016). Pompili ve ark. (2020), ateş yanıklığı patojenine karşı bitki direncini artıran bir MdDIPM4 öldürücü mutanti üretmek için Cas9 sistemini kullanmıştır. Bu yaklaşımın getirdiği bir yenilik, düzenleme olayını onayladıktan sonra neredeyse tüm T-DNA yerleştirmelerini kaldıracak şekilde uyarılabilir bir rekombinasyon sistemidir (FLP/frt).

CRISPR teknolojisi son zamanlarda bakteriyel yanıklığa dayanıklı çeşitler elde etmek için pirince uygulanmıştır. Pirince ait bir veya birden fazla hassas gende mutasyonu başlatmak için Cas9 aracılı genom düzenlemesi, son çalışmalarda başarılı bir şekilde yapılmıştır (Oliva ve ark., 2019; Zeng ve ark., 2020). Son olarak, domatesten biyotik strese toleransı kazandırmak için CRISPR'nin başka bir ilginç uygulaması gerçekleştirildi.

Virüs direncine sahip bitkiler üretmek için CRISPR teknolojisinin kullanılması mantar ve bakteriyel patojenlere dayanıklılık için de bir strateji sağlayabilir. Örneğin, yapısal Cas proteini ve viral dizileri hedef alan gRNA(lar) ifade eden GDO bitkileri üreterek (Baltes ve ark., 2015; Ji ve ark.,

2015) hem doğrudan viral replikasyonu hedeflemek hem de virüs üretmek mümkün olmuş ve bitki genlerinin modifikasyonu yoluyla dirençli çeşitler elde edilmiştir.

BİTKİ ZARARLILARINA DAYANIKLILIK İÇİN BİYOTEKNOLOJİK YÖNTEMLERİN KULLANILMASI

Modern biyoteknolojik stratejilerin amacı, konukçu aralığını, etki hızını, zararlıya teslimini ve kalıcılığını artırarak, mühendislik yoluyla bir ürünün vahşi türü üzerindeki performansını iyileştirmektir. Son yıllarda kimyasal insektisitlere alternatif olarak ilgi gören biyolojik kontrol ajanlarında ve sürdürülebilir tarımsal üretkenlik için biyo-insektisitlerin ve transgeniklerin etkinliğini arttırmada biyoteknolojinin potansiyeli öne çıkmıştır.

Biyolojik kontrol; zararlı böceklerin veya diğer zararlı organizmaların neden olduğu zararın doğal düşmanları (parazitler, yırtıcılar ve patojenler) kullanılarak bastırılmasıdır. Yeni türler tanıtarak veya çevrede halihazırda bulunanların etkinliğini artırarak bilinçli bir şekilde doğal düşmanları kullanma girişimini içerir (Sankaran, 1986).

Böceklerin doğal düşmanları ile genetik iyileştirme projeleri, biyolojik kontrol ajanları olarak kullanımlarını sınırlayan bir dizi temel ve uygulamalı soruna çözümler sağlayabilir. Örneğin, toplu yetiştirme, iyileştirilmiş iklimsel toleranslar, konukçu bulma yeteneği, konukçu ile senkronizasyon, konukçu tercihindeki değişiklikler ve böcek ilacı direnci.

Doğal düşmanların genetik varyasyonlarını izlemek için yeni DNA tabanlı yöntemler artık mevcuttur, örneğin: mitokondriyal DNA analizi, DNA dizilimi, sınırlayıcı enzim parça uzunluk polimorfizmi (RFLP), polimeraz zincir reaksiyonu (PCR), rastgele amplifiye polimorfik DNA (RAPD)-PCR ve ribozomal DNA analizi. Bu yöntemlerin çoğu, aynı zamanda, zararlı böceklerin doğal düşmanlarının spesifik biyotiplerinin oluşturulması ve yayılmasının belirlenmesi ve izlenmesi için potansiyel olarak değerlidir (Tipvadee, 2002). Doğal düşmanların genetik manipülasyonu, böcek kontrolünün etkinliğini artırmak için potansiyel bir yaklaşımdır. Transgenik teknikler, yabancı genleri sokarak ve ifade ederek ve/veya mevcut gen fonksiyonlarını bozarak, istenen özelliklerin sonraki nesiller tarafından miras alınabilmesi için sık kitlesel salınımları azaltma fırsatı sağlar.

DNA'nın böcek üreme hücrelerine girişi, fiziksel veya biyolojik yollarla gerçekleştirilebilir. Mikroenjeksiyon, biyolistik ve elektroporasyon bazı fiziksel gen transfer yöntemleridir. Gen vektörlerinin çeşitli transpoze edilebilir elementler veya virüsler, örn. Sindbis virüsü ve retrovirüs, biyolojik araçların bazı örnekleridir (Atkinson ve ark., 2001). P-element vektörlerinde taşınan mikroenjeksiyon DNA, çok sayıda böcek türünde gen transferi için kullanılmıştır (McGrane ve ark., 1988; Morris ve ark., 1989). Maternal mikroenjeksiyon adı verilen bir teknik, eksojen DNA'nın hamile dişilerin kütikülünden herhangi bir transpoze edilebilir eleman vektörü, örneğin *M. occidentalis* transformantları yardımı olmaksızın mikroenjekte edildiği bazı türler için geliştirilmiştir (Jeyaprakash ve ark., 1998). Bu nedenle, genetik mühendisliği, pestisit direnci, soğuğa dayanıklılık ve cinsiyet oranı değişikliği gibi birçok faydalı özellik kazandıran böceklerin doğal düşmanlarının gelişimi için fırsatlar sunmaktadır.

RNA interferansı (RNAi), çift sarmallı RNA'nın (dsRNA) ekzojen enjeksiyonunun neden olduğu böceklerde gen ekspresyonunu aşağı regüle etmek için güçlü bir teknik olarak ortaya çıkmıştır. Bu yöntem, metalloproteinaz inhibitörleri, metalloproteinazlar ve ısı şoku proteinleri gibi proteinlerin fonksiyonlarını, model böceği *Tribolium castaneum*'un geliştirilmesinde ve bağışıklığında araştırmak için kullanılmıştır. Bu teknoloji, yeni nesil böceklere dayanıklı transgenik bitkilerin mühendisliğini sağlamıştır (Knorr ve Vilcinskas, 2011).

DNA parmak izi kavramı bitkilere göre böcek alanında nispeten yenidir. Herkesin DNA'sının kimyasal yapısının aynı olduğu ve organizmalar (veya herhangi bir böcek) arasındaki tek farkın baz çiftlerinin sırası olduğu anlayışına dayanarak, DNA parmak izi böcekleri tanımlamak ve onların filogenilerini incelemek için kullanılabilir (Tyagi, 2021). Bu teknik, iki DNA örneğinin aynı böcekte mi, akraba böceklerden mi yoksa akraba olmayan böceklerden mi olduğunu belirlememizi sağlar (Tipvadee, 2002).

Bitki hücrelerinde transgenlerin ekspresyonu için, böceklere dirençli transgenik bitkilerin çoğunda kullanılan Karnabahar Mozaik Virüsü (CaMV35S) promotörü gibi mRNA'nın verimli transkripsiyonunu sağlamak için genin yanında uygun promotör dizileri dahil edilmiştir. Pi geni, *Heliothis zea*, *Spodoptera litura* ve *Manduca sexta*'ya karşı direnç için tütün bitkilerine aktarılmıştır (Srinivasan, 2006).

Konak bitki direnci, zararlı yönetiminin temel bileşenidir ve gelişmiş tarımda en çok kabul gören kontrol yöntemlerinden biridir (Horgan ve ark., 2020; El-Dessouki ve ark., 2022). Bir bitkinin bu niteliklere sahip olmayan bir bitkiden daha az zarar görmesini sağlayan, kalıtsal bitki özelliklerinin sonuçlarıdır. Böceklere dayanıklı bitki çeşitleri, yaralanma toleranslarını artırarak böcek zararlılarının sayısını azaltır. Böcek ve bitki arasındaki ilişkiyi üç tür direnç belirler; antibiosis, antiksenez (tercih edilmeme) ve tolerans (Koch ve ark., 2016; Iqbal ve ark., 2018). Antibiosis direnci, zararlı popülasyonunu ve ardından gelen hasarı azaltmak için zararlı böceğin biyolojisini etkiler, bu da böceğin daha yüksek ölüm oranına veya daha düşük yaşam süresine ve üremesine neden olur. Antiksenez dayanıklılık, zararlının dayanıklı bir bitkiyi tercih etmemesi olarak tanımlanır ve zararlının davranışsal özelliklerini etkiler (Painter, 1951; Smith, 2005). Tolerans, bir bitkinin zararlı popülasyonunun neden olduğu hasara karşı koyabileceği veya bu zarardan kurtulabileceği bir dirençtir (Smith, 2005).

SONUÇ

Bitkisel üretimi sınırlayan faktörler içerisinde hastalık ve zararlılar en önemlileri olarak karşımıza çıkmaktadır. Klasik bitki ıslahı ile kazandırılmış dayanıklılık mevcut olsa da klasik ıslahın sınırlı olduğu durumlarda gen mühendisliği devreye girmiştir. Gen transferi yapılarak elde edilen dayanıklı çeşitler üretime girmiştir. Farklı bitki türlerinde farklı zararlılara karşı kazandırılmış bu dayanıklılık dünyanın her yerinde kabul görmüş değildir. Genetiği değiştirilmiş organizmaların avantajları ve dezavantajları uzun zaman pek çok araştırmacı tarafından tartışılmıştır. Halen GDO' lar tartışılırken yeni ıslah yöntemleri geliştirilmiş ve uygulamaya aktarılacak bazı sonuçlar ortaya konmuştur.

Genetik olarak uzak ve/veya ilişkisiz organizmalardan (transgenler) izole edilen ve genellikle seçilebilir belirteçler (örneğin antibiyotiklere direnç) içeren genlerin bitki genomuna eklenmesi, insanlar tarafından en çok eleştirilen yönlerden biridir. Yıllar boyunca, genetiği değiştirilmiş bitki sınırlamalarının üstesinden gelmek için en yeni bitki yetiştirme tekniklerine (örneğin genom düzenleme) kadar birçok teknik geliştirilmiştir (Giudice ve ark., 2021).

Son 15 yılda, yeni nesil dizileme (Next Generation Sequencing-NGS) teknolojileri, bitki genomiklerinde büyük bir ilerlemeyi teşvik etmiş ve birçok referans bitki genomunun kamuya açık olmasına katkıda bulunmuştur (Jaillon ve ark., 2007; Sato ve ark., 2012; Verde ve ark., 2017; Linsmith ve ark., 2019). Ayrıca, yüzlerce genotipin yüksek verimli yeniden dizilimi, araştırmacıların hem ıslah hem de yabancı bitki popülasyonlarının allel çeşitliliğini tanımlamasına izin vermiştir (Morrell ve ark., 2012). Bu bağlamda, genom yapılarına ilişkin artan veri mevcudiyeti, bitki ıslahı tarihinin anlaşılmasını, zirai kimyasal özellikleri ve gen işlevlerinden sorumlu genlerin tanımlanmasını derinleştirmiş, büyük kamu endişeleri taşıyan GDO' ların zahmetli ve maliyetli geliştirilme, değerlendirme ve onaylanma süreçlerinin üstesinden gelmek için (New Plant Breeding Techniques-NPBT-Yeni Bitki Islahı Teknikleri) NPBT'lerin gelişimini teşvik etmiştir. Aslında, NPBT'ler, cinsiyet olarak uyumlu melezleri (cisgenesis) ve spesifik DNA dizilerinin kesin modifikasyonunu (genom düzenleme) taklit ederek tek bir genin aktarılmasına izin vermektedir (Giudice ve ark., 2021).

Genom düzenleme, diğer bölgeleri değiştirmeden (hedef yan bölgeleri dahil) ve yabancı DNA'nın girmesini önleme potansiyeli ile spesifik hedef DNA dizilerinde değişiklikler sunmaktadır. Genom düzenleme, spesifik DNA dizilerini tanıyabilen endonükleazlar kullanılarak gerçekleştirilir. Hedef dizi tanıdıktan sonra, endonükleaz, çift sarmallı bir DNA (dsDNA) kırılması (Çift Sarmal Kopması-Double-Strand Break-DSB) DSB oluşumunu gerçekleştirir ve ardından DNA onarım yolunun aktivasyonunu indükler (Manghwar ve ark., 2019). Bu durum, üç farklı enzim sınıfından yararlanılarak elde edilebilir: çinko parmak nükleazları (ZFN'ler), transkripsiyon aktivatör benzeri efektör nükleazları (TALEN'ler) ve Cas proteinleri (Zhang ve ark., 2017). Hedef genomları düzenlemek için en çok kullanılan ve etkili araç haline gelen Cas aracılı genom düzenleme teknolojisini geliştirmek için dünyanın her yerindeki sayısız araştırmacı tarafından güçlü çabalar sarf edilmiştir (Xie ve Yang, 2013). Genom düzenleme tekniklerinin biyotik ve abiyotik streslere karşı bitki direncini geliştirmede yetiştiricilere yardımcı olma yeteneği henüz başlangıç aşamasındadır, ancak bazı örnekler halihazırda mevcuttur.

KAYNAKÇA

- Agrios, G.N. (2005). Plant Pathology. Fifth Edition. Printed in the United States of America, p: 922.
- Akbaş, B. (2018). Bitki hastalıklarının yönetiminde biyoteknoloji. TÜRKTOB Dergisi. 25: 30-33.
- Atkinson, P.W., Pinkerton A.C., Brochta D.A.O. (2001). Genetic transformation systems in insects. Annu. Rev. Entomol. 46: 317-346.
- Anonim, (2022a). <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/kisi-basina-tarim-alani-i-85832>. Erişim Tarihi: 12.11.2022.
- Anonim, (2022b). <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/nufus-artis-hizi-i-85616>. Erişim Tarihi: 12.11.2022.
- Baltes, N.J., Hummel, A.W., Konecna, E., Cegan, R., Bruns, A.N., Bisaro, D.M., Voytas, D.F. (2015). Conferring resistance to geminiviruses with the CRISPR-Cas prokaryotic immune system. Nat. Plants, 1, 15145.
- Danna, K., Nathans, D. (1971). Specific cleavage of simian virus 40 DNA by restriction endonuclease of Hemophilus influenzae. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S. A. 68:2913-2917.
- Dawson, W.D. (1996). Gene silencing and virus resistance: A common mechanism. Trends Plants Sci. 1: 107-108.
- Doyle, J.J., Persley G.J. (1996). New biotechnologies, an international perspective In: Investment strategies for Agricultural and Natural Resources Research. CAB Int., Wallingford, UK.
- El-Dessouki, W.A., Mansour, M.R.K., Eryan, N.L. (2022). Effects of Certain Weather, Biotic Factors and Chemical Components on the Population of Aphids in Egyptian Wheat Fields. Egypt. Acad. J. Biol. Sci. A, Entomology 15 (1), 1-13. doi:10.21608/eajbsa.2022.212703.
- Fister, A.S., Landherr, L., Maximova, S.N., Gultinan, M.J. (2018). Transient expression of CRISPR/Cas9 machinery targeting TcNPR3 enhances defense response in Theobroma cacao. Front. Plant Sci. 9: 268.
- Giudice, G., Moffa, L., Varotto, S., Cardone, M.F., Bergamini, C., De Lorenzis, G., Velasco, R., Nerva, L. and Chitarra, W. (2021). Novel and emerging biotechnological crop protection approaches. *Plant Biotechnol J*, <https://doi.org/10.1111/pbi.13605>.
- Ghogare, R., Williamson-Benavides, B., Ramirez-Torres, F., Dhingra, A. (2020). CRISPR-associated nucleases: The dawn of a new age of efficient crop improvement. Transgenic Res. 29: 1-35.
- Horgan, F.G., Garcia, C.P.F., Haverkort, F., de Jong, P.W., Ferrater, J.B. (2020). Changes in Insecticide Resistance and Host Range Performance of Planthoppers

- Artificially Selected to Feed on Resistant Rice. *Crop Prot.* 127, 104963. doi:10.1016/j.cropro.2019.104963
- Iqbal, M.A., Hassan, M.W., Hafiz, M.U.R., Muhammad, A., and Moazzam, J. (2018). Evaluation of Different Wheat Varieties for Resistance against Aphid, *Schizaphis graminum* R. (Homoptera: Aphididae) under Laboratory Conditions. *Asian J. Agric. Biol.* 6, 549–555.
- Jaillon, O., Aury, J.M., Noel, B., Policriti, A., Clepet, C., Casagrande, A., Choisne, N. et al. (2007). The grapevine genome sequence suggests ancestral hexaploidization in major angiosperm phyla. *Nature*, 449: 463-467.
- Jeyaprakash, A., Lopez, G., and Hoy, M. A. (1998). Extrachromosomal plasmid DNA transmission and amplification in *Metaseiulus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) transformants generated by maternal microinjection. *Ann. Entomo. Soc. Am.* 91(5), 730-736.
- Ji, X., Zhang, H., Zhang, Y., Wang, Y., Gao, C. (2015). Establishing a CRISPR-Cas-like immune system conferring DNA virus resistance in plants. *Nat. Plants*, 1, 15144.
- Knorr, E., and Vilcinskas, A. (2011). Postembryonic functions of HSP90 in *Tribolium castaneum* include the regulation of compound eye development. *Dev. Genes Evol* 221, 357-362. <https://doi.org/10.1007/s00427-011-0379-z>.
- Koch, M.S., Ward, J.M., Levine, S.L., Baum, J.A., Vicini, J.L., and Hammond, B.G. (2015). The Food and Environmental Safety of Bt Crops. *Front. Plant Sci.* 06, 283. doi:10.3389/fpls.2015.00283.
- Langner, T., Kamoun, S., Belhaj, K. (2018). CRISPR crops: plant genome editing toward disease resistance. *Annu. Rev. Phytopathol.* 56: 479-512.
- Li, J.F., Norville, J.E., Aach, J., McCormack, M., Zhang, D., Bush, J., Church, G.M. (2013). Multiplex and homologous recombination-mediated genome editing in *Arabidopsis* and *Nicotiana benthamiana* using guide RNA and Cas9. *Nat. Biotechnol.* 31: 688-691.
- Linsmith, G., Rombauts, S., Montanari, S., Deng, C.H., Celton, J.M., Guerif, P., Liu, C. (2019). Pseudo-chromosome-length genome assembly of a double haploid “Bartlett” pear (*Pyrus communis* L.). *GigaScience*, 8, 138.
- Manghwar, H., Lindsey, K., Zhang, X., Jin, S. (2019). CRISPR/Cas system: recent advances and future prospects for genome editing. *Trends Plant Sci.* 24, 1102-1125.
- Mao, Y., Zhang, H., Xu, N., Zhang, B., Gou, F., Zhu, J.K. (2013). Application of the CRISPR-Cas system for efficient genome engineering in plants. *Mol. Plant*, 6: 2008-2011.
- McGrane, V., Carlson J.O., Miller B.R., Beaty, B.J. (1988). Microinjection of DNA

- into *Aedes triseriatus* ova and detection of integration. *Ann. J. Trop. Med. Hyg.* 39, 502-510.
- Morrell, P.L., Buckler, E.S., Ross-Ibarra, J. (2012). Crop genomics: Advances and applications. *Nat. Rev. Genet.* 13: 85-96.
- Morris, A.C., Eggleston P. and Crompton J. M. (1989). Genetic transformation of the mosquito *Aedes aegypti* by microinjection of DNA. *Med. Vet. Entomol.* 3, 1-7.
- Mullis, K.B., Faloona, F.A. (1987). Specific synthesis of DNA in vitro via a polymerase-catalyzed chain reaction. *Methods in Enzymology*, 155:335-350.
- Oliva, R., Ji, C., Atienza-Grande, G., Hugueta-Tapia, J.C., Perez-Quintero, A., Li, T., Eom, J.S. (2019). Broad-spectrum resistance to bacterial blight in rice using genome editing. *Nat. Biotechnol.* 37, 1344–1350.
- Özgen, M., Türet, M. (1995). Bitki ıslahı ve gen aktarma teknolojisi. Workshop "biyoteknoloji ve bitki ıslahı, 17-19 Nisan 1995, Gebze/Kocaeli, Bildiriler, Can Ofset, İzmir, 227-236.
- Painter, R.H. (1951). Insect Resistance in Crop Plants. *Soil Sci.* 72 (6), 481. LWW. doi:10.1097/00010694-195112000-00015.
- Paula de Toledo Thomazella, D. Brail, Q., Dahlbeck, D., Staskawicz, B. (2016). CRISPR-Cas9 mediated mutagenesis of a DMR6 ortholog in tomato confers broad-spectrum disease resistance. *bioRxiv Advance Access published January 1, 2016*, doi:<https://doi.org/10.1101/064824>.
- Pérez-García A, Romero D, de Vicente A. (2011). Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Curr Opin Biotechnol.* Apr;22(2):187-93. doi: 10.1016/j.copbio.2010.12.003. Epub 2011 Jan 4. PMID: 21211960.
- Pessina, S., Lenzi, L., Perazzolli, M., Campa, M., Costa, L. D., Urso, S., Vale, G. (2016). Knockdown of MLO genes reduces susceptibility to powdery mildew in grapevine. *Hortic. Re.* 3, <https://doi.org/10.1038/hortres.2016.16>.
- Philips R.L., Eberhart S.A. (1993): Novel methodology in plant breeding. In *Proc. of the Int Crop Sci Cong Ames, USA. Crop Sci Soc of America*, pp. 647-648.
- Pompili, V., Dalla Costa, L., Piazza, S., Pindo, M., Malnoy, M. (2020). Reduced fire blight susceptibility in apple cultivars using a high-efficiency CRISPR/Cas9-FLP/FRT-based gene editing system. *Plant Biotechnol. J.* 18: 845-858.
- Rommens, C.M., Kishmore, G.M. (2000). Exploiting the Full Potential of Disease-resistance Genes for Agricultural Use. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 11: 120-125.
- Sankaran, T. (1986). Current status and future projections of biological control of insect pests in India. *Proc. Indian natn Sci. Acad.* 52, 108-116.
- Sato, S., Tabata, S., Hirakawa, H., Asamizu, E., Shirasawa, K., Isobe, S., Kaneko, T.

- (2012). The tomato genome sequence provides insights into fleshy fruit evolution. *Nature*, 485: 635-641.
- Simmonds, N.W. (1983). Plant Breeding: The State of the Art. In: Kosuge, T., Meredith, C.P., Hollaender, A., Wilson, C.M. (eds) *Genetic Engineering of Plants. Basic Life Sciences*, vol 26. Springer, Boston, MA. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-4544-2_3.
- Strittmatter, G., Janssens, J., Opsomer, C., Botterman, J. (1995). Inhibition of fungal disease development in plants by engineering controlled cell death. *Bio-Technol.*, 13: 10851088.
- Smith, C. M. (Editor) (2005). *Plant Resistance to Arthropods: Molecular and Conventional Approaches* (Dordrecht: Springer Netherlands).
- Smith, H.O and Wilcox, K.W. (1970). A restriction enzyme from *Haemophilus influenzae*: I. Purification and general properties. *Journal of Molecular Biology*, 51: 379-91.
- Srinivasan, A., Giri, A. and Gupta, V. (2006) Structural and functional diversities in lepidopteran serine proteases. *Cell Mol Biol Lett.* 11: 132-154.
- Tipvadee, A. (2002). Biotechnology for insect control. *Proc. Sat. Forum.* 74-85.
- TÜİK, (2022). Tarım, İstatistiksel Tablolar, Tarım ve Orman Alanları Raporu. Ankara. Erişim Tarihi: 11.11.2022.
- Tyagi, S. (2021). Application of Biotechnology in Plant Protection. *Bioingene PSJ*, 1: D5MAY21R25, 1-8.
- Van Schie, C.C., Takken, F.L. (2014). Susceptibility genes 101: how to be a good host. *Annu. Rev. Phytopathol.* 52: 551-581.
- Verde, I., Jenkins, J., Dondini, L., Micali, S., Pagliarani, G., Vendramin, E., Paris, R. (2017). The Peach v2.0 release: High-resolution linkage mapping and deep resequencing improve chromosome-scale assembly and contiguity. *BMC Genom.* 18: 1-18.
- Vines, R. (2002). *Biotechnology and plants*. Virginia Cooperative Extension, Biotechnology Information, Virginia State Univ., Publ. No: 443-002.
- Watson, J.D. and Crick, F.H.C. (1953). A structure of deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171: 737.
- Wu, R. and Taylor E. (1971). Nucleotide sequence analysis of DNA. II. Complete nucleotide sequence of the cohesive ends of bacteriophage lambda DNA. *Journal of Molecular Biology*, 57: 491-511.
- Xie, K., Yang, Y. (2013). RNA-guided genome editing in plants using a CRISPR–Cas system. *Mol. Plant*, 6, 1975– 1983.
- Zeng, X., Luo, Y., Vu, N. T. Q., Shen, S., Xia, K. Zhang, M. (2020). CRISPR/ Cas9-mediated mutation of OsSWEET14 in rice cv. Zhonghua11 confers resistance

to *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* without yield penalty. *BMC Plant Biol.* 20, 313.

Zhang, K., Raboanatahiry, N., Zhu, B. and Li, M. (2017). Progress in genome editing technology and its application in plants. *Front. Plant Sci.* 8, <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00177>.

BÖLÜM 13

DOKU KÜLTÜRÜ TEKNİKLERİ İLE HASTALIK VE VİRÜSTEN ARINMIŞ BİTKİ ÜRETİMİ

Dr. Öğr. Üyesi Ferzat TURAN¹

¹ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Sakarya, Türkiye,
ferzatturan@subu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5960-6478

1. GİRİŞ

Son yzyılda, biyolojik süreçlerle ilgili insan bilgisinin genişlemesi ve bu bilgilerin ıslah programlarında kullanılması nedeniyle, çoğu tarımsal bitkinin üretiminde büyük bir artış olmuştur ve her zaman daha fazla üretime ihtiyaç duyulmaktadır. Bitkilerin bilinen geleneksel ıslah yöntemlerle genetik modifikasyonu bazı durumlarda engellerle karşılaşmış veya ilerlemesi çok hızlı olmamıştır. Bu nedenle, modern bitki doku kültürü yöntemlerinin kullanılması bu engellerin bazılarının üstesinden gelebilmektedir. Örneğin, bu tekniği kullanarak, çift (double) haploidler, eşeysiz melezler üretmek için protoplastların füzyonu, üremeleri normal ve bilinen şekilde zor olan türlerin çoğaltılması, biyotik ve abiyotik streslere karşı hızlı ve daha iyi bir laboratuvar seçimi, hastalık ve virüsten arınmış bitki vs. üretilmektedir.

Bitkilerde iç kirliliklere neden olan virüsler, mikoplazmalar, bakteriler ve mantarlar ile mücadele etmek çok zordur. Genellikle, bu tip patojenleri kimyasal yollarla ortadan kaldırmak neredeyse tamamen imkansızdır. Bazen besi ortamında nispeten pahalı ribavirin (antiviral) ve vidarabine (anti-metabolit) kombinasyonları kullanarak virüslerin çoğalmasını durdurmak mümkündür (Walkey, 1980; Kartha, 1986). Bazı durumlarda zambak ve elma gibi bitkilerde, ribavirin kullanımı virüssüz bitkilerin büyümesine etkili olmuştur (Cohen, 1986). Bakteriyel enfeksiyonları önlemek için antibiyotik eklemek adeta etkisiz olmuştur. Bastiaens (1983), kültür ortamındaki bakterileri azaltmak için antibiyotiklerin etkisinin olmayacağına inanıyorlardı; çünkü gerekli dozlar toksiktir ve hatta bazen mikroorganizmalar eklenen antibiyotiklere hiç bir tepki vermez. Ayrıca, antibiyotik kullanımı istenmeden dirençli suşların meydana gelmesine ve mikroorganizmaların antibiyotiklere ve diğer ilaçlara karşı direnç sağlamasına da olumsuzluklar arasında yer almaktadır.

Daha önceki bilgilerin aksine, virüsler eşeyli üreme sırasında da bulaşabilmektedir. Yaklaşık bilinen 600 bitki virüsünden en az 80 türü tohum yoluyla bulaşabilir. Virüsler, bakteriler ve mantarlar neredeyse her zaman vejetatif üreme yoluyla bulaşır. Dolayısıyla sağlıklı toplumlar veya popülasyonlar tercih edilmelidir. Ancak, tüm popülasyon bulaşmış gibi görünüyorsa, bu durumda numunedeki kontaminasyonu gidermeye çalışmalısınız. Virüsler, bitkide verim azalmasına ve ürün kalitesinde düşüşe

neden olurlar. Bu nedenle vejetatif üreme için kullanılan hammaddelerin virüssüz olması çok önemlidir (Walkey, 1980; Kartha, 1986).

2. VİRÜSSÜZ BİTKİ ÜRETİMİ

Virüsten arındırılmış bitkilerin elde edilmesinde yaygın olarak yedi yöntem bilinmektedir.

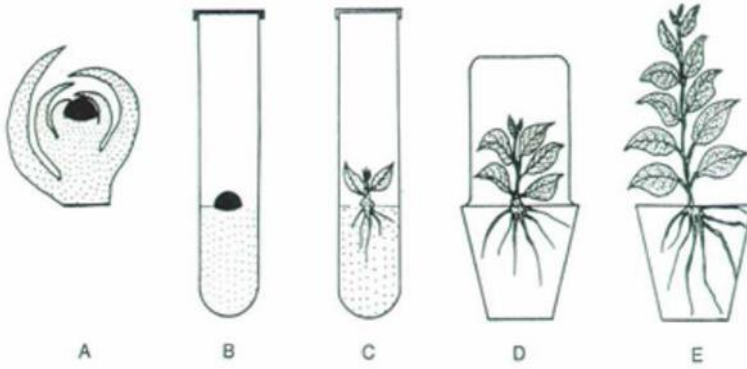
- a. Sıcaklık uygulaması (Termoterapi)
- b. Meristem ve sürgün ucu kültürü (Şekil 1)
- c. Meristem kültürü ile birlikte sıcaklık uygulaması
- d. Adventif sürgün oluşumu ve daha sonra meristem ve sürgün ucu kültürü
- e. Kimyasal madde kullanımı (kemoterapi)
- f. Virüssüz anaçlar üzerine meristem aşılması (Mikroaşılama)
- g. Kallus ve protoplast kültürü ile virüsten arı bitkilerin elde edilmesi

Çoklu miktarda virüssüz meristem elde etmek için öncelikle kontrollü bir ortamda adventif tomurcukların üretilmesi ve ardından meristem kültürü yapılması gerekmektedir.

Eğer ki bitkiye virüs bulaştığından şüpheleniyorsak bu önlemler alınmalıdır;

- a. Virüs veya virüsler tanımlanmalıdır.
- b. Bazı virüsleri yok etmek için çaba gösterilmelidir.
- c. Elde edilen bitkilerin hastaliksız olup olmadığı test edilmelidir.
- d. Son olarak, herhangi bir yeniden kontaminasyondan kaçınılmalıdır.

Virüs içermeyen bitkilerin virüsle yeniden enfekte olabileceğini unutmamalıyız.



Şekil 1. Meristem yetiştirme şeması.

A. Meristem ucu, B. Kesilmiş meristem ucu kültür ortamında, C. Kesilmiş meristem ucundan rejenere olmuş bitkicik, D. Steril toprağa bitkicik transferi, E. Virüsten arındırılmış bitkinin toprakta büyümesi. Anonim (2002).

Virüslerin yeniden bulaşmasını önlemek için aşağıdaki önlemler dikkate alınmalıdır;

- Bitkiler, kontaminasyon ve hastalık vektörlerinden (yaprak biti) arındırılmış seralarda yetiştirilmelidir.
- Hastalık vektörleri (böcekler ve nematodlar) kontrol edilmelidir.
- Hijyene uygunluk; Eller, giysiler, ayakkabılar ve ekipmanlar dezenfekte edilmelidir.
- Saksılar ve gerekli malzemeler mikropsuz olmalıdır.
- Emin olmak için virüssüz bitkilerin *in vitro* ortamda tutulması tavsiye edilir.
- Gözlem veya test yoluyla virüssüz bitkilerin sürekli seçimi.

Virüssüz bitkileri seçerken, enfekteli bitkilerin virüssüz bitkilerden farklı bir görünüme sahip olduğunu unutmamalıyız. Ancak küçük mutasyonların olasılığı göz ardı edilmemelidir. Bazı araştırmacılar, çalışmalarında mikro mutasyonu meristem ucu kültüründe bildirmişler (Morel, 1964; Hildebrant, 1977; Walkey, 1980).

2.1. Sıcaklık uygulaması (Termoterapi)

Termoterapi; virüsleri yok etmenin en yaygın yollarından birisi, bitkileri *in vitro* ortamda yüksek sıcaklıkta büyütülmesidir. Bu yöntemde virüsa bulaşmış bitkiler belirli bir süre yüksek sıcaklıklarda tutulur ve daha sonra bitkiler yeni tomurcukları yetiştirilir veya onlardan meristemler çıkarılır. Isı uygulaması, bazı virüsleri etkisiz hale getirmenin etkili bir yoludur. Isının sadece izometrik virüsler ve mikoplazmanın neden olduğu hastalıklara karşı etkili olduğu tespit edilmiştir. Isının bazen virüsler üzerinde hiçbir etkisinin olmaması, bitkinin ısıya karşı yüksek hassasiyetinin bir sonucu olabilir. Bazen bilinmeyen nedenlerle ısı da mikoplazmalar üzerinde etkisiz ola bilirler. Bitkinin canlı olması ve aynı zamanda virüsün in aktif duruma gelmesi için doğru sıcaklık ve zamanı optimize ederek seçmeliyiz. Yüksek sıcaklıkta yapılan uzun süreli uygulamalar virüsü yok etmesi için daha faydalı olmasına rağmen, uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalan eksplantlarda sürgün rejenerasyonunda ve bunu takiben canlı bitki elde etmede olumsuzluklar yaşanabilmektedir (Ghaemizadeh ve ark., 2014).

Yapılan bazı çalışmalarda, virüsler ve konukçu bitkiler üzerinde uygulanan yüksek sıcaklık, bitki içlerindeki virüs konsantrasyonunun azaldığı görünmüştür. Sonuçlara göre, ısı işlemi görmüş bitkide virüsün azalması, ısının bitkide virüslerin çoğalması ve dağılımı üzerindeki olumsuz etki sağlamıştır. Termoterapi, virüsün tek sarmallı ve çift sarmallı RNA sentezinde bozulmalara neden olur ve virüslerin bir hücreden diğerine geçişini sağlayan proteinlerinin üretimini engeller. Bütün bitkileri veya kültüre alınmış eksplantları uzun süre yüksek sıcaklıklara maruz bırakmak genellikle fidenin boylaması ve büyümesini durdurur veya ölümüne neden olur. Sonuç olarak, söz konusu yöntemin verim oranı düşüktür, diğer yandan tüm virüsler üzerine tedaviye duyarlı olmaması da bu yöntemin en büyük dezavantajlarından birisi olarak sayılabilmektedir. Bu nedenle meristem kültürü yöntemi, ısı işlemin tamamlayıcı bir yöntemi olarak kullanılmaktadır (Conci ve Nome, 1991; Robert ve ark., 1998; Roksana ve ark., 2002; Bertaccini ve ark., 2004; Pramesh ve Baranwal, 2015; Manjunathagowda ve ark., 2017; Yulianingsih ve ark., 2019).

2.2. Meristem ve sürgün ucu kültürü

İlk kez nasıl meristem kültürünün virüssüz bitkiler elde etme yöntemi olarak kullanıldığını bilmek için geçmişinin kısa bir gözden geçirilmesi elzemdir. White 1934 yılında tütün mozaik virüsünün (TMV) heterojen bir şekilde köklerde yayılışını tespit etmiştir. Öyle ki kök ucuna doğru birikimleri az ve kök ucu virüslerden arındırılmış görünmektedir. Limasset ve Cornuet 1949 yılında, tütün bitkisinin sapında da böyle bir durumu bildirmişlerdir. Bu durumda, sürgün ucu meristemlerde virüs tespit edilmemiştir. Tabii ki, daha sonraki kanıtlar, kök ve sürgün ucu meristemlerin her zaman virüssüz olmadığını göstermiştir. Morel ve Martin 1952 yılında virüs bulaşmış nergis ve patateslerin meristem ucu kültürünü kullanarak, virüsten arındırılmış bitkiler elde etmeyi ilk olarak başarmışlar (Şekil 2).



Şekil 2. Doku kültüründe kullanılan patates meristem ucu eksplanti. Anonim (2002a), Anonim (2002b).

Yapılan çalışmalar meristem kültürünün *in vitro*'da virüsten ari bitki elde etmede diğer kültür şekillerinden daha başarılı olduğunu ortaya çıkartmıştır. Meristem ucu kültürü özellikle bahçe bitkilerinde kullanılmaktadır. Aynı zamanda, bu yöntem patates, çim, yonca, üçgül gibi birçok sayıda tarla bitkilerinde de kullanılmıştır.

Bu keşiflerden sonra, virüslerin bitkilerde neden heterojen bir şekilde yayıldığı ve meristem kültürü yardımıyla virüssüz bitkilerin nasıl elde edileceği sorusu akla gelmektedir. Cooke (1966), meristemdeki virüs hücreleri ile bitki hücrelerinin üretimi arasında bir rekabet olduğuna inanıyordu. Meristem dokularında hücre bölünmesi sırasında nükleik asit sentezleme kapasitesi hücre üretimi için tüketilmekte olup, ve bu virüsün çoğalmasını önler. Meristemin altındaki hücreler bölünmek yerine boyutları artmaktadır ve bu virüslerin

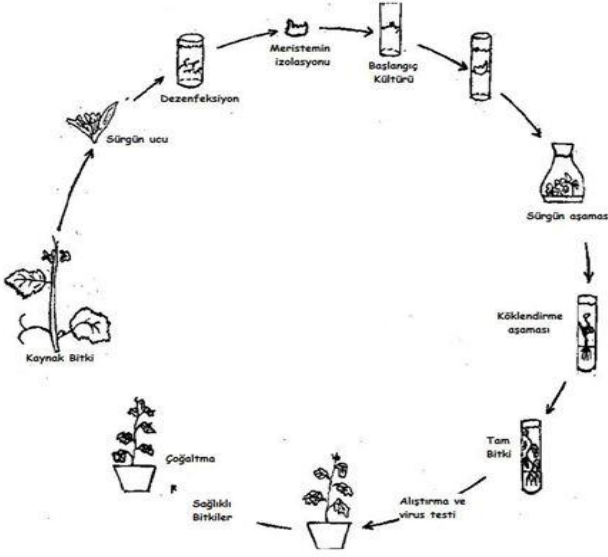
kesintisiz çoğalmalarına sebep olur. Ayrıca iletim demetleri meristemlerde olmaması virüsün transferini engellemektedir. Meristem ucunda iletim demetlerinin olmaması ve virüslerin bu hücrelerde az olmasına sebebiyet verdiği birçok araştırmacı tarafından kabul edilmiştir. Meristem hücrelerinde virüsler için engelleyici maddelerin varlığı veya meristemlerdeki düşük virüs konsantrasyonu dâhil olmak üzere birçok hipotez önerilmiştir. Tabii ki, bu hipotezlerin kanıtlanması gerekiyor. Bu nedenle, meristem kültürü yoluyla virüssüz bitkilerin nasıl üretileceğine dair açıklamalar henüz tamamlanmamıştır. Meristem ve sürgün ucu kültürü genellikle virüssüz materyal elde edilmesi, mikroçoğaltım, germplazm muhafazası, genetik transformasyonlar, bitki materyallerinin uluslararası değişimi ve Bakteri ve mantarlardan ari bitkilerin üretilmesinde kullanılmaktadır (Walkey ve ark., 1987; Verbeek ve ark., 1995; Taskin ve ark., 2013; Gimenez ve ark., 2016; Haque ve Hattori, 2017; Ayed ve ark., 2018; Murkute ve Gawande, 2018; Yulianingsih ve ark., 2019).

2.2.1. Meristem ve sürgün ucu işlemi;

Meristem ucu kültüründe; bitki materyali, kültür ortamı ve kültür şartları başarıyı etkileyen üç önemli faktör olarak adlandırabiliriz. Bitki materyali açısından, Eksplantın büyüklüğü, donör bitkinin fizyolojik durumu, Eksplantın alındığı mevsim ve çeşitlere dikkate edilmelidir. Meristem kültüründe en doğru eksplant alma zamanı, sürgünlerin büyüme evresidir (bitkide vegetatif büyümenin aktif olduğu dönem). Eksplantın doğru zamanda alımı ve meristemin aktif olması virüsün uzaklaştırma şansı daha yüksek olacaktır. Aynı zamanda eksplant büyüklüğü ve kullanılan bitki türüne göre, eksplantın alındığı mevsim başarıyı doğru yönde etkilemektedir. Örneğin; baharda kültüre alınan patates meristem ucu, besi ortamında çok iyi kök üretmektedir.

Eksplant alınan sürgünler daha önceden temizlenmeleri gerekiyor, sürgün üzerindeki tüm yapraklar alındıktan sonra çıplak sürgünler az bir süre ile %70'lik alkol içine daldırılacaktır. Daha sonra sterilizasyon süreci seyreltilmiş sodyum hipoklorit ile başlayacaktır ve son olarak steril saf su ile birkaç defa durulanacaktır. Ardından mikroskop altında steril pens ve bisturi yardımıyla sürgünün uç kısmından birkaç yaprak alınacaktır. İkinci sterilizasyon işlemine tekrardan daha az süre ve seyreltilmiş sodyum hipoklorit ile devam edecektir. Son olarak bol steril saf su ile durulama işlemi yapılacaktır.

Kalan yapraklar bisturi ve iğne yardımıyla mikroskop altında alınacaktır. Tüm uygulama sürecinde iğne, pens ve bisturi steril olmaktadır. Son olarak bisturi yardımıyla meristem sürgün ucundan alınarak besi ortamına aktarılacaktır. Uygulamada eğer sadece meristem çıkarılırsa (0.1 mm çap ve 0.2-0.4 mm uzunluk), virüssüz bitkilerin elde etme şansı yüksek olacaktır. Ayrıca, daha büyük meristemlerin kullanılması bu ihtimali düşürecektir (Şekil 3).



Şekil 3. Virüssüz bitkilerin üretim döngüsü. (Anonim, 2022c)

2.2.2. Besi ortamı

Besi ortamının hazırlanması basit değildir, çünkü meristem çok küçüktür ve büyümesi zordur. Her bir farklı bitki türü veya hatta bazen aynı türün farklı çeşitleri kendine ait belirli besin ortamına ihtiyacı vardır. İki genotip aynı kültür koşulları altında her zaman benzer şekilde cevap vermemektedir. Ayrıca Sürgün rejenerasyonunda kullanılan besi ortamıyla köklendirmede istifade edilen besi ortamı farklıdır. Meristemler genellikle agar içeren katı kültür ortamında izole edilir, ancak bazen sıvı kültür ortamı da kullanılabilir. Doku kültüründe en yaygın kullanılan besin ortamı MS (Murashige ve Skoog) ortamıdır. Genç fidanlardan alınan eksplantlar MS ortamında iyi sonuçlara sebep olur. Ancak söz konusu ortam olgun ağaçlardan alınan eksplantlar'da

toksik etkisi sağlayabilir. Dolayısıyla bu eksplantlar için düşük tuz oranına sahip ortamlar daha uygundur. Meristem ucu kültürü için kullanılan karbon kaynağı besi ortamında önemli bir faktördür. Sakkaroz genelde karbon kaynağını olarak tüm besin ortamlarda %1-3 oranda kullanılmaktadır. Ayrıca çoğu bitki türlerinde düşük düzeyde sitokinin ve oksin gibi bitki büyüme düzenleyici olarak hücre bölünmesi, büyümesi ve meristemin gelişimini desteklemek amacıyla besi ortamlarına ilave edilir. Bazen sürgün gelişimi için besi ortamlarına GA₃ de eklenebilir.

Kültür şartları açısından; farklı ışık, sıcaklık, fotoperiyot gibi çevre şartları *in vitro*’ da farklı etkiler sağlayabilmektedir. Üzerinde çalışılan her bir genotip için ayrı ayrı optimum koşullar sağlanmalıdır. Genellikle kültür odasının sıcaklığı 21-24°C arasında değişmektedir. Bu değer yumru bitkilerinde biraz daha düşüktür. Yüksek sıcaklık (35-38°C) yalnızca virüslerin inaktif edilmesi durumunda kullanılmaktadır.

2.2.3. Meristem ucu kültürünün faydaları

Her bir çalışmada olduğu gibi meristem ucu kültürünün ’de yararları ve aynı zamanda sınırlamaları mevcuttur. Meristem ucu kültürü *in vitro* klonal çoğaltımda en yüksek genetik stabiliteyi gösteren yöntemdir. Ayrıca bu yöntem ile viral, bakteriyel ve fungal patojenleri aday bitkiden arındırmak mümkündür. Meristem ucu, eksplant olarak küçük olmasından dolayı genetik materyali muhafazası için soğukta muhafaza edilebilir. Meristem ucu kültürleri, karantina uygulamalarına göre uluslararası taşımada çoğunlukla kabul edilen kültürlerdendir. Buna rağmen meristem kültürünün virüs arındırmada etkili bir yöntem olarak tanımlanmasına karşın meristemlerin her zaman virüsten arı olmadığı da unutulmamalıdır.

2.3. Meristem kültürü ile birlikte sıcaklık uygulaması

Sıcaklık uygulaması yalnız meristem kültürü ile virüsün uzaklaştırılması zor ve bazı özel durumlarda, özellikle birden fazla virüs türü mevcut olduğunda virüssüz bitki elde etme şansını artırmak için, meristem kültüründe genellikle kullanılır. Sıcaklık uygulama (35-38°C) periyodunun süresi beş ile on hafta arasında değişmektedir.

Bu uygulama 3 farklı şekilde gerçekleştirilmektedir;

1. Virüse bulaşık olan bitkiler öncelikle yüksek sıcaklığa maruz bırakılır daha sonra meristem ucu eksplantı kültür ortamlarına aktarılır.
2. *In vitro* ortamında bulunan sürgünler üzerine yüksek sıcaklık uygulandıktan sonra meristem ucu alma operasyonu başlar.
3. Doğrudan kültüre alınan meristem ucu eksplantlarına sıcaklık uygulaması yapılır.

Kooce (1977), meristem kültürü ile birlikte sıcaklık uygulamasını patates, çilek ve karanfil üzerinde uyguladığı ve başarılı sonuç aldığını beyan etmiştir. Benzer bir çalışmada patates yumrularının meristem kültürüne almadan önce bir ay boyunca 37-38°C sıcaklıkta muhafaza edilmiştir. Elde edilen sonuçlar başarılı olmuştur (Morel, 1964).

2.4. Adventif sürgün oluşumu ve daha sonra meristem ve sürgün ucu kültürü

Bazı çalışmalarda besi ortamında bulunan virüslü eksplant üzerinde oluşan adventif sürgünlerden alt kültüre alınan eksplantlarda virüsten arındırılmış bitkiler elde edilmiştir. Mori ve ark. (1985), tütün mozaik virüsü ile enfekte olmuş tütün bitkisi sürgünlerinden *in vitro* koşullarında elde edilen adventif sürgünlerde virüsün içermediğini ispatlamışlar. Zambak ve sümbül bitkilerinde *in vitro* koşullarında elde edilen adventif sürgünler üzerinde yapılan test lere göre virüse rastlanmamıştır (Allen, 1974). Bazı bitki türlerinde örneğin; tütün ve lahana da virüssüz bitkiler elde etmek için, adventif sürgün oluşumu çeşitli şekillerde kullanılmıştır. Bu tip bitkilerde tüm bitki virüs ile enfekte iken yaprakların belirli kısımlarının virüsten arı olduğu gözlenmiştir. Bu durumda virüssüz alanların izolasyonu ve adventif sürgün üretimi virüssüz bitkilerin oluşmasına neden olur (Murakishi ve Carlson, 1979).

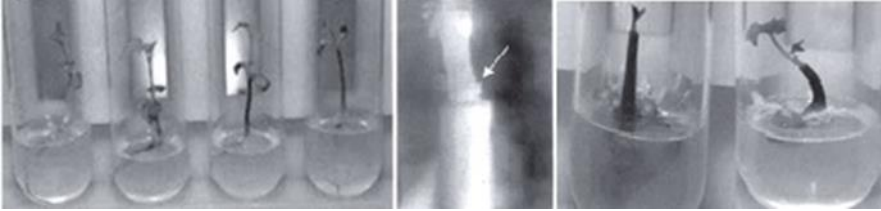
2.5. Kimyasal madde kullanımı (Kemoterapi)

Virüs hastalıklarının kimyasal mücadelesi olmadığı için diğer hastalık etmenlerine göre daha yıkıcı sonuçlara neden olmaktadır. Kemoterapi alternatif bir yöntem olarak sıcaklık uygulaması yerine kullanılmaktadır. Bu yöntemde kullanılan kimyasallar, virüs transferini veya bitkiler içindeki hareketini engeller. Bu yöntemde sürgünlerin kültür ortamında özel kimyasallar kullanılarak veya püskürtülerek virüsü onlardan uzaklaştırırlar. Doku kültüründe virüsler ile mücadelede yaygın olarak Ribavirin (antiviral- Kimyasal formülü

$C_8H_{12}N_4O_5$) ve Vidarabine (anti-metabolit) kombinasyonları kullanarak virüslerin çoğalmasını durdurmak az da olsa mümkün olmuştur (Walkey, 1980; Kartha, 1986).

2.6. Virüssüz anaçlar üzerine meristem aşılması (Mikroaşılama)

Kültüre alınmış meristem ucu her hangi bir sebepten dolayı organogenesis sağlayamayıp, kök oluşumu gerçekleştirilmiyorsa, bu durumda kontrollü ortamda yetiştirilen virüssüz sürgünler üzerine meristem nakli (mikroaşılama) yapmak mümkündür. Daha basit bir tabir ile; meristem ucu kültürünün başarısız olduğu türlerde, virüsten ari anaçların üzerine meristemlerin aşılması tekniğidir (şekil 2.4). Bu teknik meristem kültürünün mümkün olmadığı meyve türlerini büyük çoğunluğu ve odunsu bitkilerde daha fazla önem taşımaktadır. İlk başarılı mikroaşılama, Murashige ve ark. (1972) ve Navarro ve ark. (1975) tarafından turuncgiller üzerinde iki virüsü uzaklaştırarak gerçekleşmiştir. Daha sonra kaysı, asma, şeftali, elma ve okaliptüs gibi bir çok odunsu bitkilerde mikroaşılama yöntemi kullanılmıştır (Damiano ve ark., 1986; Mosella ve ark., 1979; Huang ve Millikan, 1980).

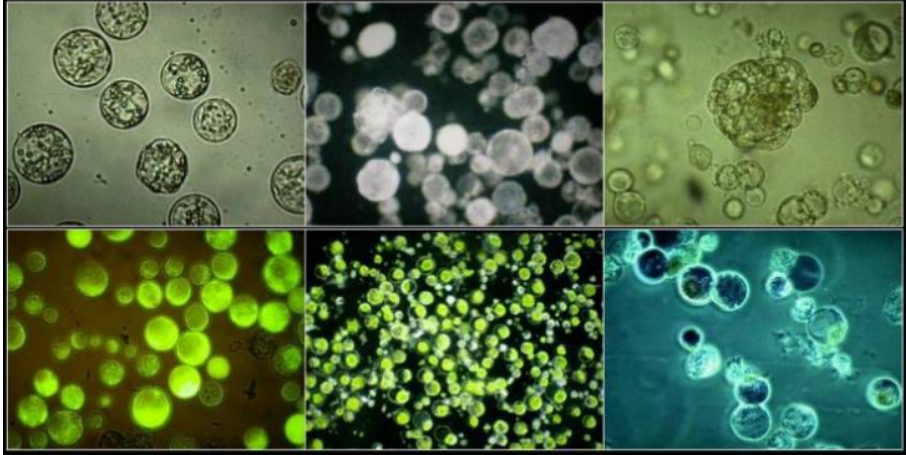


Şekil 4. *İn vitro* koşullarında mikroaşılama. (Anonim, 2022d).

2.7. Kallus ve protoplast kültürü ile virüsten ari bitkilerin elde edilmesi

Kallus dokuları virüs enfeksiyonunu önleyebilir. Aktif ve genç meristem hücrelerinin virüse karşı yaşlı ve inaktif hücrelere göre daha dirençli olduğu görülmektedir. Bazı araştırmacılar kallus üzerinde sıcaklık uygulamalarında virüslerin yok edildiğini fark etmişler. Mori ve ark (1982), Tütün mozaik virüsü ile enfekte olmuş tütün yapraklarının protoplastlarını izole ettikten sonra bu protoplastlardan virüssüz bitki elde etmeyi başarmışlar (Şekil 5).

Tabii ki, kallus ve protoplastlar yoluyla virüssüz bitki üretiminin pratik bir öneme sahip olduğu varsayılmaz, çünkü bu tip kalluslarda mutasyon oluşumu yaygındır.



Şekil 5. *In vitro* koşullarında protoplast kültürü. (Anonim, 2022e).

3. SONUÇ

Sonuç olarak, viral hastalıkları kontrol altına almak için virüsten arı bitkilerin üretimi, diğer ülkelerden yeni çeşitlerin ithal edilmesi, iyileştirilmiş materyallerin ülkeler veya bölgeler arasında değiş tokuş yapılması ve bitki germplazmasının korunması açısından son derece önemlidir. Bugünün bilgisiyle, virüsü uzaklaştırmanın tek etkili yöntemi doku kültürü tekniğidir. Termoterapinin meristem yetiştirme ile kombinasyonu da dahil olmak üzere, *in vitro* koşullarda termoterapiye dayalı yöntem ile çeşitli virüsleri ortadan kaldırmak için başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Meristem ucu kültürü birçok bitki türünde virüsten arı bitkilerin üretiminde geniş ölçekte kullanılmıştır. Meristem ucu kültürü ile birlikte termoterapi işlemi, sağlıklı bitkiler üretmenin ana yöntemlerinden biri sayılmaktadır. Buna engel olan bazı faktörler kültür ortamının kontamine olması sayılabilir. Laboratuvar kontaminasyonları çoğunlukla bulunduğu ortamdan (hava dahil), kültür ortamından ve etkisiz anti-enfeksiyon tekniklerinden kaynaklanır. Bu kontaminasyonlar bakteri, mantar, böcek, maya, virüs vb. türleri içermektedir. Ayrıca doku kültürü (micropropagation) teknolojisi geleneksel çoğaltma yöntemlerine göre

avantajlı yönlerinin yanı sıra daha pahalıdır, yüksek yatırım gerektirir ve bazı durumlarda her bitkinin üretim maliyeti mali imkanların ötesindedir.

KAYNAKÇA

- Allen LH. 1974. Model of light penetration into a wide-row crop Agron. Acta Hort. 36: 235-239.
- Anonim(2002). <https://docplayer.biz.tr/109493720-Hastaliksiz-bitki-uretimi-ile-mikrocogaltim.html> (20.09.2022)
- Anonim (2022a). <https://docplayer.biz.tr/109493720-Hastaliksiz-bitki-uretimi-ile-mikrocogaltim.html> (20.09.2022)
- Anonim (2022b). <https://www.researchgate.net/post/Is-there-a-more-advanced-technique-for-potato-virus-elimination-through-meristem-tissue-culture> (20.09.2022)
- Anonim (2022c). <https://docplayer.biz.tr/109493720-Hastaliksiz-bitki-uretimi-ile-mikrocogaltim.html>
- Anonim (2022d). <https://slideplayer.biz.tr/slide/3098987/> (20.09.2022)
- Anonim (2022e). <https://mag.dibasabz.com/protoplast-culture-methods/> (10.10.2022)
- Ayed C, Bayouhdh C, Rhimi A, Mezghani N, Haouala F, Dridi BAM, 2018. In Vitro Propagation of Tunisian Local Garlic (*Allium Sativum* L.) from Shoot-Tip Culture. Journal of Horticulture and Postharvest Research, 1(2):75-86.
- Bastiaens CS. 1983. meded. fac. Landbouwwet. Gent 48: 13-24.
- Bertaccini A, Botti S, Tabanelli D, Dradi G, Fogher C, Previati A, Dare F, 2004. Micropropagation and Establishment of Mite-Borne Virus-Free Garlic (*Allium sativum*), Proc. XXVI IHCTransplant Production and Stand Establishment, Eds. S. Nicola, J. Nowak and C.S. Vavrina, Acta Hort. 631, ISHS.
- Cohen. 1986. In: Congr. Plant tissue cell culture abstr. 6: 305.
- Conci VC, Nome SF. 1991. Virus Free Garlic (*Allium sativum* L.) Plants Obtained by Thermotherapy and Meristem Tip Culture. Journal of Phytopathology, 132: 186-192.
- Damiano C, Curir P, Cosmi T. 1986. HortSci., 21: 684..
- Ghaemizadeh F, Dashti F, Khodakaramian G, Sarikhani H, 2014. Combination of Stem-Disc Dome Culture and Thermotherapy to Eliminate Allexiviruses and Onion Yellow Dwarf Virus from Garlic (*Allium sativum* cv. Hamedan). Arch Phytopathol Plant Protect, 47: 499-507.
- Gimenez MD, Yanez-Santoz AN, Paz RC, Quiroga MP, Marfil CF, Conci VC, Garcia-Lampasona SC, 2016. Assessment of Genetic and Epigenetic Changes in Virus-Free Garlic (*Allium Sativum* L.) Plants Obtained by Meristem Culture Followed by In Vitro Propagation, Plant Cell Reports, 35: 129-141.
- Huang and Millikan. 1980. Hort Science 15: 741-743.
- kartha. 1986. In: withers and alderson, 219-238.
- Manjunathagowda DC, J Gopal Archana R, Asiya KR, 2017. Virus-Free Seed Production of Garlic (*Allium sativum* L.): Status and Prospects. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6(6): 2446-2456.

- Morel. 1964. Rev. Hort. Ann. Soc. Nat. Hort. France 136:733-740.
- Mori K, Hosokawa D, Yamashita T. 1982. Regeneration of virus-free plants from protoplasts isolated from dark-green areas of tobacco mosaic virus-infected tobacco leaves. Proc. Vth Intl. Cong. Plant Tissue & Cell Cult.: 803–804
- Mosella et al. 1979. C.R. Acad. Sci. Paris 289:505-508.
- Murakishi and Carlson. 1979. In vitro 15: 192 (Abstr. 114).
- Murashige T, Skoog F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. Physiol plant 15: 473–497.
- Murkute AA, Gawande SJ, 2018. Production of Virus Free Planting Material Through Meristem Culture in Short Day Garlic Cultivars Bhima Omkar and Bhima Purple. Journal of Environmental Biology, 39: 286-290.
- Navarro L, Roistacher CN, Murashige T. 1975. Improvement of shoot tip grafting in vitro for virus-free citrus. J Am Soc Hortic Sci 100: 471–479.
- Pramesh D, Baranwal VK, 2015. Production of Virus-Free Garlic (*Allium sativum* L.) Through Meristem Tip Culture After Solar or Hot Air Treatment of Cloves. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 90(2): 180-186.
- Robert U, Zel J, Ravnikar M, 1998. Thermo-therapy in Virus Elimination from Garlic: Influences on Shoot Multiplication from Meristems and Bulb Formation In Vitro. Scientia Horticulturae, 73: 193-202.
- Roksana R, Alam MF, Islam R, Hossain MM, 2002. In vitro Bulblet Formation from Shoot Apex in Garlic (*Allium sativum* L.). Plant Tissue Culture, 12(1): 11-17.
- Taskin H, Baktemur G, Kurul M, Buyukalaca S, 2013. Use of Tissue Culture Techniques for Producing Virus-Free Plant in Garlic and Their Identification Through Real-Time PCR. Scientific World Journal, 2013: 1-5.
- Verbeek M, Dijk P, Peter MA, Well A, 1995. Efficiency of Eradication of Four Viruses From Garlic (*Allium Sativum*) by Meristem-Tip Culture. European Journal of Plant Pathology, 101:231-239.
- Walkey DGA, Weeb MJW, Bolland CJ, Miller A, 1987. Production of Virus-Free Garlic (*Allium sativum* L.) and Shallot (*A. ascalonicum* L.) by Meristem-Tip Culture. Journal of Horticultural Science, 62 (2): 211-220.
- Walkey. 1980. In: Ingram and Helgeson, 109-117.
- Yulianingsih R, Hidayat SH, Dinarti D, 2019. Elimination of Garlic Common Latent Virus from Garlic Through Meristem Culture and Thermo-therapy. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 468(1): 12-28.

BÖLÜM 14

TARIMDA YAPAY ZEKÂ UYGULAMALARI

Arş. Gör. Dr. Mustafa GÜZEL¹

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü Tokat, Türkiye. mustafa.guzel@gop.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-6069-3561

GİRİŞ

Tarım sürdürülebilir ekonominin temel taşlarından biridir. Birçok ülke ekonomisinin büyümesi ve yapısal değişiklikler yapabilmesi için de anahtar rolü oynamaktadır (Dekle ve Vandenbroucke, 2012). Tarımsal faaliyetler geçmişte yalnızca gıda kaynağı ve bitki üretimi ile sınırlıydı. Geçtiğimiz 20 yıl içerisinde bu durum; ürün işleme, satış, bitkisel ve hayvansal gıdaların dağıtılması gibi konuların da içerisinde bulunduğu bir hale dönüşmüştür. Tarımsal aktiviteler günümüzde; canlıların temel besin kaynakları, gayri safi yurtiçi hasılanın geliştirilmesi, doğal ticaret kaynağı, işsizliğin azaltılması, diğer endüstriyel üretimler için hammadde tesisi ve toplam ekonomiye olan katkılar gibi roller üstlenmektedir (Block ve Timmer, 1994; Badiene, 2008; Awokuse, 2009; Oyakhilomen ve Zibah, 2014).

Dünya genelinde nüfus artışının devam etmesiyle, tarımsal uygulamaların geliştirilmesi ve sürdürülebilirliği gibi konular tarımsal araştırmaların ve yeniliklerin hedefi haline gelmiştir. Büyük veri analizleri, robotik, cisimlerin interneti, ucuz sensör ve kameraların erişilebilirliği, dron ve İHA (insansız hava araçları) kullanımları ve coğrafik olarak kısıtlı imkanlarda dahi geniş kapsamlı internet ağına ulaşım gibi teknolojik avantajlarla yapay zeka uygulamalarının tarımsal alanlarda yoğunlaşması mümkün olmaktadır.

Yıllara göre; sıcaklık, hava durumu, toprak analizi, nem ve kronolojik hasat rakamları gibi bilgilerinin yapay zeka ile kullanılması sonucunda alana özgü olarak, hangi bitkinin hangi dönemde ne zaman ekilip hasat edeceği gibi tahminler yapılabilmektedir. Bu sayede verim miktarının artışı ve üretim aşamasında uygulanan sulama, gübreleme ve ilaçlama miktarlarında azalmalar meydana gelmektedir. Tarımda yapay zeka uygulamaları ile doğal ekosisteme olan zararların azaltılmasının yanı sıra çalışanların güvenliğinin artırılması neticesinde, ürün fiyatlarının düşmesi ve artmakta olan popülasyon sayısına yeterli ürün arzının sağlanması mümkün olmaktadır.

Tarımsal üretim alan çeşitliliği, üreticilere seçimleri için büyük bir alan sunduğu gibi beraberinde belirsizlikleri de getirmektedir. Hava durumlarının dönem dönem değişmesi, üretim girdi fiyatlarının dalgalanması, toprak yapısının bozulması, yetiştirilen bitkilerin canlılıklarını devam ettirememesi, yabancı ot zararı, kullanılan kimyasalların kültür bitkilerine hasara yol açması ve iklim değişiklikleri gibi durumlar bu belirsizliklere neden olmaktadır. Tarımsal uygulamaların geniş bir alanı kapsamasına rağmen bu araştırmada;

toprak, bitki varlığı, hastalık ve yabancı ot varlıklarının üretime olan etkilerinin, yapay zeka uygulamalarıyla analiz edilmesi konu edinilmiştir.

- Toprak; bitkilerin büyümesi için gerekli olan besin kaynağı sağlaması ve başarılı bir tarımsal üretim için kritik bir rol oynamaktadır. Toprak tarımın yanı sıra orman ve balıkçılık gibi üretim alanlarında da temel görevler üstlenmektedir. Amacına uygun bitki büyüme ve gelişimini sağlamak için, topraktaki su, besin maddesi ve proteinin erişilebilir formda olması gerekmektedir.
- Bitkisel üretimin hala gelişmekte olan ülke ekonomileri için hayati bir rolü bulunmaktadır. Temel olarak besinlerin elde edilmesi, ham madde sağlanması ve iş sahası gibi rolleri ile ele alınmaktadır. Kişi başı yıllık gelirin düşük olduğu bölgelerde bitkisel üretime ve birincil sanayi kollarına ağırlık verilmektedir. Bitkisel üretimin artması ve yaygınlaşmasıyla bir ülke ekonomisinin de gelişmekte olduğu görülmektedir. Bu durum bitkisel üretimin geliştirilmesi ile ilgili konularının ilgi merkezi olması ve yeni çalışmalara zemin hazırlamasına neden olmaktadır.
- Hızla artmakta olan nüfusun yeterli besine ulaşmasını zorlaştıran faktörlerden bir diğeri de üretimi yapılan bitkilerin sayısını ve kalitesini azaltan bitki hastalıklarıdır. Hastalıkların sebep olduğu hasat sonrası kayıplar tarım için tam bir yıkım şeklinde ifade edilebilir.
- Yabancı otlar, tarımda gerçekleştirilen bütün uygulamalar için büyük bir tehdit unsurudur. Yabancı otlar tarım ve ormancılıkta üretkenliği azalttığı gibi; ekin alanlarını istila etmek, otlakları yok etmek ve hayvansal üretilere zararlı yanlarıyla da kayıplara neden olmaktadır. Bitkilerle su, besin maddesi ve gün ışığı açısından baskın bir rekabet oluşturmasıyla birlikte üretim verimini ve kalitesini de düşürmektedir.

TOPRAK YÖNETİMİ

Toprak yönetimi, tarımsal uygulamaların ayrılmaz bir parçasıdır. Farklı toprak tiplerinin ve şartlarının bilinmesi ile bitkisel üretime katkılar kazandırılması beraberinde toprak kaynaklarının koruyucu şekilde kullanılması

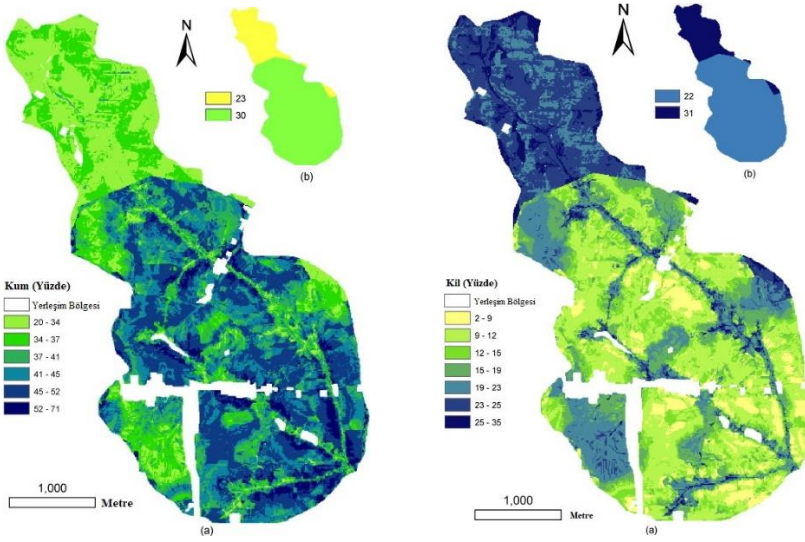
mümkün olmaktadır. Toprağın özelliklerine göre belirlenen operasyonların gerçekleştirilmesi, uygulamaların yapılması ve tedavilerin denenmesi ile toprak performansı artırılabilir (Kimpe ve Morel, 2000).

Toprağa kompost ve gübre uygulanmasıyla, toprak agregat yapısı ve porozitesinde iyileşmeler gerçekleşmektedir. Daha iyi bir toprak agregat yapısının sağlanması ve mevcut yapının korunması için organik madde miktarı önemli bir rol oynamaktadır. Toprağın fiziksel bozulmalarını önlemek için farklı seçeneklerde uygun toprak işleme yöntemlerinin seçilmesi gerekmektedir. Bunlarla birlikte organik maddelerin uygulanması da toprak kalitesini artırmaktadır (Pagliai ve ark., 2004).

Sebze ve arzu edilen tarla bitkilerinin yetiştirilmesinde ciddi negatif etkileri olan toprak kökenli patojenlerin kontrol edilmesi de yine toprak yönetimi kapsamında incelenmektedir (Abawi ve Widmer, 2000). Toprak çeşidinin, değişime olan dayanıklılığının ve iyileşme özelliklerinin bilinmesi; sürdürülebilir tarımın amaçlarına ulaşması ve ilgili toprak yapısının korunması için hassas kararların alınmasını da beraberinde getirmektedir (Syers, 1997).

Bir çalışmada yönetim odaklı modelleme (MOM) ile birçok kullanıcıdan alınan veriler doğrultusunda, farklı ihtimallerin simülasyonu yapılarak minimum azot kaybı oluşturacak yönetim tercihleri sunulmuştur. MOM “tepe tırmanışı” moduyla, stratejik araştırma metodunu kullanarak amaca giden en kısa yolu bulmak için “en iyi” olacak yönetim seçimini belirlemeye çalışır (Li ve Rost, 2000).

Mühendislik bilgilerinin kullanımıyla oluşturulan Toprak Risk Haritalanması Karar Destek Sistemi'nin (SRCDS) içerdiği bölümler: bilgilerin toplanması, konseptlerin tasarlanması ve karar sisteminin uygulanması şeklinde 3 şekilde kısımlar içermektedir (Lopez ve ark., 2008). Başka bir çalışmada Yapay Sinir Ağları (YSA) modelleri kullanılarak dijital yükseklik modellerinden (DEM) alınan hidrografik parametrelerinden oluşturulan toprak haritası çıkarılarak, ilgili toprak tekstürü (kum, kil ve mil içerikleri) tahminlemesi gerçekleştirilmektedir (Şekil 1) (Zhao ve ark., 2009).



Şekil 1. Yapay zeka modellemesi ile toprak tekstür dağılım haritaları (Zhao ve ark., 2009).

Farklı bir çalışmada ise yüksek mertbe sınır ağları (HONN) ile donatılmış bir uzaktan algılama cihazı tarafından toprak nem durumu ve sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir (Elshorbagy ve Parasuraman, 2008).

ÜRÜN YÖNETİMİ

Ürün yönetimi ekim işlemi ile başlayıp büyüme döneminin takibi, hasat ve ürün depolama-dağıtım işlemleri ile devam eden uzun bir süreçtir. Aynı zamanda bu tarımsal ürünlerin büyümeleri ve verimlerini etkileyen uygulamaları da özetlemektedir. Bitki türü ve toprak tipine göre bitkilerin gelişim zamanları ve büyüme durumlarının anlaşılması ile verim üzerinde önemli bir artış gerçekleşmektedir.

Hassas ekim yönetimi (PCM) çevrenin korunması ve karlılığın optimize edilmesini hedef alan bir tarımsal yönetim sistemi olarak kullanılmaktadır. PCM, ekin ve toprak şartlarındaki dağınık bilgi ve zaman eksikliği durumunda durdurulmaktadır (Moran ve ark., 1997). Üreticiler; toprak, hava ve sınırlı sulama işlemlerinin sonucunda oluşan su sıkıntılarını çözebilmek için birçok farklı yönetim modelini kombine şekilde kullanmaları gerekmektedir. Bu tip durumlarda kullanılabilmesi için Esnek ekim yönetim sistemleri önerilmektedir. Zamanlama, yoğunluk ve kuraklığın tahmin edilebilmesi farklı

bitki türlerinin seçilmesi için önemli bir özelliktir (Debaeke ve Aboudrare, 2004).

Hava durumlarındaki değişikliklerin doğru bir şekilde anlaşılması ile, bu bilgilere dayanarak oluşturulan karar işlemleri sonucunda daha yüksek verim ve kaliteye sahip bitkisel üretim gerçekleştirilebilmektedir (Aubry ve ark., 1998). PROLOG; hava bilgilerini, mekanizasyon kapasitesini, iş gücü potansiyeli ve bitki verim bilgilerini kullanan uygulamalar için iyi bir örnektir. Uygulama aynı zamanda üretim rakamları, bürüt gelir ve karlılık gibi tahminlerde de bulunmaktadır (Lal ve ark., 1992).

Çeşitli toprak parametreleri ve atmosfere bağlı olarak değişen bilgilerin kullanılmasıyla uygun bitki türünü belirlemek üzere tahminlerde bulunan ekin tahminleme metotları da kullanılmaktadır. Kullanılan toprak parametreler; toprak tipi, PH, azot, fosfat, potasyum, organik karbon, kalsiyum, magnezyum, sülfür, mangan, bakır, demir, toprak derinliği, sıcaklık, yağış ve nem gibi içeriklerdir (Snehal ve Sandeep, 2014).

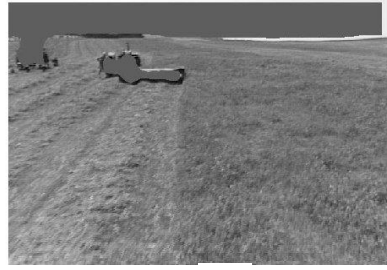
Üzerine birden fazla kamera ve konumlama için GPS cihazının eklenerek kullanıma sunulan Demeter adında bilgisayar kontrollü bir hasat makinesi geliştirilmiştir (Şekil 2). Bu makine ile birlikte tüm alanın hasat işlemlerinin planlanması, plana göre ekin sıralarını biçmek, tarla sonu dönüşlerinin yapılması, arazi üzerinde makinenin yeniden konumlandırılması ve öngörülme engellerin tespit edilmesi gibi operasyonlar mümkün olmaktadır (Şekil 3) (Pilarski ve ark., 2002).



Şekil 2. Bilgisayar kontrollü hasat makinesi Demeter (Pilarski ve ark., 2002)



a



b

Şekil 3. Demeter'in arazi sınırları (a) ve öngörülme-yen engel (b) görüleri (Pilarski ve ark., 2002)

Salatalık üretim alanlarının hasat dönemlerinde yapay zekanın kullanılması ile; otonom hareketinin mümkün olduğu bir robot, tetikleyici, son karar verici, tespit etmek ve 3D görüntülemek için gerekli iki bilgisayar görüşü sistemi ve bir kontrol şemasının bulunduğu toplu bir sistem üretilmiştir (Henten ve ark., 2002).

Alana özgü yağış bilgisi ve hava durumu özellikleri her ayrı bölge için kullanılabilir. YSA'ların bu bilgileri ile eğitilmesi sonucunda pirinç üretiminde hassas verim tahmini gerçekleştirilmiştir. Modelin optimize edilmesi için düşük veri setleri daha az gizli katman ve düşük öğrenme oranları yeterli olmaktadır (Ji ve ark., 2007).

HASTALIK YÖNETİMİ

Tarımda hasat işlemlerinde optimum verimi elde etmek için hastalık kontrolünün dikkatle yapılması gerekmektedir. Bitkisel ve hayvansal hastalıklar verim artışını sınırlandıran en büyük etmendir. Bu tür hastalıkların; genetik, toprak tipi, yağış, kuru hava, rüzgar, sıcaklık, vb. gibi faktörler bitki ve hayvanlara bulaşımını etkilemektedir. Bu faktörlerin ve hastalıkların

belirlenemez doğaları, özellikle büyük ölçekli arazilerde tarımsal işlemlerin gerçekleştirilmesinde büyük zorluklar oluşturmaktadır.

Hastalıkların etkili şekilde kontrol edilmesi ve zararın minimize edilmesi için üreticilerin geliştirilmiş hastalık kontrolü ve fiziksel, kimyasal, biyolojik ölçümlerinin yer aldığı yönetim modellerinin olduğu uygulamalara üreticilerin de adapte olması gerekmektedir (BEA, 2022). Bu tip başarımları sağlamak zaman ve maliyet açısından önemli bir yer işgal etmektedir (WSSA, 2022). ve bunun önüne geçmek için hastalık kontrolü ve yönetim işlerinde yapay zeka yaklaşımlarını kullanmak gerekmektedir.

Gerçekleştirilen bir çalışmada; Açıklama Bloğu (EB) açık ve mantıksal yaklaşımlarla temel bir uzmanlık sistemi sunmaktadır (Balleda ve ark., 2014). Ekin hastalık yönetimi yapmak üzere, yarayışlı çıkarımlar yapmak için bulanık mantığa dayalı yeni bir kural geliştirme yaklaşımı sistemi kullanılmaktadır. Konuş-Yaz (TTS) çevirisinin avantajlarını kullanarak da bazı uygulamalar yarayışlı hale getirilebilmektedir. Bu tip uygulamalar sayesinde, kullanıcıların hastalıklar ile ilgili görüşlerini çevrimiçi olarak internet üzerinden veya canlı bağlantılar yaparak da birbirlerine aktarmaları gerçekleşmiştir (Kolhe ve ark., 2011).

Başka bir çalışmada, kültür mantarı yetiştiriciliğinde rastlanan hastalıkların tespit edilmesi ve akabinde tedavi önerilmesini sağlayacak, kural tabanlı ve ileriye dönük zincirleme uygulamaları kullanılarak bir sistem geliştirilmiş ve uygulamaya sunulmuştur. Uygulamaya ait bazı ara yüzü görüntüleri Şekil 4'te verilmiştir (Munirah ve ark., 2013).



Şekil 4. Hastalık tespiti ve önerilerin bulunduğu kural tabanlı uygulama ara yüzü (Munirah ve ark., 2013)

YABANCI OT YÖNETİMİ

Yabancı otlar, üreticilerin beklediği karlılığı ve verimi sürekli olarak düşürmekte olan etmenlerdir. Bazı çalışmalar fasulye ve mısır bitkilerinde yabancı ot kontrolünün yapılmaması durumunda %50'ye varan kayıpların yaşandığını rapor etmektedir (Harker, 2001). Buğday bitkisinde bitki koruma etmenleri açısından mücadele yapılmasına rağmen yaklaşık olarak %28.2'lik bir ürün kaybı oluşmaktadır (Güzel, 2022).

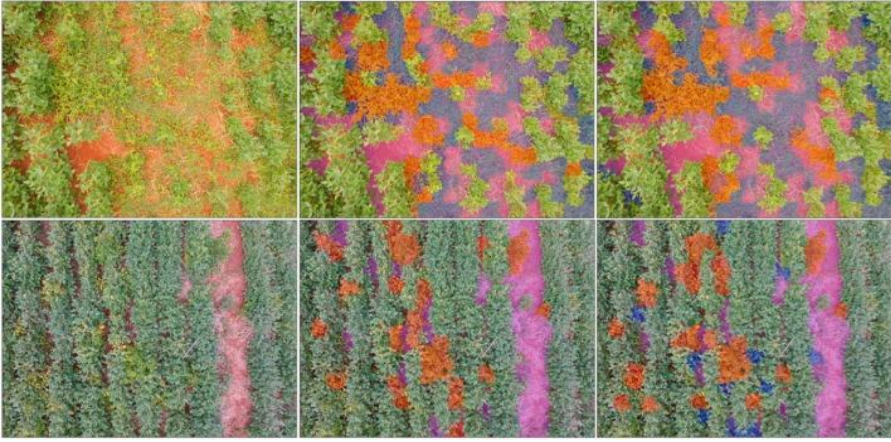
Herhangi bir kontrol uygulamasının yapılmaması durumunda ise bu kayıpların %48-%100 arasında değiştiği vurgulanmaktadır (Sin ve Kadioglu, 2021). Ürün kayıplarında oluşan değişimler, bitkilerin yabancı otların varlığına maruz kalma sürelerine bağlıdır (Swanton ve ark., 2015; Jha ve ark., 2017). Bunların dışında yabancı otların ekosisteme yararlı ve zararlı olmak üzere iki farklı etkileri bulunmaktadır. Amerika Yabancı Ot Bilim Kurulu (WSSA) raporuna göre; yabancı otlar kasırga sırasında sel oluşumuna katkıda bulunabilir, bazı yabancı ot türleri yangınların yayılmasında köprü görevi görebilir, tüketildikleri zamanda geri dönülemez kara ciğer hasarlarına sebep olabilmektedir ve en önemlisi; kültür bitkileri yetiştiriciliğinde su, besin maddesi ve güneş ışığı açısından rekabete girerek ekonomik zararlara sebep olmaktadır. Bazı yabancı otların zehirleyici, alerjik reaksiyonlara sebep verici ve halk sağlığını tehdit edici yanları bulunmaktadır.

Yabancı otların etkisini azalmak için son 10 yıllar içerisinde daha yoğun herbisit kullanımlarına yönelim artmıştır. Bu tip uygulamalara rağmen, Batı Kanada Bölgesinde yabancı otların oluşturduğu zararın yıllık 500 milyon \$ civarında olduğu tahmin edilmekte ve bu zararın azaltılması için daha gelişmiş uzmanlık sistemlerinin kullanılması için çalışmalar devam etmektedir (Swanton ve ark., 1993).

Herbisit kullanımının yabancı otlarda oluşturduğu dayanıklılık gibi durumlar üzerine yapılan araştırmalar, herbisitlerin yan etkilerini de ortaya koymaktadır (Sin ve Kadioglu, 2021; Şin, 2021). İnsansız Hava Araçlarının (İHA) yardımıyla alınan görüntülerin bilgisayar ortamında hesaplanması, ikili sisteme çevrilmesi, yabancı otların tespit edilmesi, verilerin optimize edilmesi ve sınıflandırılması gibi çalışmalar mevcuttur. Sıra üzerine ekim yönteminin kullanılması; bu sıralar üzerinde bulunan kültür bitkisi ve yabancı otların görüntü pikselleri üzerinden ayırt edilerek farklı renk uzaylarında simülasyon

yapılabilmesine ve bu otların birbiri ile karıştırılmasının engellenmesi için avantajlar oluşturmaktadır (Ortiz ve ark., 2016).

Şeker pancarı, mısır, buğday ve arpa gibi bitkilerin üretiminde yabancı ot kontrolü için; İHA (drone) tarafından görüntülerin alınması, bilgisayar tabanlı bir karar verme sistemi ve harita üzerinde konuma bağlı ilaçlamaların yapılması için GPS cihazlarının eklenmesi ile yapılmış birçok çalışma literatürde mevcuttur. Bu çalışmalara ait görseller Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir (dos Santos Ferreira ve ark., 2017; Güzel ve ark., 2022)



Şekil 5. Soya fasulyesi üretiminde zarar olan yabancı otların derin öğrenme ile tespit edilmesi (dos Santos Ferreira ve ark., 2017).



Şekil 6. Buğday üretiminde önemli kayıplara sebep olan yabancı hardal (*Sinapis arvensis*) bitkisinin İHA görüntüleri üzerinden tespiti (Güzel ve ark., 2022)

TARIMDA YAPAY ZEKA UYGULAMALARININ ZORLUKLARININ AZALTILMASI

Yapay zeka uygulamaları ile kullanılan uzman sistemlerin alana özgü uygulanabilmesi, tarımsal üretim zincirlerine uygulanabilmesi ve ileri dönemler için tavsiyelerde bulunabilmesi açısından tarımsal yönetim sistemlerinde önemli avantajlar sağlayabilmektedir. Fakat bu sistemlerin tarımda uygulanması henüz çok yeni ve yüksek bütçe gerektirmektedir (Rajotte ve ark., 1992). Yapay zeka uygulamaları her ne kadar tarım sektöründe kayda değer değişikliklere sebep olsa da yapay zekanın uygulandığı diğer sektörlerle göre etkisi ve potansiyeli ortalamanın altında olarak değerlendirilmektedir. Tarımda yapay zeka kullanımlarını limitleyen faktörler 5 farklı başlık altında incelenebilir.

Tepki Süresi ve Doğruluk

Akıllı uzman sistemlerinin en büyük özelliği; kendisinden beklenen görevleri en yüksek doğrulukta ve kısa sürede yerine getirmesidir. Böylesi sistemlerin birçoğu tepki süresi ve/veya doğruluk oranında yetersizlik göstermektedir. Sistemin gecikme potansiyeli, kullanıcının görev stratejisi seçimini etkilemektedir. Strateji seçimi; girdi bilgilerinin alınmasında senkronize çalışmanın mümkün olması ve bu bilgilerin doğruluk seviyesinin kombinasyonlarına göre belirlenmektedir. Kullanıcılar işlemlerin otomatik yürütülmesi, üretim zincirlerinin aksamaması ve bunların gözlemlenmesi konularını dikkate alarak en az işlem ile en yüksek doğruluğu elde etmeyi aramaktadır (Teal ve Rudnicky, 1992).

Büyük Veri İhtiyacı

Bir yapay zekâ uygulamasının gücü sahip olduğu veri setinin büyüklüğü ile de ölçülebilmektedir. Özellikle gerçek zamanlı (real-time) denetlemeler üzerine çalışan yapay zekâ uygulamaları muazzam büyüklükte veri setleri gereksinmektedir. Böylesi bir sisteme gelen verilerin aynı zamanda filtrelenmesi de gerekmektedir. Yine de sistem önemli durumlara veya beklenmedik senaryolara karşı duyarlı kalmalıdır (Washington ve Roth, 1989).

Göreve veya üretim sistemine ileri seviyede hâkim olunabilmesi için, yapay zekâ sisteminin çalışmasının hızı ve doğruluğunu ancak araziden bir uzman tarafından alınan doğru ve amaca uygun veriler sağlayabilmektedir.

Tarımda uzman bir sistemin geliştirilebilmesi için, birçok farklı araziden uzman vasıtasıyla alınan verilerle gerçek kullanıcının bu uygulamaları kullanarak tecrübelerini paylaşmasının birlikte değerlendirilmesi gerekmektedir (Rajotte ve ark., 1992).

Uygulama Yolları

Herhangi bir uzman sistemin başarılı bir şekilde gitmesi, onun uygulanma yollarına bağlıdır. Bu tip uzman sistemlerin geliştirilmesinde büyük verilerin kullanımı ile eğitilen sistemler ile ancak daha doğru ve daha hızlı sonuçlara ulaşmak mümkündür.

Yüksek Veri Maliyeti

Çoğu yapay zeka sistemleri internet kaynaklı olarak çalışmaktadır ve bu yüzden önemli ölçüde uzak mesafelerde veya kırsal alanlarda çalışmak bu durumu kısıtlamaktadır. Yöneticiler, üreticilerin tarımda yapay zeka kullanımını artırmak adına web sayfası tasarımları, yapay zeka sistemlerinin kurulumu ve internet altyapısı gibi ihtiyaçlarda uygun tarifeler kullandırarak teşvik edebilirler. Bu tip teknolojik uygulamaları kullanabilmeleri için her an yeniden ulaşabilecekleri “nasıl kullanılır” formlarının ulaşılabilirliği de önem arz etmektedir.

Esneklik

Esneklik, herhangi güçlü bir yapay zeka sisteminin etkili yönlerinden biridir. Belirli kısıtlamaların olduğu bölgelerde yapay zeka tekniklerinin kullanıldığı uygulamalarda ilerleme kaydettiği belirtilmesine rağmen, yapay zeka tabanlı robotik uygulamaların önemli sorunlarından biri farklı altyapılarda uygulanmasının zor olmasıdır. Bu tip ileri tekniklerin farklı altyapılarda uygulanabilir esneklikte olması ve kullanıcıların ihtiyacına binaen bir uzmandan daha çok ve geniş kapsamlı bilgileri alabilmesi gerekmektedir (Mowforth ve Bratko, 1987).

TARIMDA YAPAY ZEKA UYGULAMALARININ GELECEĞİ

Dünya nüfusunun 2050 yıllarında 9 milyara ulaşması ön görüşüne karşın, bu popülasyonun ihtiyaç duyduğu besini karşılamak için mevcut tarımsal üretimin %70 dolaylarında artış sağlaması gerekmektedir. Halihazırda

kullanılmayan veya nadasa bırakılmış tarım arazilerinin kullanılmaya başlanması ile toplam üretime ancak %10 katkıda bulunabilmektedir.

Bu araştırmanın da gösterdiği üzere, teknolojiye gelinmiş son tekniklerin tarımsal alanlarda uygulanması ile üretime önemli bir destek sağlanması mümkündür. Gelecekte hazırlanacak tarımsal stratejiler; tarımsal üretimin ihtiyaç duyduğu yüksek enerji girdisi ve yüksek kalitede gıdanın marketlere sunulması üzerine olmalıdır.

Küresel endüstrilerde Robotik ve otonom sistemlerin (RAS) kullanımı yaygınlaşmaktadır. Bu tip teknolojilerin, düşük verimlere rağmen ekonomide büyük bir yeri olan tarımsal kaynaklı gıda üretiminde (arazide üretimden raflara uzanan bütün üretim ve taşıma zincirinde) kullanılması ile önemli bir katkı sağlayacağı aşıkardır. Örneğin bir raporda İngiltere’de 3.7 milyon insanın çalıştığı, 20 milyon £ ihracat dahil olmak üzere yıllık toplam 108 milyon £ ile tarımsal gıda üretimi ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- Abawi G.S., Widmer T.L. (2000). Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops”, *Applied Soil Ecology*, Vol. 15, No. 1, pp. 37-47.
- Aubry C., Papy F., Capillon A. (1998). Modelling decision-making processes for annual crop management”, *Agricultural Systems*, Vol. 56, No. 1, pp. 45-65.
- Awokuse T.O. (2009). Does Agriculture Really Matter for Economic Growth in Developing Countries?”, *The American Agricultural Economics Association Annual Meeting*, Milwaukee, Newark, USA, July 28.
- Badiene O. (2008). Sustaining and Accelerating Africa’s Agricultural Growth Recovery in the Context of Changing Global Food Prices, *IFPRI Policy Brief 9*.
- Ballea K., Satyanvesh D., Sampath N.V.S.S.P. Varma K.T.N., Barauah P.K. (2014). Agpest: An Efficient Rule-Based Expert System to Prevent Pest Diseases of Rice & Wheat Crops”, *8th International Conference on Intelligent Systems and Control*, Coimbatore, India, January 10–11.
- BEA, Value Added by Industry as a Percentage of Gross Domestic Product, available at: <https://apps.bea.gov/iTable/iTable.cfm?ReqID=51&step=1#reqid=51&step=51&isuri=1&5114=a&5102=5>, (Online Erişim: Kasım 2022).
- Block S., Timmer C. (1994). *Agriculture and Economic Growth: Conceptual Issues and the Kenyan Experience*, Harvard Institute for International Development.
- Debaeke P., Aboudrare A. (2004). Adaptation of crop management to waterlimited environments”, *European Journal of Agronomy*, Vol. 21, No. 4, pp. 433-446.
- Dekle R., Vanderbroucke G. (2012). A quantitative analysis of China’s structural transformation”, *Journal of Economic Dynamics and Control*, Vol. 36, No. 1, pp. 119-135.
- dos Santos Ferreira, A., Freitas, D. M., da Silva, G. G., Pistori, H., & Folhes, M. T. (2017). Weed detection in soybean crops using ConvNets. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 314-324.
- Guzel, M., Sin, B., Turan, B., & Kadioglu, I. (2021). Real-Time Detection of Wild Mustard (*Sinapis arvensis* L.) With Deep Learning (YOLO-V3). *Fresenius Environmental Bulletin*, 30(11 A), 12197-12203.
- Guzel, M., Turan, B., Kadioglu, I., Sin, B., Basturk, A., & Ahmed, K. R. (2022). How to Affect the Number of Images on the Success Rate for Detection of Weeds with Deep Learning. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(8), 1441-1446.
- Henten E.J.V., Hemming J., Tuijl B.A.J.V., Kornet J.G., Meuleman J., Bontsema J., Os E.A.V. (2002). *An Autonomous Robot for Harvesting Cucumbers in Greenhouses*, Springer.

- Jha P., Kumar V., Godara R.K. Chauhan B.S. (2017). Weed management using crop competition in the United States: A Review”, *Crop Protection*, Vol. 95, pp. 31–37.
- Ji B., Sun Y., Yang S., Wan J. (2007). Artificial neural networks for rice yield prediction in mountainous regions”, *Journal of Agricultural Science*, Vol. 145, No. 3, pp. 249-261.
- Kimpe C.R.D., Morel J.L. (2000). Urban soil management: A growing concern”, *Soil Science*, Vol. 165, No. 1, pp. 31-40.
- Kolhe S., Kamal R., Saini H.S., Gupta G.K. (2011). An intelligent multimedia interface for fuzzy-logic based inference in crops”, *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 12, pp. 14592-14601.
- Lal H., Jones J.W., Peart R.M., Shoup W.D. (1992). FARMSYS-A wholefarm machinery management decision support system”, *Agricultural Systems*, Vol. 38, No. 3, pp. 257-273.
- Li M., Yost R. (2000). Management-oriented modelling: Optimizing nitrogen management with artificial intelligence”, *Agricultural Systems*, Vol. 65, No. 1, pp. 1-27.
- Lopez E.M., Garcia M., Schuhmacher M., Domingo J.L. (2008). A fuzzy expert system for soil characterization”, *Environment International*, Vol. 34, No. 7, pp. 950-958.
- Moran M.S., Inoe Y., Barnes E.M. (1997). Opportunities and limitations for image-based remote sensing in precision crop management”, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 61, No. 3, pp. 319-346.
- Mowforth P., Bratko I. (1987). *AI and Robotics: Flexibility and Integration*, Cambridge University Press.
- Munirah M.Y., Rozlini M., Siti Y.M. (2013). An Expert System Development: Its Application on Diagnosing Oyster Mushroom Diseases”, *13th International Conference on Control, Automation and Systems*, Gwangju, South Korea, October 20-23.
- Ortiz M.P., Gutierrez P.A., Pena J.M., Sanchez J.T., Granados F.L., Martinez C.H. (2016). Machine Learning Paradigms for Weed Mapping Via Unmanned Aerial Vehicles”, *Symposium Series on Computational Intelligence*, Athens, Greece, December 6–9.
- Oyakhilomen O., Zibah R.G. (2014). Agricultural production and economic growth in Nigeria: Implication for rural poverty alleviation”, *Quarterly Journal of International Agriculture*, Vol. 53, No. 3, pp. 207-223
- Pagaliali M., Vignozzi N., Pellegrini S. (2004). Soil structure and the effect of management practices”, *Soil and Tillage Research*, Vol. 79, No. 2, pp. 131-143.

- Pilarski T., Happold M., Pangels H., Ollis M., Fitzpatrick K., Stentz A. (2002). The Demeter System for Automated Harvesting, Springer.
- Rajotte E.G., Bowser T., Travis J.W., Crassweller R.M., Musser W., Laughland D., Sachs C. (1992). Implementation and Adoption of an Agricultural Expert System: The Penn State Apple Orchard Consultant”, in: International Symposium on Computer Modelling in Fruit Research and Orchard Management, ISHS.
- Sin, B., Kadioglu, I. (2021). Trp-574-Leu mutation in wild mustard (*Sinapis arvensis* L.) as a result of als inhibiting herbicide applications. *PeerJ* 2021, 9, e11385.
- Swanton C.J., Harker K.N., Anderson R.L. (1993). Crop losses due to weeds in Canada”, *Weed Technology*, Vol. 7, No. 2, pp. 537–542.
- Swanton C.J., Nkoa R., Blackshaw R.E. (2015). Experimental methods for crop-weed competition studies”, *Weed Science Society of America*, Vol. 63, No. 1, pp. 2–11
- Syers J.K. (1997). *Managing Soil for Long-Term Productivity*, The Royal Society
- Şin B. (2021). Amasya, Çorum, Tokat ve Yozgat illerinde buğday alanlarında bulunan yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.)’ın tribenuron-methyl’e karşı dayanıklılığının araştırılması. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Doktora tezi, 199s.
- Teal S.L., Rudnicky A.I. (1992). A Performance Model of System Delay and User Strategy Selection”, *Conference on Human Factors in Computing Systems*, California, USA, May 3-7.
- Washington R., Roth B.H. (1989). Input Data Management in Real-Time AI System”, 11th International Joint Conference on Artificial Intelligence, Michigan, USA, August 20-25.
- Weed Science Society of America, Facts About Weeds, erişim: <http://wssa.net/wp-content/uploads/WSSA-Fact-SheetFinal.pdf> (Online Erişim: Kasım 2022).
- Zhao Z., Chow T.L., Rees H.W., Yang Q., Zing Z., Meng F.R. (2009). Predict soil texture distributions using an artificial neural network model”, *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 65, No. 1, pp. 36-48.

BÖLÜM 15

TARIMDA İHA KULLANIMI

Arş. Gör. Dr. Mustafa GÜZEL¹

¹ Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyositsem Mühendisliği Bölümü Tokat, Türkiye. mustafa.guzel@gop.edu.tr Orcid ID: 0000-0002-6069-3561

GİRİŞ

Uluslararası İnsansız Hava Araçları Birliği'ne göre (AUVSI), dünya genelinde 900'ün üzerinde firmanın ürettiği 2900 civarındaki hava aracı kullanıcılarına hizmet etmektedir. Sadece dron üreticileri değil İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri üreticileri de son kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde etkili çözümler üretmeye devam etmektedir (AUVSI, 2020).

İHA üreticileri, birçok farklı avantajı beraberinde getirmesi için İHA'ların farklı boyut, kilo ve şekillerinin yanı sıra, kapasiteleri ve farklı gereçler ve sensörleri taşıma özelliklerine göre farklı modeller üretmektedirler.

2014-2017 yılları arasında toplanan verilerle yapılan bir araştırmaya göre, Amerika Birleşik Devletleri'nde (USA) İHA'lar; film ve fotoğraf çekimleri, denetleme ve bakım, haritalama ve survey, gözetim-takip ve hassas tarım gibi alanlarında değerlendirilmiştir. Bu çalışmaya göre hassas tarımda kullanımları; beklenen bitki büyümelerinin gözlenmesi, dronların kullanımından beri tarımsal arazilerde kullanımının en önemli temel işlevlerinden biri olmuştur. Bu cihazlar bitkilerin büyümesi ve sağlık durumlarını saptadığı gibi, tarım arazilerinde planlama ve analiz yapmaya da olanak sağlamaktadır. ABD Ulusal Hava Yönetimi'nin (FAA) 2019-2038 plan raporunda, İHA'ların tarım alanında kullanımı 6. Sırada yer alacak şekilde planlanmaktadır.

Bahsi geçen planlamaya göre, 3D haritalama ve dron kargo gibi ticaret amaçlı İHA kullanım dallarının finansal anlamda desteklenmesini artırarak market hacminin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Fakat pilot eğitiminin eksikliği, güvenlik endişeleri ve İnsansız Hava Sistem sorunları nedeniyle ticari dron marketinin negatif anlamda etkilemektedir. Elde edilen verilere göre tarımsal kullanımda da önemli bir yer edinmeye başlayan İHA'ların da kullanımının yaygınlaşması ve birçok surveyde kullanıma dahil olması tahmin edilmektedir.

TARIMSAL HAVACILIK TARİHİ

Çoğu kaynakta tarımsal alanda kullanılan ilk hava uygulamasının; 1906 yılında John Clervaux Chaytor (Şekil 1) adında bir çiftçinin, sıcak hava balonu ile bataklık olan bir vadi üzerinden geçerek bu vadiye hareketli bir şekilde tohum serpmesi şeklinde olduğu belirtilmektedir. Daha sonra 1921 yılında, Ohio-ABD'de ABD Tarım Departmanı ve ABD Askeri Sinyal Birimlerinin

ortak çalışması ile uçak ile ilk toz ilaçlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Hava araçları, sağladığı avantajlar nedeniyle 1940'tan sonra gübreleme ve ilaçlama gibi uygulamalar ile tarımsal alanda önemli bir yer almaya başlamıştır.

Yine de fiziki uygulamaların hava araçlarıyla yapılmasını imkânı aynı şekilde olmamıştır. Yine de 1930 ve 1950'li yıllarda havadan çekilen kızılötesi görüntülerle, mahsul kayıpları ve bazı hastalıkların sebep olduğu küçük taneler tespit edilmeye çalışılmıştır (Colwell, 1956).

Sabit kanatlı tarımsal ilaçlamalarda kullanılan hava araçların aksine, Yamaha 1997'de muhtemelen ilk döner pervaneli İHA'yı tarım alanında kullanmak üzere geliştirmeyi başarmıştır. Helikopterler, sahip olduğu büyük manevra kabiliyeti, düşük hızlarda uçabilmesi ve pervanenin oluşturduğu hava akımı bitki ilaçlamalarındaki etkinliği artırması gibi avantajlar göstermiştir. Helikopterler gibi stabil olmayan sistemlerin kontrol edilebilmesi, Prof. Dr. M. Sugeno'nun geliştirdiği "Yeni Bulanık Kontrol" tekniği sayesinde mümkün olabilmektedir (Sugeno ve ark., 1995).



Şekil 1. John Clervaux Chaytor (Anonim, 2015)

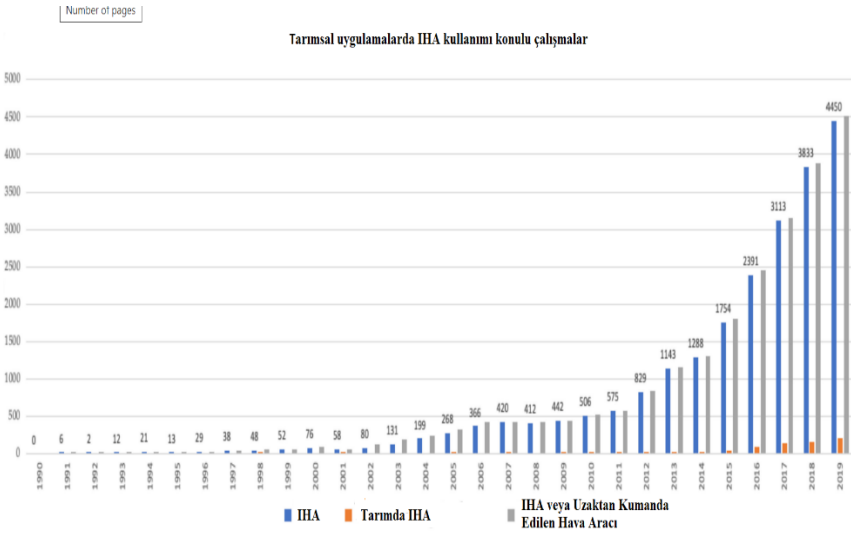
Yamaha RMAX helikopterin 1997'de kendilerini göstermelerinden sonra, Japonya'daki tarım arazileri için her yıl 2 milyon saat uçuş ile 1 milyon hektarlık alan işlenmiştir (2014). Hâlihazırda dünya genelinde 2600'den fazla Yamaha helikopterleri görev almaktadır (Yamaha Motors, 2020).

Bu gelişmelere rağmen, birçok ülkenin 1990'larda tarımsal ilaçlama veya gübreleme işlemleri gibi üretim işlemlerinde hava araçlarının kullanılması kısıtlanmış ya da tamamen yasaklanmıştır. Üstelik 2009 yılında denizaşırı

bölgelerde ticari üretimi yapılan çoğu havacılık firması için önemli olan havadan pestisit kullanımı Avrupa Birliği'ndeki neredeyse birçok ülke tarafından yasaklanmıştı.

Bunun rağmen, havacılık sektöründe popüler olarak “dron” adıyla bilinen ve genellikle pahalı olmayan çok motorlu araçlar, tarımsal alanlarda genellikle havadan görüntü alma ve takip etme görevlerini yapmak üzere kullanılarak İHA'lar ile yapılan uygulamaların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

Bilimsel araştırmalar göz önüne alındığında, İHA'ların kullanımının zamanından daha geç yaygınlaştığı söylenebilir. Web of Knowledge bünyesinde İHA başlıklı çalışmalar araştırıldığında ilk çalışmalara her ne kadar 1990'larda karşımıza çıksa da 2011'den birkaç yıl sonra ancak bu tarz çalışmaların yaygınlaştığı görülmektedir (Şekil 2). Araştırma kapsamı genişletildiğinde, uzaktan yönetilen hava araçlarıyla ilgili çalışmaların ise çok az miktarda artış gösterdiği söylenebilmektedir.



Şekil 2. Web of Knowledge'a göre tarımsal uygulamalarda İHA kullanımı konulu çalışmalar (del Cerro ve ark., 2021)

Hiç şüphe yok ki İHA'ların görülen son hali, Gilmore'in 1984'te Georgia Institute of Technology'de otonom helikopter üzerine yaptığı birçok çalışmalardan etkilenmiştir (Gilmore,1984). 2015 yılında ortaya çıkan ve çok

daha kullanışlı olan “Dron” isimli İHA’ların yaygınlaşmaya başlamasına kadar bu “Otonom Helikopter” terimi pazarda lider paya sahipti.

İHA’LARIN SINIFLANDIRILMASI

İnsansız hava araçlarının sınıflandırılmasında birçok kriter bulunmaktadır (Korchenko ve ark., 2013). Bunların bazıları; boyut, yük taşıma kapasitesi ve uçuş mesafesi olarak nitelendirilmektedir. Bu bölümde, tarımsal görevlerde kullanılmak üzere kanat tipi ve otonom seviyeleri en önemli kriter olarak dikkate alınmıştır.

Kanat Tiplerine Göre İHA’lar

İHA’lar kanat tiplerine göre; sabitlenmiş veya donen kanat tiplerine göre iki ana yapıda incelenmektedir. Eski kanat sistemlerinin kombine kullanımı ile oluşturulan Hibrit Dronların tarımsal alanda herhangi bir uygulamada kullanılmış olmamasından dolayı bu kısımda değerlendirilmeye alınmamıştır.

İlk grubu helikopterler ve çoklu motorları olan İHA’lar (popüler olarak Dron olarak bilinen) oluşturmaktadır. Bu araçların en büyük avantajı, havada uçuş esnasında askıda kalarak havadan görüntülemelerde önemli bir yere sahip olan kayıt zamanının artırılması ve düşük isi koşullarının oluşturduğu dezavantajı minimize etmesidir. Üstelik bu araçlar düşük hızlarda ve düşük yüksekliklerde minimum risk ile uçuş imkânı da tanımaktadır.

Çoklu rotorlu İHA’lar, helikopterlere nazaran daha basit bir mekaniklerinin olması nedeniyle popüler bir hale gelmiştir. Multi rotorlu İHA’lar üzerlerinde bulunan birçok doğru akımlı motorların hızlarını değiştirmeleriyle kolay şekilde kontrol edilebilmektedir.

Herhangi bir bakıma ihtiyacı olmayan fırçasız motor fiyatlarının düşmesiyle, bireysel uygulamalardaki çoklu görevlere bu araçlar önemli bir çözüm sunmaktadır. Bununla birlikte birçok dron üreticisi, İHA marketinde birçok farklı sistemi de beraberinde sunmaya basla mistir.

Ticari dronların helikopterlere nazaran en büyük dezavantajı düşük yüklerle çalışma imkânı sunmalarındır. Buna rağmen dron üreticileri kullandıkları rotorların sayısını 4’ten 6 veya 8’e çıkararak ve bu rotorların statörleri arasındaki boşlukları azaltarak, hali hazırda kullanıma sunulan ve 22 kg’a kadar taşıma kapasitesi olan dronlar İHA pazarına sunulmuştur (Wing, 2020). Ticari dron üreticileri sadece rotor sayısı ve özelliklerini taşıma

kapasitesi için geliştirmekle kalmamış, bir veya daha fazla rotorun arıza verme durumunda güvenli bir şekilde İHA'nın yere inmesi gibi güvenlik geliştirmelerini de eklemiştir.

Uçaklar gibi sabit kanatlı hava araçlarını dikkate aldığımızda ise, yüksek hızlarda yük kaldırmak için gövdelerinin aerodinamiklerine aykırı olacak şekilde hava akışı oluşturacak donanımlara ihtiyaç duymaktadır. Bu yüzden durağan bir uçuşa da elverişli değildir. Uçuş hızlarının düşürülebilmesi nedeniyle de güvenli bir uçuş için yerden yüksek mesafelerde uçuş gerekmektedir. Buna ek olarak rötarlı İHA'ların yüksek manevra kabiliyeti ile de sabit kanatlı hava araçlarına üstünlük sağlamaktadırlar.

Sabit kanatlı hava araçlarının ulaştığı uçuş mesafesi her ne kadar rotorlu İHA'lardan çok daha yüksek değerlere ulaşsa da sabit kanatlı hava araçlarının yüklenme kapasitesi avantajı olmasına rağmen, birçok durumda gerçek bir avantaj sağlamamaktadır.

Özet olarak tarımsal faaliyetlerde kullanılmak üzere İHA seçiminde rotor kanatlı hava araçları sabit kanatlı olanlara göre daha çok tavsiye edilmektedir.

Otonom Seviyelerine Göre İHA'lar

İHA'ların sınıflandırılması ve birbirinden ayrılmasında dikkate alınacak bir diğer kriter ise otonom seviyeleridir. Dronlar, kontrol kumandaları üzerinden uçuş için gerekli hareketlerin her birini yapabileceği kontrol ünitelerine göre tele kontrol olarak sınıflandırılabilir. Daha düşük otonom seviyesi, gerekli akrobatik hareketleri sağlayabilen basit-hobi dronları olarak kullanılabilir.

İkinci seviye otonom sistemi için tele komutlu araçlar şeklinde isimlendirme doğru olabilir. Bu araçlar kontrol üzerindeki otomatik uçuş seçeneği ile daha stabil bir uçuş imkânı sağlamaktadır. Dron operatörü, dronun uçuş hızı ve uçuş bölgelerini belirleyebilme serbestliğine sahiptir. Bu tip dronlar sıklıkla binaların bulunmadığı çevrelerde veya uçuş planının yapılamadığı durumlarda kullanılabilir. Dronlarla yapılan görsel incelemelere tipik bir örnek olarak; zemini belirli olmayan uçuş planlanan arazilerinde ve uçuş rotası belli olmayan durumlarda, dron pilotuna uzak bir kamera bağlantısıyla anlık görüntüleri ileterek anlık karar vermesi gereken durumlarda kullanılabilir.

En yüksek otonom seviyesine sahip olan otonom araçlar ise insan müdahalesine gerek kalmaksızın uçuş imkânı sunmaktadır. Bu seviyeye sahip olan çoğu ticari dronlar Uzerlerine entegre edilmiş GPS'e bağlı olarak, verilen 3 Boyutlu (enlem, boylam ve yükseklik) coğrafi noktaları takip etmektedir (Santana ve ark., 2015) (Capello ve ark., 2013) (DJI, 2022) (Parrot, 2022). Bu tip dronlar 4 coğrafi kutup (çoğunlukla bas kısmı kuzey olacak şekilde) bilgisini de diğer bilgilerle birlikte verebilmektedir. Üstelik harita üzerindeki verilen noktaya ulaştığı zaman arzu edilen uygulamanın başlatılma imkânı da sağlanmaktadır. Fotoğraf çekimleri buna iyi bir örnek olarak verilebilir.

Yüksek seviyeli otonom dronlar kalkış ve inişler için uygun bir zemine ihtiyaç duyduğu için dron pilotunun müdahalesine ihtiyaç duymaktadır.

Ticari amaçlı İHA üreticilerinin sunduğu karmaşık görev çözümleri çok fazla seçeneğe cevap vermemektedir. Genellikle yalnızca uçuş rotası üzerindeki geçiş noktaları manuel olarak belirlenmesi sağlanabilmektedir. Karmaşıklık seviyesinin artmasına göre yeni çözümler oluşturmak adına ticari dron üreticileri yazılım geliştirme kitleleri (PARROT, 2022) (DJI Developer SDK, 2022) veya uygulamalar sunmaktadır (DJI Terra Utility, 2022) (Microcopter, 2022) (SenseFly, 2022). Nitelikli servisi olan üreticiler özel görevler için bir arastam merkezi kadar iyi çalışmaktadır. İnsansız hava araçları tekniklerini derleyen bilimsel çalışmalar da mevcuttur (Cabreira, 2019).

En sık rastlanan İHA görevleri aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Uçuş noktalarının planlanması: Bu planlama ile rota üzerindeki uçuş noktalarına gelindiğinde fotoğraf ve video çekimi yapılabilmektedir.
- Haritalama görevi: Bir arazi üzerinde 2 Boyutlu haritalama veya mozaik işlemler için görüntü alımı.
- Eğim görevi: İstenilen hedefin 3 Boyutlu modelinin yapılması için birçok farklı görüş noktasından ucusun gerçekleştirilmesi.
- Koridor görevi: Bir hedef üzerinde ucusun planlanması (ırmak, zemin üzerindeki elektrik tel hatları, tren yolu vb.)

Tarımsal amaçlar için büyük boyutlu arazilerin taranması için hava araçlarının kullanılması; görevin tamamlanması için gerekli olan zamanı düşürmekle birlikte, isi koşullarının değişmesi ihtimaline karşın homojen bir görüntülemeyi mümkün kılmaktadır (Ju ve ark., 2018).

Bu nedenlerden dolayı bazı araştırmaların hedef noktası; yüksek otonom seviyeleri olan (Barrientos ve ark., 2011) (Gonzalez-de-Santoos ve ark., 2017) ve uçuş sonrası yönetsel işlemleri en aza indirgeyen, ileri seviye kontrol seçenekleri sunan İHA'lar (Roldan ve ark., 2015) olmaktadır.

TARIMSAL UYGULAMALARDA KULLANILAN İHA'LAR

Hava Araçları

Bazı üreticiler tarafından tarımsal amaçlarına yönelik kullanılan dronlarda birtakım değişiklikler yapılmıştır. 1991'de Yamaha'nın uzaktan kontrol ile helikopter kullanmasından günümüze kadar tarımsal amaçlarda kullanılmak üzere yeni ürünler geliştirilmektedir. Her ne kadar helikopter üretimi yapmasalar bile, halen helikopterlerin bakımı ve pilot yetiştirimi gibi tam servis desteği vermektedir.

DJI gibi diğer firmalar (DJI Drones for Agriculture, 2022); zararlı böcekler veya yabancı otlara karşı bitki koruma modeller geliştirmek için özel sensörler ve multispektral kameralar, yüksek hassasiyetli RTK (gerçek zamanlı değişken) GPS ve yüksek çözünürlüklü kameraları dronlara ekleme yapmaktadır. Başka bir örnek olarak Parrot Bluegrass Fields (Parrot Bluegrass Fields, 2022) dron + multispektral sensörler + görüntü işleme yazılımları, bütün bir dron çözümü ve tamamıyla üretim analizi yapacak uçuşa hazır dron hizmeti vermektedir.

Ticari amaçların dışında, literatürde bulunan tarımsal görevlerde kullanılan İHA'ların bazı özellikleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

İHA'lar incelendiğinde taşınan yük ile uçuş süresi arasında bir ilişki bulunduğu görülmektedir. Öyle ki uçuş süresi artırılsın istenirse (daha güçlü pillerin veya daha yüksek kapasiteli yakıt tankı eklenmesiyle) amirliği azaltmak amacıyla taşınan yükün azaltılması gerekmektedir. Tablo 1 incelendiğinde bu iki bağıntı arasındaki ilişki güçlü bir şekilde anlaşılmaktadır.

Tablo 1. Tarımda kullanılan bazı İHA'ların genel karakteristik özellikleri

Tipi	İHA	Yük Kapasitesi (kg)	Uçuş Süresi (dk)	Boyutları
8 rötörlü	MK Okto X1 2	4	46	0.95 × 0.73 × 0.45

	Okto-XL	2.5	25	1.045 × 0.45
	DJI Agras MG-1	10	-	1640 × 1471 × 482
	Spreading Wings S1000	6-111	15	1.1 × 1.1 × 0.38
	ARF- MikroKopter	2.5	28	0.73 × 0.73 × 0.36
	AT8 UAV	2	30	1.2 × 1.2 × 0.4
6 rötörlü	EM6-800	1.2	25	0.8 × 0.8 × 0.32
	Matrice 100/S1000	1	40	0.65
	DJI M600	4.5	16	1.6 × 1.5 × 0.7
	Hexacopter P-Y6/A2500_WH	3	21	1 × 0.45
	HEXA-PRO™ UAV	2	40	0.85
	AIR-200	3	40	2.2
4 rotörlü	Parrot AR	2.0	12	0.52 × 0.51
	Parrot Anafi		25	224 × 67 × 65
	Phantom 2/3 Pro/4 Pro	0.3	30	0.35
	DJI Mavic Pro/inspire 1/inspire 2	0.2	21	0.29 × 0.28 × 0.11
	Jifei P20 UAV	12	20	1.8 × 1.8 × 0.47
	MD4-100/1000	1.2	45	1.03
	3DR Iris/Solo	0.4	22	0.4 × 0.63 × 0.15
Helikopter	Yamaha Fazer R	32	25	3.66 × 770 × 1.078
	Rotomotion SR200	20	240	2.5
	SKeldar V200	40	300	4.6
Sabit Kanatlı	Gatewing X100	0.2	15	1 × 0.6 × 0.1
	zangão uav	1.1	60	1.95

	Trinity F90		+ 90	2.394
	eBee SQ/Plus	0.3	59	1.1
	M23 UAV	14.6	25	3.1 × 2.9 × 1.4
	Tuffwing Mapper	2	40	1.2 × 0.6 × 0.2
	Airborne XT	200	3900	9.9 × 3.6 × 1.9

(del Cerro ve ark., 2021)

Sensörlerine Göre

Dron ve ekipmanların ağırlıklarının azalması ile ölçüm aletlerinin de mümkün kıldığı ölçüde İHA'lara eklenen sensörler ve beraberinde gelen arazi uygulamaları daha kapsayıcı bir hale gelmiştir.

Tarımsal hedeflerini yerine getirmek için kullanılan sensörler amaçlarına göre sınıflandırılmaktadır. Temel olarak; RGB (görülebilir dalga boyu), multispektral ve hiper spektral kameralar şeklinde ayrılmaktadır. Multispektral ve hiper spektral kameralar arasındaki esas fark ise dalgaları sayısı ve bu bantların darlığıdır. Multispektral kameralar genelde 3 ila 10 arasında “geniş” bantlara sahip olurken, hiper spektral kameralar daha dar dalga boylarını içermektedir.

Bunlara ek olarak; lazer sistemleri, termal kameralar ve çoklu tarama cihazlar kullanımları da Tablo 2’de verilmiştir.

Her ne kadar birçok uygulama veri toplama üzerine odaklanmış olsa da çalışmaların düşük bir kısmı da gübreleme, sulama ve buharla temizleme gibi tarımsal işlemler için geliştirilmiştir. Başka bir örnek olarak İHA’lar 3W-1000Y memeli bumu ve ilaç tankı olan bir pülverizatör eklenerek ilaçlama uygulamasında kullanılabilir.

Yetiştiriciliğin yapıldığı bölgede sıcaklık, nem, gaz salınımı gibi faktörlerin ölçülmesi de sensörlerle gerçekleştirilebilmektedir. RHT03 sensörü sıcaklık için, MG811 CO2 yoğunluğu ve nem ölçümü yapan sensörlere örnektir.

Tablo 2. İHA’larda sıklıkla kullanılan sensörler

Tipi	Markası	Özelliği
RGB	Canon Powershot SX540	20.3 MP 442 g
	Olympus PEN E-PM1	12 MP 216 g
	Sony Nex-7 ILCE	24.2 MP 416 g

	Ricoh GR3	16.9 MP 257 g
	Sony α7r	36.4 MP 407 g
Multispektral	MicaSense Red Edge	Red Edge, R, G, B, NIR 1280 × 960 230 g
	MCA kamera	4, 6, 12 (kullanıcı isteğine bağlı) 1280 x 1024 497 g
	Mini MCA	4, 6, 12 (kullanıcı isteğine bağlı) 1280 x 1024 600, 600, 1300 g
	Micro MCA	4, 6, 12 (kullanıcı isteğine bağlı) 1280 × 1024 497, 530, 1000 g
	Parrot Sequoia	R G Red Edge NIR 2 MP 72 g (16 Mp RGB kamera dahil)
	InGaAs	InfraRed 640 x 512
	Tetracam ADC lite	R G NIR 2048x1536 piksel 200 g
	Tetracam ADC micro	R G NIR 2048 x 1536 piksel 90 g
	Laser	Velodyne VLP-16
Hokuya UTM-30LX		Mesafe: 30m 270° doğruluk: 50 mm 210 g
Nikon Forestry Pro II Ragefinder		Mesafe: 7m-1660 m 170 bg
Termal	Thermoteknix MicroCAM Integrator	384 × 288 17 µm 60 g
	FLIR Vue Pro R	640 x 512 113 g
	DJI Zenmuse XT	640 x 512 270 g
	Xenics Bobcat 640 GigE SWIR/vSWIR	640 x 512 500-1700 µm 285 g

Çoklu Tarama	RapidSCAN CS-45	670, 730, 780 mm
--------------	-----------------	------------------

(del Cerro ve ark., 2021)

İHA'LAR İLE YAPILAN TARIMSAL UYGULAMALAR

Bitkilerin varlığı veya fiziksel etkileşimlerine göre tarımsal görevlerde kullanılan 2 farklı İHA grubundan bahsedilebilir. Her ne kadar bazı toprak örneklerinin elde edilmesinde İHA'lar kullanılsa da bir çeşit fiziksel etkileşim uygulaması olarak en yaygın sınıflandırma “bitkilere püskürtme” (tozlama, sulama veya gübreleme) şeklinde olmaktadır (Huuskonen ve Oksanen, 2018).

Fiziksel etkileşime ihtiyaç duymayan uygulamalar ise “uzaktan algılama” şeklinde bir başlık altında incelenmektedir. Bir başka yaklaşımla çok az bir orana sahip de olsa ürünlerin İHA ile taşınması da değerlendirmeye alınmalıdır.

Uzaktan Algılama

Tarımda uzaktan algılama uygulamaları, üretimin yapıldığı arazilerden herhangi bir temas olmaksızın bilgilerin elde edilmesini ifade eder. Bu grupta iki ana uygulamasından biri; nem, sıcaklık ve farklı gazların konsantrasyonu gibi çevresel etmenlerin fiziksel parametrelerin algılanmasıyla yapılır. Bu veriler direkt olarak bitkilere odaklanmaktadır.

Devamlı olarak bitkilerin gözlenmesi, uzun süreli veri algılama hedefi olan hassas tarım uygulamaları için hayati bir öneme sahiptir. Bu işlem tarımsal alanlarda kamera ve sensörlerin kullanılmasıyla mümkün olmaktadır.

Tarımda kullanılan uzaktan algılama tekniklerine bağlı uygulamalar, elektromanyetik dalgaların bitkiler ve toprakla olan etkileşimlerinin değerlendirilmesi temeline dayanır. Bu teknikte cisimler tarafından emilen değil yansıtılan radyasyon ölçülmesi ile uzaktan algılama gerçekleşmektedir. Bitkiler tarafından yansıtılan radyasyonun miktarı ile bitki pigmentleri tarafından emilen anlık ışımının dalga boyu çeşitliliği arasında ters bir ilişki vardır (Mulla, 2013).

Buna ek olarak, bitkilerdeki su stresini tespit etmek için florasan lambasından gelen ışınların bitki yaprakları tarafından emilmesi (McMurtrey ve ark., 2011) ve sıcaklık emilimi (Ishimwe ve ark., 2014) ölçümleri yaygın kullanılan bir tekniktir. Bu teknikler temel olarak farklı hava sıcaklıkları ve buharlaşma oranlarına bağlı olarak, bitki yaprakları ve yeşil aksamlarından

yansıtılan radyasyonun sensörler tarafından emilerek ölçülmesi esasına dayanmaktadır.

Arazi büyüklüklerine bağlı olarak, bir sensor tarafından alınacak tek bir görüntü yeterli olmayacağı için coğrafik referanslarla içerisinde coğrafi bilgilerin olduğu mozaik şeklinde taramalarla yapılan görüntü alımlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu gibi durumlarda çok daha karmaşık bir uçuş planı yapılmalı ve bu genelde sensörlerin çalıştırılacağı rota noktalarının belirlenmesi ile gerçekleştirilmektedir (Valente ve ark., 2011). Bu teknikte genellikle %60 ile %80 oranında görüntüleri alınan iki farklı bölgenin görüntü örtüşmesi uygulanmaktadır (Albani ve ark., 2017; Masina ve ark., 2020).

İHA'ların kullanıldığı uzaktan algılama uygulamaları hedeflerine göre anlatımı bir sonraki bölümde açıklanmaktadır.

Yabancı Ot Tespiti

Herbisit uygulamalarının optimize edilebilmesi için üretim alanında doğru bir yabancı ot doğru haritalanması gerekmektedir. Ancak yabancı otların erken fenolojik dönemlerde tespit edilmesi ve benzer görüntülerden ayırt edilmesi gibi zorlukların ortadan kaldırılması için piksel başına 0.05 m büyüklükler düşecek şekilde görüntü almak gerekmektedir (López-Granados ve ark., 2016).

Yabancı otların erken dönemlerinde tespit edilmesi için İHA'lar tarafından alınan görüntülerin sınırları ve etkileri ile ilgili tam bir analiz sunulmuştur. Bu çalışmaya göre uçuş tarihi ve uygun çözünürlük secimi bu amaçları gerçekleştirmek için hayati önem taşımaktadır. Uydulara nazaran dronların düşük yüksekliklerden uçabilme özellikleri ve istenilen tarihte uçmak için gereken ayarlamaları kolay olması büyük avantaj sağlamaktadır.

Bir başka deyişle çimlenmeden sonraki dönem içerisinde değişen bitki boylarına göre renklendirilmiş kızılötesi veya görünür dalga boylarındaki görüntüler tercih edilebilir. Bir çalışmada mısır (Torres-Sanchez, 2013) ve buğday için (Gómez-Candón, 2014) Microdrons MD4-1000 dronu 30-100 m aralığındaki yüksekliklerde uçurularak görüntüler alınmıştır.

Başka bir örnekte, şeker pancarında yabancı otların tespit edilmesi için, benzerlerine göre daha düşük ağırlığa sahip olan DJI Phantom 4 kullanılarak görüntüler toplanmıştır (Lottes ve ark., 2017).

Yabancı otların tespit edilmesinde sabit kanatlı İHA'lar da kullanılmaktadır. Multispektral ve yüksek çözünürlüklü RGB görüntülerle eğitilen yapay sinirlerini eğiterek pirinç üretim arazilerindeki yabancı otların tespit edilmesi için Kolombiya'da gerçekleştirilen çalışma bir örnek teşkil etmektedir. Bu çalışmada kullanılan sabit kanatlı İHA 60-70 m yükseklikten uyarılmaktadır.

İHA'lar ile elde edilen görüntülerden yabancı otların tespit edilmesi için yapay zekâ teknikleri kullanılabilir. Buna örnek olarak gerçekleştirilen bir çalışmada *Sinapis arvensis* tespit edilmesi için DJI Phantom 4 kullanılmış ve toplanan görüntüler derin öğrenme yöntemiyle yapay sinir ağlarının eğitilmesi ile ilgili yabancı otun tespit edilmesi gerçekleştirilmiştir (Güzel ve ark., 2021). Buğday üretiminde önemli ekonomik kayıplara neden olan ve güçlü zehirleyici etisin bulunan 3 farklı yabancı otun 5 farklı fenolojik dönemlerine göre tespit edilmesi için Türkiye'de gerçekleştirilen bir çalışmada, 4K çözünürlüğe ve 20 MP özelliklerinde kameranın eklendiği DJI Mavic 2 Pro ile alınan görüntüler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. 1-1.5-2 m yüksekliklerden alınan 116.000 adet görüntü ile oluşturulan veri seti YOLOv5 mimarisine aktarılmış ve bu bitkilerin fenolojik dönemlerine göre tespiti gerçek zamanlı (Real-time) olarak yapılabilmektedir (Güzel, 2022).

Bazı tarımsal çalışmalarda dronlarla yürütülen görevler içerisinde koordinat sistemlerine bağlı olarak havadan alınan görüntülerle mümkün olan en başarılı çalışma gerçekleştirilmiştir. Buna rağmen düşük koşullar altında birçok sabit koşullarla uçuşa devam etmek, özellikle büyük arazilerde görevi tamamlamak için çalışmaya devam etmek güvenlik ve koordinasyon problemlerini doğurmaktadır. Örneğin büyük bir arazinin haritalanması istediğinde, elde olan kısıtlı imkanlarla uçuş gerçekleştirilmek istediği zaman, sadece birden fazla kamera ve sensor değil aynı zamanda görevi tamamlayabilmek için farklı dronların kullanılması gerektiği gibi sorunlarla da karşılaşılabilir.

Bu tip sorunlara örnek olarak RHEA projesinde kullanılan, yakın kızılötesi kameralar ve bu kameraların sabit tutularak yönetilmesi için gerekli olan gimbal eklemesi sonucu 1.5 kg yük ile yüklenen iki adet AirROBOT ar-200 dronun 30 dakikalık uçuş performansları gösterilebilir. Bu çalışmanın başarılı sonuçlanmasındaki en önemli neden olarak İHA'ların başarılı bir uçuşu gerçekleştirmeleri belirtilebilir. Daha öncesinde tek bir İHA ile denen çalışma

güvenlik nedenleri ile bütün bir araziyi kapsayacak şekilde uçuş gerçekleştirilememiştir (Valente ve ark., 2013).

Su Stresi Analizi

Hassas tarımın hedef aldığı konulardan biri de toprağın ihtiyaç duyduğu su miktarının yönetimini sağlamak için gerekli olan tedbirleri ve uygulamaları yapmak olmuştur. Bu gerekliliği yerine getirmek için toprak ve bitki için genişletilmiş bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu konuda önemli bir çalışmada, Landsat-8 uydudan alınan termal görüntüleri ve 1 000 metre yükseklikte uçan bir İHA'dan alınan yüksek çözünürlüklü görüntüler incelenmiştir. Çalışmada aynı zamanda 4 rotorlu iki gimbal kombinasyonlu DJI Matrice 210 ve 640x512 piksel çözünürlüğe sahip termal kamerası olan DJI Zenmuse XT dron kullanılmıştır (Masina ve ark., 2020).

Başka bir çalışmada, özellikle tuzlu topraklardan ve yükselen tuzlu yer altı sularının etkilediği ıslak arazilerdeki su stresi koşullarını incelemek ve sulama işlemini optimize etmek üzere odaklanılmıştır. Hedefe ulaşmak için arazinin her bölümünde var olan yüzeysel sıcaklık ve bitki miktarını tahmin etmek için İHA ve uydu görüntüleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada; uydu görüntülerinin İHA görüntülerinden daha düşük sıcaklık bilgileri gösterdiği ve her iki görüntü alma aracından alınan görüntülerinin su stresini hesaplamada kullanılamayacağı anlaşılmıştır.

Su stresini ölçmek için termal kameralarla yapılan birçok çalışma, görüntü alma esnasında oluşan sürüklenme etkisinin düzeltilmesi gerektiğini göstermiştir. Ağaçlardaki su stresini belirlemek için multispektral kameralar eklenmiş İHA'lar ile alınan termal görüntülerin radyometrik düzeltmelerinin yapıldığı bir çalışma bu konuda örnek teşkil etmektedir (Gómez-Candón, 2016).

Multispektral ve Hiper spektral görüntülerin karşılaştırılması ile turunçgillerdeki azot ve su stresini inceleyen başka bir çalışmada, su bandı indeksi (WBI) hem Multispektral hem de Hiper spektral kameralardan alınan görüntülerde kullanılmıştır (Bhandari ve ark.,2019).

Uzum yetiştiriciliğinde su stresi tahmin edilmeye odaklanan bir çalışmada İHA tarafından elde edilen kızılötesi görüntüleri, bitki yeşil alan ölçümü yaparak hesaplamak üzere bir yazılıma ekleyerek kullanımı

gerçekleştirilmiştir. 640x512 piksel sinyal alabilen tek görüntü bandı olan Xenics Bobcat 640 GigE kamera ve 1280 x 960 piksel çözünürlüğünde 4 farklı bandı ile güneş ışığı sensörü bulunan Parrot Sequoia multispektral kamerası kullanılmıştır. Yunanistan'da gerçekleştirilen bu çalışma sonucunda stresi olmayan ve önemli su stresi aralarında birçok farklı stres seviyesi ile ölçülmeyi başarmışlardır (Kandylakis ve ark., 2020).

Ayrıca tarımsal amaçların dışında, bir golf sahası için gerekli olan hassas sulamanın yapılması için de bir İHA tarafından alınan videolar ile yapılan çalışma da literatürde yer almaktadır (Perea-Moreno ve ark., 2016).

Bitki Besin Elementleri ve Bitki Sağlık Durumunun Belirlenmesi

Toprak ve bitkilerden havadan alınan, içerisinde coğrafi bilgilerin de yer aldığı veriler; arazi içerisindeki her bölgede bulunan bitki besin elementlerine göre adapte edilebilmektedir. Bu sayede bitki gelişimi için gerekli olan besin elementlerinin topraktaki kullanılabilir miktarları tespit edilebilir ve değişken oranlı hassas gübreleme uygulamaları mümkün kılınarak aşırı doz uygulamaların oluşturacağı zarar azaltılması ve sürdürülebilir üretimin yapılması sağlanmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda, Çin'de bir mısır tarlasında İHA ile elde edilen görüntülerde uydu görüntü algoritmaları kullanılarak topraktaki yarayışlı formda bulunan bitki besin elementlerinin tahmin edilmesinde yeni bir metot kullanılmıştır (Meng ve ark., 2020). Avustralya'da yapılan bir çalışmada ise DJI M600 Pro üzerine eklenen LIDAR ve multispektral görüntü sensörleri ile şekerpancarı üretim arazisinde çeşitli miktarlarda azot gübresi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bunların yanı sıra bitki boyları, yoğunlukları ve vejetasyon değerlerine bakarak bitki gelişim bilgilerinin elde edildiği bir uygulama geliştirilmiş ve biyokütle tahminlemesi yapılan bir model geliştirilmiştir. Geliştirilen bu model, multispektral görüntülerin kullanılmasıyla yaprakların azot içeriklerini tahmin edebilecek kapasiteye ulaşmıştır.

Etkili azot gübreleme işlemi hem bitki azot stresini ortadan kaldırmayı hem de üretim dışı dönemlerde geriye kalan bitkisel artıkların oluşturacağı nitrojen stresini tahmin etmeyi sağlayabilmektedir. Yapılan bir çalışmaya göre; geleneksel nitrojen denemelerinde farklı uygulamaların gelişimini izlemek için hasat dönemine kadar beklemek gerekmektedir fakat bu durum nitrojen

stresinin ne zaman ve nasıl gerçekleştiğini takip etmeyi olanaksız kılmaktadır. Buna rağmen İHA'lar ile gelen uzaktan algılama teknolojileri, üretim sezonu içerisinde bitkilerdeki nitrojen durumu ve nitrojen stresi ile ilgili bilgileri edinebilmek için iyi bir fırsat sunmaktadır. Böyle bir araştırma Çin'de üretimi yapılan pirinç yapraklarındaki azot durumunu incelemek için, üç farklı dalga boylu (red, red-edge ve yakın kızılötesi) kamera eklenmiş RapidScan CS-45, UAV Spreading Wings S1000+ ve yüksek hassasiyetli RTK (gerçek zamanlı hareketli) GNSS (Küresel Konum Uydu Sistemi) ile zenginleştirilmiş DJI dronları kullanılmıştır (Songyang ve ark., 28).

Benzer bir teknik de kışlık buğday üretiminde gerçekleştirilmiştir. Ekinlerin gelişimini incelemek için İki farklı yüklerle uçuşu yapan iki farklı İHA tarafından alınan görüntülerle ilgili çalışma yürütülmüştür. İHA'lardan birisi küçük DJI Phantom 4 Pro olup RGB görüntüler toplanırken, üzerine MicaSense RedEdge-M kamera ve ışık sensörü eklenmesi yapılmış DJI Matrice 100 dronu kullanılmıştır. Çalışmanın yapıldığı alanda yüksek hassasiyetli (3 cm) konum bilgileri alınması için RTK GPS kullanılmıştır.

Merkezi Avrupa'da kışlık buğdayın yetiştirme işlemlerini takip etmek için SenseFly'in ürettiği sabit kanatlı eBee Plus İHA'sı kullanılmıştır. Bu çalışmayla aktif fotosentetik ışımaya, isin sınıfları, ışık kullanım etkinliği ve hasat verileri Monteith Moss eşitliğinde değerlendirilerek tahıllardaki tane verimi hesaplanmıştır. Bu deneme 1 piksele 80 mm²'lik bir alan gelecek şekilde ve görüntülerin birbirini %80 örtecek şekilde ayarlanmıştır. Yansıma bilgileri; üzerinde yeşil, kırmızı, Red Edge ve yakın kızılötesi kameraları olan Sequoia kamerası kullanarak elde edilmiştir.

Literatürde multispektral bilgilerin toplanarak domates ve uzum yetiştiriciliğinde de benzer başka çalışmalar da bulunmaktadır (Candiago ve ark., 2015). Bu çalışmalarda ise ESAFLY A2500_WH 6 pervaneli dron ve Tetracam ADC Micro kamerası kullanılmıştır.

Sadece bitki gelişimlerini değil bitki sağlık durumlarını inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Buna bir örnek olarak; üzerine RedEdge kamera eklentisi yapılan DJI S1000 dronu 20 m yükseklikte uçarak bir piksele 1-1.5 cm² olacak şekilde, yetiştirme suresince 8 kez uçuş yapılarak buğdayda önemli bir hastalığın incelenmesi gerçekleştirilmiştir (Su ve ark., 2019).

Birçok bitki türünde (350'den fazla) önemli zararlara sebep olan bakteri kökenli bitki patojeni olan *Xylella fastidiosa* belirtilerini tespit etmek için;

Italdron 4HSE EVO orta büyüklükte 3D gimballı olan drona, 5 lensi olan multispektral (MicaSense RedEdge-M) ve yüksek çözünürlüklü termal kamera (FLIR Vue Pro 640) ile yüksek çözünürlüklü RGB kamera (Sony α 7r) eklenerek 10 m'lik yükseklikten uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Bu sayede zeytin ağaçlarında bu etmen başarılı bir şekilde tespit edilmiştir (Di Nisio ve ark., 2020).

Toprak Olaylarını Görüntüleme

Özellikle yamaçlarda ve eğimli bölgelerde tarım yapılan arazilerin kayba uğraması gibi önemli problemlerin saptanması için toprak kaymasının gözlemlenmesi önem arz etmektedir. Buna örnek olarak İtalya'da gerçekleştirilen bir çalışmada; tas duvarlı set arazi (teras), yığma toprak seti (teras) ve dikine tarım yapılan uzum bağlarının toprak kayma işlemleri ele alınmıştır. Çalışmada yüksek çözünürlüklü görüntüler Coğrafi Bilgi Sisteminde kullanılarak değerlendirilmiştir. Çalışma, 12.3 Mpiksel ve 20 Mpiksel kameralarla donatılmış DJI Mavic Pro ve Phantom 4 Pro dronları 30-40-50 m yüksekliklere göre uçuşlar yapılarak gerçekleştirilmiştir.

Yürütülen bir çalışmada Dijital Alan Modelleme yapılması için, üzerine Panasonic kamera eklenmiş sabit kanatlı olan bir Sirius 1 (MAVinci) İHA kullanılarak farklı uçuş yüksekliklerinden görüntü alınmıştır. Çalışmada yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılmıştır (D'Oleire-Oltmanns ve ark., 2012).

Verim ve Biyokütle Tahmini

Dünya genelinde mısır, pirinç, buğday, arpa ve sorgum gibi tahılların verim tahminlemesini yapmak için birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Schirrmann ve ark., 2016) (Roosjen ve ark., 2016).

Buğday verimini hesaplamak için yürütülen bir çalışmada; 5 kg yük taşıma kapasitesi olan ve üzerine FabryPerot kamerası monte edilen Mikado Logo 600 otonom helikopteri kullanılmıştır. Uçuş için 140 m yükseklik belirlenmiştir (Jin ve ark., 2017). Yine buğday verimini tahmin etmek için yürütülen başka bir çalışmada ise; yüksek çözünürlüklü görüntü almayı sağlayan Sony ILCE α 5100L RGB (24Mpiksel ve 60 mm lens) olan bir kameranın eklendiği Atechsys 6 rötörlü dron kullanılmıştır. Bu sistem 0.2-0.45 mm arasında zemin çözünürlüğü elde etmeyi sağlamaktadır. Uçuş planı %59

ila %77 arasında görüntü örtme seçeneğine göre belirlenmiştir. Diğer çalışmalarda kullanılan kameraların aksine bu çalışmada kamera açısı 45° belirlenerek rotolara binen rüzgâr yükü minimize edilmeye çalışılmıştır.

Pirinç üretiminde biyokütle tahmini için yapılan bir çalışmada, üzerinde Tetracam ADC-lite multispektral kamera eklenmiş dron kullanılarak üretim alanlarının farklı boyutlarda görüntüleri alınmıştır (Devia ve ark., 2019).

Makine öğrenmesi ve bilgisayar görüşünün kullanıldığı bir çalışmada ise, DJI Phantom 4 Pro ile 4 K RGB kamera vasıtasıyla alınan yüksek çözünürlüklü görüntülerde Sorgum bitkisinin etkili hacim ölçümü gerçekleştirilmiştir (Lin ve ark., 2020).

Tahılların haricinde otlakların ve pamuk bitkileri için benzer uygulamalarda literatürde mevcuttur. Örneğin Almanya'da yürütülen çalışmada; Rengen Grassland Denemesi'nde Canon Powershot S110 kamera ile güçlendirilmiş DJI Phantom 2 dron kullanılarak, otlaklardaki cim yükseklikleri havadan alınan görüntülerle tahmin edilmiştir (Lussem ve ark., 2020).

Texas (ABD)' de pamuk bitkilerinin gelişimiyle ilişkilendirilen bir çalışmada 14 Mpiksel balıkgözü lensli bir kamera takılmış DJI Phantom 2 Vision+ dronu kullanılmıştır (Chu ve ark., 2016).

Meyve ağaçlarının büyüme değişkenliklerinin izlenmesi de tarımsal planlamalar içerisinde önemli bir yer edinmektedir. Örneğin; şeftali ağaçlarındaki gibi düzensiz taç şekilleri ve diğer ağaç şekillerinin özelliklerini cıgaran bir çalışma yürütülmüştür. Japonya'da yapılan bu çalışmada, dijital kamera eklenmiş DJI Inspire 1 ve DJI Inspire 2 İHA'ların kullanılmış ve %80 görüntü örtme planına göre 30 m yükseklikten uçuşlar gerçekleştirilmiştir (Mu, 2018). İspanya'da sabit kanatlı bir mX-SIGHT İHA ile gerçekleştirilen çalışmada, zeytin ağaçlarının taç parametreleri değerlendirmek için Panasonic Lumix DMC-GF1 RGB kamera kullanılmış ve bu kameranın içerisindeki kızılötesi filtre çıkarılarak modifiye edilmiştir. Kamera aynı zamanda 4 000 x 3 000 çözünürlük ile 1 piksel / 1 cm olacak şekilde 300 m yükseklikte uçuş gerçekleştirilmiştir (Díaz-Varela ve ark., 2015).

Zeytin ağaçlarının etkili sınıflandırılması ve seçilmesi için ağaç yüksekliği, taç çapı, görüntülenen taç alanı ve bitki yeşil aksam hacmi gibi 4 ana yapısal mimari irdelenmiştir. Görüntüler 24 Mpiksel Sony ILCE-6000

kamera ve 12 Mpiksel Olympus PEN E-PM kameralar eklenmiş MD4-1000 mikrodrone kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Jiménez-Brenes, 2017).

Havadan Püskürtme İşlemleri

Bölüm 2’de bahsedildiği gibi tarımsal alanlarda tozlama uygulamasının İHA’lar tarafından yapıldığı ilk örnek muhtemelen Yamaha R-max helikopteri ile yapılan çalışma olarak bilinmektedir. Yamaha’nın daha yeni modelleri buna benzer görevleri Japonya ve ABD’deki üzüm bağlarında devam ettirmektedir. Bununla ilgili İHA’lar ile geniş arazilerde yapılan pestisit uygulamaları günümüzde Japonya, Güney Kore ve Çin gibi Doğu Asya ülkelerinde yapılmaya devam etmektedir.

Yapılan bir derleme makalesine göre 2017 yılında Çin’de 1 400 adet sabit kanatlı hava aracı’, 60’tan fazla helikopter ve 10.000’den fazla İHA sahip olduğu belirtilmektedir. Bu hava araçları tarım ve orman arazilerde hastalık ve zararlı kontrolü, gübreleme işlemleri gibi toplam 2 milyon hektarlık arazide önemli bir rol almaktadır.

Bitki koruma uygulamaları için İHA’ların havadan ilaçlama işlemleri için kullanıldığı gibi gübreleme işlemleri için de kullanılabilir. Bu işlemler esnasında, damlacıkların dahilimi ve damlaların veya sisleme konik huzme alanı etkili ilaçlamayı doğrudan etkilemektedir. Hedef dışındaki bölgelere püskürtme ve konik huzmenin örtmemesi İHA’lar ile püskürtme işlemlerinin en endişelendirici yani olsa da teknolojik gelişmeler pirinç tarlasında bu uygulamaların yapılmasını mümkün kılmaktadır. Böylesi bir çalışmada 8 rotorlu bir İHA’nın hız gibi parametreleri göz önünde bulundurularak püskürtme oranı ve konik huzme etkinliği analiz edilmiştir. Çalışmada organik sivil gübre farklı hızlarda (2,4 ,6 m/s) hızlarda, pirinç bitkisinden 2 m yükseklikte uçuş yapılarak farklı gübre uygulamaları incelenmiştir (Kharim ve ark., 2019). Başka bir çalışmada M23 (Shenzhen Hi-tech New Agriculture Technologies) bir İHA üzerine minyatür diyaframlı pompa (PLD-2201) ve basınçlı meme (110-015 Lechler) eklenerek farklı bir püskürtme sistemi denenmiştir (Wen ve ark., 2018). Üstelik bazı çalışmalar da LIDAR kullanarak daha yüksek etkide püskürtme yapmak üzerine odaklanmıştır (Yongjun ve ark., 2017).

Çevre Etmenlerin İzlenmesi

İHA'lar veri toplama esnasında, üzerlerinde kablosuz bağlantı sağlayacak sensörlerin olduğu problemlerin bulundurmaktadırlar (Valente ve ark., 2011) (Polo ve ark., 2015) (Di Gennaro ve ark., 2017). Bu anlamda, hassas tarım içerisinde verim analizi yapmak üzere İHA'lar ile kablosuz sensör ağları (WSNs) arasındaki hiyerarşik işlemleri irdeleyen bir çalışma sunulmuştur (Popescu ve ark., 2020).

Sadece açık havada değil aynı zamanda kapalı mekân yetiştiriciliğinde kullanılan İHA'lar da literatürde yer almaktadır. Böylesi bir çalışma İspanya'da bir sera içerisinde takiplerin sağlanması için bir mobil sensör ağı ile küçük dron kullanımı gerçekleştirilmiştir. Sistem tamamen Parrot AR.Dron 2.0 dronu üzerine eklenen sensörlerden oluşmaktadır. Bu sistem sıcaklık, nem, aydınlatma durumu ve karbondioksit yoğunluğu bilgileri ve bu değişkenlere göre bir haritalama yaparak iklimlendirme kontrolünün başarısını ve hatalarını tespit etmiştir. Aynı zamanda bu çalışmada DJI Inspire Pro UAV ve AirCore İHA'lari ile CH₄ ve CO gözlemlenmesi de gerçekleştirilmiştir (Roldán ve ark., 2015).

TARIMSAL AMAÇLAR İÇİN İHA'LARIN KULLANIM KURALLARI

Her ne kadar her bir ülkenin kendine özgü kuralları ve düzenlemeleri olsa da dünya genelinde bu uçuşla ilgili ortak kanunları bulunmaktadır. Bu ortak kurallar birçok ülke için ticari ve hobi amaçlı kullanılan İHA'lar olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir. Hobi amaçlı kullanılan dronların, ticaret amacıyla kullanılan dronlara göre daha az kısıtlamaları bulunmaktadır.

Dron uçuşlarında güvenlik tedbirleri ve diğer hava araçları ile muhtemel bir problem yaşanmasına karşın ayarlanan maksimum uçuş yükseklikleri 300-400 ft. veya 120 m olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda dronların insanların üzerinde veya kalabalık alanlarda uçuş yapılması, gözle görülebilecek mesafeden uzakta ve gündüz haricindeki uçuşlar tavsiye edilmemektedir.

Avrupa'nın belirlediği kısıtlamalar sadece insanlara ve diğer hava araçlarına karşı olan riski azaltmayı değil aynı zamanda gizliliğin ihlali, güvenlik ve veri koruma konularını da hedef almaktadır.

Bu sözleşmelerine içerisinde, EASA'nın (Avrupa Birliği Havacılık Güvenlik Ajansı) 2019 da geliştirdiği "İnsansız Hava Araçları için Kurallara

Kolay Ulaşım” adlı bildirim İHA operasyonlarına göre su şekilde üç farklı güvenlik gerekliliği yayımlamıştır:

- Açık kategori, önceden herhangi bir operasyonel yetkilendirmeye veya İHA operatörü tarafından operasyonel bir beyana tabi olmayacaktır,
- Özel kategori, pilotun beyanının yeterli olduğu veya pilotun gerekli imtiyazlara sahip hafif bir İHA pilot sertifikasına (LUC) sahip olduğu belirli standart senaryolar haricinde, operasyondan önce bir operasyonel risk değerlendirme raporu içeren yetkili makam tarafından yetkilendirme gerektiren kategori,
- Sertifikalandırılmış kategori, lisanslı bir pilot ve yetkili makam tarafından onaylanmış sertifikaya sahip olmayı gerektirir.

Sertifikalandırılmış kategori halen geliştirilmeye devam etmektedir.

İHA ile gerçekleştirilen tarımsal uygulamaların çoğu “açık” olarak kategorize edilmiş ve maksimum yük ile havalanması 25 kg olarak sınırlendirilmiştir. İHA uçuşları bir engel üzerinden uçuş gerektiren durumlar haricinde maksimum olarak 120 m’lik yükseklik ile sınırlendirilmiştir.

Bununla birlikte diğer hava taşıtları ve engellere çarpmasını engellemek, insan topluluklarından uzakta uçmasını sağlamak amacıyla; İHA pilotunun sürekli görüş alanında olacak şekilde (VLOS) tutmasını gerektiren kısıtlayıcı farklı etmenler de bulunmaktadır.

Genelde tarımsal amaçlar için yapılan uçuşlar her ne kadar insanlarla karşılaşma riski az olsa da VLOS kısıtlaması sayesinde büyük arazilerde yapılacak birçok ucusun ve arazilerde bulunacak az sayıda insan ile karşılaşma riski azaltılmış olur. Bu tip durumlara başka bir çözüm de mevzuata “Takip” (follow me) özelliğinin eklenmesi ile sunulabilir (İHA operatörünün kullandığı telefon ile uçuş esnasında takibi mümkün olmaktadır).

Unutulmamalıdır ki; insansız hava araçlarında herhangi bir tehlikeli bir madde taşınması veya bir materyalin düşmesi gerçekleştirilmeyecektir.

31 Aralık 2020 de yayımlanan Yeni Avrupa kanunlarına göre; dronların (EASA tarafından sertifikalandırılmadıkça) kaydettirilmeleri gerekmemektedir. Buna rağmen dron pilotlarının oturma izinlerinin bulunduğu ülkenin (Avrupa ülkesi) Sivil Havacılık Sistemine (CAA) kaydolması, edindiği kayıt numarasını dron üzerinde görünen bir yere etiket şeklinde yapıştırılması ve

“Dron kumandası tanımlama sistemi” ne kaydettirmesi zorunlu hale getirilmiştir. Kayıt bilgileri CAA tarafından yetkilendirilmiş kişilerce denetlenecek, onaylanmadığı surece yenilenmesini gerektirecektir.

250 g ve altında kamerası veya kişisel bilgileri toplama özellikli sensörleri olmayan dron pilotları için bu kayıt işlemini yapmasına gerek duyulmamaktadır. Kullanılacak İHA “oyuncak” kategorisinde ise (2009/48/EC maddesi), 250 g’dan daha düşük ağırlık şartını sağlamak koşuluyla, üzerinde kamera dahi olsa kaydettirmeye gerek duyulmamaktadır.

Bir başka konu olarak, FAA’ya göre ABD’de dron uçurmak yasal ancak dron ile yapılan işlem uçuş kısıtlamalarına uymak zorundadır. Örneğin hobi amacı gütmeyen amaçlarla dron uçurmak için, ticaret amacıyla yapılan uçuşlarda dron pilotu FAA tarafından verilmiş Uzak Pilotluk Sertifikasını yanında bulundurması ve bu amaçla kullandığı İHA’nin FAA’ya kaydedilmesi gerekmektedir. Maksimum uçuş yükü 55 pound ile sınırlandırılmıştır. Uçuş esnasında İHA ile her zaman göz temasının korunması gerekmektedir. Uçuşlar en yüksek 400 feet yükseklikte, gün içerisinde veya yapay aydınlatmalarla 100 mph maksimum hızında yapılmalıdır. İnsanlar üzerinde dron uçurulması yasaktır. Hareketli bir araç içerisinde pilotun İHA kumanda etmesi ancak seyrek nüfuslu alanlarda kabul edilmektedir.

G sınıfı hava alanında veya ağırlık taşıma amaçlı uçuşlar haricinde yukarıda verilen kısıtlamalar FAA tarafından özel izin alındığı surece kaldırılabilir. Dünya genelindeki birçok ülkenin uyguladığı uçuş kısıtlamaları ilgili kaynakta bulunabilir (Master List of Drone Laws, 2022).

SONUÇ

Daha önce de değinildiği üzere İHA kullanımının tarımsal uygulamalarda birçok avantajı vardır;

- İHA’lar herhangi bir hava alanı veya konum istasyonuna ihtiyaç duymadığı gibi üretim alanlarının bulunduğu yamaçlardan dahi havalanabilmektedir. Bu durum ayrıca püskürtme görevlerinde yüksüz uçuş sayesinde azaltır.
- Yüksek manevra kabiliyeti; her ne kadar bu özellik rotor kanatlı hava araçlarından bir özelliği olsa da sabit kanatlı İHA’ların kısa acili dönüş kabiliyetleri, yüksek tırmanış oranları ve alçak mesafelerden uçuş yetenekleri,

- En kaba arazilerde dahi çalışabilmeye yatkın ve küçük alanlarda yüksek etkinlik sağlamaları,
- Alternatifleri olan uçuş ekiplerine göre daha düşük bütçe gereksinimleri, düşük is gücü yoğunluğu ve geleneksel hava araçlarına göre daha basit bakımlarının olması olarak sıralanmaktadır.

Tüm bu sebeplerden dolayı tarım uygulamalarında dron kullanımında artış görülmektedir. Üstelik bu çalışma göstermiştir ki, İHA'ların sağladığı başarılı sonuçlar ve çalışmalara kattığı yeni bakisi acıları bu araçların hassas tarımda kullanılan önemli araçlardan biri olarak yer almaktadır. 3. Bölümde gösterildiği üzere, dünya genelinde buğday, mısır, pirinç, zeytin, meyve ağaçları, vb. gibi bitkiler ile yürütülen bilimsel çalışmalarda başarılı uygulamalarda kullanılmıştır.

Bu uygulamalar gibi günümüz teknolojisinin sunduğu sensor kabiliyetleriyle (genel olarak multispektral, RGB kameralar ve lazer sistemleri) sağlanan daha hafif yük ile düşük enerji tüketimi yani sıra yüksek çözünürlüklü donanımların İHA'lara eklenmesiyle tarımsal amaçlı uygulamalarda da amaca uygun araçlar olarak yer almaktadır. Her ne kadar döner kanatlı hava araçları sıklıkla kullanılsa da sabit kanatlı hava araçları da önemli katkılarda bulunmaktadır. Her durumda uzaktan algılama sistemlerinin ağırlıklarının düşürülmesi ile bu sensörler ile donatılan İHA'lar, dünya genelinde birçok ülkenin gerektirdiği kurallara uygun olarak tercih edilebilir durumdadır.

Bu çalışmanın sonucu olarak;

Bitki besin elementlerinin değerlendirilmesi ve bitki sağlık durumunun incelenmesini hedef alan çalışmalarda Multispektral veya daha hafif RGB kameraların kullanılması gerekmektedir. Sensör olarak 1-2 kg arasında ağırlıkları olan sensörler ve genellikle döner pervaneli İHA'lar tercih edilmektedir.

Su stresinin tespit etmeyi amaçlayan çalışmalarda; kızılötesi veya termal kameralar tercih edilmektedir. Bazı durumlarda her ne kadar multispektral kameraların kullanılması gerekse de bu multispektral kameraların orta ağırlıkta olanları çok rotorlu İHA'lar tarafından taşınabilmektedir.

Verim ve biyokütle tahmini, toprak görüntüleme ve yabancı ot tespiti gibi olayları hedef alan çalışmalarda genellikle RGB veya NIR (yakın kızılötesi) kameralara ihtiyaç duyulmaktadır. Optik görüntüleme gereken durumlarda ise

4 rotorlu dron (düşük bütçeli) tercih edilebilir. Kamera merceklerinin amirliği dikkate alındığında bütün bir araziye tek görüntü içine sığdıracak şekilde görüntü alınmalıdır. Daha hafif kameraların kullanılması durumunda ise uçuş yüksekliği azaltılmalı ve arazinin her bölgesini içerecek şekilde birden fazla görüntü alınması gerekmektedir. Çevresel etmenleri görüntüleme görevlerinde ise hafif kameralar ile türleştirilen ucuz maliyetli dronlar amaca uygun hizmet edebilmektedir.

Hiç şüphe yok ki havadan püskürtme uygulamaların yapıldığı durumlarda en yüksek yük kaldırma kapasiteli dronlar tercih edilmektedir. Bu görevler için 10-50 kg arasında yük kaldırabilen dronlar mevcuttur.

Ticari amaçlı dron kullanımları incelendiğinde, dron üreticilerinin tarımsal faaliyetler için daha uygun donanımlarla dron üretme girişimleri aşikârdır. Dron üreticilerinin, kısa zamanda çiftçilerin kullanımı yaygınlaştıracak şekilde üretimlerini yönlendirmeleri ve hızlandırmaları beklenmektedir.

Bütün bu sebepler ışığında, 5G dalga teknolojisinin de getirdiği avantaj ile daha yüksek çözünürlüklerde görüntü alma, gerçek zamanlı denetimleri olan akili kameralar ve yapay zekâ uygulamalarının da yaygınlaşması öngörülmektedir. Ciddi problemlerin ve beklenmeyen durumların yaşanmasını engellemek için İHA pilotlarının her daim hava aracı ile uzaktan kumanda teçhizatının bağlantı sürekliliğinin sağlayabilir nitelikte olması gerekmektedir. 5G teknolojisinin yaygınlaşması ile mevcut mesafelerin üzerine çıkılacağı beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Albani, D.; IJsselmuiden, J.; Haken, R.; Triann, V. Monitoring and mapping with robot swarms for agricultural applications. In Proceedings of the 2017 14th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), Lecce, Italy, 29 August–1 September 2017; pp. 1–6. 27.
- Anonim, (2015).Aucklandmuseum.com/war-memorial/online-cenotaph/record/C35494
- Association for Unmanned Vehicle Systems International—AUVSI. Online erişim: www.auvsi.org (erişim zamanı 11 Ekim 2022).
- Barrero, O.; Perdomo, S. RGB and multispectral UAV image fusion for Gramineae weed detection in rice fields. *Precis. Agric.* Vol. 2018, 19, 809–822.
- Barrientos, A.; Colorado, J.; del Cerro, J.; Martinez, A.; Rossi, C.; Sanz, D.; Valente, J. Aerial Remote Sensing in Agriculture: A Practical Approach to Area Coverage and Path Planning for Fleets of Mini Aerial Robots. *J. Field Robot.* 2011, 28, 667–689.
- Bhandari, S.; Raheja, A.; Chaichi, M.; Pham, F.; Sherman, T.; Dohlen, M.; Khan, S. Comparing the effectiveness of hyperspectral and multispectral data in detecting citrus nitrogen and water stresses. In Proceedings of the Volume 11008, Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping IV, Baltimore, MD, USA, 15–16 April 2019.
- Bhandari, S.; Raheja, A.; Chaichi, M.; Pham, F.; Sherman, T.; Dohlen, M.; Khan, S. Comparing the effectiveness of hyperspectral and multispectral data in detecting citrus nitrogen and water stresses. In Proceedings of the Volume 11008, Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping IV, Baltimore, MD, USA, 15–16 April 2019.
- Cabreira, T.; Brisolará, L.; Ferreira, P., Jr. Survey on Coverage Path Planning with Unmanned Aerial Vehicles. *Drones* 2019, 3, 4.
- Candiago, S.; Remondino, F.; De Giglio, M.; Dubbini, M.; Gattelli, M. Evaluating Multispectral Images and Vegetation Indices for Precision Farming Applications from UAV Images. *Remote Sens.* 2015, 7, 4026–4047.
- Capello, E.; Guglieri, G.; Quagliotti, F. A Waypoint-Based Guidance Algorithm for mini UAVs. In Proceedings of the 2nd IFAC Workshop on Research, Education and Development of Unmanned Aerial Systems, Compiegne, France, 20–22 November 2013.
- Colwell, R.N. Determining the prevalence of certain cereal crop diseases by means of aerial photography. *Hilgardia* 1956, 26, 223–286.

- D'Oleire-Oltmanns Sebastian, M.; Peter, K.; Johannes, B.R. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Monitoring Soil Erosion in Morocco. *Remote Sens.* 2012, 4, 3390–3416.
- del Cerro, J.; Cruz Ulloa, C.; Barrientos, A.; de León Rivas, J. Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Survey. *Agronomy* 2021, 11, 203.
- Di Gennaro, S.; Matesea, A.; Gioli, B.; Toscano, P.; Zaldei, A.; Palliotti, A.; Genesisio, L. Multisensor approach to assess vineyard thermal dynamics combining high resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) remote sensing and wireless sensor network (WSN) proximal sensing. *Sci. Hortic.* 2017, 221, 83–87.
- Di Nisio, A.; Adamo, F.; Acciani, G.; Attivissimo, F. Fast Detection of Olive Trees Affected by *Xylella Fastidiosa* from UAVs Using Multispectral Imaging. *Sensors* 2020, 20, 4915.
- DJI. Ace Waypoints. Online erişim: <https://www.dji.com/es/ace-waypoint> (erişim zamanı 10 Eylül 2022).
- DJI. DJI Developer SDK. Online erişim: <https://developer.dji.com/?site=ag&from=footer> (accessed on 10 Ekim 20202).
- DJI. Terra Utility. Online erişim: <https://www.dji.com/es/dji-terra> (erişim zamanı 10 Ekim 2022).
- Gilmore, J. The autonomous helicopter system. In *Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, Arlington, VA, USA, 14 June 1984; Volume 485*, pp. 146–152.
- Gómez-Candón, D.V. Field phenotyping of water stress at tree scale by UAV-sensed imagery: New insights for thermal acquisition and calibration. *Precis. Agric.* 2016, 17, 786–800.
- Guzel, Mustafa; Sin, Bahadır; Turan, Bulent; Kadioglu, Izzet. "Real-Time Detection of Wild Mustard (*Sinapis Arvensis* L.) with Deep Learning (Yolo-V3)." *Fresenius Environmental Bulletin* 30, no. 11 A (2021): 12197-12203.
- Guzel, M. Tokat bölgesi buğday üretiminde bazı yabancı otların derin öğrenme yöntemi ile tespit edilmesi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü, Dr Tezi, Temmuz 2022.
- Jiménez-Brenes, F.L.-G. Quantifying pruning impacts on olive tree architecture and annual canopy growth by using UAV-based 3D modelling. *Plant Methods* 2017, 13, 55.
- Ju, H.; Il Son, H. Multiple UAV Systems for Agricultural Applications: Control, Implementation, and Evaluation. *Electronics* 2018, 7, 162
- Kandylakis, Z.; Falagas, A.; Karakizi, C.; Karantzalos, K. Water Stress Estimation in Vineyards from Aerial SWIR and Multispectral UAV Data. *Remote Sens.* 2020, 12, 2499.

- Korchenko, A.; Illyash, O. The generalized classification of Unmanned Air Vehicles. In Proceedings of the 2013 IEEE 2nd International Conference Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments Proceedings (APUAVD), Kiev, Ukraine, 15–17 October 2013; pp. 28–34.
- López-Granados, F.; Torres-Sánchez, J.; Serrano-Pérez, A.; de Castro, A.I.; Mesas-Carrascosa, F.J.; Pena, J.M. Early season weed mapping in sunflower using UAV technology: Variability of herbicide treatment maps against weed thresholds. *Precis. Agric.* 2016, 17, 183–199.
- Lottes, P.; Khanna, R.; Pfeifer, J.; Siegwart, R.; Stachniss, C. UAV-based crop and weed classification for smart farming. In Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Singapore, 29 May–3 June 2017; IEEE: Singapore, 2017.
- Microcopter. Microcopter Tool. Online erişim: <https://wiki.mikrokoetter.de/en/MikroKopterTool> (erişim zamanı 10 Ekim 2022).
- Parrot Flight Plan. Online erişim: <https://support.parrot.com/us/support/products/parrot-bebop-2-fpv/flight-plan> (erişim zamanı 10 Eylül 2022).
- PARROT. Bebop Drone for Developers. Online erişim: <https://developer.parrot.com/docs/bebop/> (erişim zamanı 10 Ekim 2022).
- Perea-Moreno, A.-J.; Aguilera-Ureña, M.-J.; Meroño-De Larriva, J.-E.; Manzano-Agugliaro, F. Assessment of the Potential of UAV Video Image Analysis for Planning Irrigation Needs of Golf Courses. *Water* 2016, 8, 584.
- Polo, J.; Hornero, G.; Duijneveld, C.; García, A.; Casas, O. Design of a low-cost Wireless Sensor Network with UAV mobile node for agricultural applications. *Comput. Electron. Agric.* 2015, 119, 19–32.
- Popescu, D.; Stoican, F.; Stamatescu, G.; Ichim, L.; Dragana, C. Advanced UAV–WSN System for Intelligent Monitoring in Precision Agriculture. *Sensors* 2020, 20, 817.
- Rc Wing. Online erişim: <https://www.hobby-wing.com/agricultural-drones.html> (erişim zamanı 10 Ekim 2022).
- Roldán, J.; Joossen, G.; Sanz, D.; Del Cerro, J.; Barrientos, A. Mini-UAV Based Sensory System for Measuring Environmental Variables in Greenhouses. *Sensors* 2015, 15, 3334–3350.
- Roosjen, P.; Suomalainen, J.; Bartholomeus, H.; Clevers, J. Hyperspectral Reflectance Anisotropy Measurements Using a Pushbroom Spectrometer on an Unmanned Aerial Vehicle—Results for Barley, Winter Wheat, and Potato. *Remote Sens.* 2016, 8, 909.
- Santana, L.; Brandão, A.; Sarcinelli-Filho, M. Outdoor waypoint navigation with the AR.Drone quadrotor. In Proceedings of the International Conference on

- Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), Denver, CO, USA, 9–12 June 2015; pp. 303–311.
- Schirrmann, M.; Giebel, A.; Gleiniger, F.; Pflanz, M.; Lentschke, J.; Dammer, K.-H. Monitoring Agronomic Parameters of Winter Wheat Crops with Low-Cost UAV Imagery. *Remote Sens.* 2016, 8, 706.
- SenseFly. eMotion. Online erişim: <https://www.sensefly.com/software/emotion/> (erişim zamanı 10 Ekim 2022).
- Songyang, L.; Ding, X.; Kuang, Q.; Ata-UI-Karim, S.; Cheng, T.; Liu, X.; Cao, W. Total views article has an altmetric score of 1 View Article Impact Suggest a Research Topic > SHARE ON 0 0 0 New original research article. *Front. Plant Sci.* 2018.
- Su, J.; Liu, C.; Hu, X.; Xu, X.; Guo, L.; Chen, W.-H. Spatio-temporal monitoring of wheat yellow rust using UAV multispectral imagery. *Comput. Electron. Agric.* 2019, 167, 105035.
- Sugeno, M.; Hirano, I.; Kotsu, S. Development of an intelligent unmanned helicopter. In *Proceedings of the 1995 IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Yokohama, Japan, 14–20 March 1995; Volume 5, pp. 33–34.*
- Torres-Sanchez, J.; Iopez-Granados, F.; De Castro, A.; Peña-Barragán, J. Configuration and Specifications of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Early Site-Specific Weed Management. *PLoS ONE* 2013, 6, e58210.
- Valente, J.; Sanz, D.; Barrientos, A.; Cerro, J.; Ribeiro, A.; Rossi, C. An air-ground wireless sensor network for crop monitoring. *Sensors* 2011, 11, 6088–6108.
- Valente, J.; Sanz, D.; Del Cerro, J.; Barrientos, A.; De Frutos, M. Near-optimal coverage trajectories for image mosaicking using a mini quad-rotor over irregular-shaped field. *Precis. Agric.* 2013, 14, 115–132.
- Yamaha Motors. online erişim: <https://www.yamahamotorsports.com/motorsports/pages/precision-agriculture-rmax> (erişim zamanı 26 Eylül 2022).



ISBN: 978-625-6380-12-7