



BAHÇE TARIMINDA



ARAŞTIRMALAR VE UYGULAMALAR

EDİTÖRLER:

DOÇ. DR. ARZU ÇİĞ

DR. ÖĞR. ÜYESİ MUHEMET ZEKİ KARİPÇİN



BAHÇE TARIMINDA ARAŞTIRMALAR VE UYGULAMALAR

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Arzu ÇIĞ
Dr. Öğr. Üyesi Muhemet Zeki KARİPÇİN

YAZARLAR

Prof. Dr. Füsun GÜLSER
Prof. Dr. Sema AGÜLOĞLU FİNCAN
Doç. Dr. Aylin KABAŞ
Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ
Doç. Dr. İbrahim ÇELİK
Doç. Dr. İlker ÜNAL
Doç. Dr. Önder KABAŞ
Doç. Dr. Selman ULUIŞIK
Doç. Dr. Zübeyde Filiz ARSLAN
Dr. Öğr. Üyesi Abdülkadir KOÇER
Dr. Öğr. Üyesi Alper BOLAT
Dr. Öğr. Üyesi Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ
Dr. Öğr. Üyesi Hülya HOŞGÖREN
Dr. Öğr. Üyesi Muhemet Zeki KARİPÇİN
Öğr. Gör. Dr. Ercüment AKSOY
Yüksek Ziraat Mühendis Veysi AKŞAHİN
Yükseklisans Öğrencisi İsmail YILMAZ
Yükseklisans Öğrencisi Yusuf ÖZGÜREL



Copyright © 2023 by İKSAD publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2023©

ISBN: 978-625-367-617-9

Cover Design: Arzu ÇİĞ

December / 2023

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

Doç. Dr. Arzu ÇİĞ
Dr. Öğr. Üyesi Muhemet Zeki KARİPÇİN1

BÖLÜM 1

FİTOREMEDİASYON

Prof. Dr. Sema AGÜLOĞLU FİNCAN
Dr. Öğr. Üyesi Hülya HOŞGÖREN3

BÖLÜM 2

21. YY'DA TOPRAK VE AĞIR METAL KİRLİLİĞİ ALANINDAKİ YAYINLARIN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

Yüksek Ziraat Mühendis Veysi AKŞAHİN
Prof. Dr. Füsun GÜLSER21

BÖLÜM 3

TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERİN AĞIR METAL AKÜMÜLASYON POTANSİYELLERİ

Prof. Dr. Füsun GÜLSER
Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ...43

BÖLÜM 4

TIBBİ SÜS BİTKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Hülya HOŞGÖREN71

BÖLÜM 5

TARIMSAL ÜRETİMDE TERMAL UZAKTAN ALGILAMA UYGULAMALARI

Yükseklisans Öğrencisi İsmail YILMAZ

Yükseklisans Öğrencisi Yusuf ÖZGÜREL

Doç. Dr. Önder KABAŞ

Öğr. Gör. Dr. Ercüment AKSOY

Dr. Öğr. Üyesi Abdülkadir KOÇER

Dr. Öğr. Üyesi Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ.....99

BÖLÜM 6

TARIMSAL ROBOTİKTE ARAŞTIRMA, GELİŞTİRME VE DİJİTAL TARIM

Doç. Dr. İlker ÜNAL..133

BÖLÜM 7

BİBLİYOMETRİK ANALİZ YÖNTEMİ İLE TOPRAKSIZ TARIM ÇALIŞMALARININ 21. YY'DAKİ TRENDİNİN BELİRLENMESİ

Yüksek Ziraat Mühendis Veysi AKŞAHİN

Dr. Öğr. Üyesi Muhemet Zeki KARİPÇİN173

BÖLÜM 8

SAKSIDA YETİŞTİRİLEN DIŞ MEKAN SÜS BİTKİLERİNDE YABANCI OTLARLA MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Doç. Dr. Zübeyde Filiz ARSLAN.....203

BÖLÜM 9

DOMATES KAHVERENGİ BURUŞUK MEYVE VİRÜSÜ (TOBRFV) TOLERANSI ISLAHINA MOLEKÜLER YAKLAŞIMLAR

Doç. Dr. İbrahim ÇELİK

Doç. Dr. Selman ULUIŞIK

Doç. Dr. Aylin KABAŞ221

BÖLÜM 10

TÜRKİYE GÜL YETİŞTİRİCİLİĞİ ALANLARINDAKİ ÖNEMLİ GÜL BİTKİLERİ ZARARLILARI

Dr. Öğr. Üyesi Alper POLAT.....235

ÖNSÖZ

Bahçe bitkileri, hem beslenmemize hem ekonomimize hem de hobilerimize konu bitkilerden oluşmaktadır. Sağlıklı beslenmenin temel diyetlerinde bahçe bitkileri ürünlerinin yer aldığını hepimiz bilir ve kabul ederiz. Önceleri ek gelir amacıyla yapılan bahçe tarımı Şimdi ana gelir kalemleri arasında yerini almıştır. Birim alanda elde edilen gelirin yüksekliği nedeniyle ülke ekonomisine de katkıda bulunan bu sektör, gelişmeye açık olmuş ve eski alışkanlıklarına yeni teknolojileri eklemeyi başarmıŐtır. Birim alandaki gelirini arttırmanın yeni yollarının (örtüaltı, topraksız tarım vb.) gelişmesiyle her mevsim tüketicilerin taleplerinin tümünün ya da lokal olarak karşılayacak hakimiyet de sağlanmaktadır.

Neredeyse hergün hakkında yeni bilgilerin öğrenildiği ve sürekli bilimsel ve teknolojik gelişmelerin kaydedildiği engin bir sektör olan bahçe tarımına küçük de olsa katkısı olan fakat yazarlarımızın büyük emeklerle desteklediği bu eserin alanda kullanıcılara faydalı olmasını dileriz.

Saygılarımızla

ARZU ÇIĞ

M. ZEKİ KARİPÇİN

BÖLÜM 1

FİTOREMEDİASYON

Prof. Dr. Sema AGÜLOĞLU FİNCAN^{1*}

Dr. Öğr. Üyesi Hülya HOŞGÖREN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10455834>

^{1*}Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Diyarbakır-Türkiye. semaagul@dicle.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0147-4411

²Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır-Türkiye. hulyah@dicle.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3528-3157

1. GİRİŞ

Günümüzde çevre kirliliği insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Tarımsal uygulamalar, hızlı kentleşme ve hızlı sanayileşme ile ağır metaller, artan trafik, organik ve radyoaktif atıklar, petrol sızıntıları, yoğun gübre kullanımı, zirai ilaçlar, endüstrilerden ve yerleşim alanlarından gelen atık sular ciddi çevre kirliliğine neden olmaktadır (Móznér ve ark., 2012; Cherniwchan, 2012; Sunitha ve ark., 2012; Ron & Rosenberg, 2014; Awad ve ark., 2014; Tang ve ark., 2015; Teng ve ark., 2014; Wu ve ark., 2016; Malik ve ark., 2017). Çevre kirliliğini gidermek için fiziksel ve kimyasal biyolojik yöntemler uygulanmakta, ancak bunların kullanımı, yüksek maliyet, güvenlik ve ekosistem açısından oluşturdukları riskler nedeniyle oldukça sınırlı kalmaktadır (Ali ve ark., 2013).

Çoklu elementlerle kirlenmiş su ve topraklara ilişkin artan çevresel kaygı, fitoremediasyon gibi çevre dostu iyileştirme tekniklerine daha fazla dikkat edilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Geleneksel remediasyon tekniklerine alternatif bir yöntem olarak sunulan fitoremediasyon (yeşil ıslah), toprak ve su dahil olmak üzere kirlenmiş ortamı iyileştirmek, kontamine toprak ve sudaki kirleticileri tutmak veya detoksifiye etmek amacıyla bitkilerin kullanıldığı ekonomik ve çevre dostu bir biyoremediasyon sürecidir (Arshad ve ark., 2008; Shi ve ark., 2009; Özay & Mammadov, 2013; Ashraf ve ark., 2019).

Fitoremediasyon, latince phyto (bitki) ve remedium (iyileştirme) anlamına gelen, çevredeki kirletici maddelerin toksik etkilerini azaltmak amacıyla bitkilerin kullanıldığı sürdürülebilir bir teknolojidir. Son zamanlarda gelişmekte olan bu teknikte, çevresel kirleticileri dokularında biriktirip parçalamak, stabilize etmek, toksisiteyi azaltmak veya uzaklaştırmak gibi çeşitli süreçlerle etkisiz hale getirebilen hiperakümülatör bitkiler kullanılmaktadır (Kafle ve ark., 2022). Ayçiçeği (Şekil 1), hint hardalı, söğüt, kavak ve hint otu fitoremediasyonda tercih edilen bitkilerin başında gelmektedir. (Laghlimi ve ark., 2015; Wiszniewska ve ark., 2016; Sinkala, 2018; Festin ve ark., 2019; Elbehiry ve ark., 2020; Lee, 2021).



Şekil 1: Ayçiçeği (URL-1)

2. SÜS BİTKİLERİ VE FİTOREMEDİASYON

Çevre kirliliğinin artmasıyla birlikte, çevreyi güzelleştirme amacıyla kullanılan süs bitkileri artık remediasyonda da kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle büyük ağaçlar, çalılar, çiçekler, su bitkileri, saz ve bambu türleri, çim ve sarmaşıklar gibi dış mekan süs bitkileri çevre düzenlenmesinde kullanılmaktadırlar. Süs bitkisi olarak park ve bahçeler ve yol kenarlarında gördüğümüz *Calendula officinalis* (portakal nergisi çiçeği=aynısefa çiçeği) (Şekil 2), *Althaea rosea* (gül hatmi), *Aptenia cordifolia* (buz çiçeği, öğle çiçeği) *Brassica juncea* (hardal), *Tagetes patula* (kadife çiçeği) ve *Syngonia* sp. (filkulağı) fitoremediasyonda sıklıkla tercih edilen bitkilerdir.



Şekil 2: *Calendula officinalis* (portakal nergisi çiçeği=aynısefa çiçeği) (URL-1)

3. FİTOREMEDİASYON YÖNTEMLERİ

Fitoremediasyon bitkilerce; kirleticileri parçalamak, uzaklaştırmak veya stabil hale getirmek için bozunma (rhizo-degradasyon, fitodegradasyon), birikim (fitoekstraksiyon, rizofiltrasyon), dağılma (fitovolatilizasyon) ve immobilizasyon (hidrolik kontrol ve fitostabilizasyon) gibi birçok mekanizmanın kullanıldığı bir süreçtir (Alkorta ve ark., 2004; Razmi ve ark., 2021). Kirleticilere bağlı olarak bitkiler, toprak ve sudaki kirletici konsantrasyonlarını azaltmak için bu mekanizmalardan bir veya daha fazlasını kullanırlar. Örneğin, bitkiler ağır metalleri dokularında toplar ve biriktirir ve organik kirleticileri parçalayarak toprak ve su kaynaklarındaki toksisitelerini azaltır (Mahar ve ark., 2016; Saleem ve ark., 2020; Kafle ve ark., 2022).

Fitoremediasyon teknolojileri fitoekstraksiyon, fitostabilizasyon, fitovolatilizasyon, rizofiltrasyon, fitodegradasyon, rizodegradasyon ve fitodesalinasyon olarak sınıflandırılmaktadır. Bu teknolojilerin her biri değişik ortamlarda farklı amaçlar için uygulanabilmektedir. Bitkiler, kirletici çeşidine ve ortamına bağlı olarak toprağı ve suyu iyileştirmek için farklı yöntemler ya da bunların kombinasyonlarını kullanır. Kirlenmiş yeraltı suyu fitodegradasyon, fitovolatilizasyon, rizofiltrasyon, rizodegradasyon ve fitodegradasyon uygulaması ile temizlenebilir. Yüzey su kontaminasyonları; rizofiltrasyon, fitodegradasyon veya rizodegradasyon yoluyla giderilirken, toprak, çökeltiler veya çamur kontaminasyonları ise fitoekstraksiyon,

fitodegradasyonlar, fitostabilizasyon, rhizodegradasyon veya fitovolatilizasyon yoluyla iyileştirilebilir.

3.1. Fitoekstraksiyon (Fitoakümülyasyon=Bitkisel Özümlenme)

Fitoekstraksiyon veya fitoakümülyasyon, toksik metallerin bitki kökleri tarafından emilmesini, ardından emilen metallerin sürgünlere translokasyonunu ve vakuol, hücre duvarı, hücre zarı ve bitki dokularındaki diğer metabolik olarak aktif olmayan kısımlarda birikmesini içerir (Lee ve ark., 2021). Bitkilerin biyokütle üretme hızına ve alınan kirleticilerin gövde tarafından absorbe edebilme yeteneğine bağlı olarak değişir (Blaylock & Huang, 2000). Bu teknoloji kirliliğinin düşük veya orta seviyede olduğu alanlar için uygulanabilmekte, kirleticilerin fazla olduğu alanlarda bitki büyümesi devam etmediğinden sonuç alınmamaktadır. Fitoekstraksiyonu kullanan bitkilere örnek olarak ayçiçeği, Hint hardalı, mısır, tütün, sardunya, marul verilebilir (Hernández ve ark., 2019; Yang ve ark., 2019).

3.2. Fitostabilizasyon/Fitoimmobilizasyon (Köklerle Sabitleme)

Fitostabilizasyon ya da fitoimmobilizasyon yöntemi bitkilerin kökleri aracılığıyla kirleticileri fiziksel ve kimyasal olarak sabitlemesi esasına dayanır. Bitki köklerinin stabilize edici aktivitesi, kirletici hareketliliğini sınırlar ve kirleticileri toprakta tutar bu da toksik etkilerin azalmasına neden olur. Ayçiçeği, hint hardalı, çim, bürölce, ebeğümeci,

söğüt fitoremediasyonda bu yöntemi kullanan bitkiler arasındadır (Jadia & Fulekar, 2008; Yang ve ark., 2019; EPA, 2000).

3.3. Fitovolatilizasyon (Bitkisel Buharlaştırma)

Bazı bitkiler, kirletici maddeleri buharlaşma süreciyle uçucu bileşiklere dönüştürebilir. Fitovolatilizasyon olarak bilinen bu yöntemle, bitkiler topraktan kirleticileri alarak daha az toksik uçucu formlara dönüştürüp transpirasyon yolu ile doğaya salmaktadır. Daha çok organik kirleticiler için uygun olup çok toksik bileşiklerin toksisitesi daha az olan formlara dönüştürülebilmesi sağlanmaktadır. Yöntem başta yeraltı suları olmak üzere toprak, çamur ve sediment gibi yerlerde başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Brokoli, kavak, yonca, hardal, söğüt gibi bitkiler bu yöntemi kullanan bitkilerin başında gelmektedir (Limmer & Burken, 2016).

3.4. Fitodegradasyon ve Rizodegradasyon (Bitki ve Köklerle Bozunum)

Fitodegradasyon, bitki köklerinden salgılanan enzimler aracılığıyla organik kirleticilerin doğrudan parçalama işlemidir. Fitodegradasyon olarak bilinen süreç yoluyla enzimatik reaksiyonlarla organik kirleticiler metabolize edilerek daha az toksik maddelere dönüştürülür. Organik kirleticilerden başka cephane, petrol ve patlayıcı atıkları da bu yöntemle topraktan arındırılmaktadır. Fitoremediasyon sırasında fitodegradasyondan yararlandığı bilinen bitkilere örnek olarak yeşil alg,

siyah söğüt, mercan ve su sümbülü (Şekil 3) verilebilir (Gong ve ark., 2018).



Şekil 3: Su Sümbülü (URL-1)

Rizodegradasyonda ise bitkiler topraktaki mikroorganizmalarla birlikte kirleticileri etkisiz hale getirmektedir. (Söğüt ve ark., 2004). Topraktaki kök bölgesinde mikroorganizma faaliyetleri sonucu, organik kirleticilerin ayrışması olayı olan rizodegradasyonu kullanan bitkilere kırmızı dut, çim, kolza, mısır ve kabakgiller örnek verilebilir.

3.5. Rizofiltrasyon (Köklerle Süzme)

Rizofiltrasyon; bitki köklerini kullanarak atık su, yeraltı suyu veya yüzey suyundan radyoaktif kirleticilerin uzaklaştırılmasını içerir (Jadia & Fulekar, 2009). Bu yöntemde kullanılacak bitkilerin filtre görevi yapacak iyi gelişmiş bir kök sistemine sahip olması gerekmektedir

Özellikle azot ve fosfor gibi besinlerle yüksek oranda kirlenmiş toprak ve suyun iyileştirilmesinde etkilidir. Genel olarak su yosunu, su yıldızotu, su sümbülü gibi su bitkileri, rizofiltrasyon yoluyla fitoremediasyona dahil olmaktadır (Rizzi ve ark., 2004).

3.6. Fitodesalinasyon

Tuz toleransı olan halofitik bitkiler, fitodesalinasyon adı verilen bir işlemle toprağı tuzdan arındırıp üretkenliğı artırmak için tuzlu toprağı geri kazanabilir. Fitoremediasyon sırasında fitodesalinasyon mekanizmasını kullandığı bilinen bitkilere örnek alkali çim, hanımeli (Şekil 4), deniz semizotu, timsahotu verilebilir (Rabhi ve ark., 2010; Xu ve ark., 2019).



Şekil 4: Hanımeli (URL-4)

4. FİTOREMEDİASYONUN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Kontrolsüzce artan kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin ciddi boyutlara ulaştığı günümüzde fitoremediasyon, hem karasal hem de sucul ekosistemlerde kirliliğinin giderilmesi amacıyla kullanılan oldukça önemli bir yöntem olmakla birlikte birçok avantaj ve dezavantajı bulunmaktadır (Hamutoğlu ve ark., 2012; Razmi ve ark., 2021).

4.1. Avantajları

- Fitoremediasyon teknolojisinde kirlenmiş alanlardaki organik ve inorganik maddeler temizlenirken yerinde arıtım sağlanmakta ve ekstra enerji ihtiyacı duyulmamaktadır.
- Uygulanması için eğitimli personele gerek yoktur.
- Diğer iyileştirme yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha ekonomiktir.
- İyileştirme sırasında kirleticilerin yayılma riskinin düşüktür.
- Birden fazla kirletici ile kirlenmiş ortamları iyileştirme potansiyeline sahiptir.
- Doğal kaynaklara zarar vermemektedir.
- Geleneksel yöntemlere göre daha estetik bir görüntüye sahiptir.

4.2. Dezavantajları

- Fitoremediasyon teknolojisi sadece bitki köklerinin nüfuz edebileceği sınırlı bir alanda etkili olabilmektedir.
- Yapraklarda biriken kirleticilerin sonbaharda yaprak dökümü ile tekrar toprağa karışabilmesi olasılığı vardır.
- Kirleticiler çözünerek yıkanma sonucu toprağa karışabilir.
- Bitkilerin ve bunlarla ilişkili mikroorganizmaların büyümesi için bir bekleme süresi gerektirdiğinden, diğer ıslah yöntemlerine göre iyileştirme zamanı daha uzun sürebilir.
- Kullanılan bitkilerin büyümesi kirleticilerin toksisite derecesinden etkilenir.
- Bitkilerdeki kirleticilerin biyolojik olarak birikmesi nedeniyle, uygulandıkları ekosistemlerde birincil ve ikincil tüketiciler aracılığıyla gıda zincirlerine geçerek olumsuz etkilere sahip olabilir.
- Yalnızca düşük veya orta derecede kirlenmiş ortamların iyileştirilmesine uygundur.
- Büyük ölçekli uygulamalarda tarımsal ekipman ve işçilik gerekmektedir.
- Sistemin etkinliği kök derinlikleri ve iklim değişikliğiyle sınırlıdır.

5. SONUÇ

Günümüzde hızla artan teknolojinin beraberinde getirdiği (madencilik, endüstriyel atıklar, pestisitler, yapay gübre kullanımı, boya ve egzoz gazları vb.) çevre kirliliğinin kontrol altına alınması için iyileştirme çalışmalarına hız verilmesi, çevre dostu ve ekonomik uygulamaların geliştirilmesi gerekmektedir. Fitoremediasyon, bitkiler kullanılarak ortamdaki ağır metal ve diğer kirleticilerin uzaklaştırılmasını sağlayan yeni ve gelişim aşamasında olan bir teknolojidir. Doğal kaynaklara zarar vermemesi nedeniyle kamuoyunun yoğun ilgisini çekmektedir.

Geleneksel iyileştirme yöntemleri ile karşılaştırıldığında, fitoremediasyon tekniği çeşitli avantajlara sahip olması yanı sıra performansı ve maliyetiyle ilgili veriler oldukça sınırlıdır. Yöntemin kullanılabilirliği, ağır metal ve organik kirleticilerin bitki bünyesinde birikimini karakterize eden moleküler, biyokimyasal ve fizyolojik süreçlerin açıklığa kavuşması ile artacaktır. Çevredeki kirleticilerin alınmasında veya bu kirleticilerin etkisiz hale getirilmesinde kullanılan hiperakümülatör bitkilerin fitoremediasyon özelliklerine sahip yeni genetiği değiştirilmiş bitkilerin geliştirilmesi ve ayrıca bitki tarafından ekstrakte edilebilen gerek organik kirletici ve gerekse metal miktarlarının artırılması yönünde yapılan genetik çalışmalarda önemli ilerlemeler kaydedilmektedir.

KAYNAKLAR

- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M.A. (2013). Phytoremediation of heavy metals— concepts and applications. *Chemosphere*, 91: 869–881.
- Alkorta, I., Hernández-Allica, J., Becerril, J., Amezaga, I., Albizu, I., & Garbisu, C. (2004). Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmentally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, lead, and arsenic. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 3: 71–90.
- Arshad, M., Silvestre, J., Pinelli, E., Kallerhoff, J., Kaemmerer, M., & Tarigo, A. (2008). A field study of lead phytoextraction by various, scented *Pelargonium* Cultivars, *Chemosphere*, 71: 2187–2192.
- Ashraf, S., Ali, Q., Zahir, Z.A., Ashraf, S., & Asghar, H.N. (2019). Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 174: 714–727.
- Awad, Y.M., Kim, S.C., Abd El-Azeem, S.A.M., Kim, K.H., Kim, K.R., Kim, K., Jeon, C., Lee, S.S., & Ok, Y.S. (2014). Veterinary antibiotics contamination in water, sediment, and soil near a swine manure composting facility. *Environ. Earth Sci.*, 71: 1433–1440.
- Blaylock M.J. & Huang J.W. (2000). Phytoextraction of Metals, *Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean-up the Environment*’in içinde, (Raskin I., Ensley B.D., Ed.), New York, Wiley, pp. 53–70.
- Cherniwchan, J. (2012). Economic growth, industrialization, and the environment. *Resource Energy Econ.*, 34: 442–467.
- Elbehiry, F., Elbasiouny, H., Ali, R., & Brevik, E.C. (2020). Enhanced immobilization and phytoremediation of heavy metals in landfill contaminated soils. *Water Air Soil Pollut.*, 231(5): 204.
- EPA (2000). Environmental Protection Agency, Introduction of Phytoremediation. *epa/600/R-99/107*, Cincinnati, Ohio, U.S.A2000: 72.

- Festin, E.S., Tigabu, M., Chileshe, M.N., Syampungani, S., & Od'en, P.C. (2019). Progresses in restoration of post-mining landscape in Africa. *Res. J. For.*, 30(2): 381–396.
- Gong S., Yang S., Guo Z., & Huang T. (2018). Global exponential synchronization of inertial memristive neural networks with time-varying delay via nonlinear controller. *Neural Networks*, 102: 138–148.
- Hamutoğlu, R., Dinçsoy, A.B., Cansaran-Duman, D., & Aras, S. (2012). Biyosorpsiyon, adsorpsiyon ve fitoremediasyon yöntemleri ve uygulamaları. *Türk Hij Den Biyol Derg*, 69(4): 235–53.
- Hernández, A., Loera ,N., Contreras M., Fischer, L., & Sánchez D. (2019). Comparison between *Lactuca sativa* L. and *Lolium perenne*: Phytoextraction capacity of Ni, Fe, and Co from galvanoplastic industry. *Energy Technology*, 137–147.
- Jadia, C.D. & Fulekar, M.H. (2009). Phytoremediation of heavy metals: Recent techniques. *African Journal of Biotechnology*, 8: 921-928.
- Kafle, A., Timilsina, A., Gautam, A., Adhikari, K., Bhattarai, A., & Aryal, N. (2022). Phytoremediation: Mechanisms, plant selection and enhancement by natural and synthetic agents. *Environmental Advances*, 8: 100203.
- Laghlimi, M., Baghdad, B., El Hadi, H., & Bouabdli, A. (2015). Phytoremediation mechanisms of heavy metal contaminated soils: A review. *Open Journal of Ecology*, 5: 375–388.
- Lee, J., Kaunda, R.B., Sinkala, T., Workman, C.F., Bazilian, M.D., & Clough, G. (2021). Phytoremediation and phytoextraction in Sub-Saharan Africa: Addressing economic and social challenges. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 226: 112864.
- Limmer, M. & Burken, J. (2016). Phytovolatilization of organic contaminants. *Environ Sci Technol*, 50: 6632-6643.
- M'ozner, Z., Tabi, A., & Csutora, M. (2012). Modifying the yield factor based on more efficient use of fertilizer—The environmental impacts of intensive and extensive agricultural practices. *Ecol. Indic.*, 16: 58–66.

- Mahar, A., Wang, P., Ali, A., Awasthi, M.K., Lahori, A.H., Wang, Q., Li, R., & Zhang, Z. (2016). Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: A review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 126: 111–121.
- Malik, Z., Ahmad, M., Abassi, G.H., Dawood, M., Hussain, A., & Jamil, M. (2017). *Agrochemicals and Soil Microbes: Interaction For Soil Health*. Chapter 11, *Xenobiotics in the Soil Environment*. *Soil Biology*, 49: 139–152.
- Özay, C. & Mammadov, R. (2013). Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği. *BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*, 15: 67–76.
- Rabhi, M., Ferchichi, S., Jouini, J., Hamrouni, M.H., Koyro, H.W., Ranieri, A., Abdelly, C., & Smaoui, A. (2010). Phytodesalination of a salt-affected soil with the halophyte *Sesuvium portulacastrum* L. to arrange in advance the requirements for the successful growth of a glycophytic crop. *Bioresour Technology*, 101(17): 6822-6828.
- Razmi, B., Ghasemi-Fasaei, R., Ronaghi, A., & Mostowfizadeh-Ghalamfarsa, R. (2021). Investigation of factors affecting phytoremediation of multi-elements polluted calcareous soil using Taguchi optimization. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 207: 111315.
- Rizzi, L., Petruzzelli, G., Poggio, G., & Vigna Guidi, G. (2004). Soil physical changes and plant availability of Zn and Pb in a treatability test of phytostabilization. *Chemosphere*, 57: 1039-46.
- Ron, E.Z. & Rosenberg, E. (2014). Enhanced bioremediation of oil spills in the sea. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 27: 191–194.
- Saleem, M.H., Ali, S., Rehman, M., Hasanuzzaman, M., Rizwan, M., Irshad, S., Shafiq, F., Iqbal, M., Alharbi, B.M., & Alnusaire, T.S. (2020). Jute: a potential candidate for phytoremediation of metals—A review. *Plants*, 9: 258.
- Shi, W.Y., Shao, H.B., Li, H., Shao, M.A., & Du, S. (2009). Co-Remediation of the lead polluted garden soil by exogenous natural zeolite and humic acids. *Journal of Hazardous Materials*, 167: 136–140.

- Sinkala, T. (2018). Integrated phytomining and ethanol production in the Zambian Copperbelt to minimize mine decontamination costs and environmental and social impacts: A review. *J. South Afr. Inst. Min. Metall.*, 118(8): 815–824.
- Söğüt, Z., Zaimoğlu, Z., Erdoğan, R.K., & Doğan, S. (2004). Su kalitesinin arttırılmasında bitki kullanımı (yeşil ıslah-Phytoremediation). *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IV. Ulusal Konferansı*, 05 - 08 Kasım 2002, İzmir, Türkiye, 2: 1007-1016.
- Sunitha, V., Reddy, B.M., & Reddy, M.R. (2012). Groundwater contamination from agrochemicals in irrigated environment: field trials. *Adv. Appl. Sci. Res.*, 3: 3382–3386.
- Tang, Z., Zhang, L., Huang, Q., Yang, Y., Nie, Z., Cheng, J., Yang, J., Wang, Y., & Chai, M. (2015). Contamination and risk of heavy metals in soils and sediments from a typical plastic waste recycling area in North China. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 122: 343–351.
- Teng, Y., Wu, J., Lu, S., Wang, Y., Jiao, X., & Song, L. (2014). Soil and soil environmental quality monitoring in China: A review. *Environ. Int.*, 69: 177–199.
- Wiszniewska, A., Hanus-Fajerska, E., Muszyńska, E., & Ciarkowska, K. (2016). Natural organic amendments for improved phytoremediation of polluted soils: A review of recent progress. *Pedosphere*, 26(1): 1–12.
- Wu, Q., Zhou, H., Tam, N.F., Tian, Y., Tan, Y., Zhou, S., Li, Q., Chen, Y., & Leung, J.Y. (2016). Contamination, toxicity and speciation of heavy metals in an industrialized urban river: Implications for the dispersal of heavy metals. *Mar. Pollut. Bull.*, 104: 153–161.
- Xu, Q., Renault, S., & Yuan, Q. (2019). Phytodesalination of landfill leachate using *Puccinellia nuttalliana* and *Typha latifolia*. *Int. J. Phytoremediation*, 21: 831–839.
- Yang, W., Yang, Y., Ding, Z., Yang, X., Zhao, F., & Zhu, Z. (2019). Uptake and accumulation of cadmium in flooded versus non-flooded *Salix* genotypes: Implications for phytoremediation. *Ecol. Eng.*, 136: 79–88.
- URL-1. <https://pixabay.com/tr/> (Erişim Tarihi: 21.11.2023)

BÖLÜM 2

TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLERİN AĞIR METAL AKÜMÜLASYON POTANSİYELLERİ

Prof. Dr. Füsun GÜLSER^{1*}

Doç. Dr. Ferit SÖNMEZ²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10455839>

^{1*}Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Van-Türkiye. gulserf@yahoo.com.tr, ORCID: 0000-0001-7264-7805

² Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Bolu-Türkiye. sonmezferit@ibu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2753-229

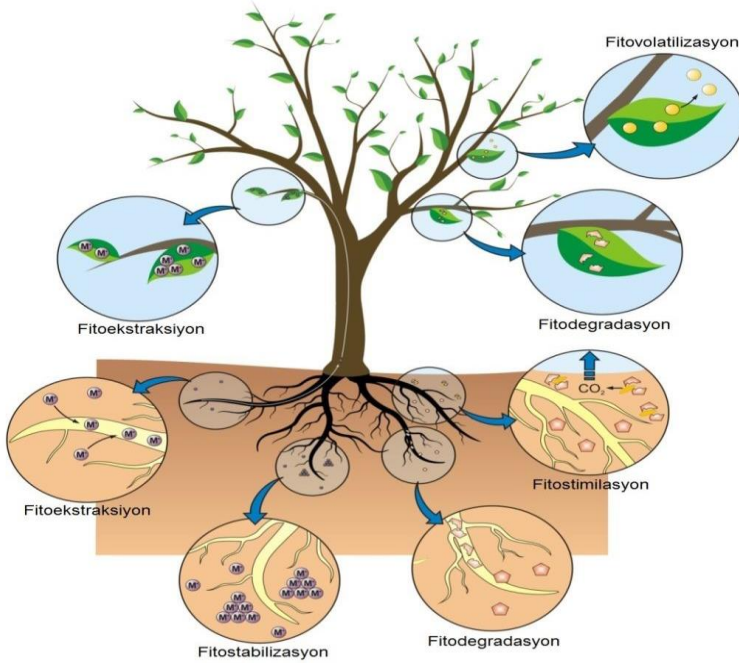
1. GİRİŞ

İnsan faaliyetleri sonucu toprağa bulaştırılan çeşitli bileşiklerin toprakta var olan canlılara, bitkilere veya bunlarla beslenen organizmalara toksik etkide bulunan ve zarar veren, yetiştirme ortamına bir şekilde ulaşan kimyasal materyallerin toprağın tamponlama kapasitesinin üzerine çıkması sonucunda toprağın verim kapasitesinin düşmesini toprak kirliliği olarak tanımlanmaktadır (Özbek, 2010).

Küresel ölçekte önemli bir sorun olan toprak kirliliğinde, katı, sıvı ve radyoaktif atıkların kirletici düzeyde toprağa bulaşması, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozmaktadır. Bu grupta yer alan metaller, ekolojiyi bozmakta, canlıların büyümesi ve gelişimini önemli düzeyde etkilemekte, çevreyi kirletmekte ve bu bozulmaya neden olan en önemli etkenler arasında yer almaktadırlar. Toprak kirleticiler ağır metaller olarak adlandırılan kadmiyum, krom, civa, kurşun, bakır ve çinko'dur (Niess, 1999). Bu ağır metallerin bitki dokularında birikmeleri sonucunda ürünün miktarı ve kalitesi olumsuz yönde etkilemekle birlikte, gıda zincirine dahil olmak yolu hayvan yemi ve gıdalara girmektedir (Blaylock & Huang, 2000; Long ve ark., 2002).

Remediasyon teknikleri pahalı ve uğraştırıcı olmalarına karşılık ağır metaller ile kirlenmiş alanların iyileştirilmesinde kullanılan mühendislik yöntemlerini içermekte (Salt & Rauser, 1995; Glass, 2000) buna karşılık son yıllarda maliyet bakımından daha düşük teknik, çevreye dost, fitoremediasyon olarak adlandırılan yeşil ıslah teknolojisi

yaygınlaşmaktadır (Arshad ve ark., 2008; Shi ve ark., 2009). Fitoremediasyon ismi altında yer alan birçok farklı teknolojik yöntem vardır. Bu teknolojiler; Fitoekstraksiyon (Bitkisel Özümleme), Rizofiltrasyon (köklerle süzme), Fitostabilizasyon (köklerle sabitleme), Fitovolatilizasyon (bitkisel buharlaştırma), Fitotransformasyon-Fitodegradasyon (bitkilerde bozunum), Rizodegradasyon (köklerle bozunum) olmak üzere yedi farklı teknik uygulanmaktadır. Farklı yetiştirme ortamlarında farklı hedefler için bu teknolojilerden biri veya birkaçı bir arada kullanılabilir (Şekil 1).



Şekil 1: Fitoremediasyonda Kullanılan Farklı Teknikler (Favas ve ark., 2014)

Fitoremediasyon mühendislik tekniğinde kullanılan bitkiler hiperakümülatör bitkiler olarak adlandırılmaktadır. Bu bitkilerin genel

özelliği; yaprak dal ve gövde gibi organlarında biriktirdiği metallerin miktarı toprakta bulunan oranlardan 50 ila 500 kat daha olmasından kaynaklanmaktadır (Clemens, 2006). Farklı bir ifade ile, hiperakümülatör bitkiler toprak üstü fraksiyonları ile hiperakümülatör olarak adlandırılmayan bitkilere kıyasla ağır metalleri 100-1000 kat daha fazla biriktirebilmektedirler (Brooks, 1998).

Toprak kirliliğine neden olan ağır metallerin bitki kökleri yardımı ile topraktan alınması yöntemi fitoekstraksiyon olarak adlandırılmaktadır. Fitoekstraksiyon organik ve inorganik kirleticilerin bitkiler kullanılarak giderilmesi şeklinde tanımlanan fitoremediasyon teknolojisi kapsamında kullanılan yöntemlerden biridir (Padmavathiamma ve ark., 2007). Bünyelerinde ağır metalleri biriktiren bitkiler yetiştirildikleri ortamdan uzaklaştırılır ve belli amaçlar için geliştirilen yakma ortamlarında işleme tabi tutulur veya başka uygun bir metot ile geri dönüşüm işlemleri ile ağır metaller tekrara ekonomiye kazandırılır (EPA, 1995). Hiperakümülatör bitkiler olarak adlandırılan bu özel bitkiler hücre zarlarında bulunan ve taşıyıcı proteinler olarak adlandırılan iyonoforlar yardımıyla ağır metalleri hücre içine alırlar. Yetiştigi ortamda var olan ağır metallere dirençli olan bu bitkiler, hücrelerine aldıkları ağır metalleri küçük peptidlere bağlayıp kofullarda depo ederler ve ağır metallerin olası zarar etkilerini azaltırlar (Işık, 2004). Bitkilerde ağır metallerin birikmesi ve organlar arasında dağılımı üzerine bitkinin ve elementin türü, kimyasal ve biyolojik aktivite, yetiştigi ortamın oksidasyon-redüksiyon potansiyeli, pH değeri, gerek bitki kök katyon değişim kapasitesi gerekse toprağın

katyon değişim kapasitesi, oksijenin çözümlenmesi, ısı ve köklerden salgılanan fitosidorefor miktarına bağlıdır (Sharma ve ark., 2005).

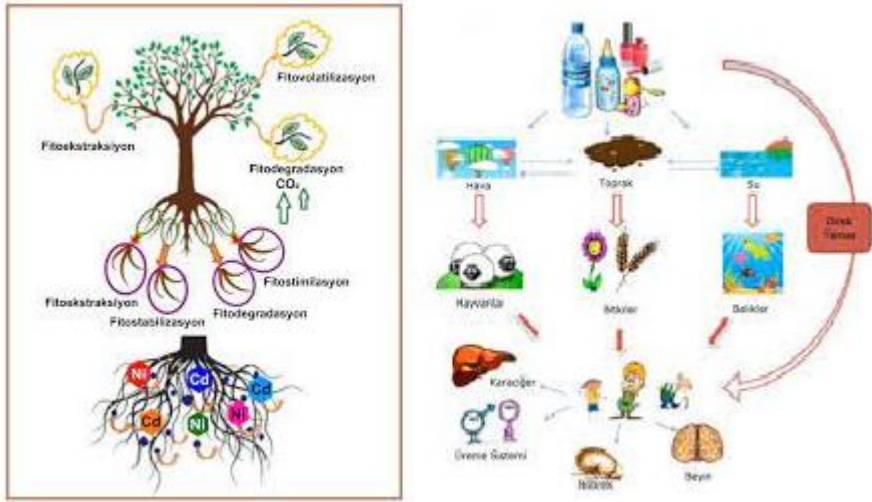
Bu derlemede tıbbi ve aromatik bitkilerin ağır metal akümülyasyon potansiyellerinin ortaya konulması, fitoremediasyon uygulamalarında kullanılabilirliklerine ışık tutulması amaçlanmıştır. Ayrıca bu bitkilerdeki ağır metaller hayvansal ya da bitkisel gıdalara besin zinciri yolu ile dahil olduklarından tüketimlerinde sağlıklı beslenme bakımından bir farkındalık oluşturulması düşünölmüştür.

2. ÇEVRE KİRLLETİCİ FAKTÖR OLARAK AĞIR METALLER

Canlılar üzerinde oluşturabileceği potansiyel risk nedeni ile gümüş, arsenik, kadmiyum, bakır, demir, nikel, kurşun, çinko, molibden, kobalt, bakır ve krom gibi toksik ağır metaller son yıllarda ilgi odağı haline gelmiştir. Besin zinciri ve biyolojik döngünün temel basamağı olan bitkiler ve hayvansal ürünler ağır metal kirliliğinden etkilenmektedirler (Zengin & Munzuroğlu, 2004; 2005). Başka bir ifade ile özgül ağırlığı 5 g/cm³'den fazla olan, periyodik cetvelde aton numarası 20'den büyük olan, canlılar için toksit ve çevre için kirliliğe neden olan metaller ağır metaller olarak tanımlanmaktadır (Koller & Saleh, 2018). Bitki ve hayvanların gelişmesi için gerekli mikro besin elementlerden birçoğu ağır metal olarak adlandırılmaktadır (Niess, 1999). Bu ağır metal olarak adlandırılan elementler genellikle endüstriyel faaliyetler yanı sıra, motorlu taşıtların egzoz gazları ile, maden yatakları ve işletme faaliyetleri ile, doğada volkanik faaliyetler

sonucunda, tarımsal faaliyetlerde kullandığımız gübre ve pestisitler yoluyla, kent yaşamı sonucu açığa çıkan atıklar yoluyla çevreye yayılması gibi aktivitevelr sonucunda bu ağır metallerin neden olduğu kirlilik artmaktadır..

Atmosferde, suda ve topraktaki ağır metal konsantrasyonunun belli bir konsantrasyonun üzerinde olması bütün canlılarda önemli sorunlara yol açmaktadır (Benavides ve ark., 2005). Topraklardaki ağır metal kirliliğinde öncelikle etkilenen grup bitkilere dir.



Şekil 2: Bitkilerde Ağır Metal Akümülayonu ve Besin Zincirine Katılmaları (Arıkan, 2021)

Bitkilerin beslenme organı olan kökler ile toprak çözeltilisinde iyon halinde bulunan ağır metaller alınmakta, çok az bir kısmı atmosferden alınabildiği bazı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Harrison & Laxen, 1980; Marschner, 1995). Bitkilere, özellikle topraktan ve çok az

da olsa atmosferden kontamine olan ağır metaller, besin döngüsü yolu ile hayvan ve insanlara ulaşmaktadır. Ağır metaller küresel kirlilik faktörleri olarak yaşayan organizmalarda tehlike ve risk oluşturmaktadır. Kişinin bağışıklık direnci yaş, genetik, beslenme düzeyi ve maruz kalınan doz gibi faktörle sonucunda insanlarda başta kanser olmak üzere çeşitli hastalıklara neden olmaktadır (Arora ve ark., 2008) (Şekil 2).

Yetiştirme ortamının KDK'sı, diğer ağır metallerin miktarı, toprak reaksiyonu, sıcaklık, kimyasal seçicilik, bitkinin yaşı ve türü, bitkilerin topraktan ağır metal alımlarını etkileyen başlıca faktörlerdir. Ağır metaller ile kirlenmiş alanlarda yetişen bitkiler, çevre kirliliği olmayan, trafikten uzak alanlarda yetişen bitkilere kıyasla topraktan 3.3 kat daha fazla Cd, 4.3 kat fazla Pb ve 2.3 kat daha fazla Zn aldıkları bildirilmiştir (Stanchev ve ark., 2011). Bitkiler kökleri aracılığıyla topraktan aldıkları ağır metallerin bir miktarı enzimler aracılığı ile bozunuma uğramakta ve kimyasal biçimleri değiştirilmektedir. Geri kalan miktarın bir kısmında bitkilerin transpirasyonu sürecinde atmosfere salınmakta ve geriye kalan kısmı ise herhangi bir bozunuma uğramayıp bitkinin vejetatif organlarında birikmekte ve bu bitkilerin hasadı ile yetiştirme ortamından uzaklaştırılmaktadır (Anonim, 2006). Bir bitkinin ağır metalleri biriktirme ve bitkinin farklı kısımlarına dağıtma yeteneği, bitki türüne, kök çevresindeki kimyasal ve biyolojik aktiviteye, bitkilerin oksidatif-indirgeme potansiyeline ve bitki, pH değerine, kation değişim kapasitesine, çözünmüş oksijene, sıcaklığa köklerinin boşaltım yeteneğine bağlıdır. Hiperakümülatör bitkilerin

hücre zarlarında ağır metalleri aktif olarak farklı bitki kısımlarına taşıyan taşıyıcı proteinler bulunur (Özay & Mammadov, 2013). Kültür ve bazı yabancı bitkilere oranla yetiştirildikleri alanlarda çok yüksek miktarlarda ağır metal bulunan ortamlarda yetişebilen ve kirliliğe neden olan kirleticileri özellikle kökleri aracılığıyla bünyelerine alıp başta kök veya organlarında depolayabilen bitkileri hiperakümülatör bitkiler olarak adlandırılmaktadır. Hiperakümülatör bitkilerin dışındaki bitkiler için yetişme ortamında bu kadar yüksek konsantrasyonlardaki ağır metaller bitkide toksik etki oluşturabilir (Rascio ve ark., 2011). Farklı literatürlerde çiçekli bitkilerin %0.2'sini oluşturan hiperakümülatör bitkilerin yaklaşık olarak 450 adet olduğu bildirilmiştir (Ellis & Salt 2003; Reeves, 2006; Milner & Kochian, 2008). Reeves & Baker (2000) Bünyesinde element biriktiren en az 45 bitki familyası bulunduğunu ve bu bitkilerin çoğunun Cu, Co, Cd, Mn, Ni, Se veya Zn elementlerini bünyelerinde 100-1000 mg kg⁻¹ bitki seviyesinde biriktirebildiğini bildirmişlerdir. Hiperakümülatör bitkiler kirliliğe neden olan elementleri aynı alanda yetişen diğer tür bitkilere kıyasla kuru ağırlığında 100 kat daha fazla biriktirebilirler. Hiperakümülatör özelliğe sahip hakim familyalar Asteraceae, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Cyperaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Poaceae, Violaceae ve Euphobiaceae olarak bildirilmiştir Hiperakümülatör bitkileri barındıran Brassicaceae (Lahanagiller) familyasının üyeleri bu tür bitki gruplarının yaklaşık %25'ini oluşturur. Bu familyada yer alan *Arabidopsis thaliana*, Kuzey Amerika, Fransa, Almanya, Avusturya, İtalya, Yunanistan ve Türkiye'den toplanan Brassicaceae familyasına dahil 20 türe ait 40 örnek arasında hiperakümülatör özelliği en yüksek

tür olarak belirlenmiştir (David, 2005). Brassicaceae familyası içerisinde 87 tür ve 11 cins bitki bulunduran en çok hiperakümülatör bitki kapsayan familya olarak kabul edilmektedir. Brassicaceae familyasından nikel biriktiren 7 cins ve 72 tür bilinmektedir. Ayrıca Cd, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metalleri biriktiren *Thlaspi caerulescens*, Ni ve Zn biriktiren *T. Goesingense* ve *T. ochroleucum* ile Ni, Pb ve Zn gibi ağır metalleri içeren *T. rotundifolium* cinsleri de birden fazla ağır metali biriktirebilme özelliğinde olduğu bildirilmektedir (Thompson, 1997). Metalleri bünyesinde barındırabilen ve kirleticilerin yüksek seviyelerine tolerans gösteren hiperakümülatör bitkiler kullanılarak Zn, Cu ve Ni gibi elementler fitoekstraksiyon yöntemi ile başarılı şekilde ekonomiye kazandırılmaktadır..

3. HİPERAKÜMÜLATÖR ÖZELLİK GÖSTEREN TIBBİ VE AROMATİK BİTKİLER

Tarihte bilinen eski çağlardan itibaren tedavi amacıyla kullanılan birçok bitki tıbbi ve aromatik bitkilerden oluşmaktadır. Tarihi kayıtlarda Mezopotamya uygarlığında 250 civarındaki bitkinin bu amaçla kullanıldığı ve günümüzde tıbbi-aromatik türlerin sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Son zamanlarda, dünyada tıbbi-aromatik bitkilerin kullanım alanlarında birini oluşturan ilaç sanayisi olup, son yıllarda bu tarz bitkileri kullanımında büyük artış görülmektedir. Bitki türleri içerisinde 20.000 türün bu amaçlarla değerlendirildiği, 4.000 adetinin ise yaygın bir şekilde yetiştirildiği bildirilmektedir (Başer, 1998; Özgüven ve ark., 2005; Bayram ve ark., 2010). İnsanlığın tıbbi ve

aromatik bitkilere olan ilgisi ve tüketimindeki artışına paralel olarak piyasa tüketim miktarı da hızlı bir artış göstermektedir. Eski çağlardan beri doğadan toplama yoluyla temin edilen bu bitkiler talebin artmasıyla birlikte bu bitkilerin tarımına ve özellikle de üstün çeşitlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yaygınlaşmıştır (Bahtiyarca Bağdat, 2006). Tıbbi-aromatik bitkilerle ilgili istatistiksel bilgilerin yetersizliği bu bitkilerin son yıllara kadar doğrudan doğadan toplama şeklinde gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Ancak ülkemizde son yıllarda haşhaş, kimyon ve safran gibi bitkilerin uzun yıllardır üretimi yapıldığı daha sonraki yıllarda rezene, anason, nane, kırmızıbiber, kekik, çörek otu gibi bitkilerinde üretime alınması izlemiştir (Arslan ve ark., 2015).

Bu kapsamda yapılan araştırmalarda *Vaccinium myrtillus*, *Aesculus hippocastanum* L., *Silene vulgaris*, *Calendula officinalis*, *Thlaspi caerulescens*, *Althaea rosea*, *Solanum nigrum* L., *Hypericum amblysepalum*, *Urtica urens*, *Taraxacum officinale*, *Mentha* sp, *Onosma bracteatum*, *Plantago lanceolata* gibi tıbbi-aromatiklerin ağır metalleri dokularında yüksek oranlarda biriktirebildikleri ve aynı koşullarda yetiştirilen diğer bitkilere oranla daha başarılı bir şekilde fitoremediasyon amacıyla kullanılacakları belirlenmiştir (Boric Şacıragıç, 2011; Brown ve ark., 1995; Krämer, 2005).

Ülkemiz florasında yapılan araştırmalar sonucunda farklı familyalardan oluşan toplam 38 adet hiperakümülatör bitki türe rastlanıldığı bildirilmiştir. Bünyelerinde ağır metalleri biriktirip daha sonra gaz formunda atmosfere salgıladıkları tespit edilen ve hiperakümülatör

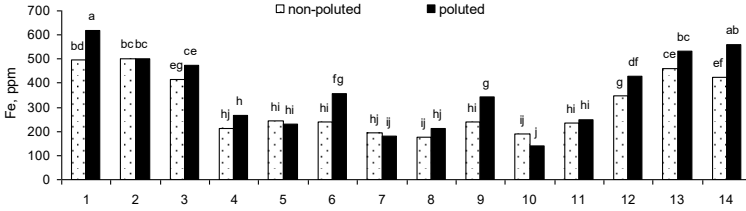
bitki olarak adlandırılan tıbbi-aromatik bitkiler; Kekik, adaçayı, karahindiba ve kantaron bitkileridir (Yıldıztekin ve ark., 2019).

Baranowska ve ark. (2002) yürüttükleri çalışmada kirlilik olmadığı varsayılan kırlardan ve kirliliğin yoğun olduğu şehir alanlarından topladıkları tıbbi-aromatik bitkilerde bazı ağır metallerin oranlarını araştırmışlardır. Araştırmalarının bulguları sonucunda karahindiba (*Taraxacum officinale*), nane (*Mentha*), ısırğan otu (*Urtica dioica*) ve kara servi (*Populus nigra*) gibi bitkilerin ağır metal içeriklerinin şehir alanlarından toplanan örneklerde kırsal alanlardan toplanan bitki örneklerinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

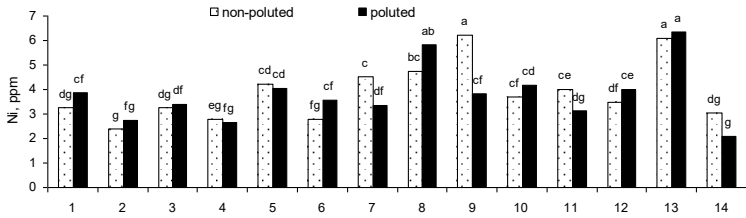
Başka bir çalışmada Hatay Amanoslar'da toplanan tıbbi ve aromatik bitki materyallerinin Cd içerikleri belirlenmiştir. Cd içeriği kantül çiçeği (*Hypericum amblysepalum*; 2.0286 mg kg⁻¹)'de en yüksek seviyede bulunurken, bunu ısırğan otu (*Urtica urens*; 1.878 mg kg⁻¹), ve sarı kantaron (*Hypericum lanugmosum* var. *Scabrellum*; 1.5924 mg kg⁻¹) bitkilerinin takip ettiği bildirilmiştir (Anonim, 2012).

Gülser ve ark. (2011) trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin bitkilerde ağır metal akümülyasyonuna etkilerini belirlemek amacı ile, Van YYÜ Kampüs alanında, trafiğin yoğun olduğu yol kenarlarından ve ana yoldan uzak alanlardan tıbbi ve aromatik bitki sınıfına dahil olan peyzaj amaçlı kullanılmış olan 14 adet bitki türünde ağır metal içeriğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak ana yol kenarından alınan yaprak örneklerinde en yüksek Fe, Zn, Cu ve Cd içerikleri sırası ile *Cedrus*

libani A. Rich (618 mg kg⁻¹), *Betula alba* Linn. (106.30 mg kg⁻¹), *Salix alba* L. (24.54 mg kg⁻¹) ve *Eleagnus angustifolia* L. (0.28 mg kg⁻¹) türlerinde elde edilmiştir. En yüksek Ni (6.36 mg kg⁻¹) ve Pb (3.76 mg kg⁻¹) içerikleri ise, *Pyracantha coccinea* M. Roem'de bulunmuştur. Sonuç olarak peyzaj düzenleme amaçlı kullanılan *Cedrus libani*, *Thuja orientalis*, *Pyracantha coccinea*, *Ligustrum vulgare*, *Salix alba*, *Eleagnus angustifolia*, *Robinia pseudo-acacia*, *Betula alba* türlerinin akümülatör bitkiler olduğunu ve fitoremediasyon çalışmalarında da kullanılabileceklerini bildirmişlerdir (Şekil 3, 4, 5).

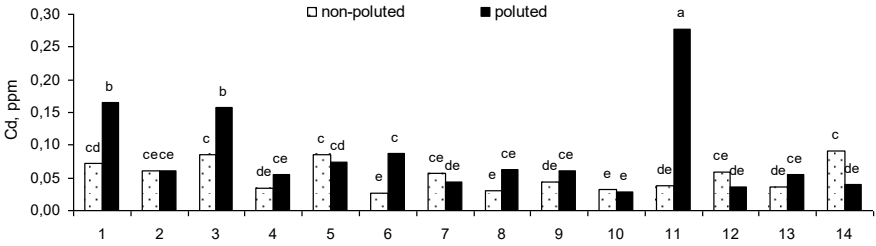


Şekil 3: Ana Yol Kenarından (Kirlenmiş) ve Kıyıya Yakın Yerlerden (Kirlenmemiş) Örneklenen Bitkilerdeki Demir İçerikleri (1-*Cedrus libani*, 2-*Pinus sylvestris*, 3-*Thuja orientalis*, 4-*Berberis thunbergii*, 5-*Rosa* sp. cv."Si", 6-*Acer negundo*, 7-*Fraxinus excelsior*, 8-*Robinia pseudoacacia*, 9-*Betulus alba*, 10-*Salix alba*, 11-*Eleagnus angustifolia*, 12-*Ribes rubra*, 13-*Pyracantha coccinea*, 14-*Ligustrum vulgare*)



Şekil 4: Ana Yol Kenarından (Kirlenmiş) ve Kıyıya Yakın Yerlerden (Kirlenmemiş) Örneklenen Bitkilerdeki Nikel İçerikleri (1-*Cedrus libani*, 2-*Pinus sylvestris*, 3-*Thuja orientalis*, 4-*Berberis thunbergii*, 5-*Rosa* sp. cv."Si", 6-*Acer negundo*, 7-*Fraxinus excelsior*, 8-*Robinia pseudoacacia*, 9-*Betulus alba*, 10-*Salix alba*, 11-*Eleagnus angustifolia*, 12-*Ribes rubra*, 13-*Pyracantha coccinea*, 14-*Ligustrum vulgare*)

Liu ve ark. (2008), *Althaea rosea* ve *Calendula officinalis*' de bitkilerin kuru biyokütlesinin artmasıyla birlikte Cd uygulamalarına karşı güçlü bir toleransa sahip olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde *Althaea rosea*, *Impatiens balsamina* ve *Calendula officinalis*'in Cd ve Pb'ye karşı tolerans gösterdiği ve bu metallerin büyüme ortamındaki dozları arttıkça iyi bir şekilde büyüdüğü rapor edilmiştir (Wang, 2005).



Şekil 6. Ana Yol Kenarından (Kirlenmiş) ve Kıyıya Yakın Yerlerden (Kirlenmemiş) Örneklenen Bitkilerdeki Kadmiyum İçerikleri (1-Cedrus libani, 2-Pinus sylvestris, 3-Thuja orientalis, 4-Berberis thunbergii, 5-Rosa sp. cv. "Si", 6-Acer negundo, 7-Fraxinus excelsior, 8-Robinia pseudoacacia, 9-Betulus alba, 10-Salix alba, 11-Elaeagnus angustifolia, 12-Ribes rubra, 13-Pyracantha coccinea, 14-Ligustrum vulgare)

Madany ve ark., (1990), Bahreyn'de yaptıkları bir çalışmada zakkumun (*Nerium*) yapraklarında yoldan 5 m uzakta 210 mg kg⁻¹ kurşun, yoldan 50 m uzaktaki aynı bitkide ise 52 mg kg⁻¹ kurşun bulunduğunu bildirmişlerdir.

Çinko biriktirme özelliği olan bitkiler içerisinde özellikle *Thlaspi* ve *Alyssum* cinslerine ait bazı olduğu bildirilmiş ve herhangi bir bitki 100 mg kg⁻¹ çinko biriktirebilirken, *Thlaspi caerulescens*'nin yaklaşık 300 kat daha fazla çinkoyu gelişmesinde zarar olmaksızın biriktirebildiği belirlenmiştir (Brown ve ark., 1995).

Yapılan başka bir çalışmada Amanoslar'dan toplanan bazı tıbbi-aromatik bitkilerin Cd içerikleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda *Hypericum amblysepalum*'da Cd miktarı (2.0286 mg kg⁻¹) en yüksek seviyede bulunurken, bunu *Urtica urens* (1.878 mg kg⁻¹), *Hypericum lanugosum* var. *Scabrellum* (1.5924 mg kg⁻¹) bitkilerinin takip ettiği bildirilmiştir (Ergün ve ark., 2019).

Kaya & Gülser (2018) tarafından trafik kaynaklı ağır metal kirliliğinin *Althaea rosea*'da ağır metal akümülyasyonuna etkilerini belirlemek amacı ile yürütülmüş olan başka bir çalışmada, *Althaea rosea* yaprak örnekleri, yoğun motorlu trafik nedeniyle ağır metal kirliliğinden etkilenen yol kenarlarından ve yol kenarlarından 30 m uzaklıktaki alanlardan, hakim rüzgar yönü dikkate alınarak 10 farklı lokasyonda alınmıştır. Çalışmaları sonucunda genel olarak yaprakların ağır metal içerikleri tüm lokasyonlarda yollardan uzaklaştıkça azaldığını belirlemişler. Yaprakların ağır metal içeriklerinde artan oranlar Cd > Cr > Ni > Fe şeklinde sıralandığını tespit etmişler. Sonuç olarak, yol kenarlarında yetiştirilen *Alcea rosea* gibi bitkisel bitkilerin ağır metal toksisitesi riski taşıyabileceği bildirilmişlerdir (Tablo 1).

Tablo 1: Örnekleme mesafesine göre farklı örnekleme lokasyonlarındaki yaprakların ortalama ağır metal içerikleri (mg kg⁻¹) (Kaya & Gülser, 2018)

Konumlar	Mesafe	Fe	Mn	Cu	Zn	Cd	Cr	Ni	Pb
Kampus	0 m	437.30	51.84	16.86	24.30	34.12	14.47	2.86	3.24
Canik	0 m	198.00	63.01	10.76	18.48	25.08	2.31	1.24	1.53
Muradiye	0 m	264.95	41.66	12.74	24.98	22.19	1.29	2.00	3.16
Erciş	0 m	147.40	59.12	17.61	25.29	17.79	3.20	0.97	4.87
Adilcevaz	0 m	210.90	42.34	12.80	28.64	11.15	2.61	1.31	1.38
Ahlat	0 m	284.45	59.82	12.97	29.12	24.60	1.04	1.43	1.43
Edremit	0 m	810.20	52.97	34.02	24.94	1.80	13.52	7.04	2.89
Gevaş	0 m	218.45	36.62	19.00	16.76	15.78	1.57	3.62	7.00
Gürpınar	0 m	477.80	40.37	31.33	18.50	5.61	5.12	3.66	2.27
Van	0 m	783.75	54.08	23.79	28.52	17.22	5.45	7.42	4.46
Merkez									
Ort.	0 m	383.32	50.18	19.19	23.95	17.93	5.06	3.16	3.22
Kampus	30 m	230.10	38.21	16.83	20.63	6.50	2.02	1.49	3.240
Canik	30 m	157.85	42.21	9.15	13.89	16.15	0.89	1.62	1.33
Muradiye	30 m	160.40	35.75	10.54	20.38	2.80	0.76	0.57	1.33
Erciş	30 m	157.75	38.15	8.83	20.87	0.01	0.80	1.40	0.70
Adilcevaz	30 m	187.00	32.58	8.20	18.88	1.25	1.15	1.43	2.12
Ahlat	30 m	227.60	37.68	15.05	23.08	0.01	1.25	0.90	0.81
Edremit	30 m	303.80	32.02	23.68	19.00	0.01	1.87	1.55	2.00
Gevaş	30 m	173.45	32.86	13.71	17.28	10.95	2.19	1.42	4.06
Gürpınar	30 m	279.25	30.49	23.46	19.26	6.08	1.81	1.66	1.77
Van	30 m	301.90	36.93	22.79	21.87	0.01	1.72	1.62	2.24
Merkez									
Ort.	30 m	217.91	35.69	15.22	19.51	4.38	1.45	1.37	1.96

Tıbbi-aromatik bitkilerin bazı ağır metallere olan tepkilerini belirlemek amacıyla şehir ve şehir dışı alanlardan toplanan örneklerde yürütülen başka bir çalışmada, çinko, kadmiyum, kurşun, nikel ve molibden elementlerinin miktarları belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda

karahindiba (*Taraxacum officinale*), nane (*Mentha*), ısırgan otu (*Urtica dioica*), ve kara servi (*Populus nigra*) gibi bitkilerin ağır metal miktarının şehirden toplanan alanlarda daha fazla olduğu belirlenmiştir (Baranowska ve ark., 2002).

Bahtiyarca Bağdat & Eid (2007) yürüttükleri araştırmada nane, kantaron, lavanta, kenevir, labada, kimyon, sarımsak, at kestanesi gibi bitkilerin aynı ortamlarda yetiştirilen diğer kültür bitkilerine kıyasla kök, sürgün ve yumrularında toksik etkiye sahip birçok ağır metali ve organik bileşenleri depolama ve biriktirme yeteneğine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu derlemede yer alan farklı araştırmaların sonuçlarında da belirlenmiş olduğu gibi, tıbbi ve aromatik bitkilerin ağır metal kirliliğine karşı toleransları yüksek ve ağır metal akümülyasyon kapasiteleri ileri düzeydedir. Artan endüstriyel faaliyetler, artan nüfus ve şehirleşme, yoğun trafik, tarımsal alanda artan pestisit kullanımı vb. etkenler dolayısı ile doğaya salınan ağır metaller sonucunda topraklarda oluşan ağır metal kirliliğinin giderimi için hiperakümülatör özellik taşıyan tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanımı yararlı olabilir. Ancak, tıbbi bitki ve gıda olarak tüketimi yaygın olan bu bitkilerin kullanımında ağır metal içeriğinin dikkate alınması ve bu konuda farkındalık oluşturmaya yönelik çalışmalara ağırlık verilmesi çevre ve insan sağlığı bakımından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonim (2006). http://www.edumedia-sciences.com/a420_12-phytoremediation.html (Erişim tarihi: 8 Haziran 2006)
- Arıkan, E.N. (2021). <https://technogezgin.com/agir-metal-nedir-agir-metal-zehirlenmesi-nedir/> (Erişim tarihi: 08.10.2021)
- Arora, M., Kiran B., Rani S., Rani A., Kaur B., & Mittal N. (2008). Heavy metal accumulation in vegetables irrigated with water from different sources. *Food Chemistry*, 111: 811-815.
- Arshad, M., Silvestre, J., Pinelli, E., Kallerhoff, J., Kaemmerer, M., Tarigo, A., Shahid, M., Guiresse, M., Pradere, P., & Dumat, C. (2008). A field study of lead phytoextraction by various scented *Pelargonium* cultivars. *Chemosphere*, 71(11): 2187-2192.
- Arslan, N., Baydar, H., Süleyman, K., Karık, Ü., Şekeroğlu, N., & Gümüüşü, A. (2015). Tıbbi aromatik bitkiler üretiminde değişimler ve yeni arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, 12-16 Ocak 2015, Ankara, ss. 483-507.
- Bahtiyarca Bağdat, R. (2006). Tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanım alanları, tıbbi adaçayı (*Salvia officinalis* L.) ve ülkemizde kekik adıyla bilinen türlerin yetiştirme teknikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(1-2): 19-28.
- Bahtiyarca Bağdat, R. & Eid, E.M. (2007). Phytoremediation behaviours of some medicinal and aromatic plants to various pollutants. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 16(1-2): 1-10.
- Baranowska, I., Srogi, K., Wlochowicz, A., & Szczepanik, K. (2002). Determination of heavy metal contents in samples of medicinal herbs. *Polish J. of Environ. Studies*, 11: 467-471.
- Başer, K.H.C. (1998). Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Endüstriyel Kullanımı. *TAB Bülteni*, 13-14: 19-43.

- Bayram, E., Kırıcı, S., Tansı, S., Yılmaz, G., Arabacı, O., Kızıl, S., & Telci, İ. (2010). Tıbbi ve aromatik bitkiler üretiminin artırılması olanakları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-I, 11–15 Ocak 2010, Ankara. ss. 437–456.
- Benavides, M.P., Gallego S.M., & Tomaro M.L. (2005). Toxic metals in plants cadmium toxicity in plants toxicidade de cádmio em plantas braz. J. Plant Physiol., 10(1).
- Blaylock, M.J. & Huang, J.W. (2000). Phytoextraction of Metals, Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean-Up The Environment. (Raskin I., Ensley B.D., Ed.), New York, Wiley, ss.53-70.
- Boric Šaciragić, S. (2011). Medicinal plant of *Plantago lanceolata* L. as a bioindicator of soil contamination by heavy metals (Pb, Cd and Zn). International Conference Medicinal and aromatic plants in generating of new values in 21st Century. Volume 18, 9-12 November 2011, Sarajevo.
- Brooks, R.R. (1998). General Introduction. In: Brooks, R. R. (ed.). Plants That Hyperaccumulate Heavy Metals: Their Role in Phytoremediation, Microbiology, Archaeology, Mineral Exploration and Phytomining. CAB International, New York, ss. 1-14.
- Brown, E.J., Beal, P.A., Keith, C.T., Chen, J., Shin, T.B., & Schreiber, S.L. (1995). Control of p70 s6 kinase by kinase activity of FRAP in vivo. Nature, 377: 441–446.
- Clemens, S. (2006). Toxic metal accumulation, responses to exposure and mechanisms of tolerance in plants. Biochimie, 88: 1707-1719.
- David, E.S. (2005). Genome-Wide Hunt for Metal Hyperaccumulation Genes. http://www.sc.doe.gov/ober/ERSD/ersd_Phyto.html
- Ellis, D.R. & Salt, D.E. (2003). Plants selenium and human health. Current Opinion in Plant Biology, 6: 273-279.
- EPA, (2000). Environmental Protection Agency, Introduction of phytoremediation, epa/600/R-99/107, Cincinnati, Ohio, U.S.A., 72: 224-229.

- Ergün, N., Yolcu, H., Karanlık, S., & Dikkaya, E. (2019). Amanoslar'da (Hatay) Yetişen Bazı Bitki Türlerinde Ağır Metal Birikimi ve Mineral İçerik Üzerine Bir Çalışma. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(2), 121–127.
- Favas, P.J.C., Pratas, J., Varun, M., D'Souza, R., & Poul, M.S. (2014). Phytoremediation of soils contaminated with metals and metalloids at mining areas: potential of native flore, In: *Envormental Risk Assessment of Soil Contamination* (Hernandez-Soriano M.C., Ed.), InTech Press, ss.485-517.
- Glass, D.J. (2000). *The phytoremediation industr*, Glass Associates, Needham, MA.
- Gülser, F., Çığ, A., & Sönmez, F. (2012). The determination of phytoremediation levels of ornamental plants used in landscape. *Journal of International Environmental Application and Science*, 6(5): 661-667.
- Harrison, R.M. & Laxen, D.P.H. (1980). *Lead Pollution Causes and Control*, Chapman and Hall Ltd., London.
- Isık, K. (2004). *Bitki Biyolojisi*. Palme Yayıncılık, Ankara.
- Kaya, İ. & Gülser, F. (2018). Determining heavy metal contents of hollyhock (*Alcea rosea* L.) in roadside soils of a Turkish Van lake basin. *Polish Journal of Environmental Studies*, 5: 2081-2087.
- Koller, M. & Saleh, H.M. (2018). *Introducing Heavy Metals*. Edited by Hosam El-Din M. Saleh and Refaat F. Aglan Published: 27 June 2018 DOI: 10.5772/intechopen.74783.
- Krämer, U. (2005). Phytoremediation: Novel Approaches to Cleaning Up Polluted Soils *Current Opinions in Biotechnology*, 16: 133-141.
- Liu, J.N., Zhou, Q.X., Sun, T., Ma, L.Q., & Wang, S. (2008). Growth responses of three ornamental plants to Cd and Cd–Pb stress and their metal accumulation characteristics. *Journal of Hazardous Materials*, 151: 261–267.
- Long, X.X., Yang, X.E., & Ni, W.Z. (2002). Current status and perspective on phytoremediation of heavy metal polluted soils. *Journal of Applied Ecology*, 13: 757-762.
- Madany, M.I., Ali, S.M., & Akhter, M.S. (1990). Assessment of lead in roadside vegetation in Bahrain. *Environment International*, 16(2): 123-126.

- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press International, San Diego, CA, USA.
- Milner, M.J. & Kochian, L.V. (2008). Investigating heavy-metal hyperaccumulation using *Thlaspi caerulescens* as a model system. *Annals of Botany*, 102, 3-1.
- Niess, D.H. (1999). Microbial heavy-metal resistance, *Applied Microbiol. Biotech.*, 51: 730-750.
- Özay, C. & Mammadov, R. (2013). Heavy metals and potential availability of ornamental plants for phytoremediation. *Journal of Balıkesir University*, 15(1): 67-76.
- Özbek, Z. (2010). Topraktaki Ağır Metaller İçin Sınır Değerlerin Uygulanabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 5.
- Özgüven, M., Sekin, S., Gürbüz, B., Şekeroğlu, N., Ayanoğlu, F., & Ekren, S. (2005). Tütün, tıbbi ve aromatik bitkiler üretimi ve ticareti. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi, 1, ss. 481-501.
- Padmavathiamma, P.K. & Loretta, Y.L. (2007). Phytoremediation technology: Hyper-accumulation metals in plants. *Water Air Soil Pollut*, 184: 105-26.
- Rascio, N. & Navari-Izzo, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant Science* 180(2): 169–181.
- Reeves R.D. (2006). Hyperaccumulation of trace elements by plants, Phytoremediation of metal-contaminated soils, NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences, (Morel J.L., Echevarria G., Goncharova N. Ed.), Springer, NY, ss.1-25.
- Reeves, R.D. & Baker, A.J.M. (2000). Metal-Accumulating Plants. In: Raskin., I., Ensley, B.D. (Eds.), *Phytoremediation of Toxic Metals: Using Plants to Clean-Up the Environment*. John Wiley and Sons, New York, ss. 193–230.
- Salt, D.E. & Rauser, W.E. (1995). MgATP-dependent transport of phytochelatin across the tonoplast of oat roots, *Plant Physiology*, 107: 1293-1301.
- Sharma, P. & Dubey, R.S. (2005). Lead toxicity in plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17(1): 35-52.

- Shi, W., Shao, H., Li, H., Shao, M., & Du, S. (2009). Progress in the remediation of hazardous heavy metal-polluted soils by natural zeolite. *J Hazard Mater*, 170:1–6.
- Stancheva, M., Rangel-Buitrago, N., Anfuso, G., Palazov, A., Stanchev, H. & Correa, I. (2011). Expanding level of coastal armouring: case studies from different countries. *Journal of Coastal Research*, SI 64 (Proceedings of the 11th International Coastal Symposium), Szczecin, Poland, ISSN 0749-0208.
- Thompson, L. (1997). Exciting environmental technologies. *Environment*, 2316-21.
- Wang, X.F. (2005). Resource Potential Analysis of Ornamentals Applied in Contaminated Soil Remediation. A dissertation in Graduate School of Chinese Academy of Science, Beijing.
- Yıldıztekin, M., Ulusoy, H., & Tuna, A.L. (2019). Ağır metallerle kirlenmiş toprakların iyileştirilmesinde fitoremediasyon yöntemi: Tıbbi ve aromatik bitkilerin uygunluğu. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Muğla.
- Zengin, F.K. & Munzuroglu, O. (2006). Toxic effects of cadmium (Cd⁺⁺) on metabolism of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings. *Acta Agricul. Scand., Sect. B, Plant Soil Sci.* 56.
- Zengin, F.K. & Munzuroglu, Ö. (2005). Effects of some heavy metals (Ni⁺², Co⁺², Cr⁺³, Zn⁺²) on chlorophyll and carotenoid amount of bean seedlings (*Phaseolus vulgaris* L. Strike). *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17: 164-172.

BÖLÜM 3

21. YY'DA TOPRAK VE AĞIR METAL KİRLİLİĞİ ALANINDAKİ YAYINLARIN BİBLİYOMETRİK ANALİZİ

Ziraat Yüksek Mühendis Veysi AKŞAHİN^{1*}

Prof. Dr. Füsun GÜLSER²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10455852>

¹Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana-Türkiye. veysiaksahin@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4406-9275

²Van Yüzüncü yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Van-Türkiye. gulserf@yahoo.com, ORCID: 0000-0002-9495-8839

1. GİRİŞ

Ağır metaller insan faaliyetleri sonucu olarak doğal süreçler dışında da atmosfer ve toprağa yayılmaya başlamışlardır. Endüstri faaliyetleri sırasında meydana gelen su ve hava kirleticileri kimyasal yollarla toprağa karışma eğilimindedir (Seven ve ark., 2018). Çevre kirliliğinde öne çıkan ağır metaller Pb, Hg, Cd, Cr, Cu ve Zn'dir (Gülser & Sönmez, 2015). Ekosistemin maruz kaldığı 35'den fazla sayıda metal bulunmakta olup bunların 23 tanesi ağır metaldir (Seven ve ark., 2018). Ağır metal tanımı yoğunluğu 5 g/cm³'den yüksek olan metaller için kullanılmaktadır (Dağhan, 2011). Kurşun (Pb), kadmiyum (Cd), krom (Cr), demir (Fe), kobalt (Co), bakır (Cu), nikel (Ni), civa (Hg) ve çinko sıklıkla karşılaşılabileceğimiz ağır metallere aittir. Ağır metaller çok farklı kaynaklardan ve farklı işlem kademelerinden atmosfere yayılmaktadır. Tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile dengesiz sanayileşme, ağır metallerin toprağa taşınmasına ve dolayısıyla toprak çevre kirliliğine neden olmaktadır (Yerlikaya Anlı ve ark., 2022). Topraklar karasal ekosistemde insanların ve hayvanların enerji kaynağının üretilmesinde çok önemli rol oynamaktadır. İnsanların beslenmesi için gerekli olan enerjiyi gıda yolu ile karşılamak için topraklar üzerinde önemli baskı oluşturulmaktadır (Akşahin ve ark., 2019). Bu baskı sonucu topraklar hem sürdürülebilir açıdan zarar görmekte hem de ağır metallerce kirletilmektedir.

Bu bilgiler ışığında toprakların sürdürülebilir bir şekilde korunması ve topraklardaki ağır metal kirliliğine yönelik araştırmalar son derece

önem arz etmektedir. Toprakların ağır metallerce kirletilmesi sorununun çözümüne yönelik çeşitli araştırmalar yapılmakta ve çalışmalar sürdürülmektedir. Yapılan çalışmaların yayınlanması kadar analizi de son derece önemlidir. Daha önce yapılan yayınların analizi için birçok yöntem kullanılmakla birlikte bu çalışmaların başında bibliyometrik analiz yöntemi gelmektedir. Günümüzde bibliyometrik analiz yöntemi, herhangi bir konu hakkında çalışmaların eğilimlerinin saptanmasında, araştırma alanlarının modellenmesinde, çalışmaların nerelerde kümelendiğinde ve de en çok kimlerin çalıştığını ortaya koyma için kullanılan yararlı ve yararlı bir yöntemdir (Bezak ve ark., 2021; Çomaklı, 2021; Akşahin & Gülser, 2022).

Bibliyometrik analiz yöntemi verilerin karşılaştırılmasında ve hesaplanmasında kullanılan bir matematiksel işlemdir (Çomaklı, 2021). Bilimsel bilgi ile ilgili belirli bir alan için son teknoloji ağ haritalamasını kullanarak yayınların anahtar kelimelerini, ülkelerini, yıllarını performanslarını ve nicel olarak araştırma verilerinin eğilimlerini açıklayan, yorumlayan ve sınıflandıran (Zhang ve ark., 2020) bir sistemdir.

Bibliyometrik analiz yönteminin kullanılması ile literatürlerin eğilimlerinin saptanması için birçok alanda çalışmalar yürütülmüştür. Topraktaki besin elementleri ile ilgili çalışmalarda (Cui ve ark., 2019; Oliveira & Pereira, 2020; Pan ve ark., 2021), toprak bilimi ile ilgili çalışmaların eğilimlerinin saptanmasında (Guo ve ark., 2014; He ve ark., 2020; Liu ve ark., 2020; Mokhnacheva & Tsvetkova, 2020;

Oliveira, 2020; Pan ve ark., 2021; Vieira ve ark., 2021; Yap ve ark., 2021), toprak suyu ve su kaynakları konularında (Wang ve ark., 2010; Kulak ve ark., 2019; Wang ve ark., 2019; Li ve ark., 2020; Renzi ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2020; Goh & See, 2021; Huang ve ark., 2021; Kasavan ve ark., 2021; Liu ve ark., 2021; Akşahin & Ortaş, 2022), mikrobiyoloji hakkında, (Vergidis ve ark., 2005), toprak erozyonu hakkında (Ano-Vidal & Sanchez-Diaz, 2018; Bezak ve ark., 2021; Huang ve ark., 2021), sebzelerle ilgili çalışmaların saptanmasında (Andreo-Martinez ve ark., 2020; Li ve ark., 2021; Akşahin & Gülser, 2022) çeşitli bibliyometrik analiz çalışmaları yapılmıştır.

Toprak ve ağır metal kirliliği hakkında 2000 yılından bugüne kadar birçok çalışma yapılmış ancak bibliyometrik analiz yönteminin kullanılması ile yayınların eğilimlerinin saptanması açısından çalışmalar yapılmamıştır. Bu çalışmada 24 yıllık süreçte toprak ve ağır metal kirliliği hakkında yapılan yayınların durumunu, eğilimini, WoS verilerinin elde edilmesi ve VOSviewer programının kullanılması ile çalışmaların bibliyometrik analizi ortaya konulmuştur.

Bibliyometrik analiz yönteminin yapılması ile toprak ve ağır metal kirliliği hakkındaki tarımsal araştırmaların eğilimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmanın sonuçları toprak ve ağır metal kirliliği ile ilgili araştırmalarda hangi konularda yoğunluk olduğunun anlaşılması, yeni çalışma alanlarının ve yeni çalışma ekiplerin oluşturulabilmesi, yurt içinde ve yurt dışında hangi üniversitelerle veya enstitülerle iş birliği yapılabileceği ya da hangi araştırmacı ile iletişime geçilebileceği

gibi süreçlerde araştırmacılara yararlı olabilecektir. Elde edilen bilgiler ışığında konunun literatüre hizmet etmesi için başka programlar ve veri tabanlarının kullanılmasını da fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Verilerin Elde Edilmesi

Bilgilerin analizinin yapıldığı bu çalışmada, elde edilen tüm yayınlar web of Science Core Collection'un Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) ve Social Sciences citation Index (SSCI) tabanlarından alınmıştır. Web of Science (WOS) farklı disiplinlerden 80 milyona yakın makale, kitap ve konferansın ele alındığı çok geniş bir yelpazeye sahip bir platformdur (Analytics, 2021).



Şekil 1: Bibliyometrik Analiz Basamakları (Akşahin & Ortaş, 2022)

Veri alma yöntemi olarak = "heavy metal pollution" and "soil" (ağır metal kirliliği ve toprak) şeklinde tarama yapılmıştır, belge türü = "Başlık", zaman aralığı = "2000–2023" ve son tarih = "17.05.2023"

kullanılmıştır. SCIE ve SSCI veri tabanında, arama kriterlerine uyan ilk makale 2000 yılında yayınlanmış olup 2000'den 2023'e kadar ağır metal kirliliği ve toprak hakkında yapılan araştırmada 845 yayın değerlendirilmiştir. Araştırma süreci, bibliyometrik analizin belirlenen aşamaları dikkate alınarak Şekil 1'de gösterildiği gibi oluşturulmuştur.

2.2.Verilerin Analizi

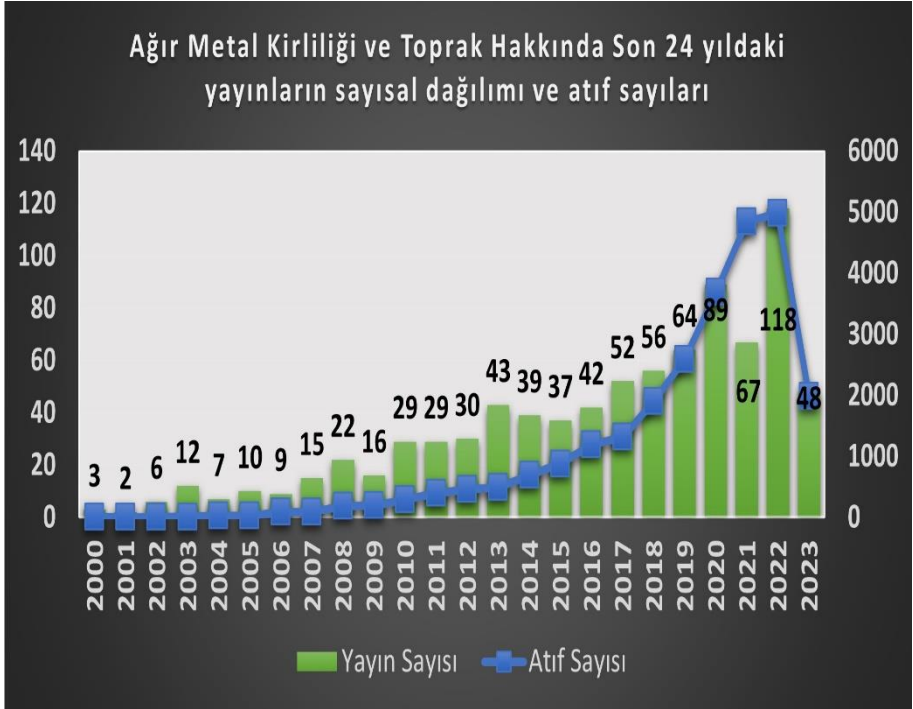
Arama sonucunda ulaşılan 845 yayında en çok yayın yapan ülkeler, en çok yayın yapan yazarlar ve en çok atıf alan yayınlar VOSviewer 1.6.17 yazılımı ile verilerin görselleştirilmesi işlemleri sonucu elde edilmiştir. Arama sonuçları, VOSviewer (VOSviewer, 2021) yazılımına girilmek üzere CSV formatında depolanmış ve sınıflandırmaları yapılarak analiz edilmiştir.

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

2.1. Yayınların Yıllara Göre Dağılımı

Başlığında ağır metal kirliliği ve toprak kelimelerinin geçtiği yayınlar incelendiğinde, WoS'de yapılan ilk ve tek yayının (Fergusson ve ark., 1980) 1980 yılında yayınlandığı görülmüştür. Şekil 2 incelendiğinde, yayınların en çok yayınlandığı yılın 118 yayın ile 2022 yılı olduğu, toplam 845 yayının yarısından fazlasının 2018-2023 yılları arasında yapıldığı görülmektedir. Yayınların eğilimi ve yayınlanma sayısı yıldan yıla farklılık göstermekle beraber her yıl düzenli bir artış

gerçekleşmemiştir. Yayınlar yapılan atıflar incelendiğinde, ağır metal kirliliği ve toprak konusuna son 24 yıllık süreçte toplamda 26.302 atıfın yapıldığı, atıfların yıllara bağlı olarak lineer bir artış içerisinde olduğu ve en çok atıfın (4977) 2022 yılında yapıldığı görülmektedir.

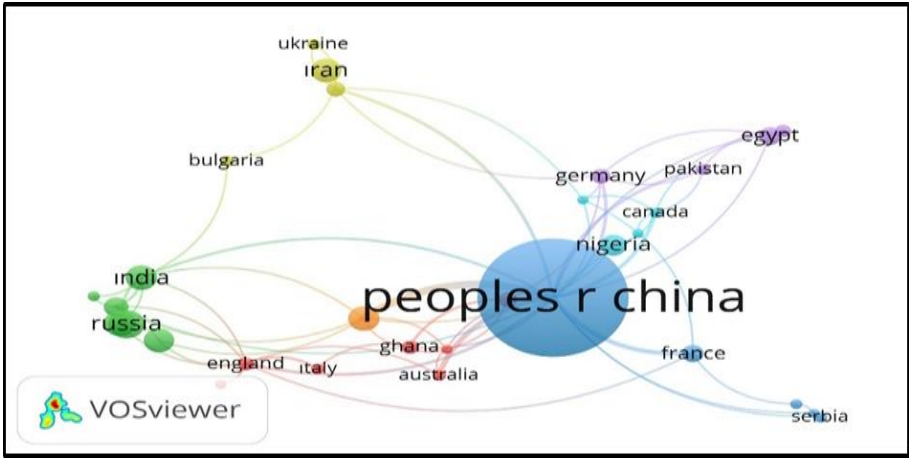


Şekil 2: 21. YY'da Yayınlanan yayınların Yıllara Göre Dağılımı

2.2. Ülkelerin Toprak ve Ağır Metal konusundaki Yayınlarının Trendleri

Son 24 yıllık süreç incelendiğinde WOS'ta yapılan inceleme sonucunda toprak ve ağır metal terimlerinin kullanıldığı yayınların ülkeler bazındaki eğilimleri Şekil 3'te, ilk 10 listesi ise Çizelge 1'de verilmiştir. Şekil 3'te yer alan görselde yuvarlak renklere en büyük olanların

sıralamada önde olduğu görülmektedir. Yayınların ülkeler bazında trendleri incelendiğinde en çok çalışma yapan ve bu çalışmalarını WOS'ta yayınlayan ülkelere bakıldığında konu ile ilgili çalışma yapan 82 ülke arasından en çok yayının (451) Çin Halk Cumhuriyeti'nin yayınladığını ve atıf alma durumunda da (16531 atıf) birinci sırada yer aldığı görülmektedir. Çin Halk Cumhuriyeti'nin tek başına en çok yayın yayınlayan ülke olduğu da görülmektedir.



Şekil 3: 82 Ülke İçerinde En Çok Yayınları Olan Ülkeler Arasından Öne Çıkan Ülkeler

En yakın takipçisi olan Rusya'nın 10 katı yayın yayınlamıştır. 2. sırada bulunan ülke ise Rusya'dır (38). Ancak Rusya atıf alma durumunda ilk 10 listesinin ancak sonlarında kendisine yer bulabilir. Türkiye'de son yıllarda ağır metal kirliliği ve toprak ilişkisi çalışılmaya başlanmış ve son 24 yıllık süreçte ülkemiz ilk 10 listesinde kendisini 6. sıraya taşımıştır. İlk 10 sıraya bakıldığında çoğu çalışmada olduğu gibi ilk sırada yer alan ülkelerin bilimsel alanda öne çıkan ülkeler olduğu görülmektedir.

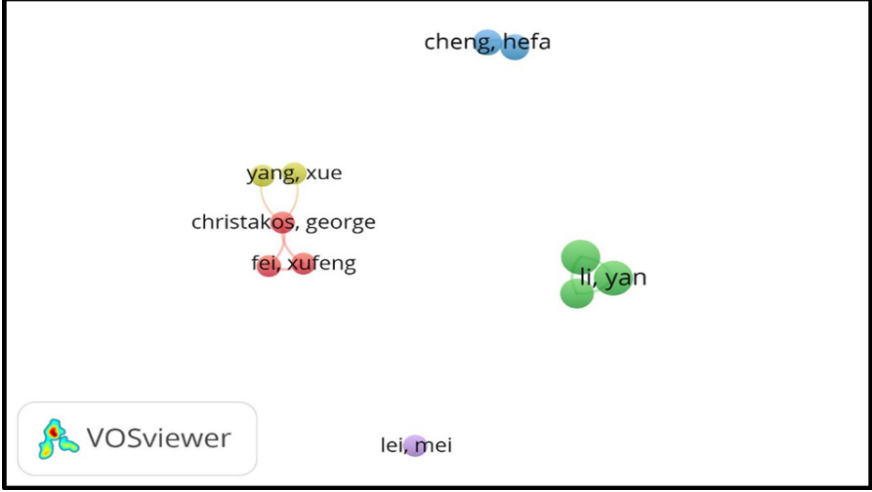
Çizelge 1: 2000–2023 Yılları Arasında En Çok Yayın Yapan Ülkeler (İlk 10)

Sıralama	Ülkeler	Yayın Sayısı	Atıf Sayısı
1	Çin Halk Cumhuriyeti	451	16531
2	Rusya	38	367
3	Polonya	31	974
4	ABD	30	1705
5	Hindistan	29	600
6	Türkiye	28	604
7	İran	27	539
8	Romanya	26	335
9	Nijerya	22	382
10	İspanya	19	860

2.3. Toprak ve Ağır metal Konusunda En çok yayını Bulunan Yazarlar ve Atıf Durumları

Toprak ve ağır metal hakkında en çok yayını bulunan yazarların araştırıldığı çalışmada 3443 yazar içerisinde en az 5 yayını bulunan yazarlardan öne çıkanların oluşturduğu bibliyometrik analiz haritası Şekil 4’te, en çok yayını bulunan yazarların ve atıf durumlarının ilk 10 listesi Çizelge 2’de verilmiştir. Yazarların bibliyometrik haritasının bulunduğu görsele bakıldığında 5 farklı kümeleme (Renk, Cluster)) görülmektedir. Şekil 4’te yer alan görselde yuvarlak renklerden en büyük olanların sıralamada önde olduğu görülmektedir. Bu kümeleme birbiri ile ilişkisi olan grupları temsil etmektedir. En çok yayını bulunan yazarlar incelendiğinde 1. sırada Li, Yan 8 yayın ve 590 atıf ile yer almakta iken onu sırası ile Shi, Zhou 8 yayın ve 493 atıf, Hu, Bifeng 7 yayın ve 731 atıf ile takip etmektedir. Çizelge 2’ye göre yayın sayısı

bakımından 3. sırada yer alan Hu, Bifeng atıf sayısı bakımından en yüksek atıfa sahip görülmektedir.



Şekil 4: 3443 yazar arasından toprak ve ağır metal konusunda en az 5 yayını olan yazarlardan öne çıkan yazarlar

Çizelge 2: 3443 yazar arasından toprak ve ağır metal konusunda en çok yayını ve o yayınlara en çok atıfı bulunan ilk 10 yazar listesi

Sıralama	Yazarlar	Yayın Sayısı	Atıf Sayısı
1	Li, Yan	8	590
2	Shi, Zhou	8	493
3	Hu, Bifeng	7	731
4	Cheng, Hefa	6	595
5	Hu, Yuanan	6	595
6	Christakos, George	5	225
7	Fei, Xufeng	5	130
8	Lei, Mei	5	299
9	Lv, Xiaonan	5	130
10	Yang, Xue	5	173

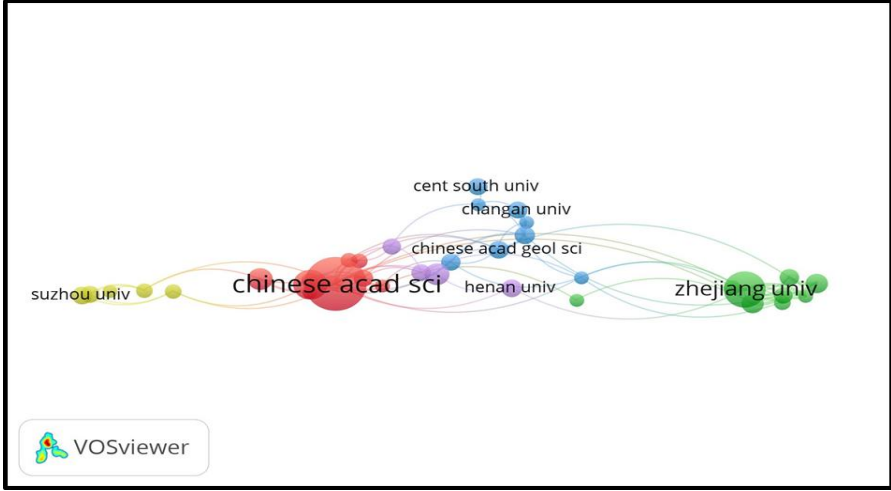
Elde edilen veriler sayesinde Ağır metal ve toprak ilişkili çalışmalarda öncü isimlerin kimler olduğu görülmektedir. Bu sayede kimlerle bağlantı kurulması gerektiği bilgisine sahip olmaktayız. Çizelge 1’de yer alan ülkeler sıralamasında önce olan ülkenin bilim insanlarının da ilk sıralarda olması gayet normal bir durumdur.

2.4. Toprak ve Ağır metal Konusunda En çok yayını Bulunan Kurumlar ve Atıf Durumları

Son 24 yıllık süreç incelendiğinde ağır metal ve toprak eksenli çalışmaların trendi takip edildiğinde en çok yayını bulunan kurumların yayın sayısı ve atıf durumlarının ilk 10 listesi Çizelge 3’te 1033 kurum içerisinde en az 5 yayını olan ve öne çıkan kurumların bibliyometrik analizine ait harita Şekil 5’te verilmiştir. Şekil 5 incelendiğinde 1033 kurum içerisinde en az 5 yayını olan kurumların 5 farklı kümeleme (Renk) gerçekleştirdiği görülmektedir. Şekil 5’te yer alan görselde yuvarlak renklerden en büyük olanların sıralamada önde olduğu görülmektedir. Elde edilen verilere göre ilk 10 listesinde yer alan ilk 3 kurumun sırası ile 75 yayın ve 3782 atıf ile Chinese Acad Sci, 35 yayın ve 3251 atıf ile Zhejiang Univ ve 23 yayın ve 706 atıf ile Univ Chinese Acad Sci yer aldığı görülmektedir.

Elde edilen verilerin ışığında ağır metal ve toprak ile ilgili çalışmalarda öne çıkan kurumların bilinmesi sayesinde konu hakkında başvurulacak yetkili kurumlar ile iletişime geçilip ortak çalışmalarda bulunulabilir. Çizelge 1 ve Çizelge 2’deki bilgiler ile Çizelge 3 karşılaştırıldığında

Çin'deki bilimsel çalışmaların daha çok ön plana çıktığı ve bilimsel çalışmalara önem verdikleri görülmektedir.



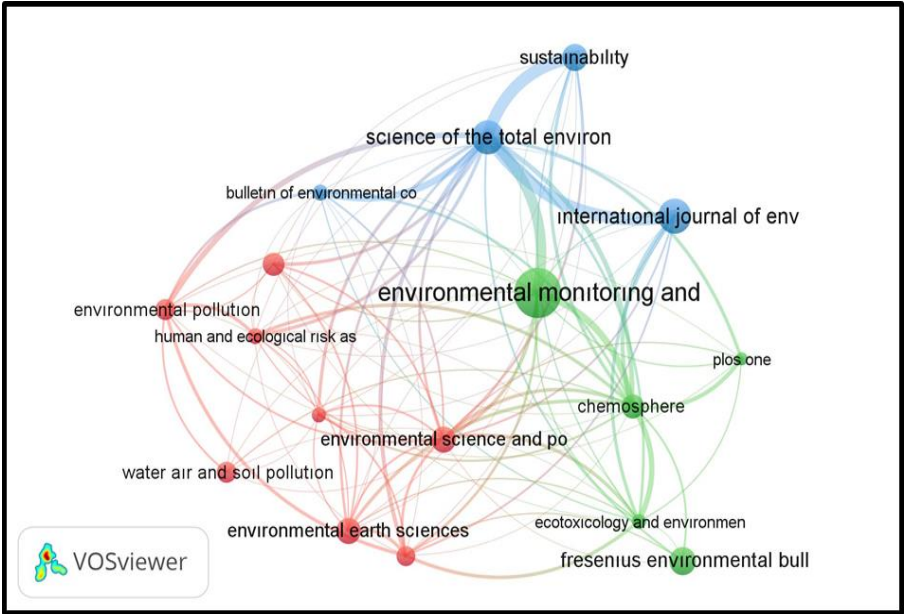
Şekil 5: 1033 Kurum Arasında En Çok Yayımlanan Kurumlardan Öne Çıkanlar

Çizelge 3: 1033 Kurum İçerisinde Toprak ve Ağır Metal Konusunda En Çok Çalışmaya Sahip Olan Kurumların İlk 10 Listesi

Sıralama	Kurumlar	Yayın Sayısı	Atıf Sayısı
1	Chinese Acad Sci	75	3782
2	Zhejiang Univ	35	3251
3	Univ Chinese Acad Sci	23	706
4	Beijing Normal Univ	13	1153
5	Nanjing Univ	13	3101
6	Russian Acad Sci	12	63
7	Huazhong Agr Univ	10	276
8	Minist Agr & Rural Affairs	10	129
9	Agr Univ Krakow	9	121
10	Chinese Acad Geol Sci	9	226

2.5. Toprak ve Ağır Metal Konusunda Son 24 Yılda En Çok Yayını Yayınlayan Dergilerin Dağılımı

Toprak ve ağır metal birlikteliğinin bulunduğu çalışmaların gönderildiği ve yayınlandığı dergiler incelendiğinde 354 dergi içerisinde en az 10 yayını kabul edip yayınlayan dergilerden öne çıkan dergilerin gösterildiği bibliyometrik analiz haritası Şekil 6’da, bu dergilerden en çok yayın alan ve en çok atıf alan dergilerin ilk 10 listesi de Çizelge 4’te verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde en çok yayın alan dergilerin kendi arasında 3 farklı kümeleme (Renk, Cluster) oluşturduğu görülmektedir. Şekil 6’da yer alan görselde yuvarlak renklerden en büyük olanların sıralamada önde olduğu görülmektedir.



Şekil 6: 354 Dergi İçerisinde En Çok Toprak ve Ağır Metal Konusunda Yayın Yayınlayan Kurumlardan En Az 10 Yayını Olup Öne Çıkanlar

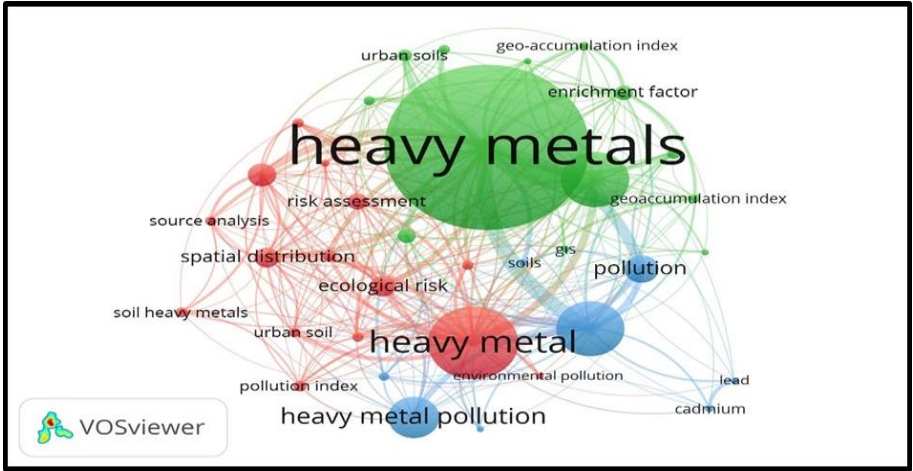
Çizelge 4'te yer alan bilgilere göre 354 dergi arasında en çok yayını yayınlayan ve bu yayınlara en çok atıf alan ilk 10 dergi içerisinde ilk 3 dergi sırası ile 37 yayın ve 1094 atıf ile Environmental Monitoring And Assessment 1. sırada yer alırken 26 yayın ve 643 atıf ile International Journal of Environmental Research and P. H. Dergisi 2. sırada 25 yayın ve 3959 atıf ile Science of the Total Environment dergisi 3. olmuştur. Atıfların durumu incelendiğinde en çok atıfın 3. sırada yer alan Science of the Total Environment dergisine yapıldığı görülmektedir. Dergilerin ağır metal ve toprak ile ilgili çalışmalarındaki trendin bilinmesi, konunun muhataplarına çalışmaların doğrudan gönderilip zaman kaybedilmeden bilime yararlı yayınlar yazılabilmesi ve konu hakkındaki çalışmaların daha rahat yayınlanabilmesi bakımından son derece önemlidir.

Çizelge 4: 354 Dergi İçerisinde En Çok Toprak ve Ağır Metal Konusunda Yayın Yayımlayan Dergilerin İlk 10 Listesi

Sıralama	Dergiler	Yayın Sayısı	Atıf Sayısı
1	Environmental Monitoring and Assessment	37	1094
2	International Journal of Environmental Research and P.H.	26	643
3	Science of the Total Environment	25	3959
4	Fresenius Environmental Bulletin	21	51
5	Sustainability	20	131
6	Environmental Earth Sciences	19	476
7	Environmental Science and Pollution Research	19	858
8	Chemosphere	18	2619
9	Polish Journal of Environmental Studies	17	338
10	Environmental Pollution	16	1152

2.6. Toprak ve Ağır Metal Konusunda Son 24 Yılda En Çok Kullanılan Anahtar Kelimelerin Dağılımı

Son 24 yılda 1879 farklı anahtar kelimenin kullanıldığı toprak ve ağır metal konusunda en az 10 defa kullanılan anahtar kelimelerden öne çıkanlar Şekil 7’de verilirken en çok kullanılan anahtar kelimeler ise Çizelge 5’te verilmiştir. Şekil 7’ye bakıldığında büyüklük olarak önce olan renklerin ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir.



Şekil 7: 1879 Farklı Anahtar Kelimenin Kullanıldığı Toprak ve Ağır Metal Konusunda En Az 10 Defa Kullanılan Anahtar Kelimelerden Öne Çıkanlar

Çizelge 5’teki veriler incelendiğinde ağır metal ve toprak birlikteliği ile ilgili çalışmalarda en çok kullanılan ilk 10 anahtar kelime sıralamasında ilk 3 anahtar kelime sırası ile 304 defa kullanım ile Heavy Metals, 135 defa kullanımla Heavy Metal ve 102 defa kullanımla Soil kelimeleri şeklindedir. Bir çalışmada kullanılan anahtar kelimelerin bilinmesi o

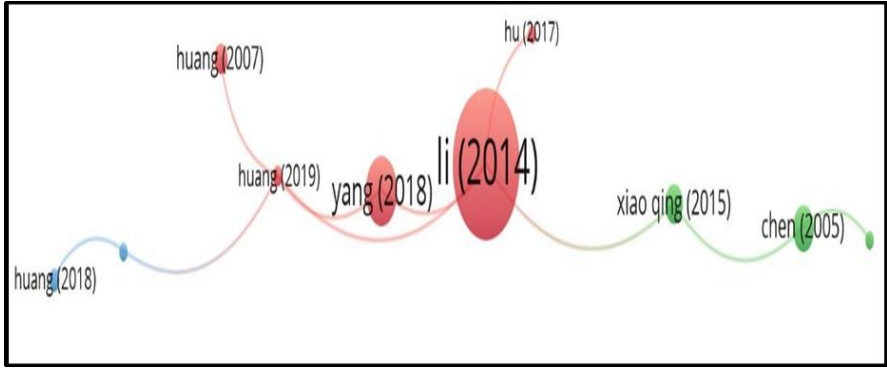
çalışmaya ve ona benzer çalışmalarda erişim konusunda insanlara kolaylık sağlamaktadır.

Çizelge 5: 1879 Farklı Anahtar Kelimenin Kullanıldığı Toprak ve Ağır Metal Konusunun İlk 10 Listesi

Sıralama	Anahtar Kelimeler	Kullanım Sıklığı
1	Heavy Metals	304
2	Heavy Metal	135
3	Soil	102
4	Soil Pollution	102
5	Heavy Metal Pollution	76
6	Pollution	51
7	Pollution Assessment	43
8	Ecological Risk	38
9	Spatial Distribution	37
10	Risk Assessment	30

2.7. Son 24 Yıllık Süreçte Toprak ve Ağır Metal Konusunda En Çok Atıf Alan Yayınlar

Son 24 yıllık süreçte toprak ve ağır metal birlikteliği ile ilgili yapılan çalışmalardan en çok atıf alan yayınların bulunduğu görsel haritalama Şekil 8’de, en çok atıf alan yayınların ilk 10 sıralaması da Çizelge 8’de verilmiştir. Şekil 8’de görüleceği üzere 3 farklı ren yani 3 farklı kümeleme mevcuttur. En büyük olan toprakların ilk sıralarda yer aldığı görülmektedir.



Şekil 8: Son 24 Yılda Ez Az 200 Atıf Alan Yayınlarından Öne Çıkanlar

Çizelge 6: Son 24 Yıllık Süreçte En Çok Atıf Alan Yayınların İlk 10 Listesi

Sıralama	Yayın İsmi	Yazar ve Yıl	Atıf Sayısı
1	A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment	(Li ve ark., 2014)	1818
2	A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment	(Yang ve ark., 2018)	845
3	Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China	(Chen ve ark., 2005)	560
4	Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh	(Bhuiyan ve ark., 2010)	534
5	Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China	(Qing ve ark., 2015)	492
6	The influence of soil heavy metals pollution on soil microbial biomass, enzyme activity, and community composition near a copper smelter	(Wang ve ark., 2007)	403
7	Survey of heavy metal pollution and assessment of agricultural soil in Yangzhong district, Jiangsu Province, China	(Huang ve ark., 2007)	370
8	Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization	(Hu ve ark., 2013)	351
9	Assessment: of heavy metal pollution in wetland soils from the young and old reclaimed regions in the Pearl River Estuary, South China	(Bai ve ark., 2011)	330
10	Heavy metal pollution and health risk assessment of agricultural soils in a typical peri-urban area in southeast China	(Huang ve ark., 2018)	304

Çizelge 6'daki ilk 10 listesi incelendiğinde 2014 yılında "Li" tarafından yayınlanan ve 1818 atıf alan "A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment"

çalışmasının 1. sırada, 2018 yılında “Yang” tarafından yayımlanan ve 845 atıf alan “**A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment**” çalışmasının 2. sırada ve 2005 yılında “Chen” tarafından yayımlanan ve 560 atıf alan “**Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China**” çalışmasının 3. sırada yer aldığı görülmektedir.

2.8. Son 24 Yıllık Süreçte Toprak ve Ağır Metal Konusunun En Çok Çalışıldığı Alanlar

Son 24 yıllık süreçte ağır metal ve toprak birlikteliği ile ilgili alanların ilk 10 listesi Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7: Toprak ve Ağır Metal Konusunun En Çok Çalışıldığı Alanların İlk 10 Listesi

Sıralama	Araştırma Alanı	Araştırma Sayısı	Araştırma Yüzdesi (%)
1	Environmental Sciences Ecology	547	64.7
2	Engineering	138	16.3
3	Agriculture	77	9.1
4	Water Resources	74	8.8
5	Science Technology Other Topics	65	7.7
6	Geology, Public Environmental Occupational	63	7.5
7	Health	54	6.4
8	Chemistry	42	5.0
9	Toxicology	41	4.9
10	Materials Science	35	4.1

Çizelge 7'ye göre ilk sırayı 547 yayın %64.7'lik pay ile “Environmental Sciences Ecology” (Çevre Bilimleri Ekolojisi) 2. sırayı 138 yayın %16.3'lik pay ile “Engineering” (Mühendislik) 3. sırayı 77 yayın %9.1 pay ile “Agriculture” (Tarım) alanı almaktadır.

2.9. Son 24 Yıllık Süreçte Toprak ve Ağır Metal Konusuna En Çok Destek Veren Kuruluşlar

Son 24 yıllık süreçte ağır metal ve toprak ile ilgili çalışmalara destek veren kuruluşlar Çizelge 8'de verilmiştir. Çizelge 8 incelendiğinde 1. sırada 201 yayın %23.787 pay ile “**National Natural S. F. of China Nsfc**”, 2. sırada 35 yayın %4.142 pay ile “**National Key R. and D. Program of China**” 3. sırada 22 yayın %2,604 pay ile “**Fundamental R. Funds For The C. Uni**” kuruluşunun yer aldığı görülmüştür.

Çizelge 8: Ağır Metal ve Toprak Konusuna En Çok Destek Veren Kuruluşların İlk 10 listesi

Sıralama	Araştırma Alanı	Araştırma Sayısı	Araştırma Yüzdesi (%)
1	National Natural S. F. of China Nsfc	201	23.787
2	National Key R. and D. Program of China	35	4.142
3	Fundamental R. Funds For The C. Uni.	22	2.604
4	National Key R. D. Prog. of China	13	1.538
5	Chinese Academy of Sciences	11	1.302
6	Russian Foundation for Basic R. Rfbr	11	1.302
7	China Postdoctoral Science Foundation	8	0.947
8	National Basic R. Program of China	7	0.828
9	Natural Science F. of Shandong Province	7	0.828
10	China Scholarship Council	6	0.710

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

21. y.y.'da ağır metal ve toprak ile ilgili yapılan çalışmaların bibliyometrik analizi yapılmış ve analiz sonucu elde edilen veriler maddeler şeklinde sunulmuştur.

- ✓ Yayınların en çok yayınlandığı yılın 118 yayın ile 2022 yılı olduğu, toplam 845 yayının yarısından fazlasının 2018-2023 yılları arasında yapıldığı,
- ✓ En çok yayının (451) Çin Halk Cumhuriyeti'nin yayınladığını ve atıf alma durumunda da (16531 atıf) birinci sırada yer aldığı,
- ✓ En çok yayını bulunan yazarlar incelendiğinde 1. sırada Li, Yan'ın 8 yayın ve 590 atıf ile yer almakta olduğu,
- ✓ En çok yayını olan kurumun 75 yayın ve 3782 atıf ile Chinese Acad Sci, olduğu
- ✓ En çok atıf alan ilk 10 dergi içerisinde 37 yayın ve 1094 atıf ile Environmental Monitoring and Assessment'in 1. sırada yer aldığı,
- ✓ En çok kullanılan anahtar kelimenin 304 defa kullanım ile Heavy Metals olduğu,
- ✓ 2014 yılında "Li" tarafından yayınlanan ve 1818 atıf alan "A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment" çalışmasının 1. sırada yer aldığı

- ✓ En çok çalışılan alanın 547 yayın %64.7'lik pay ile “Environmental Sciences Ecology” (Çevre Bilimleri Ekolojisi) alanı olduğu ve
- ✓ Destek veren kuruluşlardan 1. sırada 201 yayın %23.787 pay ile “National Natural S. F. Of China Nsf” olduğu görülmektedir.

Elde edilen veriler ışığında bilimsel çalışmalara önem veren ülkelerin ilk sıralarda yer aldığı görülmekte ve bu doğrultuda ülkemizde ağır metal ve toprak ilişkisine yönelik çalışmaların yaygınlaşması gerektiği anlaşılmaktadır. WOS verileri ile üretilen bibliyometrik analiz yöntemine destek olması amacı ile başka veri tabanları ile yapılacak çalışmalar bilime yön vermesi açısından önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Akşahin, V. & Gülser, F. (2022). Tarımsal Açıdan 2000-2022 Yılları Arasında Yapılan Havuç Bitkisi İle İlgili Yayınların Bibliyometrik Analizi. "Sebzecilikte Farklı Yaklaşımlar" (M. Z. Karipçin, ed.). İKSAD, Ankara.
- Akşahin, V., Işık, M., Öztürk, F., Jan, S.U., & Ortaş, İ. (2019). Effect of phosphorus (P) level application on soil structure development. International Soil Congress 2019, ss. 375-379, Ankara, Turkey.
- Akşahin, V. & Ortaş, I. (2022). Bibliometric Analysis of scientific research articles on water and drought between 2000-2022. International Congress and Workshop on Agricultural Structures and Irrigation, ss. 63-78, 12-15 Mayıs, 2022, Diyarbakır, Türkiye.
- Analytics, C. (2021). Web of Science Platform: Web of Science: Summary of Coverage. Vol. 17.05.2021.
- Andreo-Martinez, P., Ortiz-Martinez, V.M., Garcia-Martinez, N., Lopez, P.P., Quesada-Medina, J., Camara, M.A., & Oliva, J. (2020). A descriptive bibliometric study on bioavailability of pesticides in vegetables, food or wine research (1976-2018). *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 77.
- Ano-Vidal, C. & Sanchez-Diaz, J. (2018). Bibliometric analysis of the scientific production on soil erosion in Andalusia (1964-2008). *Revista De Estudios Andaluces*, 35(1): 193-213.
- Bai, J., Xiao, R., Cui, B., Zhang, K., Wang, Q., Liu, X., Gao, H., & Huang, L. (2011). Assessment of heavy metal pollution in wetland soils from the young and old reclaimed regions in the Pearl River Estuary, South China. *Environmental Pollution*, 159(3): 817-824.
- Bezak, N., Mikos, M., Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J. A.A., Baartman, J., Ballabio, C., Biddoccu, M., Cerda, A., Chalise, D., Chen, S.C., Chen, W., De Girolamo, A.M., Gessesse, G.D., Deumlich, D., Diodato, N., Efthimiou, N., Erpul, G., Fiener, P., Freppaz, M., Gentile, F., Gericke, A., Haregeweyn, N., Hu, B.F., Jeanneau, A., Kaffas, K., Kiani-Harchegani, M., Villuendas, I.L., Li, C.J., Lombardo, L., Lopez-Vicente, M., Lucas-Borja,

- M.E., Maerker, M., Miao, C.Y., Modugno, S., Moller, M., Naipal, V., Nearing, M., Owusu, S., Panday, D., Patault, E., Patriche, C.V., Poggio, L., Portes, R., Quijano, L., Rahdari, M. R., Renima, M., Ricci, G.F., Rodrigo-Comino, J., Saia, S., Samani, A.N., Schillaci, C., Syrris, V., Kim, H.S., Spinola, D.N., Oliveira, P.T., Teng, H.F., Thapa, R., Vantas, K., Vieira, D., Yang, J. E., Yin, S.Q., Zema, D.A., Zhao, G.J., & Panagos, P. (2021). Soil erosion modelling: A bibliometric analysis. *Environmental Research*, 197.
- Bhuiyan, M.A., Parvez, L., Islam, M., Dampare, S.B., & Suzuki, S. (2010). Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural soils in the northern part of Bangladesh. *Journal of Hazardous Materials*, 173(1-3): 384-392.
- Chen, T.-B., Zheng, Y.-M., Lei, M., Huang, Z.-C., Wu, H.-T., Chen, H., Fan, K.-K., Yu, K., Wu, X., & Tian, Q.-Z. (2005). Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China. *Chemosphere*, 60(4): 542-551.
- Cui, M.Q., Wu, C., Jiang, X.X., Liu, Z.Y., & Xue, S.G. (2019). Bibliometric analysis of research on soil arsenic during 2005-2016. *Journal of Central South University*, 26(2): 479-488.
- Çomaklı, E. (2021). Toprak organik karbonu ve toprak organik karbon stokları üzerine 1970-2021 yılları arasında yapılan araştırmaların bibliyometrik analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25: 517-524.
- Dağhan, H. (2011). Doğal kaynaklarda ağır metal kirliliğinin insan sağlığı üzerine etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 15-25.
- Fergusson, J.E., Hayes, R.W., Yong, T.S., & Thiew, S.H. (1980). Heavy-metal pollution by traffic in Christchurch, New-Zealand - lead and cadmium content of dust, soil, and plant-samples. *New Zealand Journal of Science*, 23(3): 293-310.
- Goh, K.H. & See, K.F. (2021). Twenty years of water utility benchmarking: A bibliometric analysis of emerging interest in water research and collaboration. *Journal of Cleaner Production*, 284.
- Guo, K., Liu, Y. F., Zeng, C., Chen, Y.Y., & Wei, X.J. (2014). Global research on soil contamination from 1999 to 2012: A bibliometric analysis. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 64(5): 377-391.

- Gülser, F. & Sönmez, F. (2015). Effects of mycorrhizae and salicylic acid on growth, cadmium content and uptake of maize (*Zea mays* L.) seedlings in cadmium contaminated media. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 8(1): 133-141.
- He, H. L., Dyck, M., & Lv, J.L. (2020). The heat pulse method for soil physical measurements: A bibliometric analysis. *Applied Sciences-Basel*, 10(18).
- Hu, Y., Liu, X., Bai, J., Shih, K., Zeng, E. Y., & Cheng, H. (2013). Assessing heavy metal pollution in the surface soils of a region that had undergone three decades of intense industrialization and urbanization. *Environmental Science and Pollution Research*, 20: 6150-6159.
- Huang, S., Liao, Q., Hua, M., Wu, X., Bi, K., Yan, C., Chen, B., & Zhang, X. (2007). Survey of heavy metal pollution and assessment of agricultural soil in Yangzhong district, Jiangsu Province, China. *Chemosphere*, 67(11): 2148-2155.
- Huang, X., Wang, K.R., Zou, Y.W., & Cao, X.C. (2021). Development of global soil erosion research at the watershed scale: A bibliometric analysis of the past decade. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(10): 12232-12244.
- Huang, Y., Chen, Q., Deng, M., Japenga, J., Li, T., Yang, X., & He, Z. (2018). Heavy metal pollution and health risk assessment of agricultural soils in a typical peri-urban area in southeast China. *Journal of Environmental Management*, 207: 159-168.
- Kasavan, S., Yusoff, S., Fakri, M.F.R., & Siron, R. (2021). Plastic pollution in water ecosystems: A bibliometric analysis from 2000 to 2020. *Journal of Cleaner Production*, 313.
- Kulak, M., Ozkan, A., & Bindak, R. (2019). A bibliometric analysis of the essential oil-bearing plants exposed to the water stress: How long way we have come and how much further? *Scientia Horticulturae*, 246: 418-436.
- Li, Q.J., Guo, X.X., & Zhang, L.H. (2020). Bibliometric Analysis of Water Resource Management. *Journal of Coastal Research*, 210-214.

- Li, Y.Z., Liu, J.S., Yang, H.Y., Chen, J.X., & Xiong, J. (2021). A bibliometric analysis of literature on vegetable prices at domestic and international markets-A knowledge graph approach. *Agriculture-Basel*, 11(10).
- Li, Z., Ma, Z., van der Kuijp, T. J., Yuan, Z., & Huang, L. (2014). A review of soil heavy metal pollution from mines in China: Pollution and health risk assessment. *Science of the Total Environment*, 468: 843-853.
- Liu, S.N., Lei, Y., Zhao, J. S., Yu, S.X., & Wang, L. (2021). Research on ecosystem services of water conservation and soil retention: a bibliometric analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(3): 2995-3007.
- Liu, Y.N., Wu, K.N., & Zhao, R. (2020). Bibliometric analysis of research on soil health from 1999 to 2018. *Journal of Soils and Sediments*, 20(3): 1513-1525.
- Mao, G.Z., Shi, T.T., Zhang, S., Crittenden, J., Guo, S.Y., & Du, H.B. (2018). Bibliometric analysis of insights into soil remediation. *Journal of Soils and Sediments*, 18(7): 2520-2534.
- Mokhnacheva, Y.V. & Tsvetkova, V.A. (2020). Bibliometric analysis of soil science as a scientific area. *Eurasian Soil Science*, 53(6): 838-844.
- Oliveira, J.D. (2020). A bibliometric analysis of soil research in Brazil 1989-2018. *Geoderma Regional*, 23.
- Oliveira, J.D. & Pereira, M.G. (2020). Analyzing the research on phosphorus fractions and phosphorus legacy in soil: a bibliometric analysis. *Journal of Soils and Sediments*, 20(9): 3394-3405.
- Pan, X.Y., Lv, J.L., Dyck, M., & He, H.L. (2021). Bibliometric analysis of soil nutrient research between 1992 and 2020. *Agriculture-Basel*, 11(3).
- Qing, X., Yutong, Z., & Shenggao, L. (2015). Assessment of heavy metal pollution and human health risk in urban soils of steel industrial city (Anshan), Liaoning, Northeast China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 120: 377-385.
- Renzi, M., Pauna, V.H., Provenza, F., Munari, C., & Mistri, M. (2020). Marine litter in transitional water ecosystems: State of the art review based on a bibliometric analysis. *Water*, 12(2).
- Seven, T., Büşra, C., Darende, B.N., & Sevda, O. (2018). Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2): 91-103.

- Vergidis, P.I., Karavasiou, A.I., Paraschakis, K., Bliziotis, I.A., & Falagas, M.E. (2005). Bibliometric analysis of global trends for research productivity in microbiology. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 24(5): 342-345.
- Vieira, A.F., Moura, M., & Silva, L. (2021). Soil metagenomics in grasslands and forests-A review and bibliometric analysis. *Applied Soil Ecology*, 167.
- VOSviewer (2021). VOSviewer software.
- Wang, M.H., Yu, T.C., & Ho, Y.S. (2010). A bibliometric analysis of the performance of Water Research. *Scientometrics*, 84(3): 813-820.
- Wang, Y., Shi, J., Wang, H., Lin, Q., Chen, X., & Chen, Y. (2007). The influence of soil heavy metals pollution on soil microbial biomass, enzyme activity, and community composition near a copper smelter. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 67(1): 75-81.
- Wang, Y.P., Liu, W.Z., Li, G., Yan, W.M., & Gao, G.Y. (2019). A bibliometric analysis of soil and water conservation in the Loess Tableland-Gully Region of China. *Water*, 11(1).
- Yang, Q., Li, Z., Lu, X., Duan, Q., Huang, L., & Bi, J. (2018). A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: Pollution and risk assessment. *Science of the Total Environment*, 642: 690-700.
- Yap, H.S., Zakaria, N.N., Zulkharnain, A., Sabri, S., Gomez-Fuentes, C., & Ahmad, S.A. (2021). Bibliometric analysis of hydrocarbon bioremediation in cold regions and a review on enhanced soil bioremediation. *Biology-Basel*, 10(5).
- Yerlikaya Anlı, R., Akşahin, V., Dündar, Ş., & Ahmet, N.A.S.E. (2022). Cadmium pollution impairs maize growth and uptake of cationic essential nutrients. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1): 144-153.
- Zhang, H.L., Liu, X.Y., Yi, J., Yang, X.F., Wu, T.I., He, Y., Duan, H., Liu, M.X., & Tian, P. (2020). Bibliometric analysis of research on soil water from 1934 to 2019. *Water*, 12(6).

BÖLÜM 4

TIBBİ SÜS BİTKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi Hülya HOŞGÖREN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10455859>

¹Dicle Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Diyarbakır-Türkiye.
hulyah@dicle.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3528-3157

1. GİRİŞ

Süs bitkileri, evlerde, bahçelerde ve peyzaj tasarım projelerinde dekoratif amaçlı olarak yetiştirilen bitkilerdir. Süs bitkileri yetiştiriciliğine “çiçekçilik” denir ve bahçeciliğin önemli bir dalını oluşturur. Süs bitkileri, görsel çekiciliğinin yanı sıra; bir taraftan koku duyusuna da hitap ederek, hoş kokularıyla sinek kuşlarını ve kelebekleri çekerken, diğer taraftan da karınca, sivrisinek ve sinek gibi dış mekan zararlılarını ortamdaki uzaklaştırır (Rawat, 2019).

1.1. Süs Bitkilerinin Kullanım Alanları

Süs bitkileri, görsel açıdan çekici olmasından çok daha fazlasıdır. Tarih boyunca çok değişik alanlarda kullanılmıştır (Hurrell, 2016).

- Yemeklere farklı bir tat katan uçucu yağ ve alkaloidler içeren birçok süs bitkisi (nane, biberiye, fesleğen vb.) yemek pişirmede kullanılır.
- Dünyadaki birçok şehirde hava kirliliği önemli bir sorundur. Bir bahçe tasarlarken göz önünde bulundurulması gereken önemli bir faktör de bitkilerin kirliliği emme derecesidir (Sansevieria, Spathiphyllum ve Aglaonema). Kuşlar ve böcekler arasında sağlıklı bir denge kurulmasına katkıda bulunarak haşerelerin bahçelere yayılma riskini azaltır (Antisari ve ark., 2015).

- Birçok yaban hayatı türüne barınak ve beslenme sağlar. Suda yetişen süs bitkileri, akvaryuma doğal bir görünüm kazandırır ve balıklara besin sağlar.
- Yeni inşa edilen binaların iklimlendirme için sıkı bir şekilde kapatılması ile iç mekan hava kalitesi bozulur. Bu durum ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. Bazı iç mekan süs bitkileri, havadaki benzen, karbon monoksit ve formaldehit gibi zararlı maddeleri uzaklaştırarak hava kalitesini iyileştirerek, kirlilikten arınmış ev ve ofisler sağlar (Cragg ve ark., 1997).
- Feng Shui'de önemli bir rol oynar. Yuvarlak, sarkık yapraklı süs bitkileri “yin” enerjisi üretir ve sakinlik hissi yayar. Özellikle duygusal depresyona giren kişilerde stresi azaltarak ruh halini iyileştirir (Wei ve ark., 2017).
- Lavanta, gül, papatya, ebegümece gibi birçok çiçek güzel kokusundan dolayı parfüm, sabun, yağ vb. yapımında kullanılabilir (Kennedy & Wightman, 2011).
- Pek çok süs bitkisi, yerel halk tarafından doğrudan bitkilerden antioksidan elde etmek için şurup veya meyve suyu veya çay yapımında kullanılmaktadır (Mahomoodally, 2013).
- Süs bitkilerinin bazıları da, içeriklerindeki fenolik bileşikler, karotenoidler, antioksidanlar, uçucu yağlar ve diğer ikincil metabolitler gibi birçok biyoaktif bileşiklerden dolayı tıbbi kullanım için de yetiştirilmektedir.

1.2. Ss Bitkilerinin Tıbbi Kullanımları

Bitkisel ilaçlar, geniş biyolojik ve tıbbi aktiviteleri, daha yüksek güvenlik marjları ve daha düşük maliyetleri nedeniyle, birinci basamak sağlık hizmetlerinde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde büyük talep görmektedir (Padma, 2005). Herhangi bir yan etkisi olmadığı için genel halk tarafından rahatlıkla kullanılabilirler ancak kullanım şekli ve miktarları doğru bilinmelidir.

2. TIBBİ OLARAK KULLANILAN SS BİTKİLERİNDEN EN FAZLA GÖZE ÇARPANLAR

2.1. Gl (*Rose sp.*)

Gl, gl çalıları, minyatür gller ve sarmaşık glleri gibi farklı form ve renkte dış ve iç mekan ss bitkilerinden en çok bilinendir. Yapılan çalışmalarda, yaprak özlerinin taşıdıkları antosiyaninlerden dolayı yüksek oranda antifungal, antiseptik, antienflamatuar ve adet düzenleyici etki gösterdiği belirtilmiştir (Akhmadieva ve ark., 1993; Das ve ark., 2014) (şekil 1).



şekil 1: Gl (©2023-2024, Treloar Roses) şekil 2: Petunya (©2017-2023 Wikifarmer)

2.2. Petunya (*Petunia sp.*)

En popüler bahçe ve önemli bir kesme çiçek ürünüdür. Petunya, anti-mikrobiyal özelliğe sahip etkili bir ilaçtır (Rahman ve ark., 2008). Yapraklarındaki kimyasal bileşiklerin etkisiyle, geniş bir böcek yelpazesine karşı aktivite göstermektedir (Kays ve ark., 1994) (Şekil 2).

2.3. Lavanta (*Lavandula angustifolia*)

Kokulu çiçekleri ve aromatik yapraklarıyla en popüler esansiyel yağlardan birinin kaynağıdır ve solunduğunda kısa süreli hafızayı iyileştirme, stres giderme ve rahatlama gibi birçok faydaya sahiptir (Duke, 1989; Evans, 1989) (Şekil 3). Fitokimyasal çalışmalar, linalool, linalil asetat ve diğer bazı mono ve seskiterpenlerin, luteolin gibi flavonoidlerin, ursolik asit gibi triterpenoidlerin ve umbelliferon ve kumarin gibi kumarinlerin bitkinin toprak üstü kısımlarının ve çiçeklerinin ana bileşenleri olduğunu ortaya koymuştur (Omidbaigi, 2000).

Lavanta, dünyanın farklı bölgelerindeki geleneksel ve halk ilaçlarında çeşitli gastrointestinal, sinirsel ve romatizmal rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Leung & Foster, 1996). Bitkinin infüzyonları İran halk ve geleneksel tıbbında; gaz giderici, idrar söktürücü, anti-epileptik, anti-romatizmal ve özellikle sinirsel baş ağrısı ve migrende ağrı kesici olarak kullanılmıştır (Renaud ve ark., 2011).



Şekil 3: Lavanta (©2023 Bluestone Perennials Inc.)

2.4. Gerbera Papatyası (*Gerbera piloselloides*)

Açık alanlarda ve orman kenarlarında yayılan çok yıllık bir bitkidir (Şekil 4). Çalışmalar bitkide, kumarinler, flavonoidler, fenoller, polisakkaritler, süksinik asit, izoborneol ve β -sitosterolün varlığını ve ekstraktlarının antitüsif aktiviteye sahip olduğunu ortaya koymuştur (Halim ve ark., 1980).



Şekil 4: Gerbera (©2023 Etsy Inc.) Şekil 5: Kasımpatı (©2023 Bluestone Perennials, Inc.)

Bitkiden elde edilen kumarinlerin in vitro ve in vivo olarak geniş spektrumlu anti-tümör ve antibakteriyel aktivitelere sahip olduğu

bulunmuş ve potansiyel yeni kanser kemoprevensiyon ajanları olarak kabul edilmektedir. Esas etkisi romatizmal ağrılar, artralji, çürükler, burkulmalar ve dizanteride görülürken, Çin halk tıbbında öksürük, boğaz ağrısı, etkili bir anti-enflamatuar olarak da kullanılır (Gu ve ark., 1989; Xiao & Ding, 2002).

2.5. Kasımpatı=Krizantem (*Chrysanthemum morifolium*)

Dünyada yetiştirilen en eski süs ve tıbbi çiçeklerden birini temsil eder. Bu çok yıllık bitkiler ev bitkisi olarak veya bordürde yetiştirilebilmektedir (Hadizadeh ve ark., 2022) (Şekil 5).

Kasımpatı türlerinin temel bileşenleri, flavonoidler, seskiterpenler, triterpenler ve doymamış yağ asitleridir ve bunların hepsi insan sağlığı için büyük fayda sağlar (Hou ve ark., 2020). Tıbbi özellikleri temel olarak antioksidan, antienflamatuar, antimikrobiyal, anti-genotoksik ve antikanser aktivitelerinin yanı sıra hepatoprotektif, nöroprotektif ve bağışıklık düzenleyici etkilerine bağlanmaktadır (Chae, 2016).

Yapraklar, saplar ve kökler dahil olmak üzere bitkinin neredeyse tüm kısımları tedavilerde kullanılabilir. Bu türlerin çiçekleri özellikle kolit, stomatit, boğmaca, pnömoni gibi enflamasyon ve bulaşıcı hastalıkların tedavisinde, baş ağrısı, vertigo ve hipertansiyonun iyileştirilmesinde faydalıdır (Shao ve ark., 2020). Çiçekleri, geleneksel Çin tıbbında anjin tedavisi için bilinen bir kan temizleyici ve koroner arter genişleticidir (Imtiaz ve ark., 2019).

2.6. Yılan Çiçeği (*Sansevieria trifasciata*)

Popüler bir ev süs bitkisidir. Bitkinin türleri dünya çapında öncelikle bahçelerde, saksılarda, iç mekan bitkileri olarak ve kayalıklarda süs bitkisi olarak yetiştirilmeleriyle bilinmektedir (Gangstad ve ark., 1951) (Şekil 6). Yaprak kesilip, ısıtılır ve ılık suyu ağrıyan kulağa veya dış sıkılırsa, kulak enfeksiyonları, kulak ağrıları ve diş ağrıları için tedavi edici özelliği olduğu bildirilmiştir (Van Wyk & Gericke, 2000). Bel soğukluğu gibi cinsel yolla bulaşan hastalıkların tedavisinde (Kiringe, 2006), sinek sokmalarında da (Owuor & Kisangau, 2006) kullanılmaktadır.

2.7. Orkide (*Orchis sp.*)

Orkideler binlerce yıldır tüberküloz, felç, mide rahatsızlıkları, göğüs ağrısı, artrit, frengi, sarılık, kolera, asitlik, egzama, tümör, basur gibi farklı hastalık ve rahatsızlıkların tedavisinde ilaç kaynağı olarak kullanılmaktadır (Musharof, 2011) (Şekil 7).

Kökleri tıbbi amaçlar için kullanılır. Pakistan ve Hindistan halk tıbbında, sinir ve kas hastalıklarının yanı sıra cinsel işlev bozukluğu ve kardiyovasküler hastalıklar (KVH) için tek başına veya diğer bitkilerle birlikte reçete edilir. Ayrıca ishal, dizanteri ve kronik iltihaplanmanın hafifletilmesinde de etkilidir (Aziz ve ark., 2009).



Şekil 6: Yılan Çiçeği
(©Garden & Greenhouse Magazine)



Şekil 7: Orkide
(©2023 Mordialloc Florist.)

2.8. *Dracaena* (*Dracaena marjinata*)

Karakteristik kırmızı kenarlı, zarif, uzun, ince yapraklarıyla oldukça uzun (tavana kadar) bir ev bitkisidir (Şekil 8). *Dracaena*'nın rahatlamayı teşvik ettiği ve stresi azalttığı bilinmektedir.



Şekil 8: *Dracaena*
(©2023 Digital Trends Media Group)



Şekil 9: Zakkum
(©2003-2023 Shutterstock, Inc.)

Hava temizleme özellikleri havadaki toksinleri yok ederek evlerde rahatlatıcı, temiz bir ortam yaratmaya yardımcı olurken aynı zamanda havadaki toksinleri de ortadan kaldırmaktadır (Israa ve ark., 2018).

Antimikrobiyal, antiviral ve antitümör etki gösterdiği bildirilmiştir (Hameed ve ark., 2015), mutajenik ve antimutajenik aktivite göstergeleri de rapor edilmiştir (Altaee ve ark., 2016).

2.9. Zakkum (*Nerium oleander*)

Zehirli bir çalıdır. Pembe renkli çiçekleriyle bahçelerde yaygın olarak kullanılır (Osterloh ve ark., 1982) (Şekil 9). Son zamanlarda, bitkide bulunan kardenolid, oleandrin üzerine yapılan bilimsel çalışmalar, mutajenezi önlemek için kullanılabilceğini göstermektedir (Zhao ve ark., 2007).

Etnomedikal kullanımları arasında kalp hastalıkları, astım, nasır, kanser ve epilepsi gibi çeşitli rahatsızlıkların tedavisi yer almaktadır. Çiçekten elde edilen yeşil boya cilt hastalıklarının tedavisinde kullanılır ve ayrıca yara iyileştirici ve antienflamatuar özelliğe sahiptir. Kenya'da yaprak ve tohumların sıcak su ekstresi üst solunum yolu ve mide-bağırsak enfeksiyonları için kullanılmaktadır. Güney İtalya'da Calabria'da da bitki yerel folklorik tıbbi sistemlerde sıtma tedavisinde (Manna ve ark., 2000), Fas'ta antidiyabetik olarak (Bnouham ve ark., 2002), Filipinler'in Iloilo kentinde ateş, baş ağrısı ve dermatolojik sorunları tedavi etmenin yanı sıra (Tantiado, 2012), antibakteriyel ve antifungal (Hussain & Gorski, 2004) kullanımlarından da sözedilmektedir.

2.10. Aynısefa (*Calendula officinalis*)

12. yüzyıldan beri yazlık botanik bahçelerinde ve mezarlıklarda hem süs, hem de tıbbi kullanım için bilinen bir bitkidir ve zengin etnomedikal değerler nedeniyle halk arasında uzun bir kullanım geçmişine sahiptir (Şekil 10).

Aynısefa, bitkisel ilaç olarak yüksek ekonomik değere sahiptir ve yakın zamanda ABD'de gıda kullanımı için onaylanmıştır ve Gıda ve İlaç İdaresi'nin (FDA) genel olarak güvenli kabul edilen (GRAS) maddeler listesinde yer almaktadır (Gazim ve ark., 2008). Daha önceki zamanlarda çiçeklerin kaynatılması ile hazırlanan çay, kızamık ve çiçek hastalığını tedavi etmek ve adet akışını bastırmak için kullanılmıştır (Khare, 2004). Bitkinin yine çiçekleri, cilt bakımında sıklıkla kullanılmaktadır (Muley ve ark., 2009). Hindistan'da bitki genellikle kesik, yanık, kızarıklık, kuru cilt, varis ve dermatit tedavisinde önem taşımaktadır (Arora ve ark., 2013).



Şekil 10: Aynısefa
(Epic Gardening ©2023)



Şekil 11: Ekinezya
(©2023 highcountrygardens.com)

2.11. Ekinezya (*Echinacea purpurea*)

Ekinezya, küçük bahçeler için çiçek tarhları olarak veya bordürlerin/yürüyüş yollarının yanında süs amaçlı kullanılan bir bitkidir (Guz ve ark., 2011) (Şekil 11).

Ekinezya çiçeği, polisakkaritler, fenolikler, kaftarik asitler, p-kumarik, kaempferol, glikoproteinler, p-hidroksibenzoik, protokatekuik asitler ve en önemlisi kikorik asitler gibi birçok bileşen içerir. Bitki, soğuk algınlığı ve solunum yolu enfeksiyonuna karşı bağışıklık sistemini arttırıcı özellik gösterir (Manayi ve ark., 2015). Bitki özü, antibiyotik, antiviral, antifungal, kanser önleyici potansiyele sahiptir (Chicca ve ark., 2007) ve yılan sokması, diş ağrısı, soğuk algınlığı ve kuduz benzeri hastalıklara karşı da etkilidir (WHO, 1999).

2.12. Dişotu (*Acmella oleracea*)

Geleneksel tıp ve bahçe bitkisel ilaçları olarak kullanılmaktadır (Şekil 12). Özellikle diş ağrısında kullanılır ve bitkiyi çiğnemek, dile güçlü bir karıncalanma tadı verir ve ağrıları dindirir (Paulraj ve ark., 2013).

Bitki, anti-viral, anti-sıtma, anthelminthic, antinosisepsiyon, anti-bakteriyel, anti-hiperaljezik, anti-fungal, anti-enflamatuar, böcek öldürücü ve analjezik etkileri ile bilinir. Bitkinin çiçek kısımları ve yaprakları, antioksidanları oluşturan C vitamini, fenolik bileşikler, poliaminler, karotenoidler ve peroksidaz aktivitesi içerir. Dişotu ayrıca sıtmaya karşı da etkilidir (Dubey ve ark., 2013). *Tuta absoluta*

haşeresine karşı da böcek ilacı olarak kullanılmaktadır (Moreno ve ark., 2012).



Şekil 12: Dişotu (istock Pinrath Phanpradith)

2.13. Bryofillum (*Bryophyllum calycinum*)

Bahçeler, parklar, yol kenarları, demiryolu hatları, atık alanları, kıyı çevreleri, dere kenarları, açık ormanlık alanlar, ormanlar ve orman kenarlarının yabancı otudur (Şekil 13).



Şekil 13: Bryofillum (©2023 PlantIn)

Önceki farmakolojik çalışmalar, antikanser, antioksidan immünmodülatör, antibakteriyel, antelmantik, antiprotozoal, anti-inflamatuar, analjezik, diürez, antiürolitik, hepatoprotektif, anti peptik ülser, antidiyabetik, yara iyileştirici aktivite gibi pekçok etkiye sahip olduğunu göstermiştir (Akinpelu, 2000). Ayrıca ishal, kusma, mide ekşimesi, kulak ağrısı, epilepsi, hipertansiyon (Ojewole, 2002), diyabet, artrit, üst solunum yolu enfeksiyonları ve gripi tedavi etmek, kas gevşetici, antihistaminik (Supratman ve ark., 2001) ve ateş düşürmek için de kullanılabilirliği bildirilmektedir. Ateşte kavru lan yapraklar derideki yara yerlerine ve cerrahi dikişlere uygulanarak derinin renk değiştirmesi önlenmektedir (Seema, 2012).

2.14. Sardunya (*Pelargonium zonale*)

Bitki, bitkisel ilaçların yanı sıra bahçelerde kullanılan bir süs bitkisidir (Şekil 14). Kimyasal analizler, bitkide fenolik asitler, sinnamik asitler, tanenler, aromanoidler ve kumarinler dahil olmak üzere yaklaşık 65 metabolitin bulunduğunu göstermiştir (Robert & Philip, 2003). Sardunya türleri, Güney Afrika bölgelerinde geleneksel şifacılar Sotho, Xhosa, Khoi-San ve Zulular tarafından ishal, dizanteri, ateş, solunum yolu enfeksiyonları, karaciğer şikayetleri, yaralar, gastroenterit, kanama, böbrek ve mesane rahatsızlıklarının tedavisinde iyileştirici ve palyatif etkileri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Saraswathi ve ark., 2011; Hutchings ve ark., 1996).



Şekil 14: Sardunya
(© 1995-2023 eBay Inc)



Şekil 15: Menekşe
(©2023 Montana Happy)

Geleneksel olarak, kökler çok sayıda rahatsızlık için tıbbi olarak kullanılmıştır. Hem rizom hem de bitki, eski zamanlardan beri sıtma, iltihaplanma, karın ve rahim rahatsızlıklarının tedavisinde farklı amaçlar için kullanılmıştır. Ayrıca ateşi olan hastaları yıkamak için kaynatılarak (Lis & Dean, 1996) ve doğrudan çiğnenerek ya da toz haline getirilip yiyeceklerle karıştırılarak da kullanılmıştır. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, Sardunya'nın iki türünün köklerinden elde edilen etanol ekstraktları 1980'lerden beri Almanya'da bitkisel ilaç olarak (Helmtadter, 1996) 'Umckaloabo' markasıyla özellikle solunum yolu, kulak, burun ve boğaz enfeksiyonları gibi akut ve kronik enfeksiyonlarda kullanılmaktadır

2.15. Menekşe (*Viola odorata*)

Tıbbi bitki olarak menekşe (Şekil 15), farklı geleneksel ilaçlarda baş ağrısı, öksürük, soğuk algınlığı, bronşit ve ateş tedavisinde lapa olarak

kullanılmaktadır (Mohaddese & Taghizadeh Kashani, 2018). Bitkinin geleneksel kullanımına ilişkin bilgi düzeyini tespit etmek amacıyla, solunum yolu rahatsızlıklarının tedavisinde antitüsif, febrifüj, analjezik, anti-enflamatuar ve anti-enfeksiyöz ajan olarak etkinliği değerlendirilmiştir.

Çeşitli tıbbi sistemlerde (İran, Greko-Arap, Ayurveda ve Unani) çocuklarda ve yetişkinlerde boğmaca, baş ağrısı, migren, uykusuzluk, boğaz ağrısı ve epilepsi tedavisi için iyi bilindiği görülmektedir. Modern klinik çalışmalar, bu bitkinin şurubunun geleneksel çalışmalarda gözlemlenen öksürük, uykusuzluk ve migren üzerindeki etkinliğini doğrulamaktadır (Mousavi ve ark., 2016). Güçlü antioksidan aktiviteye sahip antosiyanin sayesinde anti-kanser (Gerlach ve ark., 2010), antimikrobiyal (Pränting ve ark., 2010), anti-hipertansif, anti-dislipidemi (Siddiqi ve ark., 2012) etkileri taşıdıkları da bildirilmektedir.

2.16. Karanfil (*Dianthus chinensis*)

Karanfil dünya çapında bir kesme çiçektir, ancak bu çiçeğin yaprakları cilt sorunları, yorgunluk ve stresi azaltmak için kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalarda bu bitkinin geleneksel olarak Çin, Japonya ve Kore'de yaraların, gastro-intestinal bozuklukların ve diğer çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde kullanılabileceği rapor edilmiştir (Castillo-Juarez ve ark., 2009). Son farmakolojik çalışmalarda bitki antikanser, antiviral, antibakteriyel, antifungal ve anti-insektisit aktiviteleri

açısından test edilmiştir. Bitkiden elde edilen fenolik bir bileşik olan Kaempferid triglikozit, kolon kanseri hücre hatlarına karşı antikanser özellikler sergilemekte ve ayrıca “*Fusarium* solgunluğu”na neden olan patojenik mantarlara karşı antifungal özellikler göstermektedir. Bitki özütü *Helicobacter pylori*, *Pseudomonas* spp. ve *Bacillus* spp.’ye karşı antibakteriyel özelliklere sahiptir (Lee-Huang ve ark., 1994).



Şekil 17: Karanfil
(©2023 Walters Gardens, Inc.)



Şekil 18: Bambu
(2023©wadiadagardencentre.com)

2.17. Bambu (*Bamboo* sp.)

Farklı Asya geleneksel tıp farmakopelerinde tanımlanan bitki (Şekil 18), yüzyıllardır tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır (Tripathi, 2011). Geleneksel Hint, Çin ve Tibet tıbbında bambular solunum yolu hastalıklarının, gastrointestinal sorunların ve insan yaşlanmasına bağlı zihinsel bozuklukların tedavisinde de kullanıldığı bilinmektedir (Laws, 2013). Hindistan'daki Kani kabileleri Bambu tohumlarının insan doğurganlığını arttırdığına inanmaktadır, ayrıca bitkinin yaprak suyu

osteoartrit ve osteoporozda kıkırdağı güçlendirmek için kullanılmıştır (Sangeetha ve ark., 2015).

2.18. Kaktüs (*Cactus sp.*)

Birçok çeşidinin meyvelerinin, askorbik asit, karotenoid, indirgenmiş glutatyon gibi antioksidanlar, sistein, taurin ve kuersetin, kaempferol gibi flavonoidler ve polifenolikler içerdiği bilinmektedir (Prashasti ve ark., 2019; Tesoriere ve ark., 2005). Antioksidanlar kalp koruyucudur, antikanser, antiviral veya anti-alerjenik (Carbó ve ark., 1999), analjezik ve anti-inflamatuar özellikleri için kullanılmaktadır (Loro ve ark., 1999) (Şekil 19).



Şekil 19: Kaktüs (©1996-2023, Amazon.com, Inc.)

3. SONUÇ

Süs bitkileri yetiştirirken güzellik ve işlevsellik arasında seçim yapmaya gerek yoktur. Bu süs bitkileri bahçelere renk ve güzellik katarken, aynı zamanda tedavide de kullanılabilir. Bu nedenle, hem göz alıcı, hem de şifalı bitkileri seçerek bahçelerin önemini arttırmak mümkündür.

Ancak bitkisel ilaçlar alınmadan önce mutlaka yetkin insanlarla görüşmek gereklidir. Çünkü doğru rehberlik olmadığında bu ilaçların aşırı dozda alınması veya allopatik tedaviyle birlikte yan etkilere neden olabilecek durumlarla karşı karşıya kalınması mümkündür. Bu yüzden uygun bitki özü miktarını, tedavi süresini ve zamanı doğru planlanmalıdır ve dozlar aşılmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Akhmadieva, A.K., Zaichkina, S.I., Ruzieva, R.K., & Ganassi, EE. (1993). The protective action of a natural preparation of anthocyanin (Pelargonidin-3,5-diglucoside). *Radio Biologica*, 33(3): 433-435.
- Akinpelu, D.A. (2000). Antimicrobial activity of *Bryophyllum pinnatum* leaves. *Fitoterapia*, 71: 193–194.
- Altaee, N., Kadhim, M.J., & Hameed, I.H. (2016). Detection of volatile compounds produced by *Pseudomonas aeruginosa* isolated from UTI patients by gas chromatography-mass spectrometry. *International Journal of Toxicological and Pharmacological Research*, 8(6): 462-470.
- Antisari, V., Orsini, F., Marchetti, L., Vianello, G., & Gianquinto, G. (2015). Heavy metal accumulation in vegetables grown in urban gardens. *Agronomy for Sustainable Development*, 35: 1139–1147.
- Arora, D., Rani, A., & Sharma, A.A. (2013). Review on phytochemistry and ethnopharmacological aspects of genus *Calendula*. *Pharmacognosy Reviews*, 7(14):179.
- Aziz, N., Mehmood, M.H., Siddiqi, H.S., Mandukhail, S.U., Sadiq, F., Maan, W., & Gilani, A.H. (2009). Antihypertensive, antidyslipidemic and endothelial modulating activities of *Orchis mascula*. *Hypertens Res.*, 32(11): 997-1003.
- Bnouham, M., Mekhfi, H., Legssyer, A., & Ziyat, A. (2002). Medicinal plants used in the treatment of diabetes in Morocco. *Int J Diabetes Metab.*, 10: 33–50.
- Carbó, N., Costelli, P., Baccino, F.M., López-Soriano, F.J., & Argilés, J.M. (1999). Resveratrol, a natural product present in wine, decreases tumour growth in a rat tumour model. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 254(3): 739-743.
- Castillo-Juarez, I., Gonzalez, V., Jaime-Aguilar, H., Martinez, G., Linares, E., Bye, R., & Romero, R. (2009). Anti-*Helicobacter pylori* activity of plants used in mexican traditional medicine for gastrointestinal disorders. *J. Ethnopharmacol.*, 122: 402-405.

- Chae, S.C. (2016). An up-to-date review of phytochemicals and biological activities in *Chrysanthemum* spp. Biosci. Biotechnol. Res. Asia, 13: 615-623.
- Chicca, A., Adinolfi, B., Martinotti, E., Fogli, S., Breschi, M.C., Pellati, F., Benvenuti, S., & Nieri, P. (2007). Cytotoxic effects of *Echinacea* root hexanic extracts on human cancer cell lines. J Ethnopharmacol., 110(1): 148-53.
- Cragg, G.M., Newman, D.J., & Sender, K.M. (1997). Natural products in drug discovery and development. J. Nat. Prod., 60: 52-60.
- Das, P.K., Das, S., Sahoo, D., Dalei, J., Rao, V.M., Nayak, S., & Palo, S. (2014). Comparative evaluation of purification methods for production of polypeptide antibiotics – “Polymyxin B” and “Cerexin A” from *Bacillus* species. Pharma Tutor, 2(8): 188-200.
- Dubey, S., Maity, S., Singh, M., Saraf, S.A., & Saha, S. (2013). Phytochemistry, pharmacology and toxicology of *Spilanthes acmella*: A review. Adv Pharmacol Sci., 19: 2-10.
- Duke, J.A. (1989). CRC Handbook of Medicinal Herbs. CRC Press, Boca Raton, p. 273.
- Evans, W.C. (1989). Trease and Evans' Pharmacognosy, 13th ed. Bailliere Tindall, London, p. 433-434.
- Gangstad, E.O., Joyner, J.E., & Seale, C.C. (1951). Agro-nomic characteristics of *Sansevieria* species. Tropical Agriculture Journal, 28: 204-214.
- Gazim, Z.C., Rezende, C.M., Fraga, S.R., Svidzinski, T.I., & Cortez, D.A. (2008). Antifungal activity of the essential oil from *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) growing in Brazil. Brazilian Journal of Microbiology, 39(1): 61-63.
- Gerlach, S.L., Rathinakumar, R., Chakravarty, G., Göransson, U., Wimley, W.C., Darwin, S.P., & Mondal, D. (2010). Anticancer and chemosensitizing abilities of cycloviolacin O₂ from *Viola odorata* and psyle cyclotides from *Psychotria leptothyrsa*. Pept. Sci., 94: 617-625.
- Gu, L.H., Li, X., Yan, S.Q., & Zhu, T.R. (1989). Studies on antibacterial constituents from *Gerbera anandria* (L.) Sch Bip. IV. Acta Pharm Sin., 10: 744-748.

- Guz, L., Sopinska, A., & Oniszczuk, T. (2011). Effect of *Echinacea purpurea* on growth and survival of guppy (*Poecilia reticulata*) challenged with *Aeromonas bestiarum*. *Aquacult Nutr.*, 17(6): 695-700.
- Hadizadeh, H., Samiei, L., & Shakeri, A. (2022). *Chrysanthemum*, an ornamental genus with considerable medicinal value: A comprehensive review. *South African Journal of Botany*, 144: 23-43.
- Halim, A.F., Marman, E.S.M., & Bohlmann, F. (1980). Naturally occurring coumarin derivatives. Part 21. 6-Hydroxy-4-methoxy-5-methylcoumarin from *Gerbera jamesonii*. *Phytochemistry*, 19: 2496–2499.
- Hameed, I.H., Hamza, L.F., & Kamal, S.A. (2015). Analysis of bioactive chemical compounds of *Aspergillus niger* by using gas chromatography-mass spectrometry and fourier-transform infrared spectroscopy. *Journal of Pharmacognosy and Phytotherapy*, 7(8): 132-163.
- Helmstadter, A. (1996). Unckaloabo – Late vindication of a secret remedy. *Pharm. Hist.*, 26: 2-4
- Hou, X., Huang, J., Li, G., Jiang, G., Shen, S., Li, Q., Luo, H., Wu, M., & Li, X. (2020). Extraction optimization and evaluation of the antioxidant and α -glucosidase inhibitory activity of polysaccharides from *Chrysanthemum morifolium* cv. Hangju. *Antioxidants*, 9(1): 59.
- Hurrell, J.A. (2016). Ornamental Plants. In: de Albuquerque, UP., Alves, RRN., editors. *Introduction to Ethnobiology*. Springer, Basel, Switzerland. p. 171–176.
- Hussain, M.A. & Gorski, M.S. (2004). Antimicrobial activity of *Nerium oleander* Linn. *Asian J Plant Sciences*. 3(2): 177-180.
- Hutchings, A., Scott, A.H., Lewis, G., & Cunningham, A. (1996). *Zulu Medicinal Plants: An Inventory*. University of Natal Press, Pietermaritzburg.
- Imtiaz, M., Khattak, A.M., Khan, M.A., Jalal, F., Hussain, S., Said, F., & Bo, H. (2019). Rapid in vitro propagation of *Chrysanthemum morifolium* through shoot bud explants. *Pak. J. Bot.*, 51: 1093-1098.

- Israa, A.I., Haider, M.H., & Imad, H.H. (2018). Bioactivities, characterization, and therapeutic uses of *Dracaena cinnabari*. International Journal of Pharmaceutical Quality Assurance, 9(1): 11-14.
- Kays, S.J., Severson, R.F., Nottingham, S.F., Chalfant, R.B., & Chortyk, O. (1994). Possible Biopesticide from *Petunia* for the Control of the Sweet Potato Whitefly on Vegetable Crops. Proc. Fla. State Hort. Soc., 107: 163-167.
- Kennedy, D.O. & Wightman, E.L. (2011). Herbal extracts and phytochemicals: Plant secondary metabolites and the enhancement of human brain function. Advances Nutrition., 2(1): 32-50.
- Khare, C.P. (2004). Encyclopedia of Indian Medicinal Plants. Germany, Springer-Verlag Publisher, 116-7.
- Kiringe, J.W. (2006). A survey of traditional health remedies used by the Maasai of Southern Kaijiado District, Kenya. Ethnobotany Research and Applications, 4: 61-73.
- Laws, B. (2013). 50 plantas que mudaram o rumo da história. Editora Sextante, Rio de Janeiro, Tripathi.
- Lee-Huang, S., Kung, H.F., Huang, P.L., Huang, P., Huang, H.R.V. & Chen, H.C. (1994). Patent and Trademark Office. U.S. Patent No. 5,317,009, Washington, DC., USA. De Clereq.
- Leung, A.Y. & Foster, S. (1996). Encyclopedia of Common Natural Ingredients Used in Food, Drugs and Cosmetics. Wiley, New York, p. 339–342.
- Lis, B.M. & Dean, R.L. (1996). Antimicrobial effects of hydrophilic extracts of *Pelargonium* species (Geraniaceae). Lett. Appl. Microbiol., 23: 205-207.
- Loro, J.F., Del Rio, I., & Perez-Santana, L. (1999). Preliminary studies of analgesic and anti-inflammatory properties of *Opuntia dillenii* aqueous extract. Journal of Ethnopharmacology, 67(2): 213-218.
- Mahomoodally, MF. (2013). Traditional medicines in Africa: An appraisal of ten potent. african medicinal plants. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, Volume 2013, Article ID 617459, 14 pages.
- Manayi, A., Vazirian, M., & Saeidnia, S. (2015). *Echinacea purpurea*: Pharmacology, phytochemistry and analysis methods. Pharmacogn Rev., 9(17): 63-72.

- Manna, S.K., Sah, N.K., Newman, R.A., Cisneros, A., & Aggarwal, B.B. (2000). Oleandrin Suppresses Activation of Nuclear Transcription Factor- B, Activator Protein-1, and c-Jun NH2-Terminal Kinase. *Cancer Research*, 60(14): 3838-384718.
- Mohaddese, M. & Taghizadeh Kashani, L.M. (2018). A Narrative study about the role of *Viola odorata* as traditional medicinal plant in management of respiratory problems. *Advances in Integrative Medicine*, 5(3): 112-118.
- Moreno, S.C., Carvalho, G.A., Picanço, M.C., Morais, E.G., & Pereira, R.M. (2012). Bioactivity of compounds from *Acmella oleracea* against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) and selectivity to two non-target species. *Pest Management Sci.*, 68(3): 386-93.
- Mousavi, S.H., Naghizade, B., Pourgonabadi, S., & Ghorbani, A. (2016). Protective effect of *Viola tricolor* and *Viola odorata* extracts on serum/glucose deprivation-induced neurotoxicity: role of reactive oxygen species. *Avicenna J. Phytomed.*, 6: 434.
- Muley, B.P., Khadabadi, S.S., & Banarase, M.N.B. (2009). Phytochemical constituents and pharmacological activities of *Calendula officinalis* Linn (Asteraceae): A Review. *Tropical J Pharm Res.*, 8(5): 455-65.
- Musharof, M.H. (2011). Therapeutic orchids: traditional uses and recent advances: An overview. *Fitoterapia*, 8(2): 102-140.
- Ojewole, A.O. (2002). Antihypertension properties of *Bryophyllum pinnatum* (Lam) (oken) leaf extracts. *Am J. Hypert.*, 15(4): A34-A39.
- Omidbaigi, R. (2000). Production and Processing of Medicinal Plants. *Astane Ghods Publications, Mashhad*, 3: 106–122.
- Osterloh, J., Herold, S., & Pond, S. (1982). Oleander interference in the digoxin radioimmunoassay in a fatal ingestion. *JAMA*, 247: 1596-1597.
- Owuor, B.O. & Kisangau, D.P. (2006). Kenyan medicinal plants used as antivenin: A comparison of plant usage. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2: 7.
- Padma, T.V. (2005). Indian ayurveda. *Nature*, 436-486.

- Paulraj, J., Govindarajan, R., & Palpu, P. (2013). The genus *Spilanthes* ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacological properties: A review. *Adv Pharmacol Sci.*, 68: 1-22.
- Pränting, M., Lööv, C., Burman, R., Göransson, U., & Andersson, D.I. (2010). The cyclotide cycloviolacin O₂ from *Viola odorata* has potent bactericidal activity against Gram-negative bacteria. *J. Antimicrob. Chemother.*, 65(9): 1964-1971.
- Prashasti, B., Shiv Charan, S., Iwuala, E., & Afroz, A. (2019). Health benefits of Cactus. *Annals of Phytomedicine*, 8(2): 179-185.
- Rahman, M.S., Rahman, M.Z., Wahab, A., Chowdhury, R., & Rashid, M.A. (2008). Antimicrobial activity of some indigenous plants of Bangladesh. *J. Pharm. Sci.*, 7(1): 23-26.
- Rawat, A. (2019). Ornamentals. (Erişim: <https://www.fnp.com/article/learn-more-about-ornamental-plants>)
- Renaud, E.N.C., Denys, J.C., & James, E.S. (2011). Essential oil quantity and composition from 10 cultivars of organically grown lavender and lavandin. *Journal of Essential Oil Research*, 13: 269-273.
- Robert, A.S. & Philip, J.M. (2003). Comprehensive two-dimensional gaschromatography-mass spectrometry analysis of *Pelargonium graveolens* essential oil using rapid scanning quadrupole massspectrometry. *J. Analyst*, 128: 879-883.
- Saraswathi, J., Venkatesh, K., Nirmala, B., Majid, H.H., & Rani, A.R. (2011). Phytopharmacological importance of *Pelargonium* species. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(13): 2587-2598.
- Sangeetha, R., Diea, Y.K.T., Chaitra, C., Malvi, P.G., & Shinomol, G.K. (2015). The amazing bamboo: a review on its medicinal and pharmacological potential. *Indian J Nutr.*, 2: 1-7.
- Seema, V.P. (2012). *Kalanchoe pinnata*: Phytochemical and pharmacological profile. *International Journal of Pharmaceutical Science and Research*, 3(4): 993-1000.
- Shao, Y., Sun, Y., Li, D., & Chen, C. (2020). *Chrysanthemum indicum* L.: A comprehensive review of its botany, phytochemistry and pharmacology. *Am. J. Chin. Med.*, 48: 871-897.

- Siddiqi, H.S., Mehmood, M.H., Rehman, N.U., & Gilani, AH. (2012). Studies on the antihypertensive and antidyslipidemic activities of *Viola odorata* leaves extract. *Lipids Health Dis.*, 11: 6.
- Supratman, U., Fujita, T., Akiyama, A., Hayashi, H., Murakami, H., Sakal, K.K., & Ohigashi, H. (2001). Anti-tumor promoting activity of *Bufo* from *Kalanchoe pinnata* and *K. daigremontiana* X *Tubiflora*. *Biosci Biotechnol Biochem.*, 65(4): 947-949.
- Tantiado, R.G. (2012). Survey on ethnopharmacology of medicinal plants in Iloilo, Philippines. *Int J Biosci Biotechnol.*, 4: 11–26.
- Tesoriere, L., Butera, D., Allegra, M., Fazzari, M., & Livrea, M.A. (2005). Distribution of betalain pigments in red blood cells after consumption of cactus pear fruits and increased resistance of the cells to ex vivo induced oxidative hemolysis in humans. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(4): 1266-1270.
- Tripathi, Y.C. (2011). Bamboo on The Touchstone of Modern Phytotherapy. In: *Productivity Enhancement and Value Addition of Bamboos*. New Delhi: Excel India, p. 315–326.
- Wei, X., Lyu, S., Yu, Y., Wang, Z., Liu, H., Pan, D., & Chen, J. (2017). Phylloremediation of air pollutants: Exploiting the potential of plant leaves and leaf-associated microbes. *Front Plant Sci.*, 8: 1-25.
- World Health Organization (1999). WHO monographs on selected medicinal plants, 1: 136-45.
- Xiao, Y. & Ding, Y. (2002). The progress of chemical and pharmacological studies on *Gerbera L. ex Cass*. *Nat Prod Res Dev.*, 14: 51–57.
- Van Wyk, B.E. & Gericke, N. (2000). *People's Plants- a Guide to Useful Plants of Southern Africa*. Briza Publications, Pretoria.
- Zhao, M., Bai, L., Wang, L., Toki, A., Hasegawa, T., Kikuchi, M., Abe, M., Sakai, J., Hasegawa, R., Bai, Y., Mitsui, T., Ogura, H., Kataoka, T., Oka, S., Tsushima, H., Kiuchi, M., Hirose, K., Tomida, A., Tsuruo, T., & Ando, M. (2007). Bioactive cardenolides from the stems and twigs of *Nerium oleander*. *J. Nat. Prod.*, 70(7): 1098 -1103.

BÖLÜM 5

TARIMSAL ÜRETİMDE TERMAL UZAKTAN ALGILAMA UYGULAMALARI

İsmail YILMAZ^{1*}

Yusuf ÖZGÜREL²

Doç. Dr. Önder KABAŞ³

Öğr. Gör. Dr. Ercüment AKSOY⁴

Dr. Öğr. Üyesi Abdülkadir KOÇER⁵

Dr. Öğr. Üyesi Cevdet Bertan GÜLLÜDAĞ⁶

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10455869>

^{1*}Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yüksek Lisans Programı, Antalya-Türkiye. isoylmz@gmail.com, ORCID: 0000-0001-7117-759X

²Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yüksek Lisans Programı, Antalya-Türkiye. ysfozgurel@gmail.com, ORCID: 0009-0009-2309-9510

³Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Antalya-Türkiye. okabas@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0703-4804

⁴Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Antalya-Türkiye, ercumentaksoy@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7313-0891

⁵Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Antalya-Türkiye. akocer@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5139-421X

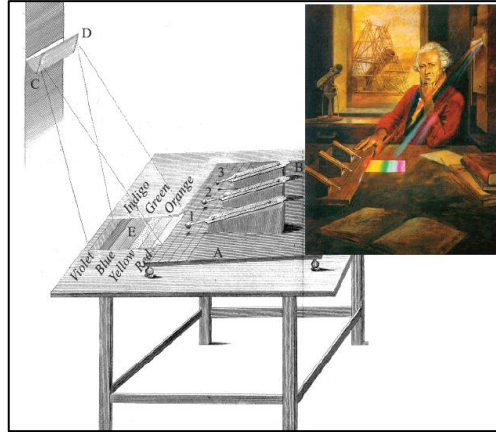
⁶Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Antalya-Türkiye. bgulludag@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5777-1808

1. GİRİŞ

Son yıllarda tarım sektörü termal teknolojilerin kullanılmasıyla birlikte verimliliği ve sürdürülebilirliği artıran önemli bir değişim yaşadı. Bu bölüm, termal teknolojilerinin gelişimi, uygulanma alanlarını ve tarımsal açıdan uygulanması konularını ele alacaktır. Ayrıca piyasada sıklıkla kullanılan termal ve insansız hava araçları ile ilgili bilgi verecektir. Termal görüntüleme teknolojisi; fenotipleme, su stresi, hastalık tespiti, evapotranspirasyon tahmini, verim tahmini, drenaj sistemlerinin haritalanması gibi tarımdaki çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır (Messina & Modica, 2020). Tehlike altında olan bitkilerin, görünür semptomlar ortaya çıkmadan önce ısı düzensizliklerini gösterme eğilimi, termal görüntüleme ile tespit edilebilir ve çiftçilerin harekete geçmesine olanak sağlayarak olası verim kayıplarını azaltır (Bhattarai, M. & Martinez-Ramon, 2020) Ayrıca bitkilerdeki su stresi ile yadıkları termal imzalar arasındaki ilişki bizlere sulama programlarının dikkatli şekilde planlanmasına katkı sağlayarak su israfının önüne geçebilmektedir. Bu birleşim sadece sınırlı bir kaynağı korumakla kalmaz, aynı zamanda mahsul kalitesinin ve veriminin artmasına da yol açar (Jones ve ark., 2009). Termal görüntülemenin insansız hava araçları (İHA'lar) gibi tamamlayıcı teknolojilerle birleşimi, modern tarım uygulamaları üzerindeki genel etkilerini artırmaktadır. Sonuç olarak, termal kameralar ve tarım arasındaki ilişki, geleneksel tarım yöntemlerini yeniden tanımlayan çok sayıda fırsat sunmakta ve tarımsal faaliyetler üzerindeki gelişime ışık tutmaktadır.

2. TERMOGRAFINİN TARİHÇESİ

Termografi 19.yy.'da bir astronom olan Sir William Herschel (1738-1822) tarafından prizma, kâğıt ve termometre kullanılarak yaptığı bir deneyde keşfedilmiştir. Herschel, prizma yardımı ile gün ışığından gökkuşağı renkleri elde etmiş ve bu renklerin sıcaklığını ölçerek mordan kırmızıya kadar olan renklerin içerisinde en yüksek sıcaklığın kırmızı bölgede olduğunu görmüştür. Sıcaklığın kırmızı rengin ötesinde artmaya devam edebileceğinden şüphelenen Herschel, çizgili kâğıt kullanarak deneyini tekrarlar ve maksimum sıcaklığın kırmızı ışığın biraz ötesinde (yaklaşık 12 mm) olduğunu ve gözle görünür olmadığını keşfetmiştir (Kaplan, 2007). Bu radyasyona ‘‘kalorifik ışınlar’’ adını vermiştir ve günümüzde bu kızılötesi radyasyon olarak bilinmektedir (Manickavasagan ve ark., 2005). Şekil 1’de Herschel’in yaptığı deneyin bir tasviri verilmiştir.



Şekil 1: S.W. Herschel'in İlk Deneyi (Rogalski, 2012)

Tablo 1: Yıllara Göre Termal Radyasyon Gelişim Evreleri
(Vavilov, 2014; Kuenzer & Dech, 2013)

MÖ	Termal ışınların varlığı, Romalı şair ve "De Rerum Natura" ("Evrenin Doğası Üzerine") destanının yazarı Titus Lucretius Carus (MÖ 99 - 55) tarafından öne sürülmüştür.
1770	Fransız bilim adamı Pictet, sığağa ve soğuga odaklanma konusundaki ünlü deneyini anlatmıştır.
1800	Termal radyasyon Sir William Herschel tarafından keşfedilmiştir.
1840	William'ın oğlu John Herschel, bir Evaporografin prototipini önermiş ve 'termogram' terimini tanıtmıştır.
1900'ler	Einstein, Golitzyn, Kirchoff, Planck, Wien ve diğerleri termal radyasyon yasalarını keşfetmiştir.
1927	Rusya'da Pokrovsky, savaş gemilerinin uzaktan tespiti üzerine deneyler yapmıştır.
1934	Holst, görüntü dönüştürücü tüpünü yapmıştır.
1935	Nichols sıcak haddelenmiş metallerin analizini yapmıştır.
1937	Vernotte efüzyon kavramının keşfetmiştir.
1940'lar	Gece görüş ekipmanı. Kızılötesi fotodedektörler geliştirilmiştir.
1954	Barnes hava tarayıcısı geliştirilmiştir.
1960	IR tarayıcılar 5 dakikada görüntü üretme yeteneğine kavuşmuştur.
1965	AGA (daha sonra AGEMA Infrared, şimdi FLIR Systems) ilk radyometrik termal kamerayı piyasaya sürmüştür.
1965	Beller: Polaris roketlerinin aktif termal tahribatsız muayene (TTM)'si ve Yeşil: Nükleer yakıt elemanlarının aktif TTM'si geliştirilmiştir.
1970'ler	1D, 2D ve 3D TTM modelleri ve Isı transferi klasik çözümleri geliştirilmiştir.
1973	AGA, pille çalışan ilk taşınabilir endüstriyel sistem olan model 750'yi piyasaya sürmüştür.
1980'ler	Termal dalga teorisi ve darbeli TTM tanıtılmıştır.
1987	AGEMA tarafından, yerleşik dijital görüntü depolamalı tek parça, termoelektrikle soğutulan kızılötesi (IR) görüntüleyici piyasaya sürülmüştür.
1990'lar	TTM'nin pratik uygulaması yapılmaya başlanmıştır. Kusur karakterizasyon algoritmalarının ve IR bilgisayarlı sistemler geliştirilmiştir. Çeşitli endüstriyel uygulamalar yapılmaya başlanmıştır.
1990'lar	Soğutmasız mikrobolometrik IR görüntüleyiciler geliştirilmiştir. Inframetrics (1995) tarafından video kamera tarzı bir FPA kamera ve Infrared Solutions (1997) tarafından düşük maliyetli bir enstantane IR kamera geliştirilmiştir.
2000	Termal/görsel/ses ve metin verisi kaydı yapabilen IR görüntüleyiciler geliştirilmiştir. (FLIR Systems ThermoCAM PM 695)
2000'ler	Ticari TTM ekipmanı geliştirilmiştir. Yeni stimülasyon teknikleri uygulanmaya başlanmış ve gelişmiş veri işleme algoritma uygulamaları yapılmıştır.
2010'lar	Girdap akımı IR termografisi çalışmaları yapılmıştır. Aktif TTM için taşınabilir ekipman üretilmiştir.

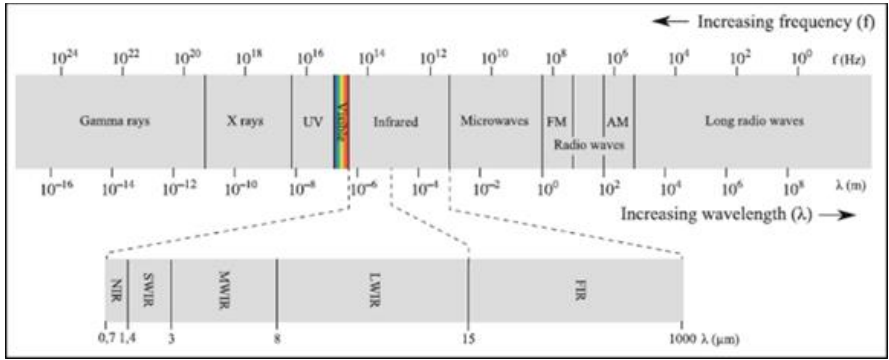
Herschel'in ölümünden sonra, 1840 yılında oğlu John Herschel "Evaporograph" (buharlaştırma) tekniği kullanarak güneş ışığından ilk termal görüntüyü elde etmiştir. Bu görüntüyü "Termogram" olarak tanımlamış ve bu terim günümüzde hala yaygın olarak kullanılmaktadır (Alan, 2012; Ring, 2004). Her ne kadar termal radyasyon 1800'lü yıllarda tanımlansa da termal radyasyon miktarını belirlemek için araştırmalar bu tarihten 78 yıl sonra yapılmıştır. İlk radyometriye dayalı cilt sıcaklıkları 1921'de ölçülmüştür ve 1923'te doğrudan radyometreden okunmuştur (Varró, 2006). 1940'ların başında, kızılötesi radyasyon ölçen sensörlerle ilgili büyük bir atılım gerçekleşmiştir. Kızılötesi radyasyon o dönemde askeri amaçlı kullanılmaktaydı. Termal görüntüleme kameralarının ticari ve endüstriyel uygulamalar için kullanımı bu süreye kadar geliştirilmemesinden kaynaklı 1960'lı yıllara dayanmaktadır (Kaplan, 2007). Tablo 1'de termal radyasyonun keşfinden günümüze olan gelişimi kronolojik olarak verilmiştir.

3. TERMAL RADYASYON

Sıcaklığı mutlak sıfırın üzerinde olan tüm nesnelere tarafından yayılma olayına termal radyasyon denir (Al-doski ve ark., 2016; Prakash, 2000). Kızılötesi radyasyon Şekil 2'deki elektromanyetik spektrumda gösterildiği gibi 0.7-1000 µm dalga boyu aralığındadır ve özelliklerine göre farklı bantlara ayrılır. Tablo 2'de bantlar ile ilgili detaylı bilgiler yer almaktadır (Gade & Moeslund, 2014; Castillo ve ark., 2009). Orta ve uzun dalga kızılötesi radyasyona genellikle termal kızılötesi (TIR)

olarak adlandırılır çünkü yaklaşık 190-1000 K aralığındaki sıcaklığa sahip nesnelere bu spektral aralıkta radyasyon yaymaktadır (Gade & Moeslund, 2014). Yüzeğe çarpan termal radyasyon emilebilir (α), yansıtılabilir (ρ) veya iletilebilir (τ). Kirchhoff yasası aşağıdaki eşitlikte görülebileceği gibi, bu üç bileşenin toplamının her zaman alınan radyasyona eşit olduğunu belirtmiştir (Berg, 2016; Kaplan, 2007).

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$



Şekil 2: Elektromanyetik Spektrum (Gade & Moeslund, 2014)

Tablo 2: Kızılötesi Bantlar (Gade & Moeslund, 2014)

Bant Adı	Kısaltma	Dalgaboyu (μm)
Yakın kızılötesi	NIR	0.7–1.4
Kısa dalga kızılötesi	SWIR	1.4–3
Orta dalga kızılötesi	MWIR	3–8
Uzun dalga kızılötesi	LWIR	8–15
Uzak kızılötesi	FIR	15–1,000

3.1. Planck Yasası

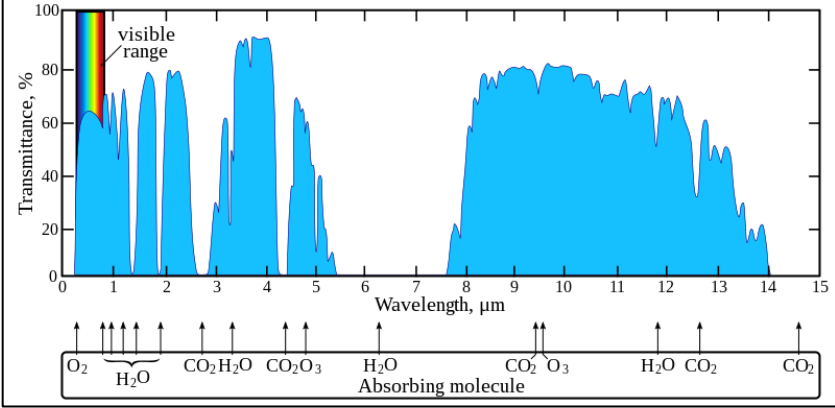
Kara cisim; üzerine gelen tüm enerjiyi tamamen emen ve yeniden yayan ideal bir yayıcı olarak tanımlanır (Kuenzer & Dech, 2013). Planck yasası, kara cismin belirli bir dalga boyunda (M_λ) yaydığı elektromanyetik radyasyonu, kara cismin mutlak sıcaklığının bir fonksiyonu olarak tanımlar (Kuenzer & Dech, 2013; Planck, 1900). Planck yasasına göre aşağıdaki eşitlikte belirli bir dalga boyu belirtilerek, M_λ vücut sıcaklığından hesaplanabilir.

$$M_\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{hc/\lambda kT} - 1)}$$

Yukarıdaki eşitlikte; M_λ ; spektral ışıma çıkışını [$W m^{-2} \mu m^{-1}$], λ ; dalga boyunu, c ; ışık hızını (299.792.458 m/s), h ; Planck sabitini (6.626×10^{-34} Js), k ; Boltzmann sabitini ($1.3806503 \times 10^{-23}$ J/K), T ; mutlak sıcaklığı temsil etmektedir (K) (Kuenzer & Dech, 2013). Atmosferdeki moleküller tarafından bazı dalga boyları soğurulurken, belirli dalga boyları ise radyasyonu iletmektedir. Kızılötesi radyasyon emiliminin büyük kısmından CO_2 ve H_2O molekülleri sorumludur. Şekil 3, dalga boyuna bağlı olarak iletilen radyasyonu yüzde olarak göstermektedir ve büyük iletim boşluklarından sorumlu olan molekülleri de belirtmektedir (Gade & Moeslund, 2014).

Bir kara cismin yaydığı toplam enerji ve maksimum yayınının dalga boyu kara cismin sıcaklığına bağlıdır. Bu durum Stefan-Boltzmann

yasası ve Wien yer değiştirme yasası ile açıklanabilir (Sabins, 2007; Kuenzer & Dech, 2013; Halliday ve ark., 2013; Tipler & Mosca, 2014).



Şekil 3: Kızılötesi Bölgenin Bir Kısımında Atmosferik Geçirgenliği (Anonim, 2023a)

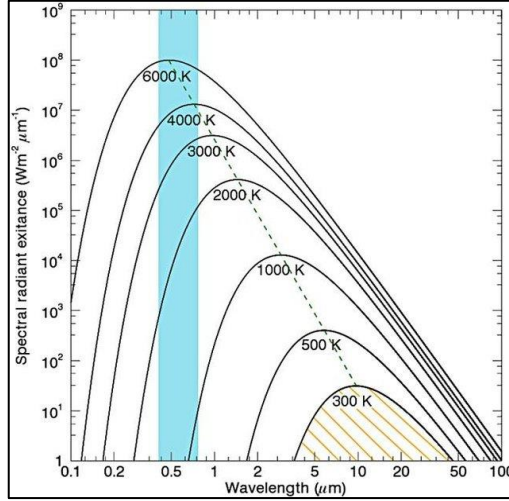
3.2. Stefan-Boltzmann Yasası

Aşağıdaki eşitlikte verilmiş olan Stefan-Boltzmann yasası; bir kara cisim tarafından yayılan toplam elektromanyetik radyasyonu, o kara cismin mutlak sıcaklığının bir fonksiyonu olarak tanımlar (Kuenzer & Dech, 2013; Halliday ve ark., 2013; Tipler & Mosca, 2014). Yayılan radyasyon, Şekil 4'te gösterildiği gibi radyasyon eğrisinin altındaki integrale karşılık gelmektedir (Kuenzer & Dech, 2013).

$$T_{RadBB} = \sigma T_{kin}^4$$

Yukarıdaki eşitlikte; T_{RadBB} : bir kara cismin ışıma akısını (W/m^2), T : mutlak kinetik sıcaklığı (K), σ : Stefan-Boltzmann sabitini ($5.6697 \cdot 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$) ifade etmektedir. Eşitlik, yayılan nesnenin sıcaklığı

ne kadar yüksekse, yaydığı toplam radyasyonunda o oranda fazla olduğunu göstermektedir (Kuenzer & Dech, 2013).



Şekil 4: Planck Fonksiyonundan Türetildiği Gibi, Seçilen Farklı Sıcaklıklarda Kara Cisim Radyasyon Eğrileri. Şekilde Planck, Stefan-Boltzmann (300 K Eğrisinin Altındaki Taralı Alan) ve Wien (Kesik Çizgi) Kanunları Gösterilmektedir. Mavi Kısım Görünür Spektrum Bölgesini Gösterir (Kuenzer & Dech, 2013).

3.3. Wien Yer Değiştirme Yasası

Aşağıdaki eşitlikte verilmiş olan Wien yer değiştirme yasa (Lyon & Orlove, 2003; Heald, 2003; Kaplan, 2007; Vavilov, 2014) maksimum spektral ışınma çıkışının meydana geldiği dalga boyunu tanımlar (Kuenzer & Dech, 2013).

$$\lambda_{max} = \frac{A}{T}$$

Yukarıdaki eşitlikte; λ_{max} : maksimum spektral radyant çıkışın dalga boyunu (μm), A: Wien sabitini $2897.8 \mu\text{m K}$], T: mutlak kinetik

sıcaklığı (K) ifade etmektedir (Kuenzer & Dech, 2013). Nesnenin sıcaklığı arttıkça, maksimum çıkış λ_{\max} daha kısa dalga boylarına doğru geçiş yapar. Böylece, 5.778 K (5.505 °C) sıcaklıktaki güneş, λ_{\max} 0.48 μm 'de maksimum yayılan parlaklığa sahip olur ve görünür spektrum bölgesinde yer alır. 300 K sıcaklıktaki bir yüzey, λ_{\max} 9.66 μm 'ye, yani kızılötesi bölgede maksimum yayılan parlaklığa sahip olacaktır (Tang & Li, 2013).

3.4. Termal Yayımlım

Planck'ın dalga boyu dağılım fonksiyonu, kara bir cisimden gelen radyasyonu tanımlar. Pratik uygulamalarda incelenen malzemelerin radyasyonu 0 ile 1 arasında sabit bir ölçeğe indirgenir ve sözde gri cisimler olduğu varsayılarak yapılır. Yayımlım olarak adlandırılan bu durum (Gade & Moeslund, 2014), malzemeye bağlı olarak değişir ve termal kamera ile sıcaklıkları belirlerken önemli bir özelliktir (Berg, 2016).

4. TERMAL GÖRÜNTÜLEME KULANIM ALANLARI

Termal kameralardaki sıcaklığı "görme" yeteneği, birçok uygulamada büyük bir avantaj sağlamaktadır. Sıcaklık, nesnelere algılamak için önemli olabilir ve onlar hakkında tür, malzeme veya sağlık gibi farklı bilgileri de sağlayabilir (Gade & Moeslund, 2014). 1960'lı yıllardan sonra sektör için geliştirilen termal görüntüleme uygulamaları geniş alanlarda kullanılmaya başlanmıştır (Wilson ve ark., 2023). Bunlardan bazıları; tıp, tarım, endüstri, veterinerlik, orman yangınları, depolama

alanları, askeriye, güvenlik, arama-kurtarma, bina denetleme olup Tablo 3’de detaylandırılmıştır.

Tablo 3: Bazı Termal Görüntüleme Uygulamaları

Kullanım Alanı	Kullanım Türü	Referans
Tıp	Kardiyovasküler sağlık, kas-iskelet bozuklukları, sinüs ve alerjiler, sindirim bozuklukları, diş sorunları vb. tıp alanında termal görüntüleme yapılmaktadır.	(Anonim, 2021a)
Tarım	Mahsul izleme, hastalık tespiti, bitki stresi, sulama yönetimi değerlendirmesi vb. tarımsal alanlarda ve bitkilerde termal görüntüleme yapılmaktadır.	(Anonim, 2023b)
Endüstri	Endüstriyel ekipman performansının izlenmesi, ekipman arızası nedeniyle plansızlığın önüne geçme, reaktif bakım ücretlerinin ve ekipman onarım maliyetlerini azaltılması ve makine varlıklarının ömrünü uzatmak amaçlı termal görüntüleme yapılmaktadır.	(Anonim, 2023c)
Veterinerlik	Kas, tendon ve bağ yaralanmalarını kontrolü, bacaklardaki dikenlerin bulunması, iyileşme sürecinin izlenmesi vb. amaçlı termal görüntüleme yapılmaktadır.	(Anonim, 2023d)
Orman Yangınları	Üretilen yüksek kaliteli termal görüntüler ile itfaiyecilerin yoğun dumanda bile aktif yangını daha iyi görmelerine olanak tanımaktadır.	(Anonim, 2021b)
Depolama Alanları	Atık sahaları, odun stokları, kâğıt stokları, çimento ve depolama alanları vb. yanıcı-patlayıcı madde depolama alanlarında yangın riskine karşı termal görüntüleme ile izlenmektedir.	(Anonim, 2023e)
Askeriye	Askerlerin duman, sis, toz veya havadaki herhangi bir diğer engelleyici maddenin bulunduğu olaylar ve ışığın çok az olduğu veya hiç bulunmadığı alanlarda etkili bir şekilde hedefi görmelerine olanak tanır.	(Anonim, 2016)
Güvenlik	Çok küçük sıcaklık farklılıklarını algılayabildiği için termal kameralar karmaşık arka planlar tarafından gizlenen veya derin gölgelerde gizlenen insanları tespit etmede kullanılmaktadır.	(Anonim, 2023f)
Arama-Kurtarma	İnsansız hava araçlarına konumlandırılan termal kameralar, arama-kurtarma çalışmalarında etkin bir şekilde kullanılmaktadır.	(Anonim, 2023g)
Bina Denetleme	Binaların enerji verimliliğini artırmak için termal kameralarla yapılan incelemeler, binaların yalıtım sorunlarını hızlı ve kolay bir şekilde gösterir	(Anonim, 2023h)

5. UZAKTAN ALGILAMA TEKNOLOJİLERİNDE TERMAL KAMERA KULLANIMI

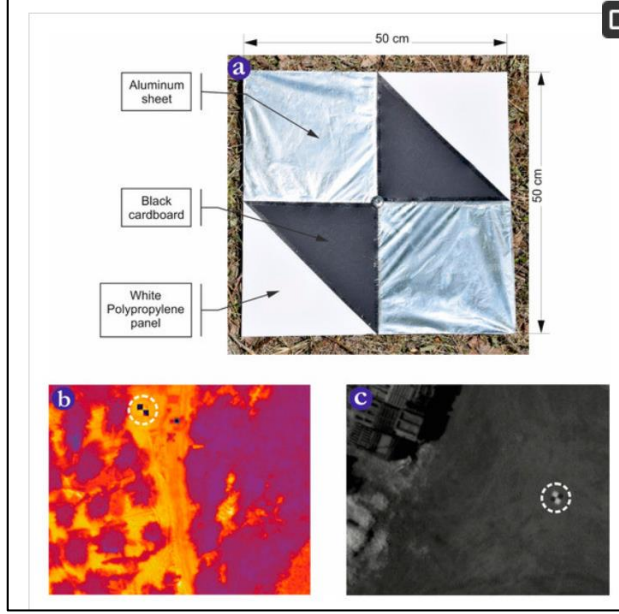
Termal kameralar, günümüzde çeşitli alanlarda farklı amaçlar için sıklıkla kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile beraber termal kameralar sadece yer tabanlı kullanılmamakta olup insansız hava aracı (İHA) gibi platformlarda da kullanılmaktadır. İnsansız hava araçlarının ulaşım zorluğu olan noktalara kolaylıkla ulaşması, programlanabilir olması ve insan gücünü en aza indirmesi açısından avantajlı olması kullanımın yaygınlaşmasını artırmıştır. Şekil 5’de tarımsal alanda püskürtme sistemli İHA gösterilmiştir.



Şekil 5: Zirai İlaçlama Amaçlı Kullanılan İHA (Anonim, 2022)

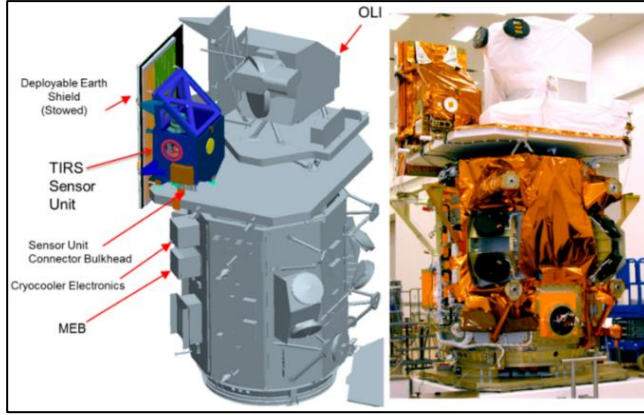
İHA'nın getirmiş olduğu avantaj ile kısa sürede orta büyüklükteki alanlarda bir takım analizler gerçekleştirerek yüksek çözünürlükte ve hassas veri elde etmek mümkün olmuştur. Bu ölçümler sırasında alım hassasiyeti oluşturulması için farklı teknoloji ve metotlar

kullanılmaktadır. Şekil 6’da alım çalışmaları sırasında kullanılan yer kontrol noktaları (YKN) gösterilmiştir.



Şekil 6: Yer Kontrol Noktaları (YKN, Ground Control Point, GCP) İçin Termal ve Multispektral İHA Araştırmalarında Kolayca Tespit Edilebilecek Şekilde Tasarlanmış Ev Yapımı Bir Hedef Örneği (a). Termal (b) ve Yakın Kızılötesi (c) (NIR) Multispektral Görüntülerde Görüldüğü Şekliyle GCP Hedefi (Beyaz Kesikli Daire) (Krapez ve ark., 2022)

İHA kullanımı alansal olarak orta ölçekli alanları kapsamaktadır. Büyük alanlarda çalışılması gereken durumlarda İHA görüntüleme kapasitesi yetersiz kalmaktadır. İl sınır boyutu büyüklüğündeki alanlarda termal kamera görüntüleme sistemi bulunan uydular kullanılmaktadır. Şekil 7’de Landsat uydusu ve termal görüntüleme sistemi gösterilmiştir.



Şekil 7: Landsat 8 Uydusu Sensörleri (TIRS sensörü, Thermal Infrared İçermekte)
(Reuter ve ark., 2015)

Bu bölümde, termal kameraların uzaktan algılama alanında kullanımı incelenecek ve bu alanda yapılan araştırmalardan bazıları vurgulanacaktır. Termal kameraların uygulanma alanlarından biri aktif yanardağların izlenmesidir. Termal kameralar, volkanik aktivitenin tahmin edilmesine katkı sağlayarak, bir aktif volkanın sıcaklığının takip edilmesi olanağı sağlamaktadır (Harris, 2013). Abdalkadhum ve ark. (2020) yapmış olduğu çalışmada, Operational Land Imager (OLI) ve Thermal Infrared (TIRS) sensörlerinden elde edilen Landsat- 8 uydu verisini kullanarak görünür ve termal dalga boyu aralığındaki verilerin birleştirilmesi sonucu arazi sınıflandırması gerçekleştirmiştir. Ayrıca termal kameralar saha çalışmalarında fenotiplemede de kullanılmaktadır. Deery ve ark. (2014) yapmış olduğu çalışmada, LİDAR, RGB kamera, termal kızılötesi kamera ve görüntüleme spektrometresi ile donatılmış proksimal araç geliştirerek, yüksek verimli fenotipleme tekniği oluşturmuştur. Termal kameralar, altyapı teşhisi için de kullanılmaktadır. Palombo ve ark. (2011) yapmış olduğu

çalışmada, yüksek frekanslı bir termal kamera ve yer tabanlı mikrodalga radar interferometresi kullanarak yapıların salınımlarını ölçmüştür. Buharlaştırmanın takip edilmesi su döngüsü açısından önemlidir. İnsansız hava araçlarına (İHA) monte edilen termal kameralar buharlaşmayı ölçebilmektedir. Hoffmann ve ark. (2015) yapmış olduğu çalışmada, İHA'ya termal kamera monte edilerek ısı akıları ve hidroloji alanlarında uygulamalar gerçekleştirmiştir. Ekoloji, biyoçeşitlilik ve koruma alanında da termal kameralar, hiperspektral, LIDAR gibi sensörlerle birlikte kullanılmaktadır (Wang ve ark., 2010). Termal kameralar bitki örtüsünün izlenmesinde de kullanılmaktadır. Turner ve ark. (2014) yapmış olduğu çalışmada, Antarktika yosun yataklarındaki bitki örtüsünü izlemek için yakın kızılötesi ve termal kızılötesi kameralar gibi çoklu sensörler kullanmıştır. Yüzey sıcaklığı, yüzey enerji dengesi açısından önemlidir. Morrison ve ark. (2021) yapmış olduğu çalışmada yer tabanlı termal kamera kullanarak kentsel yüzey sıcaklıklarının ölçülmesi ve bu sıcaklıkların farklı alanlar arasındaki değişkenliğini incelemiştir. Mahsullerin izlenmesi ve veriminin tahmin edilmesi, tarla yönetimi açısından son derece önemlidir. Feng ve ark. (2020) yapmış olduğu çalışmada pamuk rekoltesini değerlendirmek amaçlı İHA'ya; RGB kamera, multispektral kamera ve kızılötesi termal kamera monte ederek, pamuk tarlasının büyüme aşaması ve hasat öncesi döneminde uçuşlar gerçekleştirmiş, uçuşlar sırasında elde edilen görüntülerin analiz edilmesi sonucu pamuk dekoltesini değerlendirmiştir. Ayrıca Shen ve ark. (2022) yapmış olduğu çalışmada buğday verimini tahmin etmek için multispektral ve termal kamera ile donatılmış bir İHA kullanarak bitki örtüsü indeksleri

ve kanopi su stresi indeksini elde etmiştir. Orman yangınları küresel ısınma birlikte ciddi bir tehdit olmaya başlamış ve özellikle Akdeniz için son yıllarda yangınlarda artış gözlemlenmiştir. Orman yangınları ekosistem, mülk ve insan yaşamı için tehlikelidir. Yangınların tespit edilmesi ve yangın yönetimi için alınacak tedbirler, yangının vermiş olduğu yıkıcı sonuçları engelleyebilecektir. Xofis ve ark. (2020) yapmış olduğu çalışmada, uzaktan algılama teknikleri, saha verileri ve yangın davranışı simülasyonu kullanarak, Yangın Tehlike İndeksi (FDI) geliştirmiştir. FDI elde etmek için termal kamera, optik kamera ve İHA kullanmıştır. James ve ark. (2020) yapmış olduğu çalışmada termal ve multispektral kamera ile donatılmış İHA ile Mayıs ve Haziran 2019'da bilinen bir arkeolojik alan üzerinde uçuş gerçekleştirmiş ve arkeolojik kalıntıların tarımsal ürünler üzerinde oluşturduğu stresi değerlendirmiştir. Deniz kirliliğinde plastik atıklar önemli rol oynamaktadır. Deniz kirliliğiyle mücadele etmek için son yıllarda gelişmiş teknolojiler kullanılmaktadır. Goddijn ve ark. (2022) yapmış olduğu çalışmada termal kamera ile donatılmış İHA ile gündüz, gece ve farklı mevsim dönemlerinde elde edilen görüntüleri analiz ederek plastik atıkların termal kamera ile izlenmesini ve tespit edilmesini ele almıştır. Canlı yaşamı için hayati önem taşıyan su kaynakları, tükenmek tehdidi ile karşı karşıya kalmıştır. Alt yapı kaynaklı su sızıntıları önemli çevresel etkiye sahiptir. Krapez ve ark. (2022) yapmış olduğu çalışmada su sızıntısı için temsili nemli alanların ortaya çıkarılması amacıyla hiperspektral kamera, termal kızılötesi kamera ile ölçümler gerçekleştirerek, en uygun dalga boylarını tespit edilmesi sonucu su kaçağı olan bölgelerin belirlenmesini amaçlamıştır. Su sıcaklığı

biyolojik süreçler ve nehir organizmalarının yaşamı için önemlidir. Fricke ve ark. (2021) yapmış olduğu çalışmada, İHA ve jirokopter ile alınan termal kamera görüntüleri kullanarak su yüzeyi sıcaklığının değişiminin araştırılmasını amaçlamıştır. Maymun popülasyonlarını araştırmak maliyetli ve zaman alıcıdır. Termal kamera ile donatılmış bir İHA ile termal görüntüleme sonucu maymun popülasyonunu araştırmak mümkündür. van Berkel ve ark. (2022) yapmış olduğu çalışmada büyük gövde ve yuvarlanma davranışlarıyla tanımlanabilen bonobolar (*Pan Paniscus*) için İHA ile farklı irtifalarda uçuşlar gerçekleştirerek, termal dronların popülasyon araştırmalarındaki potansiyelini araştırmıştır. Toprak sıcaklığı, bitki büyümesi ve gelişmesi için önemlidir ve izlenmesi gerekmektedir. Frodella ve ark. (2020) yapmış olduğu çalışmada bir üzüm bağında 48 saatlik süre boyunca termal kameralarla toprak yüzeyindeki sıcaklık verilerini toplayarak, sıcaklık değişimlerini incelemiştir. İklim değişikliği ile beraber kentsel ısı adasında artış beklenmektedir. Şehirlerdeki yeşil alanların varlığı sıcaklıkların azalmasına katkı sağlayabilmektedir. Bu sebeple şehirlerdeki yeşil alanların varlığının izlenmesi ve yönetimi, iklim krizi açısından alınabilecek önlemlerden bir tanesidir. Fuentes ve ark. (2021) yapmış olduğu çalışmada bir araç üzerine görünür ve termal kızılötesi kamera entegre ederek kentsel yeşil altyapının izlenmesini amaçlamış ve yeşil alanların sıcaklık özelliklerini ve su gereksinimlerini araştırmıştır. Sonuç olarak, termal kameralar uzaktan algılama alanında önemli bir araç haline gelmiştir. Aktif volkanların izlenmesi, arazi örtüsü sınıflandırması, alan tabanlı fenotipleme, altyapı teşhisi, buharlaşma tahmini, ekoloji, biyoçeşitlilik ve koruma, bitki

örtüsü izleme, yüzey sıcaklığı belirleme, mahsullerin izlenmesi, orman yangınları, deniz kirliliği tespit çalışmaları, su sızıntıları ve su sıcaklığının belirlenmesi, canlı popülasyonunun takip edilmesi, toprak sıcaklığının belirlenmesi, kentsel yeşil alanların izlenmesi gibi çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Uzaktan algılamada termal kamera kullanımının, teknoloji ilerledikçe ve yeni uygulamalar keşfedildikçe artmaya devam etmesi beklenmektedir.

6. TERMAL KAMERALARIN TARIM ALANINDA UYGULAMA ALANLARI

Tarım sektörü, küresel ölçekte gıda güvenliği sağlama ve verimliliği artırma konularında hayati bir rol oynamaktadır (Smith ve ark., 2014). Tarımda teknolojik gelişmelerin kullanılması, tarımsal üretimin kalitesini ve miktarını etkilemektedir. Bu bağlamda, termal kamera teknolojisi, tarımda önemli bir araç haline gelmiştir. Termal kameralar, son yıllarda mahsul izleme, su stresi tespit etme ve mahsul verimi gibi çeşitli uygulamalarla popüler hale gelmiştir (Jones ve ark., 2009). Bu bölümde, termal kameraların tarımdaki çeşitli uygulama alanları incelenecektir. Tarımda mekânsal değişkenlik hakkında doğru bilgilerin toplanması mahsul verimi için oldukça önemlidir. Bunlardan biri olan su stresi faktörü mahsullerin gelişimini sınırladığı için abiyotik stresin ana faktörlerinden biridir. Bitkinin su stresini belirlemek için gövde su potansiyeli (ψ_s) ve stoma iletkenliği (gs) ölçümleri gerekmektedir. Bu göstergeler basınç odası ve porometreler kullanılarak ölçülebilmektedir fakat alansal olarak değerlendirme

yapmak oldukça zordur (Ludovisi ve ark., 2017). Yaprak seviyesinde stomaların kapanması terlemeyi ve buharlaşarak soğumayı azaltıp, yaprak sıcaklığının artmasına sebep vermektedir (Hsiao, 1973; Gerhards ve ark., 2019). Yaprak sıcaklığındaki artış termal kameralar tarafından tespit edilebilmektedir. Termal görüntüler, yersel ölçümlere göre daha geniş bir alanda bitkilerin su durumu hakkında bilgi sağlayabilmektedir (Jackson ve ark., 1981; Lapidot ve ark., 2019). Jones ve ark. (2009) yapmış olduğu çalışmada, termal kızılötesi kameraların bitki örtüsünden yayılan kızılötesi radyasyonu algılayarak bitkilerin su stresi düzeyini belirlenmesinde etkili olduğunu vurgulamıştır. Termal kameraların tarımdaki bir başka kullanım alanı mahsul sağlığının takip edilmesidir. Mahsullerdeki sıcaklık farklılıkları tespit etmek mümkündür dolayısıyla zararlıların veya hastalıkların tespit edilmesinde önemli avantaj sağlamaktadır (Matese & Di Gennaro, 2018). Calderón ve ark. (2013) yapmış olduğu çalışmada, *Verticillium dahliae* mantarının sebep olduğu enfeksiyonun varlığını belirlemek amacıyla termal ve diğer sensörler tarafından elde edilen fizyolojik endekslerin kullanımını değerlendirmiştir. Mantarın neden olduğu hastalık, bitkilerin su stresinden veya terleme oranının azalmasını belirleyen stomal kapanmasından kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, buharlaşmalı soğutmanın azalmasıyla yaprak sıcaklığı artmaktadır. Bu artışı termal kamera ile tespit etmek mümkündür. Saha ölçümleri, hastalığın şiddet seviyesinin artmasıyla taç sıcaklığı değişimlerinin daha yüksek ve stoma iletkenliğinin daha düşük olduğunu göstermiştir. Termal kameralar, bitkilerin biyokimyasal ve fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için kullanılan fenotipleme

çalışmalarında da kullanılmaktadır. Bu, çiftçilerin hastalıklara veya zararlılara karşı direnç gösteren bitkilerin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır (Matese & Di Gennaro, 2018). Hassas bağcılıkta, termal kameralar yaprak sıcaklığı ve asma canlılığı açısından bağ içi değişkenliği değerlendirmek için kullanılmaktadır. Termal kameralar, Manullang ve ark. (2021) tarafından önerildiği gibi temassız fizyolojik ölçüm için de kullanılabilir. Verim tahmininde Feng ve ark. (2020) farklı sensörler (RGB, multispektral ve termal) kullanarak ürün döngüsünün hangi aşamada olduğunu tespit etmek için dört bitki örtüsü endeksi, kanopi örtüsü, bitki yüksekliği, sıcaklık, pamuk lifi endeksi kullanmıştır. Liu ve ark. (2018) termal sensöre sahip İHA kullanarak yatmamış ve yatmış pirinç mahsulleri arasındaki günlük sıcaklık farklarını ölçerek en uygun zaman aralığını tespit etmeyi amaçlamıştır. Sabah 10 ile öğleden sonra 4 arasındaki sıcaklık farkları öneme sahip olduğundan, termal kamera ile çekilmiş görüntüler pirinç bitkilerinin belirlenmesine fayda sağlamıştır. Tucci ve ark. (2019) üzüm bağının termal dinamiklerini araştırmak için RGB ve termal kamera kullanmıştır. Bunun yanı sıra bağın mikro iklimini ve üzümlerin üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmanın sonuçları, daha düşük sıcaklığa sahip iç sıralardaki ve daha yüksek sıcaklığa sahip dış sıralardaki bitkiler arasındaki sıcaklık farklılıklarını göstermiştir. Perich ve ark. (2020) buğdayda kanopi sıcaklığını ölçmek için termal sensöre sahip İHA kullanmıştır. Düşük kanopi sıcaklığı verimde %30'luk artışa neden olmaktadır. Natarajan ve ark. (2019) İHA'lara monte edilmiş multispektral ve termal sensörleri şeker kamışı ıslahında erken aşama seleksiyonun fenotiplendirilmesi için kullanmıştır.

Bhattarai & Martinez-Ramon. (2020) yapmış olduğu çalışmada, hassas tohumlardaki hastalıkları tespit etmek için tarla fidanlıklarının izlenmesinde termal imzalar kullanmıştır. Sagan ve ark. (2019) yapmış olduğu çalışmada, 3 adet termal kullanarak; termal kameraların hassas tarımda uygulanabilir olduğunu, çalışmada İHA tabanlı üç kameranın fenotipleme etkinlikleri açısından karşılaştırılabilir olduğunu, hassas tarım ve bitki fenotipasyonu için önemli sıcaklık verileri sağladığını ve 3 kamera arasında en iyi performansı ICI 8640 P serisinin gösterdiğini tespit etmiştir. Giménez-Gallego ve ark. (2021) yapmış olduğu çalışmada düşük maliyetli bir termal kamera kullanarak bitki örtüsü sıcaklığını ölçebilen bir sensör geliştirmiş ve yapay zeka tabanlı görüntü işleme modelleri oluşturmuştur. Örnek saha için badem ağaçları seçilmiştir. Sonuç olarak, sensörün, uygun maliyetli ve kullanıcı dostu bir seçenek olduğu ve bitki örtüsü sıcaklığının ölçülmesi için potansiyel taşıdığı vurgulanmaktadır. Torres-Rua ve ark. (2019) yapmış olduğu çalışmada, termal kameraların İHA üzerindeki mikrobolometre teknolojisinin kullanılmasıyla bir bağ alanındaki yüzey termal emisyonunun tahmin edilmesi amaçlamıştır. Elde edilen sonuçlar, termal kameraların termal emisyon tahmininde etkili olduğunu göstermiştir. Özetle, termal kameraların tarımda mahsul sağlığını izleme, su stresini tespit etme, mahsul verimini tahmin etme ve bitki fenotipleme gibi uygulamalarda kullanılabilir olduğu görülmüştür. Tablo.1’de tarımda termal kamera ve diğer sensörlerin İHA ile birlikte kullanıldığı çalışmalar gösterilmiştir. Termal kameraların ve İHA’ların artan kullanılabilirliği ile bu teknoloji,

çiftçiler için daha erişilebilir hale gelmekte daha bilinçli kararlar almalarına ve mahsul verimini artırmalarına olanak sağlamaktadır.

Tablo 4: Termal kamera ve diğer sensörlerin tarım alanında kullanım amaçları (Messina & Modica, 2020)

Çalışmanın Amacı	Kamera Sensörü	Analiz Edilen Ürünler
Su stresi tespiti ve bitki fenotiplemesi	Termal	Soya fasulyesi ve Sorgum
Su stresi ve hastalık tespiti	Termal- Multispektral- Hiperspektral	Zeytin
Su stresi tespiti ve izleme	Termal – Multispektral - Hiperspektral - RGB	Asma, Zeytin, Şekerpancarı, Elma, Pamuk, Nektari, Şeftali, Badem, Kayısı, Portakal, Limon, Soğan, Arpa, Mısır, Mandalina
Sulama ve mahsul kalıntısı yönetimi	Termal	Pamuk
Evapotranspirasyon tahmini	Termal	-
Enerji dengesi bileşenlerinin tahmini	Termal - Multispektral	Zeytin
Verim tahmini	Termal - Multispektral - RGB	Pamuk, Soya fasulyesi, Asma
Fenotipleme	Termal – Multispektral - RGB	Şeker kamışı, Buğday, Soya fasulyesi
Drenaj sistemlerinin haritalanması	Termal - Multispektral - RGB	Mısır ve Soya

7. TERMAL İNSANSIZ HAVA ARAÇ ÖZELLİKLERİ

İnsansız Hava Aracı birçok sektörde kullanılmaktadır. İHA'lar kullanım alanları yönünden sınıflandırılacağı gibi teknik özellikleri açısından da sınıflandırılmaktadır. Aşağıda uçuş süreleri, iletim mesafesi, rüzgâr direnci, su geçirmezlik vb. gibi teknik özelliklerine göre sektörde kullanılan İHA'lara örnekler Tablo 5'de ve kullanılan kameralar ise Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 5: Termal İnsansız Hava Araç Özellikleri (Anonim, 2023i)

ÖZELLİKLER	MODELLER							
	DJI Mavic 3 Thermal	DJI Matrix 350 RTK	Autel EVO II V3 640T	Teledyne FLIR SIRAS	DJI Matrix 30T	DJI Matrice 300 RTK - Zenmuse H20N	Autel EVO Max 4T	Papağan ANAF ABD
Maksimum Uçuş Süresi (dk)	45	55	40	31	41	55	42	32
Maksimum İletim Mesafesi (mil)	9.3	12.4	9.3	6	5	9.3	12.4	3.1
Maksimum Hız (mph)	47	51.4	44.7	40	51.4	51	51.4	33.6
Maksimum Rüzgâr Direnci (ft/sn)	39	39.4	57.2	32.2	39.4	49.2	39.6	49.2
Su Geçirmezlik Derecesi		IP55	N/A	IP54	IP55	IP45	IP43	IP53
Görsel Sensör Boyutu	1/2-inç CMOS, 4K	1080p	1/1.28"(0.8") CMOS - 8K Video	-	-	1/1.8" CMOS; Etkili pikseller: 4M	1/1.28 CMOS, 50MP	-
Kızılötesi Çözünürlük	640 x 512	-	640x512	640 x 512	-	640x512	640x512	320x256
Kızılötesi Kare Hızı	30 Hz	30 fps	30 Hz	60 Hz	-	30 Hz	-	9 fps (ANAFI USA MIL için 15 fps)
Termal Görüntüleyici	Soğutmasız VOx Mikro bolometre	-	-	-	Soğutmasız VOx Mikro bolometre	Soğutmasız VOx Mikro bolometre	Soğutmasız VOx Mikro bolometre	-

Tablo 6: Termal Kamera Özellikleri (Anonim, 2023i)

ÖZELLİKLER	MODELLER			
	DJI Zenmuse XT2	DJI Zenmuse H20N	DJI Zenmuse H20T	Teledyne FLIR Vue TZ20-R
Kızılötesi Çözünürlük	640x512 veya 336x256	640x512	640x512	640x512
Kızılötesi Kare Hızları (Hz)	9 veya 12	30	30	30
Kızılötesi Mercek	-	12 mm	13.5 mm	4.9 mm genişlik, 24 mm darlık
Sensör	1/1.7" CMOS Termal Görüntüleme için FLIR Tau 2 Sensörü	Tek Kızılötesi Sensör	Tek Kızılötesi Sensör	-
Hava Direnci	IP44	IP44	IP44	IP44
Çalışma Sıcaklığı Aralığı	-40 ila 1022°F	-4 ila 122°F	-4 ila 122°F	-4° ila 113°F
Uyumlu Dronlar	DJI Matrice 200 ve Matrice 600 serisi	Matrix 300 RTK	Matrix 300 RTK	Matrix 200 ve 300 Serisi

8. SONUÇ

Sonuç olarak, termal görüntüleme teknolojilerinin tarım faaliyetlerinde kullanılması tarımsal açıdan önemlidir. Bu teknoloji ile beraber çiftçilerin hastalıkları belirlene, sulamayı iyileştirme ve karar alma mekanizmasını güçlendirerek tarımsal verimi geliştirecektir. Termal kameraların İHA ile birleşimi geniş veri analizi fırsatı sunmaktadır. İHA'lar hem tarımsal faaliyetler içerisinde hem de bu faaliyetlerin dışında farklı uygulamalarda maliyet, iş güvenliği, enerji tasarrufu gibi sektöre ekonomik ve teknik katkılar sunmaktadır. Gün geçtikçe kullanım alanlarının çeşitleneceği ve kullanım yoğunluğunun artacağı artık öngörülmektedir. Teknoloji ilerledikçe, termal kamera

uygulamalarındaki yenilikler, bitki ve toprak dinamikleri hakkında daha ayrıntılı veri sağlayacak akıllı ve daha dirençli tarım sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdalkadhum, A.J., Salih, M.M., & Jasim, O.Z. (2020). Combination of visible and thermal remotely sensed data for enhancement of Land Cover Classification by using satellite imagery. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 737, No. 1, p. 012226). IOP Publishing.
- Alan, A. (2012). Termografi ve veteriner hekimliğinde kullanımı. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 9(2): 133-140.
- Al-doski, J., Mansor, S.B., Shafri, H.Z.B.M., & Zulhaidi, H. (2016). Thermal imaging for pests detecting-a review. Int. J. Agric. For. Plant, 2: 10-30.
- Anonim (2016). <https://www.azooptics.com/Article.aspx?ArticleID=1133> (Erişim Tarihi: 14.08.2023)
- Anonim (2021a). <https://visionify.ai/infrared-thermal-imaging-for-people-detection/> (Erişim Tarihi: 14.08.2023)
- Anonim (2021b). <https://www.flir.eu/discover/security/teledyne-flir-thermal-security-cameras-help-firefighters-monitor-wildfires-in-california/> (Erişim Tarihi:14.08.2023)
- Anonim (2022). <https://www.geospatialworld.net/prime/business-and-industry-trends/xag-p100-drone-farmers-sustainable-farming/> (Erişim Tarihi: 18.08.2023)
- Anonim (2023a). <https://en.wikipedia.org/wiki/Infrared> (Erişim Tarihi: 14.08.2023)
- Anonim (2023b). <https://www.blackview.hk/blog/guides/applications-of-heat-imaging-in-agriculture> (Erişim Tarihi:14.08.2023)
- Anonim (2023c). <https://www.reliableplant.com/Read/31889/thermal-imaging-maintenance>
- Anonim (2023d). <https://therma-vet.com/> (Erişim Tarihi: 14.08.2023)
- Anonim (2023e). <https://www.flir.eu/discover/instruments/early-fire-detection/thermal-imaging-camera-keeps-fire-risk-under-control-in-coal-pile-storage-site/> (Erişim Tarihi:14.08.2023)
- Anonim (2023f). <https://www.x26.com> (Erişim Tarihi: 14.08.2023)
- Anonim (2023g). <https://www.dronebydrone.com> (Erişim Tarihi:14.08.2 23)

- Anonim (2023h). <https://www.infratec.eu/thermography/industries-applications/building-thermography/> (Erişim Tarihi:14.08.2023)
- Anonim (2023i). <https://www.dslrpros.com/thermal-drones.html> (Erişim Tarihi: 14.08.2023)
- Berg, A. (2016). Detection and Tracking in Thermal Infrared Imagery (Doctoral Dissertation), Linköping University Electronic Press.
- Bhatarai, M. & Martinez-Ramon, M. (2020). A deep learning framework for detection of targets in thermal images to improve firefighting. *IEEE Access*, 8: 88308-88321.
- Calderón, R., Navas-Cortés, J.A., Lucena, C., & Zarco-Tejada, P.J. (2013). High-resolution airborne hyperspectral and thermal imagery for early detection of *Verticillium* wilt of olive using fluorescence, temperature and narrow-band spectral indices. *Remote Sensing of Environment*, 139: 231-245.
- Castillo, J.C., Serrano-Cuerda, J., Fernández-Caballero, A., & López, M.T. (2009). Segmenting humans from mobile thermal infrared imagery. In *Bioinspired Applications in Artificial and Natural Computation: Third International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation, IWINAC 2009, Santiago de Compostela, Spain, June 22-26, 2009, Proceedings, Part II 3* (p. 334-343). Springer Berlin Heidelberg.
- Deery, D., Jimenez-Berni, J., Jones, H., Sirault, X., & Furbank, R. (2014). Proximal remote sensing buggies and potential applications for field-based phenotyping. *Agronomy*, 4(3): 349-379.
- Feng, A., Zhou, J., Vories, E.D., Sudduth, K.A., & Zhang, M. (2020). Yield estimation in cotton using UAV-based multi-sensor imagery. *Biosystems Engineering*, 193: 101-114.
- Fricke, K., Baschek, B., Jenal, A., Kneer, C., Weber, I., Bongartz, J., ... & Schöl, A. (2021). Observing water surface temperature from two different airborne platforms over temporarily flooded wadden areas at the elbe estuary—methods for corrections and analysis. *Remote Sensing*, 13(8): 1489.

- Frodella, W., Lazzeri, G., Moretti, S., Keizer, J., & Verheijen, F.G. (2020). Applying infrared thermography to soil surface temperature monitoring: Case study of a high-resolution 48 h survey in a vineyard (Anadia, Portugal). *Sensors*, 20(9): 2444.
- Fuentes, S., Tongson, E., & Gonzalez Viejo, C. (2021). Urban green infrastructure monitoring using remote sensing from integrated visible and thermal infrared cameras mounted on a moving vehicle. *Sensors*, 21(1): 295.
- Gade, R. & Moeslund, T.B. (2014). Thermal cameras and applications: a survey. *Machine Vision and Applications*, 25: 245-262.
- Gerhards, M., Schlerf, M., Mallick, K., & Udelhoven, T. (2019). Challenges and future perspectives of multi-/Hyperspectral thermal infrared remote sensing for crop water-stress detection: A review. *Remote Sensing*, 11(10): 1240.
- Giménez-Gallego, J., González-Teruel, J. D., Soto-Valles, F., Jiménez-Buendía, M., Navarro-Hellín, H., & Torres-Sánchez, R. (2021). Intelligent thermal image-based sensor for affordable measurement of crop canopy temperature. *Computers and Electronics in Agriculture*, 188: 106319.
- Goddijn-Murphy, L., Williamson, B.J., McIlvenny, J., & Corradi, P. (2022). Using a UAV thermal infrared camera for monitoring floating marine plastic litter. *Remote Sensing*, 14(13): 3179.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2013). *Fundamentals of Physics*. John Wiley & Sons.
- Harris, A. (2013). *Thermal remote sensing of active volcanoes: a user's manual*. Cambridge university press.
- Heald, M.A. (2003). Where is the “Wien peak”? *American Journal of Physics*, 71(12): 1322-1323.
- Hoffmann, H., Nieto, H., Jensen, R., Guzinski, R., Zarco-Tejada, P.J., & Friborg, T. (2015). Estimating evapotranspiration with thermal UAV data and two source energy balance models. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 12(8): 7469-7502.
- Hsiao, T.C. (1973). Plant responses to water stress. *Annual Review of Plant Physiology*, 24(1): 519-570.

- Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J., & Pinter Jr, P.J. (1981). Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resources Research*, 17(4): 1133-1138.
- James, K., Nichol, C.J., Wade, T., Cowley, D., Gibson Poole, S., Gray, A., & Gillespie, J. (2020). Thermal and multispectral remote sensing for the detection and analysis of archaeologically induced crop stress at a UK site. *Drones*, 4(4): 61.
- Jones, H.G., Serraj, R., Loveys, B.R., Xiong, L., Wheaton, A., & Price, A.H. (2009). Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of plant responses to water stress in the field. *Functional Plant Biology*, 36(11): 978-989.
- Kaplan, H. (2007). *Practical Applications of Infrared Thermal Sensing and Imaging Equipment (Vol. 75)*. SPIE Press.
- Krapez, J.C., Sanchis Muñoz, J., Mazel, C., Chatelard, C., Déliot, P., Frédéric, Y.M., ... & Le Goff, I. (2022). Multispectral optical remote sensing for water-leak detection. *Sensors*, 22(3): 1057.
- Kuenzer, C. & Dech, S. (Eds.). (2013). *Thermal Infrared Remote Sensing: Sensors, Methods, Applications (Vol. 17)*. Springer Science & Business Media.
- Lapidot, O., Ignat, T., Rud, R., Rog, I., Alchanatis, V., & Klein, T. (2019). Use of thermal imaging to detect evaporative cooling in coniferous and broadleaved tree species of the Mediterranean maquis. *Agricultural and Forest Meteorology*, 271: 285-294.
- Liu, T., Li, R., Zhong, X., Jiang, M., Jin, X., Zhou, P., ... & Guo, W. (2018). Estimates of rice lodging using indices derived from UAV visible and thermal infrared images. *Agricultural and Forest Meteorology*, 252: 144-154.
- Ludovisi, R., Tauro, F., Salvati, R., Khoury, S., Mugnozza Scarascia, G., & Harfouche, A. (2017). UAV-based thermal imaging for high-throughput field phenotyping of black poplar response to drought. *Frontiers in Plant Science*, 8: 1681.
- Lyon Jr, B.R. & Orlove, G.L. (2003). A brief history of 25 years (or more) of infrared imaging radiometers. In *Thermosense XXV (Vol. 5073, p. 17-30)*. SPIE.

- Manickavasagan, A., Jayas, D.S., White, N.D., & Paliwal, J. (2005). Applications of thermal imaging in agriculture—a review. In Proceedings of the CSAE/SCGR 2005 Meeting, Winnipeg, MB, Canada (p. 26-29).
- Manullang, M.C.T., Lin, Y.H., Lai, S.J., & Chou, N.K. (2021). Implementation of thermal camera for non-contact physiological measurement: A systematic review. *Sensors*, 21(23): 7777.
- Matese, A. & Di Gennaro, S.F. (2018). Practical applications of a multisensor UAV platform based on multispectral, thermal and RGB high resolution images in precision viticulture. *Agriculture*, 8(7): 116.
- Messina, G. & Modica, G. (2020). Applications of UAV thermal imagery in precision agriculture: State of the art and future research outlook. *Remote Sensing*, 12(9): 1491.
- Morrison, W., Kotthaus, S., & Grimmond, S. (2021). Urban surface temperature observations from ground-based thermography: intra-and inter-facet variability. *Urban Climate*, 35: 100748.
- Natarajan, S., Basnayake, J., Wei, X., & Lakshmanan, P. (2019). High-throughput phenotyping of indirect traits for early-stage selection in sugarcane breeding. *Remote Sensing*, 11(24): 2952.
- Palombo, A., Pignatti, S., Perrone, A., Soldovieri, F., Stabile, T.A., & Pascucci, S. (2011). Noninvasive remote sensing techniques for infrastructures diagnostics. *International Journal of Geophysics*, 2011.
- Perich, G., Hund, A., Anderegg, J., Roth, L., Boer, M.P., Walter, A., ... & Aasen, H. (2020). Assessment of multi-image unmanned aerial vehicle based high-throughput field phenotyping of canopy temperature. *Frontiers in Plant Science*, 11: 150.
- Planck, M. (1900). Entropie und temperatur strahlender wärme. *Annalen der Physik*, 306(4): 719-737.
- Prakash, A. (2000). Thermal remote sensing: concepts, issues and applications. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33(B1; Part 1): 239-243.

- Reuter, D.C., Richardson, C.M., Pellerano, F.A., Irons, J.R., Allen, R.G., Anderson, M., ... & Thome, K.J. (2015). The thermal infrared sensor (TIRS) on Landsat 8: Design overview and pre-launch characterization. *Remote Sensing*, 7(1): 1135-1153.
- Ring, E.F.J. (2004). The historical development of thermal imaging in medicine. *Rheumatology*, 43(6): 800-802.
- Rogalski, A. (2012). History of infrared detectors. *Opto-Electronics Review*, 20: 279-308.
- Sabins, F.F. (2007). *Remote Sensing: Principles and Applications*. Waveland Press.
- Sagan, V., Maimaitijiang, M., Sidike, P., Eblimit, K., Peterson, K. T., Hartling, S., ... & Mockler, T. (2019). UAV-based high resolution thermal imaging for vegetation monitoring, and plant phenotyping using ICI 8640 P, FLIR Vue Pro R 640, and thermomap cameras. *Remote Sensing*, 11(3): 330.
- Shen, Y., Mercatoris, B., Cao, Z., Kwan, P., Guo, L., Yao, H., & Cheng, Q. (2022). Improving wheat yield prediction accuracy using LSTM-RF framework based on UAV thermal infrared and multispectral imagery. *Agriculture*, 12(6): 892.
- Smith, P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E. A., ... & Bolwig, S. (2014). Agriculture, forestry and other land use (AFOLU). In *Climate change 2014: mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 811-922). Cambridge University Press.
- Tang, H. & Li, Z.L. (2013). *Quantitative remote sensing in thermal infrared: Theory and applications*. Springer Science & Business Media.
- Tipler, P.A. & Mosca, G. (2014). *Physik: Für Wissenschaftler und Ingenieure*. Springer-Verlag.
- Torres-Rua, A., Aboutalebi, M., Wright, T., Nassar, A., Guillevic, P., Hipps, L., ... & Kustas, W. (2019). Estimation of surface thermal emissivity in a vineyard for UAV microbolometer thermal cameras using NASA HyTES hyperspectral thermal, and landsat and AggieAir optical data. In *Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping IV* (Vol. 11008, p. 1100802). SPIE.

- Tucci, G., Parisi, E.I., Castelli, G., Errico, A., Corongiu, M., Sona, G., ... & Preti, F. (2019). Multi-sensor UAV application for thermal analysis on a dry-stone terraced vineyard in rural Tuscany landscape. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(2): 87.
- Turner, D., Lucieer, A., Malenovsky, Z., King, D. H., & Robinson, S. A. (2014). Spatial co-registration of ultra-high resolution visible, multispectral and thermal images acquired with a micro-UAV over Antarctic moss beds. *Remote Sensing*, 6(5): 4003-4024.
- van Berkel, T., Dahms, T., Mbende, M., Loota, J. B., & Jocqué, M. (2022). Detection of Bonobos (*Pan paniscus*) in Tropical Rainforest Canopies Using Drone-Based Thermal Imaging: A First Step Towards Accurately Estimating Population Sizes?. *International Journal of Primatology*, 1-5.
- Varró, S. (2006). A study on black-body radiation: classical and binary photons. *Acta Physica Hungarica Series B, Quantum Electronics*, 26: 365-389.
- Vavilov, V. (2014). Thermal NDT: historical milestones, state-of-the-art and trends. *Quantitative InfraRed Thermography Journal*, 11(1): 66-83.
- Wang, K., Franklin, S. E., Guo, X., & Cattet, M. (2010). Remote sensing of ecology, biodiversity and conservation: a review from the perspective of remote sensing specialists. *Sensors*, 10(11): 9647-9667.
- Wilson, A.N., Gupta, K., Koduru, B.H., Kumar, A., Jha, A., & Cenkeramaddi, L.R. (2023). Recent advances in thermal imaging and its applications using machine learning: A review. *IEEE Sensors Journal*.
- Xofis, P., Tsiourlis, G., & Konstantinidis, P. (2020). A Fire Danger Index for the early detection of areas vulnerable to wildfires in the Eastern Mediterranean Region. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 5(2): 32.

BÖLÜM 6

TARIMSAL ROBOTİKTE ARAŞTIRMA, GELİŞTİRME VE DİJİTAL TARIM

Doç. Dr. İlker ÜNAL¹

¹Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Antalya-Türkiye. ilkerunal@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-5188-4438

1. GİRİŞ

Tarım sektörü, hızla artan şehir nüfusuna karşın azalan kırsal çiftçi nüfusu ve azalan tarım arazileri ile dünya nüfusunun gıda ihtiyaçlarını karşılamak için 2050 yılına kadar %70 daha fazla gıda üretmek zorunda kalacaktır. Geleceğin taleplerini karşılamak için tarım üzerinde baskı oluşturan dört ana gelişme vardır: demografi, doğal kaynakların kıtlığı, iklim değişikliği ve gıda israfıdır. Tek başına iklim değişikliği, kendisi de sera gazlarının birincil üreticilerinden biri olan tarım için benzersiz zorluklar ortaya koymaktadır. Yağış, kuraklık ve sellerde artan değişkenliğin üretim verimini düşürmesi muhtemeldir. Yeraltı sularının tükenmesi ve toprak bozulması, gıda sistemlerini etkileyecektir. Gündüz sıcaklıkları mahsule özgü bir seviyeyi aştığında mahsul verimi önemli ölçüde düşecektir. Bu zorlukların üstesinden gelinmesi, hükümetlerin, yatırımcıların ve yenilikçi tarım teknolojilerinin Tarım 4.0'a geçmek için ortak bir çaba göstermesini gerektirmektedir. Tarım 4.0 ile artık tüm tarlalara eşit şekilde su, gübre ve ilaç uygulanmasının önüne geçilebilecektir. Bunun yerine, çiftçiler gereken minimum miktarları kullanarak çok özel alanları hedefleyeceklerdir. Çiftlikler ve tarım operasyonları, öncelikle sensörler, cihazlar, makineler ve bilgi teknolojisi gibi teknolojilerdeki gelişmeler nedeniyle çok farklı şekilde yürütülmek zorunda kalacaktır. Geleceğin tarımında, robotlar, sıcaklık ve nem sensörleri, hava görüntüleri ve GPS teknolojisi gibi gelişmiş teknolojiler kullanılacaktır. Bu gelişmiş cihazlar ile birlikte hassas tarım ve robotik sistemler, çiftliklerin daha karlı, verimli, güvenli ve çevre dostu olmasını sağlayacaktır.

Tarım bilimcileri, çiftçiler ve aynı zamanda üreticiler 2050 yılında tahminen 9.8 milyar nüfusun talebini sürdürülebilir bir şekilde daha az topraktan daha fazla gıda üreterek karşılaşma zorluğu ile yüzleşeceklerdir (King, 2017). Bu rakam, nüfusuna her gün yeni 200.000 kişi eklenen bir kenti beslemeye eşdeğerdir. Modern çiftliklerden, yüksek kalitede düşük masraflarla sürdürülebilir bir şekilde iş gücüne daha az bağımlı şekilde daha yüksek verim üretmesi beklenmektedir. Dijital tarım ve alana özgü hassas yönetimin uygulanması bu beklentiyi karşılama noktasında faydalı olsa da sürdürülebilir bir tarım sistemi için yalnızca sensör teknolojisine değil aynı zamanda tarımsal robotların doğru kullanımı ile mümkün olan alan verilerinin sürekli toplanması gerekmektedir. Günümüzde, dijital araçların, sensörlerin ve kontrol teknolojilerinin birbirleri ile olan entegrasyonu, tarım robotlarının tasarımını ve geliştirmelerini hızlandırarak modern tarımda önemli potansiyel ve faydalarının olduğunu bizlere göstermektedir. Bu teknolojik gelişmelerin yansımaları, toprak ve bitkilere ait zamansal ve mekânsal bilgilerin doğru ve ayrıntılı olarak toplanarak sayısallaştırılması ve tarım robotlarının navigasyonu için doğrusal olmayan karmaşık kontrol görevlerinin gerçekleştirilmesi imkânını bizlere sunmaktadır.

Sıra mahsulleri (çapa ürünü) ve meyve bahçelerinde çalışmak için yerel ve küresel sensörlerle donatılmış sürücüsüz yönlendirmeli traktörler ve tarım makineleri hâlihazırda geliştirilmiş ve geliştirilmeye de devam etmektedir. Ticari anlamda yönlendirme kontrolü için Global Navigasyon Uydu Sistemi kullanan John Deere iTEC Pro (Deere &

Company, Moline, Illinois) ve Cam Pilot yönlendirme ve 3D bilgisayar görüşü sunan Claas otonom navigasyonu (Harsewinkel, Ostwestfalen-Lippe, Almanya) GPS tabanlı kontrole ek olarak alana özgü özellikleri de kontrol ederek tarımsal üretim süreçlerinin dijitalleştirilmesine katkıları sunmaktadır. Tarımsal alan robotları ve manipülatörleri, dijital tarım (Wolfert ve ark., 2017) ve hassas tarım (Chlingaryan ve ark., 2018) uygulamalarının farklı yönlerinin ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Elektromekanik, haberleşme ve kontrol teknolojisindeki ilerlemelerle birlikte, robotların dijital tarımdaki uygulamaları araştırmacıların disiplinler arası çalışma yapmasına, konu ile ilgili farklı sektörlerdeki şirketlerin bu konu üzerine Ar-Ge yapmalarına fırsat sunmaktadır. Birçoğu hala prototip aşamasında olmasına rağmen, tarımsal robotlar şu anda bitkisel keşif (Bechar & Vigneault, 2016), haşere ve yabancı ot kontrolü (Oberti ve ark., 2016), hasat (Bloch ve ark., 2018), ilaçlama (Gonzalez-de-Soto ve ark., 2016), budama (Ishigure ve ark., 2013), fenotipleme (Zhang ve ark., 2016) ve ayırma (Comba ve ark., 2016) gibi çeşitli tarımsal faaliyetleri yürütebilmektedir. Tarımsal amaçlı bir robottan, doğası gereği son derece dinamik bir ortamda çalıştırılacak olmasına rağmen yine de toprak veya bitkiye hassas bir şekilde dokunmasını, algılamasını, işlemlerini ve verimliliği arttırırken minimum etki miktarına sahip olması beklenmektedir (De Baerdemaeker ve ark., 2001). Günümüzde farklı endüstriyel sektörlerde sabit istasyon şeklinde hassas doğruluk ve hıza sahip robotik platformlar mevcut olmasına rağmen, tarım sektöründeki değişken koşullara bağlı büyük zorluklar getiren belirsiz görevler nedeniyle tarımdaki uygulamaları yine de sınırlı kalmaktadır.

Örneğin, meyve ve sebzelerin mevsim dışı tarımı için seralar gibi kapalı alan bitki üretim ortamlarında otomasyon ve robotiğin farklı yönlerine odaklanması gerekmektedir (Shamshiri ve ark., 2018). Dinamik koşullardaki görevler için ilaç püskürtme, yaprak kesme ve hasat için geliştirilecek olan uç efektörlü bir tarım robotunun, gerçek dünya koşullarında verimli çalışabilmesi, bitki boyutları ve şekilleri, sapları, dalları, yaprakları, meyve rengi, dokusu, engeller ve hava koşulları gibi farklı durumları algılamasını ve ona göre çalışmasını gerektirmektedir. Örneğin, öngörülemeyen heterojen bir ortamda yapılacak olan meyve hasadında algılama mekanizması, hasat edilecek meyvelerin olgunluğunu algılayarak, uç manipülatörün bitki sistemi veya ağaç kanopisi içinde minimum çarpışmalar ile gezinmesini ve buna göre yumuşak meyveyi hassas bir şekilde kavramasını ve çıkarmasını sağlamak için hareket ve yol planlamasını gerçekleştirmelidir. Bu durum, endüstriyel bir montaj hattında kaynak yapmaktan sorumlu bir endüstriyel robotla karşılaştırıldığında oldukça zor bir görevdir.

Dijital tarım, tarımsal üretimi optimize etmek için sensörler, dronlar, GPS haritalama ve makine öğrenimi gibi dijital teknolojileri kullanan bir tarım yaklaşımıdır. Dijital tarım, çiftçilerin toprak kalitesi, mahsul sağlığı, hava koşulları ve diğer değişkenler hakkındaki verileri gerçek zamanlı olarak toplamasına ve analiz etmesine olanak tanıyarak ekim, sulama, gübreleme, haşere ve hastalık kontrolü hakkında daha bilinçli kararlar almalarına olanak tanımaktadır. Buradaki veriye dayalı yaklaşım, çiftçilerin zamandan ve paradan tasarruf etmesine, mahsul girdilerini daha verimli kullanmasına ve mahsul verimini ve kalitesini

ölçülebilir şekilde artırmasına yardımcı olmaktadır. Literatürde, nesne tanımlama, görev planlama algoritmaları, sensörlerin dijitalleştirilmesi ve optimizasyonu gibi konular halen dijital tarım bağlamında karşılaşılan zorluklardan bazıları olarak belirtilmektedir. Çoklu robot sistemleri, insan-robot iş birlikleri ve hava ve yer tabanlı sensörlerin fizyonu ile sanal çiftliklerin yaratılması gibi konular dijital tarımın hedefleri arasında gösterilmektedir. Tarımsal alan robotundaki eğilimlerin, tarımsal girdileri optimize etmek ve halen öngörülemeyen tarımsal verileri ortaya çıkarmak için küçük ölçekli mobil robotlar ve dronlardan oluşan heterojen robot kümelerinin oluşturulması noktasında yoğunlaştığı görülmektedir. Günümüzde tarımsal amaçlı robotlar, teknolojik gelişmelerin etkisiyle birlikte modern çiftliklerin ayrılmaz bir parçası haline gelirken, temel kanı, yakın gelecekte tamamen otomatik bir tarım sistemi beklemenin gerçekçi olmadığı yönünde toplanmaktadır.

2. TARIMSAL ROBOTİKTE ARAŞTIRMA VE GELİŞTİRME

Literatürde tarımsal robotik üzerine yapılan araştırma çalışmaları, Şekil 1'de görüldüğü gibi müşteriye özel dizayn edilen mobil bir platforma entegre edilmiş yenilikçi manipülatörler ve tutuculara sahip otonom hasat robotundan, ticari seralarda haşere kontrolü için geliştirilen ilaçlama robotuna (Sammons ve ark., 2005), salatalık yapraklarını otonom şekilde ayıran manipülatör tasarımına (Van Henten ve ark., 2006) kadar çok çeşitli uygulamaları kapsamaktadır. Bu bağlamda hem açık alan hem de seralarda çalıştırılmak üzere tasarlanan robotlarda iki

temel konu üzerine yoğunlaştığı anlaşılmaktadır. Birincisi, meyve hasadı için gelişmiş görüntü işleme teknikleri ile donatılmış ve bu çerçevede kontrol mekanizmaları geliştirilmiş olan hasat robotları ve tutucu tasarımlarıdır. Biber (Hemming ve ark., 2014), salatalık (Van Henten ve ark., 2009), domates (Feng ve ark., 2018), elma (Jia ve ark., 2018), kiraz (Tanigaki ve ark., 2008), narenciye (Mehta ve ark., 2016), üzüm (Zaidner ve Shapiro, 2016), mango (Stein ve ark., 2016) ve çilek (Han ve ark., 2012) gibi farklı ürünlerin hasat mekanizmaları bu çerçevede geliştirilmiştir. İkincisi ise, güçlü makine görme ve öğrenme sistemleri ile donatılmış navigasyon algoritmalarına sahip verim tahmini (Bargoti & Underwood, 2017), rota planlama (Lee ve ark., 2007), çapalama (Li ve ark., 2015), fide dikimi (Hu ve ark., 2014) ve çiçek hasadı (Yang ve ark., 2018) gibi tarımsal işlemleri gerçekleştiren robotlara yoğunlaşmıştır.

Robotik hasata yönelik örnek çözümler arasında; görsel servo kontrolü için eye-in-hand look-and-move konfigürasyonu (Mehta ve ark., 2016), optimum manipülatör tasarımı ve kontrolü (Shamshiri ve ark., 2012), uç efektör ve tutucu tasarımı (Zhao ve ark., 2011), yoğun engelli ortamlarda robot performans analizi için stabilite testleri (Li ve ark., 2013) ve hareket planlama algoritmaları (Bac ve ark., 2016) yer almaktadır. Görme tabanlı kontrol sistemindeki gelişmeler (Zhao ve ark., 2016), sera ve meyve bahçesi görevleri için robotik manipülatörlerin çeşitli uygulamalarına imkân sağlamış ve operasyonların verimliliğini ve güvenliğini geliştirirken iş yükü ve işgücü yorgunluğunun azalmasına katkıda bulunmuştur. Bu başarılar,

daha önceki tarımsal robotik çalışmalarında zorluk olarak görülmekteydi (Monta ve ark., 1998). Diğer taraftan tarımsal alan robotları (Bechar, 2016), operasyonların güvenilirliğinin artırılmasına, toprak sağlığının iyileştirilmesine ve verimin artmasına katkıda bulunmaktadır. Navigasyon kontrolü, eş zamanlı lokalizasyon ve haritalama, yol planlama algoritmaları için genellikle iki veya daha fazla sensör ve kamera ile donatılmışlardır (Hameed ve ark., 2016).



Şekil 1: S.W. Sweeper Otonom Meyve Hasat Robotu (URL-1)

2.1. Yabancı Ot Kontrolü ve Hedefe Yönelik Püskürtme Robotları

Tarımsal robotların temel amacı, insan işgücü gerektiren tarımsal süreçlerin daha düşük maliyet ve daha yüksek verimlilikle daha doğru ve düzgün şekilde mekanize olarak otonom şekilde yürütülmesini sağlamaktır (Bac ve ark., 2016). Konu ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, yabancı ot kontrolü ve hassas ilaçlama yapma yeteneğine sahip tarımsal alan robotları en çok talep edilen robotik sistemler arasında gösterilmektedir. Bu bağlamda, yabancı ot kontrolü uygulaması için hedefe yönelik ilaçlama yapabilen robotların (Young ve Giles, 2014), geleneksel yöntemlerle yapılan ilaçlamaya nazaran

kabul edilebilir sonuçlar verdiği ve herbisit kullanımını en az %5-%10 seviyelerinde azalttığı belirtilmektedir (Midtby ve ark., 2011). Hala tam olarak ticarileştirilmemiş olsa da çeşitli uluslararası araştırma grupları ve şirketler arasındaki disiplinler arası iş birliği projelerinin sonuçları, son 10 yılda yabancı ot kontrolü ile ilgili alan robotları için umut verici teknolojilerin gelişmesine ve uygulanmasına yardımcı olmuşlardır. Çeşitli türlerde yabancı ot kontrol robotları için araştırma ve geliştirmede aktif olarak yer alan tanınmış kurumlardan bazıları; Wageningen Üniversitesi ve Araştırma Merkezi (Hollanda), Queensland Teknoloji Üniversitesi, Sydney Üniversitesi, Blue River Technologies (Sunnyvale, CA, ABD), İsviçre'nin ecoRobotix (Yverdon-les-Bains, İsviçre) ve Fransa'nın Naio'suTechnologies (Escalquens, Fransa)'dır.

Yabancı ota mücadelede planlama yapılırken zaman, işçilik ve ekipman maliyetleri ile birlikte yabancı ot türleri ve alan büyüklüğü dikkate alınması gereken kriterlerdir. Tüm bu kriterleri optimum olarak dikkate alan robotik bir platformun verimli olabilmesi için sadece mücadeledeki insan işgücünü ortadan kaldırmanın yanısıra tarımsal ilaç kullanımını da azaltması gerekmektedir. Bu bağlamda, Osnabrueck Üniversitesi, DeepField Robotik start-up, Robert Bosch şirketi ve makine üreticisi Amazonen-Werker arasındaki ortak bir proje ile geliştirilen esnek, çok amaçlı bir tarım ve yabancı ot temizleme robot platformu olan BoniRob (Sander, 2015) birçok hassas tarım uygulamasında kullanılan örnek bir platformdur (Şekil 2).



Şekil 2: S.W. Bonirob: Yabancı Ot Tespit ve Mekanik Temizleme Robotu (URL-2)

Benzer şekilde, Queensland Teknoloji Üniversitesi tarafından geliştirilen yenilikçi bir saha robot prototipi olan AgBot II (Bawden ve ark., 2014), otonom gübre uygulaması, yabancı ot tespiti ve sınıflandırması ve mekanik veya kimyasal yabancı ot kontrolü yapabilen bir teknolojiye sahiptir (Şekil 3).



Şekil 3: Agbot II: Mekanik ve Kimyasal Yabancı Ot Temizleme Robotu (URL-3)

FranklinRobotics tarafından geliştirilen tamamen otonom güneş enerjili bir kompakt yabancı ot tespit ve kesme robotu olan Tertill (MacKean ve ark., 2017) tasarımı nedeniyle farklı bir robot yapısını ortaya koymaktadır (Şekil 4).



Şekil 4: Tertill: Kompakt Yabancı Ot Tespit ve Kesme Robotu (URL-4)

Aarhus Üniversitesi Tarım Bilimleri Fakültesi tarafından geliştirilen Hortibot (Jørgensen ve ark., 2007) isimli robot, üzerindeki kamera ve görüntü işleme yazılımıyla yabancı ot üzerine püskürtme burları vasıtasıyla herbisit uygulaması yapan örnek bir tasarımıdır (Şekil 5).



Şekil 5: Hortibot: Yabancı Ot Üzerine Püskürtme Bumları Vasıtasıyla Herbisit Uygulama Robotu (URL-5)

Sydney Üniversitesi Alan Robotik Merkezi tarafından yabancı ot üzerine herbisit uygulaması yapan RIPPA (Bogue, 2016), akıllı algılama tekniği ile hassas uygulama gerçekleştirebilen bir robottur (Şekil 6).



Şekil 6: RIPPA: Yabancı Ot Üzerine Herbisit Uygulaması Yapan Robot (URL-6)

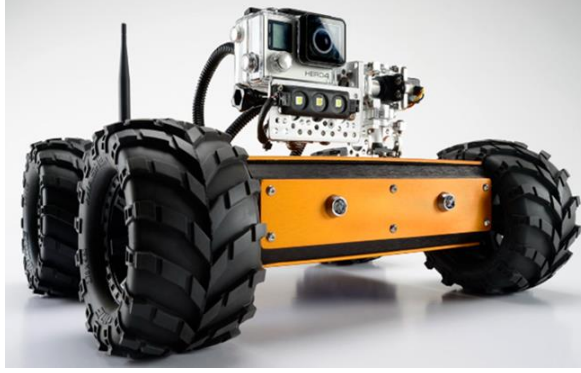
Yabancı ota mücadele konusunda geliştirilen robot örnekleri haricinde literatürde birçok uygulamayla karşılaşmaktadır. Sonuç olarak tüm bu çalışmaların hedefi, yabancı ota mücadelede kullanılan kimyasalların miktarını azaltma noktasında toplanmaktadır. Yukarıda örneklendirilen robotlardan bazılarının yabancı ot üzerinde kimyasal kullanımını %80-%90 oranında azalttığı bildirilmektedir. Yabancı otun vasküler dokusuna doğrudan herbisit uygulamak için otun sapını kesmek ve herbisiti kesilen yüzeye doğrudan sıkmak, birden fazla elektromekanik yapının farklı yazılımsal tespit algoritmalar ile çalıştırılmasını

gerektirmektedir. Otonom şekilde yabancı otları temizleyen bir robot, bitkinin konumunu hassas şekilde tespit etmesi için ileri teknoloji bir görüş sistemine sahip olmalıdır. Böyle bir görüş sistemi, bitki sapının pozisyonunu doğru tanıyabilmeli ve yabancı ot kontrolü sırasında koruyabilmelidir (Kiani & Jafari, 2012). Ayrıca, sera ortamlarında otonom robot navigasyonunu ile ilgili yapılan çalışmaların yetersiz olduğu da görülmektedir. Sonuç olarak, yukarıda gösterilen çalışmalar, yabancı otlarla mücadele noktasında tamamen ticari bir robotik platformun henüz gerçekleştirilmediğini göstermektedir. Ek olarak, robotik yabancı ot kontrolü alanındaki araştırma çalışmalarının çoğu bitki büyümesinden önce veya bazı durumlarda ana bitki yüksekliğinin 0.2-0.3 m arasında olduğunda uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

2.2. Saha Keşif ve Veri Toplama Robotları

Saha keşif robotları ve veri toplama sistemleri, hassas tarım ve farklı ürün modelleri için kullanılabilir, işlenebilir ve güvenilir veri ve ölçümler sağlama noktasında çok disiplinli bir çalışma stratejisine ihtiyaç duymaktadır. Bu durum, bu tarz robotların geliştirilmesinde disiplinler arası birçok zorluklarla karşılaşılmasına neden olmaktadır. Çiftlik alanları ve meyve bahçeleri ile ilgili doğal, fiziksel ve biyolojik değişkenliklerin getirdiği zorluklar haricinde, saha keşif robotu platformlarının esnek, çok amaçlı ve ticari ölçekte kullanım için kabul edilebilir bir uygunlukta olmasını gerektirmektedir. Saha keşif robotları, yukarıda sayılan zorlukların başarılı bir şekilde çözebilen ekipmanlarla donatıldığında, üretim maliyetini azaltmada, verimliliği,

kaliteyi artırmada ve özelleştirilmiş bitki ve ürün işlemlerini mümkün kılmada sektöre önemli katkılarda bulunabileceklerdir. Modern tarım amacıyla keşif robotlarının geliştirilmesi ve sahadan faydalı verilerin toplanması, otomatik ve doğru navigasyon kontrolü, manipülatör kontrolü, engellerden kaçınma ve üç boyutlu çevre haritalaması için hassas tarıma uygun gelişmiş sensörlerin (Bogue, 2017) kapsamlı kullanımını gerektirmektedir. Örneğin, seralarda ve açık alan yetiştirme ortamlarında GPS tabanlı otonom navigasyon ve veri toplamak için görüntüleme sensörleri taşıyabilen özel manipülatör ve tutucuya sahip özerk saha araştırması mobil robot platformları Şekil 7-9'da gösterilmiştir.



Şekil 7: Pan Tilt Minibot Robotik Platformu (URL-7)

Otomatik saha keşfi ve veri toplama için çok farklı yapılarda gelişmiş robot örnekleri mevcuttur. Tablo 1'de tarımsal robotlarla ilgili örnek çalışmalar listelenmekte olup, temel olarak çeşitli özelliklere sahip robotların geliştirilmesi ve kullanımındaki en son trendler ve bunların açıklamaları ele alınmaktadır.



Şekil 8: Husky UGV Gözetleme Robotu (URL-8)



Şekil 9: Robotnik Robot Platformu (URL-9)

2.3. Hasat Robotları

Manuel yöntemlerle yapılan geleneksel hasat işlemleri, meyve ve sebzelerin taze bir şekilde piyasaya arz edilebilmesi için emek yoğun

bir faaliyet gerektirmektedir. Bu sebepten dolayı sektör, sıkıcı manuel operasyondan sürekli otomatik hasata geçişe yüksek oranda ihtiyaç duymaktadır. Hasat verimliliğinin artırılması ve iş gücüne bağımlılığın azaltılması, yüksek teknolojili gıda üretim verimini ve rekabet gücünü artıracığı bilinmektedir. Her ne kadar hasata yönelik tarım robotlarında geliştirme çalışmaları yürütülse de, her yıl milyonlarca ton meyve ve sebze hala açık alanlarda ve seralarda elle toplanmaktadır. Yüksek işgücü maliyeti dışında, zorlu saha koşullarında tekrar eden görevleri üstlenen vasıflı iş gücünün mevcudiyeti belirsizlikler ve zaman maliyetlerini de beraberinde getirmektedir.

Tablo 1: Hasat Robotu Platformları

Robotik Platform Adı	Teknik Özellikleri
Trimbot2020 (Strisciuglio ve ark., 2018)	Otomatik çalı kesme ve gül budaması için Kinova robot kolu ve ticari bir Bosch Indigo çim biçme makinesi platformuna dayanan bir açık hava robotu.
Wall-Ye (Diago & Tardaguila, 2015)	Üzümleri haritalamak, budamak ve muhtemelen (mümkün olursa) hasat etmek için bir üzüm bağı robot prototipi.
Ladybird (Bergerman ve ark., 2016)	Çeşitli sebzelerin izlemesi, haritalanması, sınıflandırılması ve tespiti için otonom çok amaçlı bir çiftlik robotu.
MARS (Blender ve ark., 2016)	Mobil tarımsal robot sürüsü.
VinBot (Lopes ve ark., 2016)	Verim tahmini ve bilgi paylaşımı için bağdan 3D veri toplama ve otonom görüntü elde etmek adına gelişmiş sensörlere sahip bir arazi robotu.
Mantis (Stein ve ark., 2016)	RADAR, LİDAR, panosferik, stereovizyon ve termal kameralarla donatılmış esnek bir genel amaçlı robotik veri toplama platformu.
GRAPE (Roure ve ark., 2017)	Akıllı otonom navigasyon, bitki tespiti ve sağlığını izleme ve küçük nesnelerin manipülasyonu için bağ izleme ve koruma adına Avrupa Birliği tarafından finanse edilmiş bir yer robotu.

Robotik hasat maliyetinin verimli olabilmesi için, ek otomasyon maliyetlerini karşılamak adına ürün veriminin en üst düzeye çıkarılması

gerekmektedir. Ürün verimindeki artış bitkilerin yüksek yoğunlukta büyümesi ve ürün sayısındaki artış ile sağlanabilmektedir. Bitki ve ürünün yoğun olduğu bir ortamda, otonom bir robotun ürünü hızlı bir şekilde tespit etmesi, yerini belirlemesi ve hasat etmesi daha da zorlaşmaktadır. Örneğin, tatlı biber için Avrupa’da tahmini verim 1.9 milyon ton/yıl’dır. Yapılan çalışmalara bakıldığında bu kapasitedeki bir verim için otomatik hasat makinalarının ürün başına 6 saniyelik bir süreye ihtiyaç duyacağını göstermektedir. Ancak mevcut teknoloji ile bu sürenin ürün başına 94 saniye olduğu ve bunun da otomatik hasat işlemleri için %33’lük bir başarı ortalamasına karşılık geldiği anlaşılmaktadır (Hemming ve ark., 2014). Aynı şekilde otomatik olarak salatalığın hasadı için 10 saniyelik bir sürenin ekonomik olarak uygulanabilir olduğu kanıtlanmıştır (Van Henten ve ark., 2009). Bu bağlamda, robotik yöntemlerle otonom hasat makinalarının şu anki başarısı, iş gücü eksikliği maliyetleri ve zamanın birleşimi ele alınarak geleneksel yöntemlere alternatif bir metot yerine birbirlerini destekleyici bir planlamanın neticesi olarak değerlendirilebilir. Tam otomatik bir robotik hasat makinesinin, işgücü maliyetleri, işgücü mevcudiyeti, gıda güvenliği ve kalitesi gibi günümüzün önemli yetiştirici sorunlarının bazılarının çözülmesine katkıda bulunacağı da çok açıktır. Aynı zamanda insan, makine ve bitkiler arasındaki etkileşimi geliştirmede önemli bir rol oynayacağı da öngörülmektedir. Örneğin, Hollanda seralarında manuel olarak yapılan hasat işlemlerinde, çalışanların kas-iskelet sistemi bozukluklarının önlenmesi için araştırmacılar bazı meyve ve sebzelerin otomatik olarak robotlarla toplanması üzerine çalışmalar yapmaktadırlar.

Robotik hasatta araştırma ve geliştirme çalışmaları Japonya, Hollanda ve ABD gibi ülkelerin öncülüğünde 1980'lerden sonra yoğun bir şekilde başlamıştır. İlk çalışmalarda meyve tespiti için basit monokrom kameralar kullanılmıştır (Li ve ark., 2011). Diğer taraftan nesne tespiti için yaygın olarak görünür ışık RGB kameraları, ultrasonik radar sensörleri, kızılötesi, termal, hiperspektral kameralar, LİDAR yanı sıra meyve algılama, tanıma, yerleştirme ve izleme için görüntülerden mekânsal bilgilerin çıkarılması için yeni vizyon tabanlı tekniklerle benimsenen çoklu sensörlerin kombinasyonu gibi karmaşık cihazlar kullanılmıştır. Kullanılan teknolojik ekipmanlarla birlikte çok farklı algılama algoritmaları üzerinde de çalışmalar yapılmıştır. Birden fazla görüntüden otomatik meyve tanıma (Song ve ark., 2014), çoklu şablon eşleme algoritması (Bao ve ark., 2016), simetri analizi (Barnea ve ark., 2016), RGB-D veri analizi (Vitzrabin & Edan, 2016), stereo görüş (Gongal ve ark., 2015), aşırı yoğun yapraklarda meyve tespiti ve engellerden kaçınma için sinir ağları (Sa ve ark., 2016) ve derin öğrenme algoritmaları (Amatya ve ark., 2015) gibi algoritmalar üzerinde yoğun bir şekilde çalışılmıştır. Eksiksiz bir robotik hasat tasarımında karşılaşılan zorluklardan bazıları, meyve ve çevre haritalamasının eş zamanlı lokalizasyonu, yol planlama algoritmaları ve farklı bitki yoğunluğu koşullarında saptanabilir ve hasat edilebilir meyvelerin sayısıdır. Bu zorlukların üstesinden gelmek için çeşitli araştırma grupları tarafından önemli çalışmalar yapılmasına rağmen, son derece değişken heterojen çalışma koşulu ile karmaşık ve öngörülemeyen farklı meyve ve bitki senaryolarını kapsayan görevler nedeniyle ticari bir robotik hasat platformu piyasada halen




bulunmamaktadır (Bac ve ark., 2014). Bir hasat robotunun fonksiyonları; algılama (yani meyve tanıma), planlama (yani, el ve göz koordinasyonu) ve hareket etme (yani, meyve kavraması için uç efektör mekanizması) gibi üç ana bölüme ayrılabilir (Murphy, 2000). Bu kapsamda, meyve ve sebzelerin robotik hasadı ile ilgili yapılan bazı teorik ve uygulamalı araştırmalar Tablo 2’de verilmiştir.






Bu projelerin çoğunda görsel tabanlı eye-in-hand look-and-move olarak tanımlanan donanımsal mekanizmaları kullanılmaktadır. Ancak bu tarz hasat makinaları, meyvelerin yüksek yoğunluklu yapraklar arasında kalması durumunda geçerli bir çözüm ortaya koymamaktadır (Bac, 2015). Mevcut teknolojinin üstesinden gelemediği robotik hasatta karşılaşılan zorlukları çözmek, çok sayıda düşük maliyetli kamera ve yenilikçi yumuşak robot tutucular (He ve ark., 2017) ile basit robot sürüleri veya insan-robot iş birliği konuları son zamanların araştırma konularını oluşturmaktadır. Bu yaklaşımlar, yüksek yoğunluklu bitkilerde çoklu meyve tespiti için işlem süresini önemli ölçüde iyileştirme ve insan operatörlerinin deneyimine dayalı makine öğrenme algoritmaları için zamanla arazi doğrulama sonuçları sağlama kapasitesine sahiptirler.

Aslında, verimli robotik hasat için tek bir robot manipülatörünün kullanılması akılcı görünmemektedir. Simülasyon çalışmalarının sonuçları, hızlı hasat için tek kollu robotların halen bir çözüm sunmadığını ve esas olarak yüksek bitki örtüsü yoğunluğundaki “algılama ve hareket” etkisinden dolayı başarısız olduğunu ortaya

koymaktadır. Bu yaklaşımda, meyve lokalizasyonu doğru olsa ve robot kontrolü kameradan ek algılayarak geri bildirim almadan meyveye ulaşmak için en uygun yörüngeyi hesaplayabilir, yoğun bitki gölgesine girildiği anda hedef meyvenin tam yeri belirlenmemektedir.

Tablo 2: Meyve ve Sebzelerin Robotik Hasadı İle İlgili Yapılan Bazı Teorik ve Uygulamalı Araştırmalar

<p>Harvey, seralarda yetiştirilen tatlı biberleri hasat etmek ve diğer tarım (yetiştirme) sistemlerini korumak için UR5 manipülatörlü otonom bir mobil robot platformu.</p>	
<p>Florida Üniversitesi'nde geliştirilen ve Robotik Araştırma manipülatör modeli 1207 (Cincinnati, Ohio)'nin üzerine monte edilmiş özel yapım bir tutucu kullanan narenciye hasat robotu.</p>	
<p>DogTooth çilek robotu (Great Shelford, Cambridge, İngiltere)</p>	

<p>Suzhou Botian Automation Technology Co. Ltd'den (Jiangsu, Suzhou, Çin) bir domates hasat robotu.</p>	
<p>Wageningen Üniversitesi ve Araştırma Merkezi'nde geliştirilen bir salatalık hasat robotu.</p>	
<p>Frobotics (Gesher HaEts 12, İsrail) tarafından geliştirilen elma toplamak için doğrusal bir aktüatör robot sistemi.</p>	
<p>AbundantRobotics (Hayward, CA, ABD)'den elma toplama için vakum mekanizması robotu.</p>	
<p>Energid robotik narenciye toplama sistemi (Bedford, MA).</p>	

3. TARIMSAL ROBOTİK VE DİJİTAL TARIM

Tarımsal robotik ve dijital tarım, işgücü sıkıntısı ve verimlilik sorunlarını çözme noktasında umut verici çözümler sunmaktadır. Otomatik hasat için mevcut en yeni teknolojilerden biriyle yapılan ilk

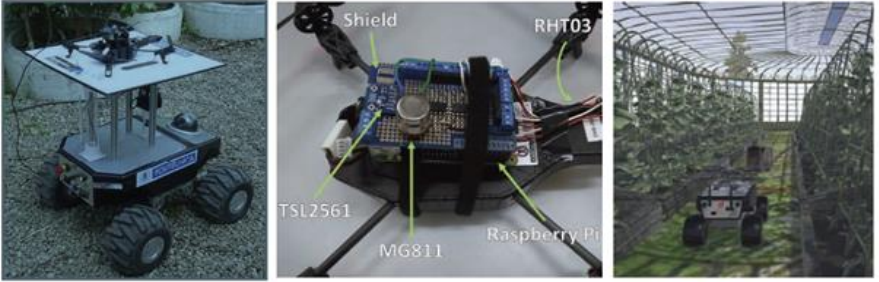
testler, yaprakların olmadığı ve önü kapanan meyvelerin budandığı veya kaldırıldığı gerçek dikim senaryosunda tatlı biber hasadı için %65 başarı oranı ve %90 ayırma oranına sahip olduğunu göstermiştir. Verileri bağımsız olarak izleyen ve toplayan saha aracı robotları yetiştiricilere, bitkileri ve çiftlikleri hakkında gerçek zamanlı ayrıntılı bilgiler vererek, veri odaklı kararlar vermeleri için işlem öncesi planlama imkânı sunmaktadır. Tarım robotları, teknolojinin gelişmesiyle birlikte daha akıllı hale gelirken, tarladaki değişkenlik kaynaklarını tespit etmek, daha az enerji tüketerek performanslarını daha esnek görevlere adapte ederek tarımsal uygulamaları yeni bir aşamaya taşımaktadır. Tarımsal robotikte yapılan tüm çalışmalar, ütöpik olarak gelecekte yapılma ihtimali olan uzayda bitki yetiştirme veya Antarktika'da sebze üretmede, robotize bitki fabrikalarının geliştirilmesinde önemli rol oynayacağını göstermektedir. Gıda üretimindeki eğilim otonom tarım tekniklerine, kompakt tarımsal küplere (Agri-cubes) ve kalifiye iş gücünün robotik kollar ve mobil platformlarla değiştirildiği minimum insan ara yüzüne sahip tarım sistemine yönelmektedir. Bu bağlamda dijital çiftçilik, çiftçi ve paydaşlara bitki düzeyinde gerçek zamanlı gözlemlerin hızlı ve güvenilir bir yöntemini sağlamak ve daha kesin bir ölçekte hareket etmeleri için (yani, tanılama, stratejik karar verme ve uygulama) gibi gelişmiş teknolojileri tek bir çerçeveye entegre etme potansiyeline sahiptir. Dijital tarım, yer veya hava tabanlı sensörler kullanarak yüksek çözünürlüklü alan ve hava durumu verileri toplar, bu verileri merkezi bir danışma birimine iletilir, bilgileri yorumlar, özetler ve çiftçilere, saha robotlarına veya tarımsal endüstriye karar ve yol haritaları

sağlayabilir. Dijital tarım yöntemlerinin uygulanması, verimde önemli bir artış ile sürdürülebilir, verimli ve istikrarlı bir üretim sağlamaktadır. Dijital çiftçilikle ilgili teknolojilerden bazıları şunlardır: nesnelerin interneti (Tzounis, 2017), büyük veri analizi (Kamilaris ve ark., 2017), akıllı sensörler (Hornero, 2017), GPS ve GIS, ICT (Sarangi ve ark., 2016), kablosuz sensör ağları (Nam ve ark., 2017), İHA (Zhang ve ark., 2018), bulut bilişim (Xia ve ark., 2018), simülasyon yazılımı (Duarte ve ark., 2018), haritalama uygulamaları (Chen ve ark., 2018), sanal çiftlikler (Pomar ve ark., 2011), mobil cihazlar (Picon ve ark., 2019) ve robotik.

Saha robotlarının büyük ölçekli çiftliklerde kullanılabilmesi için göz önünde bulundurulması gereken önemli bir husus, belirli bir operasyon için gerekli olan robotların sayısı ve büyüklüğünü seçmek için maliyet-fayda analizinin dikkate alınmasıdır. Dijital tarım bunu, simüle edilmiş robotların 3 boyutlu yeniden yapılandırılmış sanal ortamlarda İHA görüntüleri ve fotogrametri yazılımı kullanılarak oluşturulan plantasyonlarda çalışmasını sağlayarak çözebilmektedir. Bu yaklaşımla, mahsul üretimi, veri toplama ve analitik yöntemler hakkında sınırlı deneyim veya bilgiye sahip kişiler bile çiftliklerini bir ağa bağlayabilir, alan bilgilerini paylaşabilir ve çözüm önerileri alabilirler. Dijital tarım kullanarak yetiştiriciler, geleneksel keşif yöntemleri kullanılarak ölçülmekte olan veya daha önce göz ardı edilen alanları hakkında değerli bilgiler toplayabilirler. Örneğin, bir narenciye bahçesindeki her ağacın yüksekliği ve büyüklüğü, besin stresi, meyve bahçesinde robot navigasyonu için gerekli süre, bir ağacın robotik hasat

zamanı ve daha fazlası hakkında ayrıntılı ölçümler sanal bir bahçeden çıkarılabilir. Tarımsal görevleri yerine getirmek için kolay ve güvenli bir şekilde iş birliği yapabilen yeni nesil tarım robotlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Günümüzde kullanılan ağır traktörler ve makineler toprağı sıkıştırır, bu da zamanla toprağın verimliliğini ciddi şekilde bozar. Sıkıştırılmış toprakların verimliliğini geri kazanmak için on yıldan daha fazla bir süre pahalı bir işlem sürecine ihtiyaç duyulmaktadır. Buradaki problem, ağır traktörlerin toprağı sıkıştırmadan ekin alanlarını da işleyebilen bir dizi daha küçük araçlar ile değiştirilmesiyle çözülebilir. Ancak, bu senaryo çok pahalı olan her araç için bir insan operatörünü gerektirir. O zaman, tek bir çiftçinin bu otomatik araçların bir ekibini denetlemesi ve işletmesini sağlayabilmesi yeni bir teknolojinin geliştirilmesini gerektirmektedir. Bu teknoloji, takım üyelerinin iletişim ve iş birliği yapmasına ve bir dizi tarım işlerini güvenli ve verimli bir şekilde çözmesine olanak tanımak için bir görev kontrol merkezinin geliştirilmesini ve akıllı kapsama alanı planlama algoritmalarını içermelidir. Birçok araştırmacı tarafından uzun zamandır önerilen konulardan biri de spesifik bir tarım görevini gerçekleştirmek için birlikte çalışabilen çoklu robot kavramıdır. Çoklu robot sistemi, birbirleriyle iş birliği yapmak ve bir ekosistem oluşturmak için birden fazla robotun programlandığı yapay zekâ ve genetik algoritmalar kullanmaktır. Bu yaklaşım, robotlar birbirlerinden öğrenmeye başladığında ve zaman içinde performanslarını artırdıklarında daha da kullanışlı hale gelmektedir.

Örneğin, bir robot sürüsü, toprak örnekleri toplayarak ve hareket halindeyken uygun eylemi gerçekleştirmek için bir bulut danışma merkeziyle iletişim kurarak besin haritalarının oluşturulmasına katkıda bulunabilir. Bu sürecin verimliliği başlangıçta çok iyi olmayabilir, ancak performanslar zamanla, her robotun iyi davranışını vurgulayan ve kötü davranışını cezalandıran (so-called good-behavior and punish the bad-behavior) diye adlandırılan derin öğrenme algoritmalarına sahip olarak geliştirilebilir.



a. Hava – yer Çoklu-Robot platformu ve Unity3D simülasyonu



b. MARS Projesi



c. Nano Quadrotor Sürüsü Kaynak

Şekil 10: Dijital Tarım İçin Çok Robotlu Sistem Örnekleri

Örneğin, seraların çevresel değişkenlerini haritalamak için bir yer mobil platformunu ve bir hava aracını (Şekil 10) anlaştıran heterojen

bir Çoklu Robot sistemi Unity3D 5.2.1 oyun motorunda simüle edilmiştir (Roldán ve ark., 2016). Bu robot, zemindeki ve farklı yüksekliklerdeki sıcaklık, nem, parlaklık ve karbondioksit konsantrasyonunu ölçebilir. Çok robotlu duyuşal sistemlerin geliştirilmesindeki ilgili zorluklardan bazıları, farklı tarım senaryolarında robotların görev planlama ve görev tahsisi, engellerden kaçınma, rehberliği, navigasyonu ve kontrolüdür.

4. HASSAS TARIMIN ROBOTİK ZORLUKLARI: DİJİTALLEŞME, OTOMASYON VE OPTİMİZASYON

Hassas tarımla ilgili bu zaman kadar yapılan çalışmalar neticesinde günümüzde birçok çiftlik yönetim sisteminin yanı sıra tarımsal açıdan ilgili parametrelerin ölçülebilmesi ve kaydedilebilmesi için birçok sensör türü ve teknoloji bulunmaktadır. Elektronik ve yazılımsal olarak kontrol edilebilen makineler ve robotlar teknolojinin bizlere sunduğu önemli gelişmelerdendir. Aslında, teknoloji şu anda farklı makineler arasında ağ oluşturarak siber-fiziksel sistemleri otomatikleştirme kapasitesine sahiptir. Bu yapı, kavramsal olarak “Tarım 4.0” olarak adlandırılmaktadır. Ancak, hassas tarımın bitkisel üretimde tarım sektörü içerisine yaygın olarak yerleştiği ve kullanıldığı hala iddia edilemez. Sadece yönetimsel kararların alınabilmesi için üretim alanlarından veri toplamak yeterli değildir. Otomatik veri kaydı, yalnızca toplanan malzemenin analizinin daha az zamanda yapılmasına ve içgüdüsel duygu ve deneyime dayanan iyi yönetim kararı ile karşılaştırıldığında daha fazla kârın elde edilmesine imkân verir.

Bugün, yeni teknolojilerden elde edilen katma değerın en büyük kısmı tarımsal ürünlere değil makinelere aittir.

Örneğın, bir hasattan elde edilen verim bilgileri, yalnızca bir sonraki yetiştirme mevsiminde kullanılmak üzere toplanan ve çok fazla manuel girdi ve değerlendirilmesi zor ancak faydaları olan uzun vadeli bir yatırımı temsil etmektedir. Sensör geliştirme ve tarımsal robotik teknolojisi için zorluklar, çok olumsuz şartlar altında çok farklı ve ölçülmesi zor olan parametreler olan yüksek zamansal ve uzaysal çözünürlük verilerinde yatmaktadır. Yeni analiz yöntemlerinin amacı, yeni bilgileri elde etmek için verileri birleştirmek ve farklı bilgi katmanlarını kaynaştırmaktır. Ayrıca, veri toplama görevlerinin otomasyonu, karar verme süreci sensörlerin doğruluğuna bağılı olduğu için tarımsal uygulamalarda “akıllı sensör” sistemlerinin geliştirilmesi bir gerekliliktir. Bu sayede, hassas yönetimi gerçekleştirmek için sonuçlar doğrudan robotlara uygulanabilir. Robotik sistemlerin akıllı hale getirilmesi için insan ve robot arasında sezgisel etkileşimin sağlanması gerekmektedir. Bu durum bitkisel üretimde sensörler ve otomasyon teknolojisi için büyük bir geliştirme zorluğunu beraberinde getirmektedir. Ayrıntılı tarımsal ilişkilerin anlaşılması, salt sensörler ile değil çiftçi ve üretici bilgi ve tecrübeleri ile birleşmesi gerekmektedir. Bu durum, tarımsal ilişkilerin daha iyi anlaşılmasına yönelik bilgi ihtiyacının çok daha fazla olması anlamına gelmektedir. Ne kadar çok bilgi mevcutsa, anlayış o kadar derindir ve bu da sırayla daha fazla veri toplanmasını gerektirmektedir. Dolayısıyla durum, özellikle son yıllarda giderek daha fazla verinin toplandığı ve gittikçe yoğunlaşan

tarımsal bilgilerin geliştirildiği bir döngü haline gelmiştir. Bununla birlikte, doğrudan kullanılabilir tarımsal bilginin pratik uygulaması durağanlaşmıştır. Günümüzde hassas tarım teknolojisinin kapsamlı bir şekilde uygulanması için hala önemli miktarda istatistik ve yazılım uzmanlığı gerekmektedir. Akıllı sensörlerin daha da geliştirilmesi için, ilgili bilgiler, bilgi üretmek için çok nedenselli karar verme sistemlerine (multi-causal decision-making systems) entegre edilmelidir. Hedefler, kullanılabilirlik ve basit uygulama ile sistemik, kapsamlı ve şeffaf konseptlerle kullanımı kolay çözümler olan karmaşık sistemler olmalıdır. Pratik deneyimlerin bu entegre sistemlerin içine alınması için de bir yol bulunmalı ve çiftçiler teknolojinin yardımıyla, uzmanlıklarını daha da geliştirebilmelidirler. Tarımsal-robotik karar destek sistemlerinin geliştirilmesinde temel yaklaşım, veri depolaması ile birlikte büyük miktarlarda veri içeren bilgi yönetim sistemlerinin geliştirilmesidir. Günümüzde, çok değişkenli istatistiksel yöntemler ve makine öğrenme teknikleri uygulanarak tarımsal verilerin ve sensör verilerinin kaynaşmasının analizi için olanaklar genişletilmektedir. Böylelikle, sistem sınırları giderek büyümekte ve verilerin mobil iletimi yöntemleri vasıtasıyla, gerçek zamanlı olarak farklı kaynaklardan veri füzyonuna olanak tanıyan tam entegre sistemlerin kurulmasını zorunlu kılmaktadır.

Tarım sektörü için tüm teknik gelişmelerin temel noktası, daha verimli bir bitkisel üretim ortamı oluşturmak üzerine kurgulanmaktadır. Otomasyon ve ağ iletişimi, tarımsal süreçlerin sistematik kontrolüne hizmet etmelidir. Bilgiye dayalı karar verme, mekânsal, zamansal,

çevresel heterojenliklerin yanı sıra küresel iklim olaylarını da göz önünde bulundurarak, verim ve kâr açısından sosyal taleplerin memnuniyetini sağlamanın yanı sıra üreticinin ve tüketicinin gereksinimlerinin karşılanması sağlanmalıdır. Bu amaçla yapılacak araştırmaların hedefi, spesifik koşulları karşılayacak şekilde tarımsal üretim süreçlerinin modelini geliştirmek, doğal kaynakların muhafaza edilmesi, geliştirilmesi ve aynı zamanda ürün kalitesinin iyileştirilmesi için süreçlerin kontrol edilebildiği otomasyon teknolojilerinin sağlanmasıdır.

8. SONUÇ

Sıkıcı tarımsal üretim süreçlerini etkili bir şekilde gerçekleştirebilen tarım robotlarının geliştirilmesi için araştırma çalışmaları son on yılda önemli ölçüde artmıştır. Hollanda'da icat edilen sağım robotları hariç robotik, tarım uygulamaları için ticari bir ölçeğe ulaşamamıştır. İşgücünün azalması ve üretim maliyetlerinin artmasıyla, robotik ayıklama (yabancı otları) ve hasat konusundaki araştırma alanları son yıllarda gittikçe daha fazla ilgi görmekte, ancak ayıklama ve hasat için mevcut en hızlı prototip robotlar bile insan iş gücü ile rekabet etmeye yakın bile değillerdir. Meyve suyu endüstrisi için toplu hasat edilebilen narenciye ve elma gibi diğer meyveler için, mevcut mekanik hasat sistemlerinin bazı robot işlevleri ile modifikasyonları, tek robot sistemi kullanmaktan daha ümit verici olabilir. Tarım uygulamaları için robotların hızını ve doğruluğunu artırmak, robotik sistemlerin genelleştirilmesi için ele alınması gereken ana sorunlardandır, ancak

endüstriyel ve askeri durumlara kıyasla, tarımda bol miktarda araştırma fonu ve bütçe eksikliği bu süreci yavaşlatmaktadır. Robotik hasatta verimi artırmak için algılama (meyve tespiti), hareket (manipülatör hareketi, meyve tutturma, ayırma ve toplama) ve üretim sistemlerinin (yaprak budama ve bitkiyi yeniden şekillendirme) iyileştirilmesi önerilmektedir. Uygun maliyetli ve etkili bir tarım robotunun geliştirilmesi, bahçıvanlık mühendisliği, bilgisayar bilimi, mekatronik, dinamik kontrol, derin öğrenme, akıllı sistemler, sensörler, enstrümantasyon, yazılım tasarımı, sistem entegrasyonu ve mahsul yönetimi gibi çeşitli alanlarda çok disiplinli bir iş birliği gerektirmektedir. Hassas tarım ve dijital tarım için sensörlerin ve robotiklerin kullanılması bağlamında nesne tanımlama, görev planlama algoritmaları, dijitalleştirme ve sensörlerin optimizasyonu gibi karşılaşılan zorlukların bir kısmı bu yazıda açıklanmıştır. Ayrıca, otonom bir sistemin tarım işlerini başarıyla yürütmesi için, araştırma odağının basit manipülatörler ve çok robotlu sistemler geliştirmeye yönelik olması gerektiği belirtilmiştir. Aslında, tarımsal girdileri optimize etmek ve ulaşılması zor gibi görünen bilgileri ortaya çıkarmak için birlikte çalışan küçük ölçekli robotlar ve dronlar sürüsü oluşturmak, tarım robotlarına odaklanan akademinin eğilim ve araştırma noktaları haline gelmiştir. Sonuç olarak, henüz otomatikleştirilemeyen tarım robotlarının zorluklarını çözmek için insan-robot iş birliğinin bazı biçimlerinin yanı sıra tarla ve seralarda mahsul yetiştirme ve dikim sistemlerinin değiştirilmesi gerekmektedir. Örneğin, insan ve robot kullanan işbirlikçi bir hasat sisteminde, robot görüşü tarafından kaçırılan herhangi bir meyve, bir dokunmatik ekran

ara yüzünde insan tarafından tespit edilebilir. Alternatif olarak, tüm robot algılama ve hareket mekanizması sanal bir ortamda bir insan operatörü tarafından gerçekleştirilebilir. Bununla birlikte, bir tarım robotu ekonomik olarak uygulanabilir olmalıdır ki bu da çevrenin değişkenliğine hızlı tepki vermesi, hızlı hesaplama yapması ve hızlı hareket etmesi gerektiği anlamına gelmektedir.

KAYNAKLAR

- Amatya, S., Karkee, M., Gongal, A., Zhang, Q., & Whiting, M.D. (2015). Detection of cherry tree branches with full foliage in planar architecture for automated sweet-cherry harvesting. *Biosyst. Eng.*, 146, 3–15.
- Bac, C.W. (2015). *Improving Obstacle Awareness for Robotic Harvesting of Sweet-Pepper*. Wagenigen University, ISBN 9789462571808 – 186.
- Bac, C.W., Henten, E.J., Hemming, J., & Edan, Y. (2014). Harvesting robots for high-value crops: State-of-the-art review and challenges ahead. *Journal of Field Robotics*, 31(6): 888–911.
- Bac, C.W., Roorda, T., Reshef, R., Berman, S., Hemming, J., & van Henten, E.J. (2016). Analysis of a motion planning problem for sweet-pepper harvesting in a dense obstacle environment. *Biosyst. Eng.*, 146: 85–97.
- Bao, G., Cai, S., Qi, L., Xun, Y., Zhang, L., & Yang, Q. (2016). Multi-template matching algorithm for *Cucumber* recognition in natural environment. *Comput. Electron. Agric.*, 127(C): 754–762.
- Bargoti, S. & Underwood, J.P. (2017). Image segmentation for fruit detection and yield estimation in apple orchards. *J. F. Robot*, 34(6): 1039–1060.
- Barnea, E., Mairon, R., & Ben-Shahar, O. (2016). Colour-agnostic shape-based 3D fruit detection for crop harvesting robots. *Biosyst. Eng.*, 146: 57–70.
- Bawden, O., Ball, D., Kulk, J., Perez, T., & Russell, R. (2014). A lightweight, modular robotic vehicle for the sustainable intensification of agriculture. *Australian Robotics & Automation Association ARAA*.
- Bechar, A. & Vigneault, C. (2017). Agricultural robots for field operations. Part 2: Operations and systems, *Biosystems Engineering*, 153: 110-128.
- Bechar, A & Vigneault, C. (2016). Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, 149: 94-111.
- Bergerman, M., Billingsley, J., Reid, J., & van Henten, E. (2016). Robotics in Agriculture and Forestry. in *Springer Handbook of Robotics*, Springer, pp.1463–1492.

- Blender, T., Buchner, T., Fernandez, B., Pichlmaier, B., & Schlegel, C. (2016). Managing a Mobile Agricultural Robot Swarm for a seeding task, in *Industrial Electronics Society, IECON 2016-42nd Annual Conference of the IEEE*, pp.6879–6886.
- Bloch, V., Degani, A., & Bechar, A. (2018). A methodology of orchard architecture design for an optimal harvesting robot. *Biosyst. Eng.*, 166: 126–137.
- Bogue, R. (2016). Robots poised to revolutionise agriculture. *Ind. Rob.*, 43(5): 450–456.
- Bogue, R. (2017). Sensors key to advances in precision agriculture. *Sens. Rev.*, 37(1): 1–6.
- Chen, D., Shi, Y., Huang, W., Zhang, J., & Wu, K. (2018). Mapping wheat rust based on high spatial resolution satellite imagery. *Comput. Electron. Agric.*, 152: 109–116.
- Chlingaryan, A., Sukkarieh, S., & Whelan, B. (2018). Machine learning approaches for crop yield prediction and nitrogen status estimation in precision agriculture: A review. *Comput. Electron. Agric.*, 151: 61–69.
- Comba, L., Gay, P., & Ricauda Aimonino, D. (2016). Robot ensembles for grafting herbaceous crops. *Biosyst. Eng.*, 146: 227–239.
- De Baerdemaeker, J., Munack, A., Ramon, H., & Speckmann, H. (2001). Mechatronic systems, communication, and control in precision agriculture. *IEEE Control Syst*, 21(5): 48–70.
- Diago, M.P. & Tardaguila, J. (2015). A new robot for vineyard monitoring. *Wine Vitic. J.*, 30(3): 38.
- Duarte, L., Teodoro, A.C., Monteiro, A.T., Cunha, M., & Gonçalves, H. (2018). QPhenoMetrics: An open source software application to assess vegetation phenology metrics. *Comput. Electron. Agric.*, 148: 82–94.
- Feng, Q.C., Zou, W., Fan, P.F, Zhang, C.F., & Wang, X. (2018). Design and test of robotic harvesting system for cherry tomato. *Int J Agric & Biol Eng.*, 11(1): 96–100.

- Gongal, A., Amatya, S., Karkee, M., Zhang, Q., & Lewis, K. (2015). Sensors and systems for fruit detection and localization: A review. *Comput. Electron. Agric.*, 116: 8–19.
- Gonzalez-de-Soto, M., Emmi, L., Perez-Ruiz, M., Aguera, J., & Gonzalez-de-Santos, P. (2016). Autonomous systems for precise spraying – Evaluation of a robotised patch sprayer. *Biosyst. Eng.*, 146: 165–182.
- Hameed, I.A., la Cour-Harbo, A., & Osen, O.L. (2016). Side-to-side 3D coverage path planning approach for agricultural robots to minimize skip/overlap areas between swaths. *Rob. Auton. Syst.*, 76: 36–45.
- Han, K.S., Kim, S.C., Lee, Y.B., Kim, S.C., Im, D.H., Choi, H.K., & Hwang, H. (2012). Strawberry harvesting robot for bench-type cultivation. *Biosyst. Eng.*, 37(1): 65–74.
- He, L., Fu, H., Karkee, M., & Zhang, Q. (2017). Effect of fruit location on apple detachment with mechanical shaking. *Biosyst. Eng.*, 157: 63–71.
- Hemming, J., Bac, W., van Tuijl, B., Barth, R., Bontsema, J., Pekkeriet, E., & van Henten, E. (2014). A robot for harvesting sweet-pepper in greenhouses. *Proc. Int. Conf. Agric. Eng.*, 6–10.
- Hornero, G., Gaitán-Pitre, J.E., Serrano-Finetti, E., Casas, O., & Pallas-Areny, R. (2017). A novel low-cost smart leaf wetness sensor. *Comput. Electron. Agric.*, 143: 286–292.
- Hu, J., Yan, X., Ma, J., Qi, C., Francis, K., & Mao, H. (2014). Dimensional synthesis and kinematics simulation of a high-speed plug seedling transplanting robot. *Comput. Electron. Agric.*, 107: 64–72.
- Ishigure, Y., Hirai, K., & Kawasaki, H. (2013). A pruning robot with a power-saving chainsaw drive. 2013 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 04-07 August 2013, Takamatsu, Japan, pp.1223–1228.
- Jia, W., Zheng, Y., Zhao, D., Yin, X., Liu, X., & Du, R. (2018). Preprocessing method of night vision image application in apple harvesting robot. *Int J Agric & Biol Eng.*, 11(2): 158–163.

- Jørgensen, R.N., Sørensen, C.G., Maagaard, J., Havn, I., Jensen, K., Søgaard, H.T., & Sørensen, L.B. (2007). Hortibot: A system design of a robotic tool carrier for high-tech plant nursing. *CIGR Ejournal*, 9(1): 1-13.
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F.X. (2017). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Comput. Electron. Agric.*, 143: 23–37.
- Kiani, S. & Jafari, A. (2012). Crop detection and positioning in the field using discriminant analysis and neural networks based on shape features. *J. Agr. Sci. Tech.*, 14: 755-765.
- King, A. (2017). Technology: The future of agriculture. *Nature*, 544, S21-S23.
- Lee, Y.J., Kwon, T.B., & Song, J.B. (2007). SLAM of a mobile robot using thinning-based topological information. *Int. J. Control. Autom. Syst.*, 5(5): 577–583.
- Li, N., Zhang, C.L., Chen, Z.W., Ma, Z.H., Sun, Z., Yuan, T., Li, W., & Zhang, J. (2015). Crop positioning for robotic intra-row weeding based on machine vision. *Int J Agric & Biol Eng.*, 8(6): 20–29.
- Li, P., Lee, S.H., & Hsu, H.Y. (2011). Review on fruit harvesting method for potential use of automatic fruit harvesting systems. *Procedia Eng.*, 23: 351–366.
- Li, Z., Li, P., Yang, H., & Wang, Y. (2013). Stability tests of two-finger tomato grasping for harvesting robots. *Biosyst. Eng.*, 116(2): 163–170.
- Lopes, C.M., Graça, J., Sastre, J., Reyes, M., Guzmán, R., Braga, R., et al. (2016). Vineyard yield estimation by VINBOT robot-preliminary results with the white variety Viosinho. *Proceedings of 11th Int. Terroir Congress*. Jones, G. and Doran, N. (eds.), Southern Oregon University, Ashland, USA, pp.458-463.
- MacKean, R., Jones, J.L., & Francis Jr, J.T. (2017). Weeding Robot and Method. United States Patent Application Publication, Pub. No: US 2017 / 0238460 A1 <https://patents.google.com/patent/US20170238460A1/en> (Erişim Tarihi: 16.10.2023).
- Mehta, S.S., MacKunis, W., & Burks, T.F. (2016). Robust visual servo control in the presence of fruit motion for robotic citrus harvesting. *Comput. Electron. Agric.*, 123: 362–375.

- Midtiby, H.S., Mathiassen, S.K., Andersson, K.J., & Jørgensen, R.N. (2011). Performance evaluation of a crop/weed discriminating microsprayer. *Comput. Electron. Agric.*, 77(1): 35–40.
- Monta, M., Kondo, N., & Ting, K.C. (1998). End-Effectors for Tomato Harvesting Robot. In: Panigrahi, S., Ting, K.C. (eds) *Artificial Intelligence for Biology and Agriculture*. Springer, Dordrecht, pp. 1-25.
- Murphy, R. (2000). *Introduction to AI Robotics*, MIT Press.
- Nam, W.H., Kim, T., Hong, E.M., Choi, J.Y., & Kim, J.T. (2017). A wireless sensor network (WSN) application for irrigation facilities management based on information and communication technologies (ICTs). *Comput. Electron. Agric.*, 143: 185–192.
- Oberti, R., Marchi, M., Tirelli, P., Calcante, A., Iriti, M., Tona, E., ... & Ulbrich, H. (2016). Selective spraying of grapevines for disease control using a modular agricultural robot. *Biosyst. Eng.*, 146: 203–215.
- Picon, A., Alvarez-Gila, A., Seitz, M., Ortiz-Barredo, A., Echazarra, J., & Johannes, A. (2019). Deep convolutional neural networks for mobile capture device-based crop disease classification in the wild. *Comput. Electron. Agric.*, 161: 280-290.
- Pomar, J., López, V., & Pomar, C. (2011). Agent-based simulation framework for virtual prototyping of advanced livestock precision feeding systems. *Comput. Electron. Agric.*, 78(1): 88–97.
- Roldán, J.J., Garcia-Aunon, P., Garzón, M., de León, J., del Cerro, J., & Barrientos, A. (2016). Heterogeneous multi-robot system for mapping environmental variables of greenhouses. *Sensors (Basel)*, 16(7): 1018.
- Roure, F., Moreno, G., Soler, M., Faconti, D., Serrano, D., Astolfi, P., et al. (2017). GRAPE: Ground Robot for vineyard Monitoring and Protection. *Iberian Robotics Conference, 2017*, pp.249–260.
- Sa, I., Ge, Z., Dayoub, F., Upcroft, B., Perez, T., & McCool, C. (2016). Deepfruits: A fruit detection system using deep neural networks. *Sensors*, 16(8): 1222.

- Sammons, P.J., Furukawa, T., & Bulgin, A. (2005). Autonomous pesticide spraying robot for use in a greenhouse. Proceedings in Australian Conference on Robotics and Automation, 09.09.2005, pp.1–9.
- Sander, S. (2015). <http://ieeagra.com/ieeagra/Downloads/20150923-Sander-Presentation.pdf> (Erişim Tarihi:16.10.2023)
- Sarangi, S., Umadikar, J., & Kar, S. (2016). Automation of agriculture support systems using wisekar: Case study of a crop-disease advisory service. *Comput. Electron. Agric.*, 122: 200–210.
- Shamshiri, R., Ishak, W., & Ismail, W. (2012). Nonlinear tracking control of a two link oil palm harvesting robot manipulator. *Int J Agric & Biol Eng.*, 5(2): 1–11.
- Shamshiri, R.R., Kalantari, F., Ting, K.C., Thorp, K.R., Hameed, I.A., Weltzien, C., Ahmad, D., & Shad, Z.M. (2018). Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *Int J Agric & Biol Eng.*, 11(1): 1–22.
- Song, Y., Glasbey, A., Horgan, G.W., Polder, G., Dieleman, J.A., & van der Heijden, G.W.A.M. (2014). Automatic fruit recognition and counting from multiple images. *Biosyst. Eng.*, 118(C): 203–215.
- Stein, M., Bargoti, S., & Underwood, J. (2016). Image based mango fruit detection, localization and yield estimation using multiple view geometry. *Sensors*, 16(11): 1915.
- Strisciuglio, N., Tylecek, R., Petkov, N., Bieber, P., Hemming, J., van Henten, E., Sattler, T., Pollefeys, M., Gevers, T., Brox, T., & Fisher, R.B. (2018). TrimBot2020: an outdoor robot for automatic gardening. *arXiv Prepr. arXiv1804.01792*.
- Tanigaki, K., Fujiura, T., Akase, A., & Imagawa, J. (2008). Cherry-harvesting robot. *Comput. Electron. Agric.*, 63(1): 65–72.
- Tzounis, A., Katsoulas, N., Bartzanas, T., & Kittas, C. (2017). Internet of things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosyst. Eng.*, 164: 31–48.

- Van Henten, E.J., Van't Slot, D.A., Hol, C.W.J., & Van Willigenburg, L.G. (2009). Optimal manipulator design for a cucumber harvesting robot. *Comput. Electron. Agric.*, 65(2): 247–257.
- Van Henten, E.J., Van Tuijl, B.A.J., Hoogakker, G.J., Van Der Weerd, M.J., Hemming, J., Kornet, J.G., & Bontsema, J. (2006). An autonomous robot for de-leafing cucumber plants grown in a high-wire cultivation system, *Biosyst. Eng.*, 94(3): 317–323.
- Vitzrabin, E. & Edan, Y. (2016). Adaptive thresholding with fusion using a RGBD sensor for red sweet-pepper detection. *Biosyst. Eng.*, 146: 45–56.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.J. (2017). Big data in smart farming – A review. *Agric. Syst.*, 153: 69–80.
- Xia, J., Yang, Y., Cao, H., Han, C., Ge, D., & Zhang, W. (2018). Visible-near infrared spectrum-based classification of apple chilling injury on cloud computing platform. *Comput. Electron. Agric.*, 145: 27–34.
- Yang, Q., Chang, C., Bao, G., Fan, J., & Xun, Y. (2018). Recognition and localization system of the robot for harvesting Hangzhou White Chrysanthemums. *Int J Agric & Biol Eng.*, 11(1): 88–95.
- Young, S.L. & Giles, D.K. (2014). Targeted and Microdose Chemical Applications, in *Automation: The future of Weed Control in Cropping Systems* (S. L. Young and F. J. Pierce, eds.), Springer, p. 139–147.
- Zaidner, G. & Shapiro, A. (2016). A novel data fusion algorithm for low-cost localization and navigation of autonomous vineyard sprayer robots. *Biosyst. Eng.*, 146: 133–148.
- Zhang, C., Gao, H., Zhou, J., Cousins, A., Pumphrey, M.O., & Sankaran, S. (2016). 3D robotic system development for high-throughput crop phenotyping. *IFAC-PapersOnLine*, 49(16): 242–247.
- Zhang, Y., Li, Y., He, Y., Liu, F., Cen, H., & Fang, H. (2018). Near ground platform development to simulate UAV aerial spraying and its spraying test under different conditions. *Comput. Electron. Agric.*, 148: 8–18.
- Zhao, D.A., Lv, J.D., Ji, W., Zhang, Y., & Chen, Y. (2011). Design and control of an apple harvesting robot. *Biosyst. Eng.*, 110(2): 112–122.

Zhao, Y., Gong, L., Huang, Y., & Liu, C. (2016). A review of key techniques of vision-based control for harvesting robot. *Comput. Electron. Agric.*, 127: 311–323.

URL-1. <https://www.wur.nl/en/project/sweeper-the-sweet-pepper-harvesting-robot.htm> (Erişim Tarihi: 28.11.2023)

URL-2. <https://roboticsandautomationnews.com/2017/09/21/deepfield-robotics-to-showcase-precision-agriculture-technology-at-agrilevante/14180/> (Erişim Tarihi: 28.11.2023)

URL-3. https://estudogeral.uc.pt/bitstream/10316/82964/1/Dissertacao_Jonatas.pdf (Erişim Tarihi: 28.11.2023)

URL-4. <https://tertil.com/> (Erişim Tarihi: 28.11.2023)

URL-5. <https://robotika.cz/competitions/fieldrobot/2009/spider.jpg> (Erişim Tarihi: 28.11.2023)

URL-6.

<https://editorial.pxcrush.net/farmmachinerysales/general/editorial/RIPPA2.jpg?width=1024&height=682> (Erişim Tarihi: 28.11.2023)

URL-7. <https://www.inspectorbots.com/robots/p/pantilt-minibot> (Erişim Tarihi: 28.11.2023)

URL-8. <https://clearpathrobotics.com/husky-unmanned-ground-vehicle-robot/> (Erişim Tarihi: 28.11.2023)

URL-9. <https://robotnik.eu/robotics-applications-in-agriculture/> (Erişim Tarihi: 28.11.2023)

BÖLÜM 7

BİBLİYOMETRİK ANALİZ YÖNTEMİ İLE TOPRAKSIZ TARIM ÇALIŞMALARININ 21. YY'DAKİ TRENDİNİN BELİRLENMESİ

Ziraat Yüksek Mühendis Veysi AKŞAHİN^{1*}

Dr. Öğr. Üyesi Muhemet Zeki KARİPÇİN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10455889>

^{1*}Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana-Türkiye. veysiaksahin@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4406-9275

²Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt-Türkiye. zkaripcin@siirt.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0105-6052

1. GİRİŞ

İnsan nüfusunun 2050 yılına kadar 9.8 milyara çıkması beklenmektedir bu artış daha yoğun bir tarımsal üretime neden olmakla birlikte tarım faaliyetler de artmaktadır yoğunlaşan tarımsal faaliyetler ile birlikte tarımda kullanılan gübre ve ilaçlar ile dengesiz sanayileşme ve kentleşmeden dolayısıyla hem topraklar ve çevre kirlenmekte (Yerlikaya ve ark., 2022) hem de sürdürülebilir toprak varlığı zarar görmektedir. Sürdürülebilir toprak miktarında oluşan azalma, verimli alanların azalması ve artan nüfus sonucu toprağa bağlı temel yaşam ihtiyacının karşılanması tehlikeye girmektedir.

Temel yaşam kaynağı için oluşan arzı yerine getirmek, yetiştiricilik ortamı olarak kullanılan toprak yapısının yanlış uygulamalar nedeniyle zamanla bozulmasıyla beraber tarım sistemlerinden bir diğeri olan topraksız tarım sistemi geliştirilmiştir. Bu tarım sisteminde sürekli aynı bitki yetiştirilmesine rağmen herhangi bir yetiştirme ortamı bozulmasının olmaması, gübre-ilaç kullanılmaması ve toprak gibi bünyesinde herhangi bir nematod, hastalık ve zararlı içermemesi topraksız tarımı cazip hale getirmiştir (Ağırağaç & Zorer Çelebi, 2023). Fakat bu gelişimin yeterli düzeyde olmadığı da bilinmektedir. Bunun sebebi ise topraksız tarım seralarının enerji bağımlılığı ve ilk kurulum maliyetlerinin yüksek olmasıdır (Hazar & Baktir, 2013).

Son yıllarda artan miktarda topraksız tarım çalışmalarıyla birlikte sürekli yeni arayışlar da olmaktadır. Günümüzde topraksız tarım

teriminin kullanımı ile farklı yaklaşımlar farklı bakış ve farklı terimler ortaya çıkmıştır. Çalışılan terimlerden bilgimiz dâhilinde; **soilless agriculture (topraksız tarım)**, **soilless culture (topraksız kültür)**, **hydroponic farming (Su içerisinde besinlerin çözdürülmesi ile bitki yetiştirme yöntemi)**, **vertical farming (dikey şekilde ürün yetiştirme)**, **Aeroponic culture (hava veya sis ortamında yetiştirme)**, **growing medium (yetiştirme ortamı)** ve belki de daha ismini yazamadığımız birkaç yöntem daha geliştirilmiştir. Artan insan nüfusunun gıda arzını yerine getirmek için yapılan bu çalışmaların trendinin (eğiliminin) belirlenmesi son derece önem kazanmaktadır. Çalışmaların trendini belirlemek için son zamanlarda birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri de bibliyometrik analiz yöntemidir.

Bibliyometrik analiz yöntemi herhangi bir konu hakkında çalışmaların nerelerde yapıldığı, çalışmaların eğilimlerinin saptanması için günümüzde kullanılan bir yöntemdir.

Detaylı bir açıklama yapılacak olursa bibliyometrik analiz yöntemi; yapılan araştırma alanlarının ve modellerinin daha iyi anlaşılması, sonuçların ve çalışmaların ortaya çıkarılması, çalışma sayılarının hesaplanması, çalışmaların birbiri ile kıyaslanması için kullanılan son derece yararlı bir matematiksel işlem olmakla birlikte bilimsel bilgi ile ilgili daha önce belirlenen bir alandaki çalışmaların son teknoloji ağ haritasını kullanarak yayınların performansını, anahtar kelimelerini, yayınlanan ülkeleri, yayınlandıkları yılları ve sayısal olarak verilerin

eğilimlerini öne çıkaran, yorumlayan ve onları belirli bir sınıflamaya tabi tutan bir analiz yöntemidir. Yapılan araştırmalar sonucunda bibliyometrik analiz yönteminin kullanılması ile literatürlerin belirlenmesi için birçok alanda çalışmalar yürütülmüştür. Bibliyometrik analiz yönteminin kullanılması ile literatürlerin eğilimlerinin saptanması için birçok alanda çalışmalar yapılmıştır.

Sebzelerle ilgili çalışmaların saptanmasında (Akşahin & Gülser, 2022; Andreo-Martinez ve ark., 2020; Li ve ark., 2021), topraktaki besin elementleri hakkında (Çomaklı, 2021; Oliveira & Pereira, 2020; Pan ve ark., 2021), toprak bilimi ile ilgili çalışmaların eğilimlerinin saptanmasında (Pan ve ark., 2021; Vieira ve ark., 2021; Yap ve ark., 2021), toprak suyu ve su kaynakları konularında (Akşahin & Ortaş, 2022; Huang ve ark., 2021; Kasavan ve ark., 2021), mikrobiyoloji hakkında (Vergidis ve ark., 2005) ve toprak erozyonu hakkında (Ano-Vidal & Sanchez-Diaz, 2018; Bezak ve ark., 2021; Huang ve ark., 2021) çeşitli bibliyometrik analiz çalışmaları yapılmıştır.

Topraksız tarım terimlerinin kullanılması ile ilgili 2000-2023 yıllarında çalışmalar mevcut lakin bibliyometrik analiz yönteminin çalıştırılması ile yayınların trendinin araştırıldığı çalışmalar mevcut değildir. Bu bilgiler ekseninde 24 yıllık dönemde (çeyrek asırlık dönemde) topraksız tarım hakkında yayınlanan yayınların durumu, eğilimi Web of Science (WOS) verilerinin elde edilmesi ve VOSviewer programının kullanılması ile çalışmaların bibliyometrik analizine bağlı verileri ortaya çıkarılmıştır.

Bibliyometrik analiz yönteminin yapılması ile sürdürülebilir bir yaşam ve canlıların gıda arzı için büyük öneme sahip olan tarımın sürdürülebilmesi ve üretimin toprak kaybına bağlı azalmaması için topraksız tarım çalışmalarının eğilimlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Elde edilecek veriler ve sonuçlar sayesinde topraksız tarım konusuna daha çok hangi ülkelerin önem verdiğini, topraksız tarım çalışmalarının daha çok hangi alana hizmet ettiğini, hangi anahtar kelimelerin kullanıldığı, hangi dergilerde daha çok yayınlandığını, hangi kuruluşların bu konuya daha çok maddi destek verdiğini ve en çok hangi yazarların ilk sıralarda olduğunu belirlenecek ve bu bilgiler sayesinde yurt içi ve yurt dışında çalışma ekiplerinin oluşturulmasında, bir çalışmaya ya da projeye fon (destek) sağlanması noktasında ya da genç araştırmacıların yurt dışında kimlerle çalışması gerektiğini öğrenme noktasında bizlere büyük fayda sağlanmış olacaktır.

Elde edilen veriler ile birlikte başka programların ve veri tabanlarının da taranması bilime fayda sağlayacaktır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Verilerin Elde Edilmesi

Bu çalışmada, elde edilen tüm yayınlar web of Science Core Collection'un Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED) ve Social Sciences citation Index (SSCI) tabanlarından alınmıştır. Web of

Science (WOS) farklı disiplinlerden 80 milyona yakın makale, kitap ve konferansın ele alındığı geniş bir yelpazeye sahip bir platformdur. (Analytics, 2021). Veri alma kriteri olarak = "soilless agriculture" ya da (topraksız tarım) "soilless culture" (topraksız kültür) ya da "hydroponic farming" (su içerisinde besinlerin çözdürülmesi ile bitki yetiştirme yöntemi) ya da "vertical farming" (dikey şekilde ürün yetiştirme) ya da "aeroponic culture" (hava veya sis ortamında yetiştirme) ya da "growing medium" (yetiştirme ortamı) sözcükleri ile tarama yapılmıştır, belge türü = "Başlık", zaman aralığı = "2000–2023" ve son tarih = "23.04.2023" kullanılmıştır. SCIE ve SSCI veri tabanında 2000'den 2023'e kadar topraksız tarım araştırmasında 2.429 yayın değerlendirilmiştir. Araştırma süreci, bibliyometrik analizin belirlenen aşamaları dikkate alınarak Şekil 1'de gösterildiği gibi oluşturulmuştur.



Şekil 1: Bibliyometrik Analiz Basamakları (Akşahin & Ortaş, 2022)

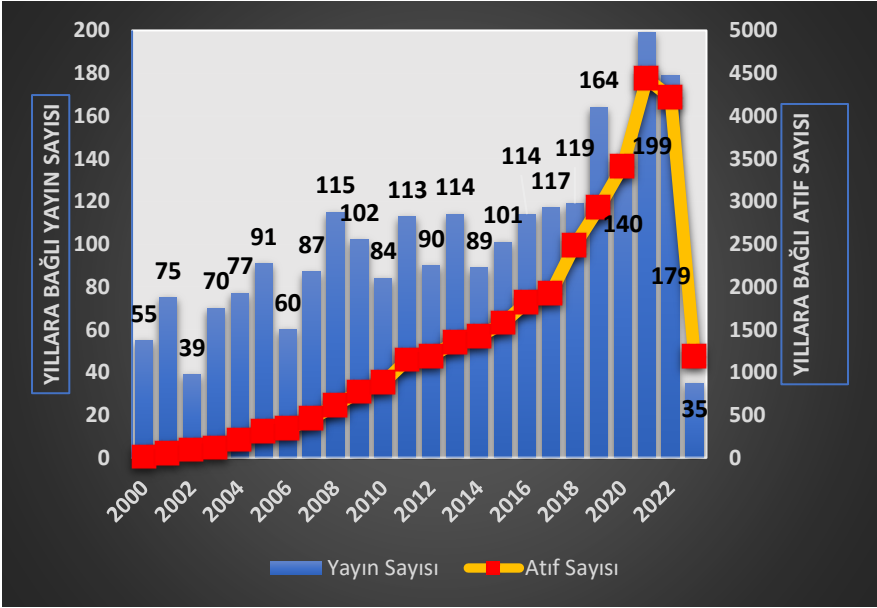
2.2. Verilerin Analizi

Arama sonucunda ulaşılan 2429 yayında en çok atıf alan yayınlar, en çok yayın yapan ülkeler ve en çok yayın yapan yazarlar VOSviewer 1.6.17 yazılımı ile verilerin görselleştirilmesi işlemleri sonucu elde edilmiştir. Arama sonuçları, VOSviewer (VOSviewer, 2021) yazılımına girilmek üzere CSV formatında depolanmış ve sınıflandırmaları yapılarak analiz edilmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Yayınların Yıllara Göre Dağılımı

Topraksız tarım hakkında son 24 yıllık çalışmalarda WOS verilerinin incelenmesi sonucu başlığında topraksız tarım ve bu terime benzer terimlerin geçtiği yayınların yıllara bağlı olarak yayınlanma sayıları ve atıf durumları Şekil 2’de verilmiştir. Şekil 2 incelendiğinde 2429 yayının yıllar bazında en çok 2021 yılında (199 yayın) yayınlandığı ve 2014 yılından bu yana yani son 10 yıllık süreçte tüm yayınların yarısından fazlasının yayınlandığı görülmektedir. 24 yıllık süreçte topraksız tarım hakkında yayınlanan yayınlara yapılan atıf sayıları incelendiğinde en yüksek atıf sayısının yine 2021 yılında (4434 atıf) yapıldığı ve toplamda 32924 atıfın yayın sayısına bölünmesi ile yayın başına 13.55~14 atıfın yapıldığı görülmektedir. Toplam atıf sayısının yaklaşık yarısının son 5 yıllık süreçte yapıldığı Şekil 2’de görülmektedir. Yapılan inceleme sonucu hem yayınların sayılarında hem de atıf sayılarında yıllara bağlı artışın olduğu görülmektedir.



Şekil 2: Topraksız Tarım Çalışmalarının Yıllara Göre Yayın Sayısı ve Bu Yayınlar Yapılan Atıf Miktarları

Topraksız tarım hakkında yapılan çalışmaların miktarını ve bu yayınlara yapılan atıf sayılarının belirlenmesi bu konu hakkında trendlerin yakalanmasına olanak sağlar ve biz araştırmacıları teşvik edebileceği düşünülmektedir.

3.2. Topraksız Tarım Yayınlarında Kullanılan Farklı Terimlerin Dağılımı

Topraksız tarım çalışmalarının derlenmesi sonucu başlığında topraksız tarım ve türevlerinin geçtiği çalışmalar incelenmiş ve Şekil 3'te sunulmuştur. Şekil 3 incelendiğinde başlığında topraksız tarım ve onunla ilişkili kelimelerin dağılımın farklı olduğu görülmüştür.

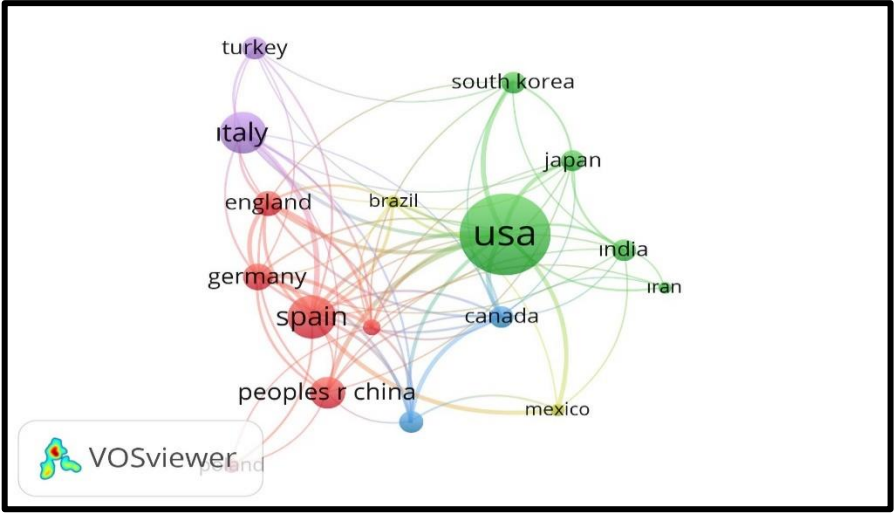


Şekil 3: Topraksız Tarım Çalışmalarında Kullanılan Farklı Terimler ve Dağılımları

En çok çalışılan topraksız tarım teriminin 1723 yayının başlığında bulunması ile “Growing Medium” (yetiştirme ortamı) teriminin olduğu onu 2. sırada 373 yayın ile “soiless culture” (topraksız kültür) kelimesinin takip ettiği görülmektedir. En az çalışılan terimin ise 17 çalışma ile “Aeroponic Culture” (hava veya sis ortamında yetiştirme) olduğu görülmektedir.

3.3. Farklı Ülkelerin Topraksız Tarım Çalışmalarındaki Yayınların Miktarı

Başlığında topraksız tarım ve belirlenen diğer kelimelerin geçtiği çalışmalar incelendiğinde hangi ülkenin bu konuda daha çok çalışma yaptığını gösteren görsel harita Şekil 4’te, bu ülkelerin ilk 10 sıralaması ise Çizelge 1’ de verilmiştir.



Şekil 4: Topraksız Tarım Çalışmalarında 105 Ülke İçerisinden En Az 50 Yayını Olan Ülkelerden Öne Çıkanların Bibliyometrik Haritası

Şekil 4 incelendiğinde 5 farklı renkte (kümeleme, cluster) ayrım olduğu görülmektedir. En az 50 yayını bulunan ülkelerden öne çıkanlar topların büyüklüklerine göre sıralanmıştır. Şekilde görüldüğü üzere 105 ülkenin yer aldığı çalışmada en az 50 yayını bulunan ülkeler içerisinde USA en büyük topa sahip olup en önde yer almaktadır. Çizelge 1’deki ilk 10 ülke sıralamaları göz önüne alındığında 105 ülke içerisinde 356 yayın ve 5598 atıf ile Amerika Birleşik Devletleri 1. sırada, 188 yayın ve 3851 atıf ile İspanya 2. sırada, 183 yayın ve 3027 atıf ile İtalya 3. sırada yer almaktadır. Yayınların sayısı bakımından ilk 3 sıranın atıf durumları göz önünde bulundurulduğunda 6. sıradaki İngiltere’nin ilk 3’te olduğu görülmektedir. İlk 10 sıralama incelendiğinde Türkiye’nin 99 yayın ve 790 atıf ile 7. sırada olduğu görülmektedir.

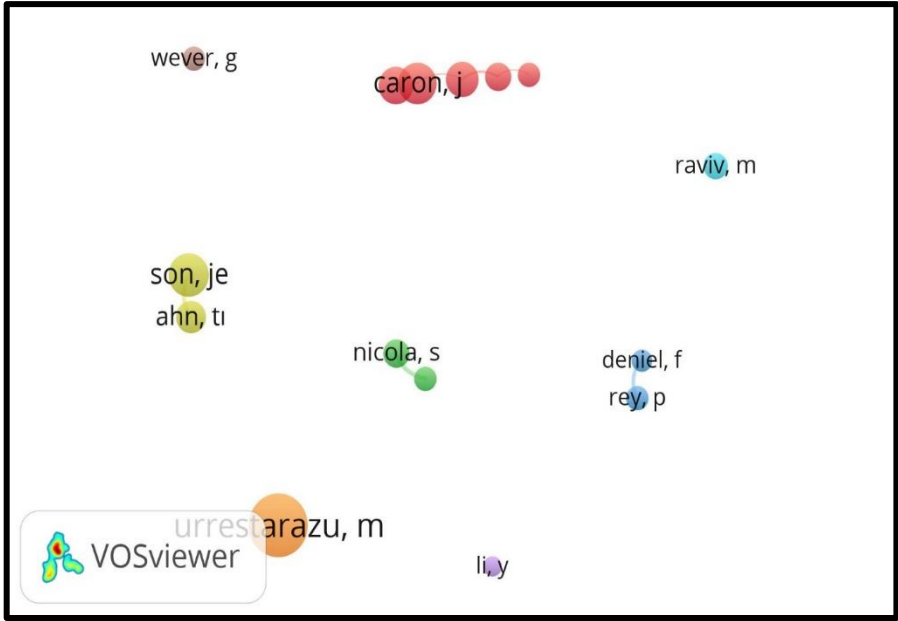
Ülkelerin topraksız tarım çalışmalarında hangi sırada olduğunu bilmek ülkeler arasındaki bilimsel çalışmaların belirlenmesinde ve iş birliğinde bilim insanlarına yol gösterebilir.

Çizelge 1: 2000–2023 Yıllarında En Çok Yayın Yapan İlk 10 Ülkenin Sıralaması

Sıralama	Ülkeler	Yayın Sayısı	Atıf Sayısı
1	Amerika Birleşik Devletleri	356	5598
2	İspanya	188	3851
3	İtalya	183	3027
4	Çin Halk Cumhuriyeti	138	2122
5	Almanya	118	2101
6	İngiltere	110	3296
7	Türkiye	99	790
8	Hindistan	97	604
9	Güney Kore	95	714
10	Kanada	94	1518

3.4. Topraksız Tarım Çalışmalarındaki Yayınlarda Yazarların ve Atıfların Durumu

Topraksız tarım çalışmalarında 7679 farklı yazarın sağladığı katkı sonucu ortaya çıkan yayınların en çok hangi yazarlar tarafından yayınlandığını ve en az 10 yayını bulunan yazarların bibliyometrik analiz haritası Şekil 5'te yazarların ilk 10 sıralaması ise Çizelge 2'de verilmiştir. Bibliyometrik harita incelendiğinde 8 farklı renkte kümeleme olduğu görülmekte ve en önde yer alan yazarları temsil eden toplar daha büyük ve ön planda yer almaktadır.



Şekil 5:Topraksız Tarım Çalışmalarında 7679 Yazar İçerisinden En Az 10 Yayını Olan Yazarlardan Öne Çıkanların Bibliyometrik Haritası

Çizelge 2. 2000–2023 Yıllarında En Çok Yayını Olan Yazarların İlk 10 Listesi

Sıralama	Yazarlar	Yayın Sayısı	Atıf Sayısı
1	Urrestarazu, M	31	342
2	Son, Je	21	190
3	Caron, J	20	337
4	Michel, Jc	18	139
5	Prasad, M	17	356
6	Ahh, Tı	16	105
7	Nicola, S	14	229
8	Tzortzakis, N	14	153
9	Raviv, M	13	487
10	Fontana, E	12	202

Çizelge 2 incelendiğinde topraksız tarım hakkında yayınlanan yayınların ilk 3 sırasında sırası ile 1. Sıraya 31 yayın ve 342 atıf ile “Urrestarazu, M”, 2. sıraya 21 yayın ve 190 atıf ile “Son, Je” ve 3. sıraya 20 yayın ve 337 atıf ile “Caron, J” yerleşmiştir. Ancak en çok yayını olan yazarların atıflar bazında aynı başarıyı gösteremedikleri görülmektedir.

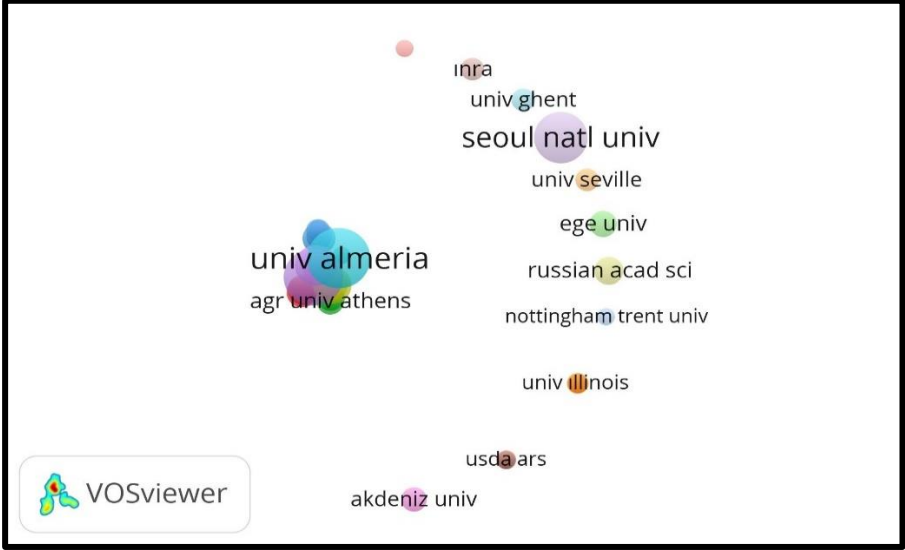
Yazarların topraksız tarım hakkındaki yayınlara olan katkılarının bilinmesi ortak çalışmalar için ve de konunun en iyi bilim insanlarının bilinmesi açısından bizlere yol göstermektedir.

3.5. Topraksız Tarım Çalışmalarında En Çok Yayını Olan Kurumların Durumu

Topraksız tarım hakkında yapılan yayınlara bakıldığında en çok yayınlarda pay sahi olan 2411 kurumdan en az 10 yayını bulunan kurumların öne çıktığı bibliyometrik analiz haritası Şekil 6’da en çok yayını olan kurumların ilk 10 listesi ise Çizelge 3’te verilmiştir.

Şekil 6 incelendiğinde Türkiye’den iki kurumunda en az 10 yayını bulunan ülkeler kategorisine girdiği görülmektedir. Çizelge 3 incelendiğinde ise ilk 10 sıralamasında Türkiye’den herhangi bir kurumun yer almadığı görülmektedir. Sıralamada yayın bazında ilk 3’te yer alanlar atıflar bazında aynı başarıyı gösterememektedir. Yayınlar bazında 1. sırada 34 yayın ve 392 atıf ile “Univ Almeria”, 2.

sırada 32 yayın ve 599 atıf ile “Univ Laval” ve 3. sırada 29 yayın ve 278 atıf ile “Seoul Natl Univ” yer almaktadır.



Şekil 6: Topraksız Tarım Çalışmalarında 2411 kurum İçerisinden En Az 10 Yayını Bulunan Kurumlardan Öne Çıkanların Bibliyometrik Haritası

Çizelge 3: 2000–2023 Yıllarında En Çok Yayını Kurumların İlk 10 Sıralaması

Sıralama	Kurumlar (Organizasyonlar)	Yayın Sayısı	Atıf Sayısı
1	Univ Almeria	34	392
2	Univ Laval	32	599
3	Seoul Natl Univ	29	278
4	Univ Florida	23	309
5	Univ Putra Malaysia	21	184
6	Csıc	18	545
7	Univ Turin	18	240
8	Agr & Agri Food Canada	17	322
9	Agr Res Org	17	941
10	Cnr	17	471

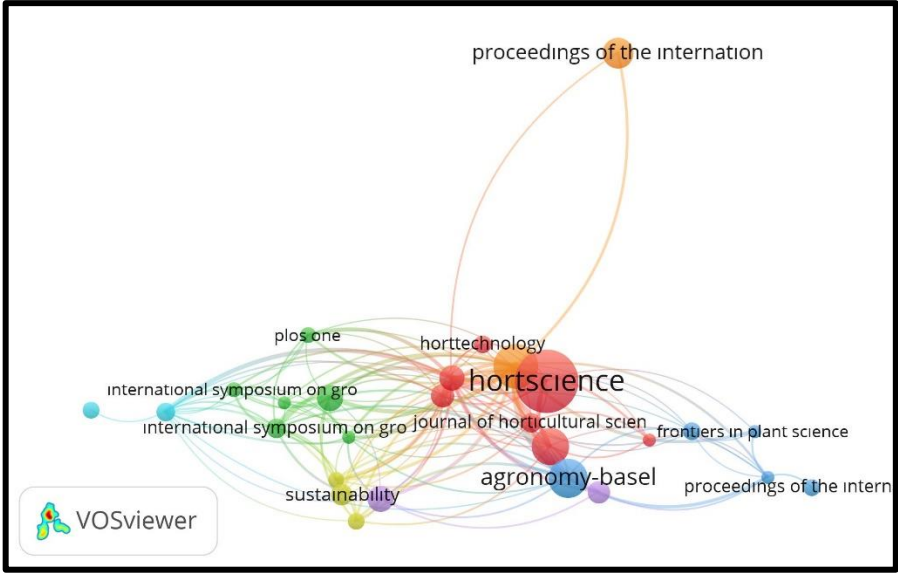
Kurumların topraksız tarım hakkında yayınlanan yayınlara katkısının bilinmesi özellikle yurt dışına gönderilecek öğrencilerin topraksız tarım hakkında en yetkili kurumlara gönderilmesinde yol gösterici olacaktır.

3.6. Topraksız Tarım çalışmalarının En çok Yayınlandığı Dergilerin Durumu

Topraksız tarım çalışmalarının yayınlandığı 1142 dergiden en az 10 yayını yayınlayan dergilerden öne çıkan dergilerin bibliyometrik analiz haritası Şekil 7’de, bu dergilerin ilk 10 listesi ise Çizelge 4’te verilmiştir.

Topraksız tarım yayınlarının yayınlandığı dergilerin bibliyometrik haritası incelendiğinde 7 farklı kümelemenin oluştuğu görülmektedir. En fazla yayını yayınlayan dergiler ön görselde de ön plana çıkmaktadır.

Dergilerin ilk 10 listesi incelendiğinde en çok topraksız tarım konusunda yayını yayınlayan ilk 3 dergi sırası ile 1. sırada 78 yayın ve 372 atıf ile “Hortscience”, 2. sırada 49 yayın ve 1262 atıf ile “Scientia Horticulturae” ve 3. sırada 41 yayın ve 367 atıf ile “Agronomy-Basel” yer almıştır. Fakat atıfların en çok yapıldığı dergi kendisine 8. sırada yer almıştır bu da atıfların yayın sayısına bölünmesi ile daha yüksek bir atıf ortalamasına sahip bir dergi olduğunu göstermektedir.



Şekil 7: Topraksız Tarım Çalışmalarında 1142 Dergi İçerisinden en Az 10 Yayını Yayınlayan Dergilerden Öne Çıkanların Bibliyometrik Haritası

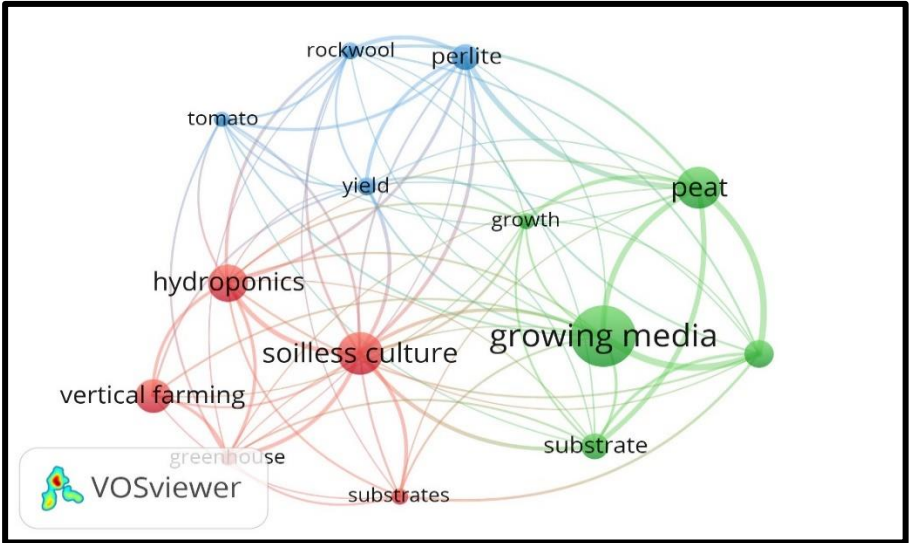
Çizelge 4: 2000–2023 Yıllarında Topraksız Tarım Hakkında En Çok Yayını Yayınlayan Dergilerin İlk 10 Sıralaması

Sıralama	Dergiler	Yayın Sayısı	Atf Sayısı
1	Hortscience	78	372
2	Scientia Horticulturae	49	1262
3	Agronomy-Basel	41	367
4	Journal of Plant Nutrition	38	257
5	Proceedings of The International Symposium on Growing Media	30	190
6	International Symposium on Growing Media, Composting and Substrate Analysis	24	126
7	III. International Symposium on Growing Media, Composting and Substrate Analysis	24	17
8	Bioresource Technology	23	1910
9	Communications in Soil Science and Plant Analysis	21	208
10	Horticulturae	19	57

3.7. Topraksız Tarım Çalışmalarında En çok Kullanılan Anahtar Kelimeler

Topraksız tarım ve türevleri hakkında yapılan inceleme sonucu 6149 farklı anahtar kelimedenden en az 30 defa kullanılan anahtar kelimelerden öne çıkan anahtar kelimelerin bibliyometrik analiz haritası Şekil 8’de 2000-2023 yılları arasında topraksız tarım hakkında yayınlanan yayınlarda kullanılan anahtar kelimelerden en çok kullanılanların ilk 10 listesi Çizelge 5’te verilmiştir.

Anahtar kelimelerden oluşan bibliyometrik analiz haritası incelendiğinde 3 farklı kümelemenin oluştuğu görülmekle birlikte en çok kullanılan anahtar kelimeler ön plana çıkmıştır.



Şekil 8: Topraksız Tarım Çalışmalarında 6149 Anahtar Kelimedenden En Az 30 Defa Kullanılan Anahtar Kelimelerden Öne Çıkanların Bibliyometrik Haritası

Çizelge 5: 2000–2023 Yıllarında Topraksız Tarım Hakkında Yayınlayan Çalışmalarda En Çok Kullanılan Anahtar Kelimelerin İlk 10 Sıralaması

Sıralama	Anahtar Kelimeler	Kullanılma Sıklığı
1	Growing Media	126
2	Soilless Culture	87
3	Peat	86
4	Hydroponics	76
5	Vertical Farming	69
6	Compost	56
7	Substrate	54
8	Perlite	53
9	Yield	37
10	Rockwool	35

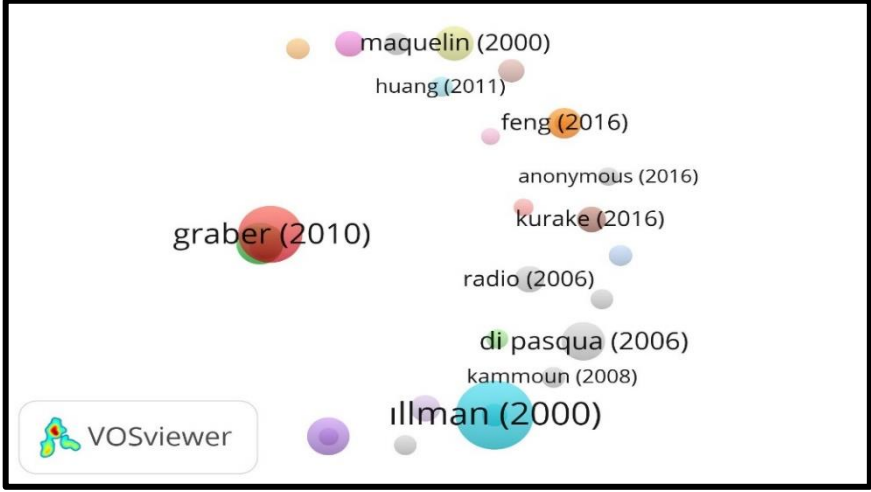
Çizelge 5 incelendiğinde anahtar kelimelerden en çok kullanılanların ilk 3 sırası sırası ile 1. sırada 126 defa kullanılması ile “Growing Media”, 2. sırada 87 defa kullanılması ile “Soilless Culture” ve 3. sırada 86 defa kullanılması ile “Peat” olmuştur.

Anahtar kelimelerin trendinin bilinmesi araştırma yaparken daha kolay bir şekilde yayınlara erişilmesinde araştırmacılara hem zaman kazandırılmasında hem de doğru bilgiye erişilmesin de büyük kolaylıklar sağlamaktadır.

3.8. Topraksız Tarım Çalışmalarında En Çok Atıf Alan Yayınların yılları ve Yazarları

Çalışmalar incelenirken en fazla atıf alan yayınlar listelenmiş ve bu liste sonucu 2429 yayın arasından en çok atıf alan yayınların yazar isimleri

ve yıllarının yer aldığı bibliyometrik analiz haritası Şekil 9’da ve en çok atıf alan ilk 10 yayın da Çizelge 6’da verilmiştir.



Şekil 9: Topraksız Tarım Çalışmalarında 2429 Yayın İçerisinden En Çok Atıf Alan Yayınlarından Öne Çıkanlar

Çalışmalar incelenirken en fazla atıf alan yayınlar listelenmiş ve bu liste sonucu 2429 yayın arasından en çok atıf alan yayınların yazar isimleri ve yıllarının yer aldığı bibliyometrik analiz haritası Şekil 9’da ve en çok atıf alan ilk 10 yayın da Çizelge 6’da verilmiştir.

En çok atıf alan yayınların ilk yazar isminin ve yılının yer aldığı görsele bakıldığında ilk sırada olan yayınların ilk yazarları ön plana çıkmaktadır. Çizelge 6 incelendiğinde en çok atıf alan yayın 2000 yılında Illman tarafından yazılan ve 696 atıf alan “Increase in *Chlorella* strains calorific values when grown in low nitrogen medium” yayını olmuştur.

Çizelge 6: 2000–2023 Yıllarında Topraksız Tarım Hakkındaki Çalışmalarda En Çok Atıf Alan Yayınların İlk 10 Sıralaması

Sıra	Yayın İsmi	Yazar ve Yıl	Atıf Sayısı
1	Increase in Chlorella strains calorific values when grown in low nitrogen medium	(Illman ve ark., 2000)	696
2	Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertigated soilless media	(Graber ve ark., 2010)	530
3	National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain	(Abad ve ark., 2001)	352
4	Changes in membrane fatty acids composition of microbial cells induced by addition of thymol, carvacrol, limonene, cinnamaldehyde, and eugenol in the growing media	(Di Pasqua ve ark., 2006)	310
5	Potential order-of-magnitude enhancement of wind farm power density via counter-rotating vertical-axis wind turbine arrays	(Dabiri, 2011)	305
6	Raman spectroscopic method for identification of clinically relevant microorganisms growing on solid culture medium	(Maquelin ve ark., 2000)	272
7	Metallic Co ₉ S ₈ nanosheets grown on carbon cloth as efficient binder-free electrocatalysts for the hydrogen evolution reaction in neutral media	(Feng ve ark., 2016)	230
8	Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems - A review	(Barrett ve ark., 2016)	216
9	Single cell oil (SCO) production by <i>Mortierella isabellina</i> grown on high-sugar content media	Papanikolaou (2004)	190
10	Melatonin enhances alkaline phosphatase activity in differentiating human adult mesenchymal stem cells grown in osteogenic medium via MT ₂ melatonin receptors and the MEK/ERK (1/2) signaling cascade	(Radio ve ark., 2006)	188

3.9. Topraksız Tarım Çalışmalarının En çok Çalışıldığı Alanlar

Çalışmanın verileri incelendiğinde topraksız tarım konusunun en çok çalışıldığı alanlar Çizelge 7’de verilmiştir. Çizelge 7 incelendiğinde 1. sırada yer alan “Agriculture” alanı 1084 araştırmayı kapsamış ve bu da toplam yayın sayısının % 44.6’sını oluşturmuştur.

2. sırada yer alan “Plant Sciences” alanı 383 araştırmayı kapsamış ve bu da toplam yayın sayısının %15.8’ini oluşturmuştur. 3. sırada yer alan

ise “Environmental Sciences Ecology” alanı olmuş ve 221 araştırmayı kapsamış ve bu da tüm yayınların %9.1’ini kapsamıştır.

Çalışmaların hangi alanlara yönelik çalışıldığını bilmek disiplinler arası iş birliğinde bizlere yol gösterebilir.

Çizelge 7: 2000–2023 Yıllarında Topraksız Tarım Hakkındaki Çalışmalarda En Çok Çalışılan Alanların İlk 10 Sıralaması

Sıralama	Araştırma Alanı	Araştırma Sayısı	2429 yayının %’de Dağılımı
1	Agriculture	1084	44.6
2	Plant Sciences	383	15.8
3	Environmental Sciences Ecology	221	9.1
4	Biotechnology Applied Microbiology	194	8.0
5	Engineering	183	7.5
6	Chemistry	157	6.5
7	Science Technology Other Topics	133	5.5
8	Food Science Technology	109	4.5
9	Microbiology	103	4.2
10	Materials Science	90	3.7

3.10. Destek Kuruluşlarının Topraksız Tarıma Olan Desteklerinin Durumu

Topraksız tarım yayınlarının destekçilerinin incelendiği çalışmada en çok destek veren kuruluşların ilk 10 sıralaması Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 8 incelendiğinde en çok topraksız tarım yayınlarına destek veren ilk kuruluşun 56 çalışmaya yaptığı katkı ile “National Natural

Science Foundation of China Nsfc” kurumu olurken onu 49 yayına verdiği destekle 2. sırada “European Commission” kurumu olmuştur. Bir çalışmada en çok destek veren kuruluşların bilinmesi ileriye yönelik çalışmalarda proje ya da çalışma yaparken kimlerden destek alınabileceğinin bilinmesi hususunda araştırmacılara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu çalışmadaki bibliyometrik analiz çalışması sayesinde topraksız tarım konusunda en çok kimlerin destek verdiği bilgisine ulaşılmıştır.

Çizelge 8: 2000–2023 Yıllarında Topraksız Tarım Hakkındaki Çalışmalarda En Çok Destek Veren Kurumların İlk 10 Sıralaması

Sıralama	Destekleyen Kurumlar	Araştırma Sayısı	2429 yayının %'de dağılımı
1	National Natural Science Foundation of China Nsfc	56	2.305
2	European Commission	49	2.017
3	Spanish Government	37	1.523
4	Uk Research Innovation Ukri	23	0.947
5	Conselho Nacional De Desenvolvimento Cientifico E Tecnologico Cnpq	17	0.700
6	Ministry of Education Culture Sports Science and Technology Japan Mext	17	0.700
7	Coordenacao De Aperfeicoamento De Pessoal De Nivel Superior Capes	15	0.618
8	Japan Society For the Promotion of Science	15	0.618
9	Grants in Aid for Scientific Research Kakenhi	14	0.576
10	National Institutes of Health Nih Usa	14	0.576

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Topraksız tarım ve türevleri hakkında yapılan bibliyometrik analiz çalışmasının sonucunda birçok önemli bilgi elde edilmiştir elde edilen bilgiler;

- ✓ Yıllara bağlı olarak 2429 yayın içerisinde en çok yayının yayınlandığı yıl ve bu yayınlara en çok atıf yapıldığı yıl aynı yıl (2021) olmuştur.
- ✓ En çok çalışılan topraksız tarım terminin 1723 yayının başlığında bulunması ile “Growing Medium” (yetiştirme ortamı) teriminin olduğu görülmüştür.
- ✓ 105 ülke içerisinde 356 yayın ve 5598 atıf ile Amerika Birleşik Devletleri 1. sırada yer almıştır.
- ✓ En çok yayına sahip yazar 31 yayın ve 342 atıf ile “Urrestarazu, M” olmuştur.
- ✓ En çok yayının yayınlandığı kurum 34 yayın ve 392 atıf ile “Univ Almeria” kurumu olmuştur.
- ✓ En çok yayını yayınlayan dergi 78 yayın ve 372 atıf ile “Hortscience” dergisi olmuştur.
- ✓ En çok kullanılan anahtar kelime 126 defa kullanılması ile “Growing Media” anahtar kelimesi olmuştur.
- ✓ En çok atıf alan yayın 2000 yılında Illman tarafından yazılan ve 696 atıf alan “Increase in *Chlorella* strains calorific values when grown in low nitrogen medium” yayını olmuştur.

- ✓ En çok yayına sahip alan “Agriculture” alanı 1084 araştırmayı kapsamış ve bu da toplam yayın sayısının % 44.6’sını oluşturmuştur.
- ✓ En çok topraksız tarım yayınlarına destek veren 1. kuruluş 56 çalışmaya yaptığı katkı ile “National Natural Science Foundation of China Nsfc” kuruluşu olmuştur.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilerin daha da yararlı olması için başka programların ve analiz yöntemlerinin çalıştırılması ve farklı mecraların verilerin incelenmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abad, M., Noguera, P., & Bures, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: Case study in Spain. *Bioresource Technology*, 77(2): 197-200.
- Ağırağaç, Z. & Zorer Çelebi, Ş. (2023). Rejeneratif (Onarıcı) Tarım. In "Zirai Araştırmalardaki Trendler Ve Yenilikler" (Çavuşoğlu, Ş., Yılmaz, N. & İşlek, F., eds.).
- Akşahin, V. & Gülser, F. (2022). Tarımsal Açıdan 2000-2022 Yılları Arasında Yapılan Havuç Bitkisi İle İlgili Yayınların Bibliyometrik Analizi. In *Sebzecilikte Farklı Yaklaşımlar* (Karipçin, M. Z., ed.). İksad, Ankara.
- Akşahin, V. & Ortaş, I. (2022). Bibliometric Analysis of scientific Research Articles on Water and Drought between 2000-2022. *International Congress and Workshop on Agricultural Structures and Irrigation*", pp. 63-78, 12-15 May, 2022, Diyarbakır, Türkiye.
- Analytics, C. (2021). Web of science platform: Web of science: Summary of coverage. . Vol. 04.11.2021.
- Andreo-Martinez, P., Ortiz-Martinez, V.M., Garcia-Martinez, N., Lopez, P.P., Quesada-Medina, J., Camara, M.A., & Oliva, J. (2020). A descriptive bibliometric study on bioavailability of pesticides in vegetables, food or wine research (1976-2018). *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 77.
- Ano-Vidal, C. & Sanchez-Diaz, J. (2018). Bibliometric analysis of the scientific production on soil erosion in Andalusia (1964-2008). *Revista De Estudios Andaluces*, 35(1): 193-213.
- Barrett, G., Alexander, P., Robinson, J., & Bragg, N. (2016). Achieving environmentally sustainable growing media for soilless plant cultivation systems—A review. *Scientia Horticulturae*, 212: 220-234.

- Bezak, N., Mikos, M., Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J.A.A., Baartman, J., Ballabio, C., Biddoccu, M., Cerda, A., Chalise, D., Chen, S.C., Chen, W., De Girolamo, A.M., Gessesse, G.D., Deumlich, D., Diodato, N., Efthimiou, N., Erpul, G., Fiener, P., Freppaz, M., Gentile, F., Gericke, A., Haregeweyn, N., Hu, B.F., Jeanneau, A., Kaffas, K., Kiani-Harchegani, M., Villuendas, I.L., Li, C.J., Lombardo, L., Lopez-Vicente, M., Lucas-Borja, M.E., Maerker, M., Miao, C.Y., Modugno, S., Moller, M., Naipal, V., Nearing, M., Owusu, S., Panday, D., Patault, E., Patriche, C.V., Poggio, L., Portes, R., Quijano, L., Rahdari, M.R., Renima, M., Ricci, G.F., Rodrigo-Comino, J., Saia, S., Samani, A.N., Schillaci, C., Syrris, V., Kim, H.S., Spinola, D.N., Oliveira, P.T., Teng, H.F., Thapa, R., Vantas, K., Vieira, D., Yang, J.E., Yin, S.Q., Zema, D.A., Zhao, G.J., & Panagos, P. (2021). Soil erosion modelling: A bibliometric analysis. *Environmental Research*, 197.
- Çomaklı, E. (2021). Toprak organik karbonu ve toprak organik karbon stokları üzerine 1970-2021 yılları arasında yapılan araştırmaların bibliyometrik analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25: 517-524.
- Dabiri, J.O. (2011). Potential order-of-magnitude enhancement of wind farm power density via counter-rotating vertical-axis wind turbine arrays. *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 3(4).
- Di Pasqua, R., Hoskins, N., Betts, G., & Mauriello, G. (2006). Changes in membrane fatty acids composition of microbial cells induced by addition of thymol, carvacrol, limonene, cinnamaldehyde, and eugenol in the growing media. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(7): 2745-2749.
- Feng, L.L., Fan, M., Wu, Y., Liu, Y., Li, G.D., Chen, H., Chen, W., Wang, D., & Zou, X. (2016). Metallic Co 9 S 8 nanosheets grown on carbon cloth as efficient binder-free electrocatalysts for the hydrogen evolution reaction in neutral media. *Journal of Materials Chemistry*, A4(18): 6860-6867.
- Graber, E. R., Meller Harel, Y., Kolton, M., Cytryn, E., Silber, A., Rav David, D., Tschansky, L., Borenshtein, M., & Elad, Y. (2010). Biochar impact on development and productivity of pepper and tomato grown in fertilized soilless media. *Plant and Soil*, 337: 481-496.

- Hazar, D. & Baktir, İ. (2013). Topraksız tarım kesme gül yetiştiriciliği. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(2): 21-27.
- Huang, X., Wang, K.R., Zou, Y.W., & Cao, X.C. (2021). Development of global soil erosion research at the watershed scale: A bibliometric analysis of the past decade. Environmental Science and Pollution Research, 28(10): 12232-12244.
- Illman, A., Scragg, A., & Shales, S., (2000). Increase in *Chlorella* strains calorific values when grown in low nitrogen medium. Enzyme and Microbial Technology, 27(8): 631-635.
- Kasavan, S., Yusoff, S., Fakri, M.F.R., & Siron, R. (2021). Plastic pollution in water ecosystems: A bibliometric analysis from 2000 to 2020. Journal of Cleaner Production, 313.
- Li, Y.Z., Liu, J.S., Yang, H.Y., Chen, J.X., & Xiong, J. (2021). A bibliometric analysis of literature on vegetable prices at domestic and international markets-a knowledge graph approach. Agriculture-Basel, 11(10).
- Maquelin, K., Choo-Smith, L.P., van Vreeswijk, T., Endtz, H.P., Smith, B., Bennett, R., Bruining, H.A., & Puppels, G.J. (2000). Raman spectroscopic method for identification of clinically relevant microorganisms growing on solid culture medium. Analytical Chemistry, 72(1): 12-19.
- Oliveira, J.D. & Pereira, M.G. (2020). Analyzing the research on phosphorus fractions and phosphorus legacy in soil: a bibliometric analysis. Journal of Soils and Sediments, 20(9): 3394-3405.
- Pan, X.Y., Lv, J.L., Dyck, M., & He, H.L. (2021). Bibliometric analysis of soil nutrient research between 1992 and 2020. Agriculture-Basel, 11(3).
- Papanikolaou, S., Komaitis, M., & Aggelis, G. (2004). Single cell oil (SCO) production by *Mortierella isabellina* grown on high-sugar content media. Bioresource Technology, 95(3): 287-291.

- Radio, N.M., Doctor, J.S., & Witt-Enderby, P.A. (2006). Melatonin enhances alkaline phosphatase activity in differentiating human adult mesenchymal stem cells grown in osteogenic medium via MT2 melatonin receptors and the MEK/ERK (1/2) signaling cascade. *Journal of Pineal Research* 40(4): 332-342.
- Vergidis, P.I., Karavasiou, A.I., Paraschakis, K., Bliziotis, I.A., & Falagas, M.E. (2005). Bibliometric analysis of global trends for research productivity in microbiology. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 24(5): 342-345.
- Vieira, A.F., Moura, M., & Silva, L. (2021). Soil metagenomics in grasslands and forests-A review and bibliometric analysis. *Applied Soil Ecology*, 167.
- VOSviewer (2021). VOSviewer software.
- Yap, H.S., Zakaria, N.N., Zulkharnain, A., Sabri, S., Gomez-Fuentes, C., & Ahmad, S.A. (2021). Bibliometric analysis of hydrocarbon bioremediation in cold regions and a review on enhanced soil bioremediation. *Biology-Basel*, 10(5).
- Yerlikaya, R., Akşahin, V., Dündar, Ş., & Ahmet, N.A.S.E. (2022). Cadmium pollution impairs maize growth and uptake of cationic essential nutrients. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1): 144-153.

BÖLÜM 8

SAKSIDA YETİŞTİRİLEN DIŞ MEKAN SÜS BİTKİLERİNDE YABANCI OTLARLA MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Doç. Dr. Zübeyde Filiz ARSLAN¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10455896>

¹Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Düzce-Türkiye.
filizarslan@duzce.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8313-1783

1. GİRİŞ

Türkiye süs bitkileri sektöründe; doğal genetik kaynakları, ekolojisi, uygun iklim ve coğrafi koşulları, birçok pazar için köprü konumunda olması, genç ve dinamik sektör yapısı ve genç nüfusa sahip olması başta olmak üzere önemli avantajlara sahiptir (Kazaz ve ark., 2020; Sarı & Çelikel, 2022). İhracat potansiyeli nedeniyle süs bitkileri, Türkiye ekonomisine büyük katma değer sağlamaktadır ve bu nedenle bitkisel üretim içerisinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde yetiştirilen süs bitkilerinin toplam üretim alanı içinde, dış mekân süs bitkileri üretim alanı %73'lük paya sahiptir yani yaklaşık $\frac{3}{4}$ 'ünü oluşturmaktadır. Süs bitkileri arasında önemli bir pazar payına sahip olan dış mekân süs bitkileri üretiminin ülke ekonomisindeki önemi giderek artmaktadır (Beyhan ve ark., 2015; Çevik-Küçük ve ark., 2020). Ayrıca, yöre halkı için gelir kaynağı ve istihdam olması nedeniyle de dış mekân süs bitkilerinin üretimi oldukça önemlidir.

Ülkemizde dış mekân süs bitkilerinin üretiminin en fazla yapıldığı ve üretim alanlarının en fazla bulunduğu alan Marmara Bölgesi'dir (Ay, 2009; Çevik-Küçük, 2019). Bölgede dış mekân süs bitkileri, ya saksılı üretim yapan bahçelerde veya bitkilerin toprağa gömüldüğü repikaj olarak adlandırılan bahçelerde üretilmektedir (Çevik-Küçük ve ark., 2020).

Yabancı otlar, dış mekân süs bitkisi üretiminde neden oldukları bazı sorunlar nedeniyle istenmeyen bitkiler olup, üretimdeki en önemli

sorunlar arasında gösterilmektedir. Özellikle saksılı süs bitkisi üretim alanlarında yabancı otlar süs bitkileri ile besin maddesi, su ve ışık için rekabet ederek süs bitkilerinin gelişmesini engellemek suretiyle kalitesini ve pazar değerini düşürürler (Walker & Williams, 1985; Gilliam ve ark., 1990; Mervosh, 1999; Roul & Lemay, 2000; Case ve ark., 2005; Çevik-Küçük, 2019). Küçük bir saksıda bulunan sadece bir yabancı otun bile kültür bitkisinin gelişmesini olumsuz etkileyebildiği ve bu zarar miktarının yabancı otun ve kültür bitkisinin türüne göre değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Berchielli-Robertson ve ark., 1990).

Saksılı üretim alanlarındaki yabancı otların mücadelesi zor ve oldukça maliyetlidir. Bunun nedeni, saksılı üretim yapan üreticilerin yabancı otları elle almaları için genellikle geçici işçi çalıştırmak zorunda kalmalarıdır. Bu yöntemin pratik ve ekonomik olmaması nedeniyle yabancı otlar işletmeler için önemli bir sorun olarak görülmektedir. Süs bitkileri pazarının giderek genişlemesi ve özellikle dış mekân süs bitkilerine olan talebin artmasına rağmen, ülkemizde bu üretimin önemli sorunlarından biri olan yabancı otlar konusunda sadece birkaç tane bilimsel çalışma (Kaçan ve ark., 2018; Çevik-Küçük, 2019; İnan, 2022) yürütülmüş olup, bu konuda daha fazla sayıda ve daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Süs bitkileri üretiminde çeşitli sorunlara neden olan yabancı otların doğru yöntemlerle baskı altına alınması, bu bitkilerin daha iyi gelişmesi sonucunda sektörel kalkınmaya katkı sağlayacaktır. Üretimde yaşanan yabancı ot sorunlarının çözülebilmesi için süs bitkilerine, yabancı ot

türlerine ve bölgeye uygun mücadele stratejilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kitap bölümünde, saksıda yetiştirilen dış mekân süs bitkilerinde sorun olan yabancı otlara karşı ülkemizde ve diğer ülkelerde uygulanan mücadele yöntemleri hakkında özet bilgiler sunulmuştur.

2. SAKSIDA YETİŞTİRİLEN DIŞ MEKÂN SÜS BİTKİLERİNDE SORUN OLAN YABANCI OTLARA KARŞI UYGULANAN MÜCADELE YÖNTEMLERİ

2.1. Sanitasyon ve Kültürel Mücadele

Yabancı otlar, kültür bitkilerinin tohumları, çoğalma organları, toprak, gübre, su, saman, rüzgâr, tarımsal aletler ve diğer bazı yollarla yayılırlar. Etkili yabancı ot mücadelesinin ilk adımı sanitasyondur. Yabancı ot tohum sayısını azaltmaya yönelik tüm uygulamalar mücadele açısından önemlidir. Bu amaçla, saksıların yerleştirileceği toprak zemin çeşitli materyallerle örtülmeli, çevredeki yabancı otlar mekanik olarak veya uygun herbisitlerle kontrol edilmelidir. Kullanılacak saksı toprağındaki yabancı ot tohumlarının veya çoğalma organlarının canlılığını yok etmek amacıyla, solarizasyon, kompostlama veya fumigasyon etkili yöntemlerdir. Ayrıca yakın alanlardan rüzgâr yoluyla yabancı ot tohumlarının gelmesini önleyici çit veya rüzgârkıran materyallerin kullanılması faydalı olacaktır (Altland, 2003).

Yeni bir üretim alanına yabancı bir bitki türü, süs ve tarımsal kullanım amacıyla bilinçli veya tesadüfi olarak gelebilir. Bulaşmayı önleyici yönetim, türlerin ortaya çıkışı, çoğalması ve yayılması ile ilgili süreç ve uygulamalar hakkında bilgi gerektirir. Bulaşmayı önleyici stratejiler geliştirmek için baskın yabancı ot türlerinin kalıcılık ve yayılma stratejilerinin iyi bir şekilde anlaşılması gerekir. Bu amaçla baskın türlerin biyolojik özellikleri, bulaşma ve yayılma yolları bilinerek mücadele stratejileri geliştirilmelidir. Bulaşmayı önleyici stratejiler yabancı otların girişini, üretim alanında gelişmesini ve bulaşık olmayan alanlara yayılmasını içermelidir. Tohumlar, çoğalma ve yayılmadaki rolleri ve zor koşullara dayanabilmeleri nedeniyle, pek çok yabancı ot türünün yaşam döngüsünde oldukça önemlidir. Yabancı ot yönetim stratejileri, küçük bir üretim alanı, bölge, ilçe, il, ülke veya kıta düzeyinde geliştirilebilir. Bu bağlamda, bir strateji uygularken, stratejinin geliştirildiği alanın ötesine uzanan bir bölgedeki yabancı ot hareketi de dikkate alınmalıdır. İyi bir yabancı ot önleme stratejisi bireysel ve grup sorumluluklarının yanı sıra, yabancı ot girişini ve yayılmasını önlemek için devletler tarafından çıkarılan yasaları (Karantina Yasası veya Tohum Yasası) içerebilir (Upadhyaya & Blackshaw, 2007).

Ülkemizin Karantina listesinde “Türkiye’de Varlığı Bilinmeyen ve İthalat Mani Teşkil Eden Karantinaya Tabi Zararlı Organizmalar” arasında yabancı ot olarak sadece *Arceuthobium* spp. ve *Eichhornia crassipes* yer almaktadır. “Giriş Yasak Bitki, Bitkisel Ürünler ve

Yetiştirme Ortamları” listesinde ise bazı yabancı otlar ve süs bitkileri yer almaktadır (Anonim, 2022a).

Diğer ülkelerden çeşitli yollarla yabancı ot türleri gelebildiği gibi, bilinçli olarak süs bitkileri de getirilmektedir ve bu süs bitkileri zaman içerisinde geldikleri alanlara yerleşerek ve çevreye yayılarak önemli sorunlara neden olabilmektedir. Bitki istilasının ana yollarından biri olarak kabul edilen süs bitkilerine olan ilgi, dünya çapındaki kentleşme nedeniyle giderek artmaktadır. Türkiye'nin yabancı florası, 321 Angiospermae, 17 Gymnospermae ve iki eğrelti (Pteridophyta) otu içeren 340 taksondan oluşur. Taksonların çoğunluğu (%71.9) bilinçli olarak, diğerleri (%28.1) ise kazara ülkemize gelmiştir. Bilinçli getirilen taksonlar arasında büyük çoğunluğu süs bitkileri (%55.2) iken, %10'u orman, %6.7'si ise kültür bitkileridir (Uludağ ve ark., 2017). Türkiye'deki yabancı bitki türlerinden %66'sı (225 tür) bilinçli olarak getirilmiş süs bitkileridir. Ayrıca, Türkiye'de yetiştirilen 40 süs bitkisi türünün muhtemelen istilacı olduğu düşünülmektedir. Değişen yaşam alışkanlıkları ve yabancı süs bitkileri ithalatının artması nedeniyle, yabancı türlerin sayısında artış olması beklenmektedir (Uludağ ve ark., 2018).

2.2. Mekanik Mücadele

Elle yolma ve çapalama, yabancı ot kontrolünde kullanılan en eski ve klasik yöntemdir. Günümüzde süs bitkisi fidanlıklarında yaygın olarak uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntem yeterince sık aralıklarla ve uzun

süre uygulanırsa, baskın çok yıllık yabancı otları dahi kontrol edebilir. Etkili ve yaygın kullanımına rağmen, çok fazla zaman ve işgücü gerektirmesi dezavantajlarıdır. Zahmetli bir yöntem olmasına rağmen, işçi temini ile ilgili sorun ve işçilik maliyeti yüksek olmadığı takdirde, bu yöntemler kabul edilebilir. Ancak işçi temini veya maliyeti ile ilgili sorunlar olduğunda bu yöntemler etkili ve pratik olamazlar (Zimdahl, 2007). Marmara bölgesinin dış mekân süs bitkisi üretiminde önde gelen Sakarya ilinde saksılardaki yabancı otların mücadelesi amacıyla mekanizasyon yapılamadığı için elle yolma oldukça yaygın olarak uygulanmaktadır. Ancak işçilik gerektiren bu yöntem, işletme masraflarını önemli ölçüde yükseltmektedir (İnan & Arslan, 2021).

2.3. Fiziksel Mücadele

Dış mekân süs bitkisi üretim alanlarındaki yabancı otları baskı altına almak amacıyla, fiziksel mücadele yöntemlerinden solarizasyon, malçlama ve alevleme uygulanabilir. Doğru uygulandığında bu yöntemlerin yabancı otlara oldukça etkili olduğu bilinmektedir. Solarizasyon, süs bitkisi seralarında ve saksılı fidanlıklarda sorun olan yabancı otlara etkili bulunmuştur (Moya & Furukawa, 2000; Stapleton ve ark., 2002). Ülkemizde yapılan araştırmalar sonucunda, şifa otu (*Erigeron canadensis* L.) dışında çilekte sorun olan yabancı otlara %99 oranında etkili olduğu belirlenmiştir (Boz, 2004). Bu yöntem sadece yabancı otları değil, toprak kökenli hastalıkları ve nematodları da yüksek oranda kontrol edebilmektedir (Cohen & Rubin, 2007). Yabancı otları baskı altına almak amacıyla uygulanabilecek diğer bir termal

yöntem ise alevlemedir. Bu yöntemde özel olarak geliştirilmiş alevleme makinaları ile yabancı otların yüzeyine kısa süreli uygulama yapılır. Dış mekân süs bitkisinde yürütülen bir çalışma sonucunda, alevleme uygulamaları yabancı otlara %100 oranında etkili bulunmuştur ve kültür bitkisine herhangi bir zarar vermemiştir (Frasconi ve ark., 2017). Süs bitkileri fidanlıklarında yabancı otların gelişmesini engelleme çalışmaları ekim yatakları oluşturulurken başlar. Bu amaçla malç olarak ekim yataklarının tabanına kalın bir tabaka halinde çakıl taşı veya geçirgen ve tercihen siyah renkte taban örtüsü serilebilmektedir (Söğüt, 2012). Diğer ülkelerde süs bitkileri üretiminde yabancı ot mücadelesi amacıyla, siyah polietilen örtü başta olmak üzere çeşitli materyallerle malçlama yaygın olarak uygulanmaktadır ve bu uygulama herbisitlere dayanıklılık sorununun idaresi açısından oldukça önemli görülmektedir (Chong, 2003; Vencill ve ark., 2012). Sakarya ilinde altuni taflan (*Euonymus japonica* Aurea) ve leylandi (*Cupressocyparis leylandii* Spiralle) yetiştirilen saksılarda sorun olan yabancı otlara karşı bazı malç materyallerinin (siyah polietilen örtü, saman, ağaç cipsi, mısır sapı, fındık zürufu ve fındikkabuğu) etkisinin araştırıldığı bir çalışma sonucunda, her iki süs bitkisinde de tüm malç uygulamalarının %70 üzerinde etkili olduğu, en etkili uygulamanın siyah polietilen örtü olduğu belirlenmiştir (İnan, 2022).

2.4. Kimyasal Mücadele

Tablo 1: Saksıda yetiştirilen süs bitkilerinde yabancı otlara karşı diğer ülkelerde kullanılan herbisitler ile ilgili bilgiler

Etkili madde	Kimyasal grubu (WSSA, 2022)	WSSA grubu (WSSA, 2022)	Etki ettiği yabancı otların özelliği*	Kaynak**	Türkiye’de ruhsat durumu (Anonim, 2022b)
Isoxaben	Benzamide	29	GY	1, 2	+
Oxyfluorfen	Diphenylether	14	GY	1,2	+
Simazine	Triazine	5	GY	1	-
Napropamide	Acetamide	0	DY, GY	1	+
Alachlor	Chloroacetamide	15	DY, GY	1	-
S-Metolachlor	Chloroacetamide	15	DY, GY	1, 2	+
Pronamide	Chloroacetamide	15	DY, GY	1	-
Dichlobenil	Nitrile	29	DY, GY	1, 3	-
Oryzalin	Dinitroaniline	3	DY, GY	1, 2, 3	-
Trifluralin	Dinitroaniline	3	DY, GY	1, 2	-
Pendimethalin	Dinitroaniline	3	DY, GY	1, 2	+
Prodiamine	Dinitroaniline	3	DY, GY	1, 2, 3	-
Oxadiazon	Phenyl-oxadiazolone	14	DY, GY	1, 2, 3	-
Oxyfluorfen + Oryzalin	Diphenylether + Dinitroaniline	14+3	DY, GY	1, 2	-
İsoxaben + Trifluralin	Benzamide + Dinitroaniline	29+3	DY, GY	1, 2	-
Benefin + Oryzalin	Dinitroaniline + Dinitroaniline	3+3	DY, GY	1, 2	-
Oxyfluorfen + Pendimethalin	Diphenylether + Dinitroaniline	14+3	DY, GY	1, 2	-
Napropamide + Oxadiazon	Acetamide + Oxadiazole	0+14	DY, GY	1	-
Oxyfluorfen + Oxadiazon	Diphenylether + Oxadiazole	14+14	DY, GY	1, 2	-
Dimethenamid-P	Chloroacetamide	15	DY, GY	2	+
Dithiopyr	Pyridine	3	DY, GY	2	-
Flumioxazin	N-Phenyl-imide	14	GY	2	+
Indaziflam	Alkylazines	29	DY, GY	2	+
Dimethenamid-P + Pendimethalin	Chloroacetamide + Dinitroaniline	15 + 3	DY, GY	2	+
Oxyfluorfen + Pendimethalin	Diphenylether + Dinitroaniline	14 + 3	DY, GY	2	-
Oxyfluorfen + Prodiamine	Diphenylether + Dinitroaniline	14 + 3	DY, GY	2	-
Prodiamine + Isoxaben	Dinitroaniline +Benzamide	3 + 29	DY, GY	2	-
Trifluralin + Isoxaben	Dinitroaniline + Benzamide	3 + 29	DY, GY	2	-

*DY: Dar yapraklı, GY: Geniş yapraklı **1: Altland, 2003; 2: Poudel & Witcher, 2021, 3: Zimdahl, 2007.

Diğer ülkelerde, saksıda yetiştirilen fidanlıklarda yıl boyunca, yabancı otlar çıkmadan önce genellikle 8 ila 10 haftada bir olmak üzere periyodik olarak herbisitler (yabancı ot öldürücü tarımsal ilaçlar) uygulanır (Altland, 2019). Tavsiye edilen herbisitler, saksılarda yabancı otlar çıkmadan önce toprak yüzeyine uygulanır.

Uygulanacak herbisit seçiminde yetiştirilen süs bitkisine, sorun olan yabancı otlara ve herbisitlerin kimyasal gruplarına dikkat edilmelidir. Ülkemizde dış mekân süs bitkilerinde ruhsatlı herhangi bir etkili madde olmamasına rağmen, diğer ülkelerde ruhsatlı bazı etkili maddeler ülkemizde süs bitkileri dışındaki diğer bazı kültür bitkilerinde ruhsatlıdır (Tablo 1).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Mücadele yöntemleri konusunda yapılan bu araştırmanın, ülkemizde dış mekân süs bitkileri üretim alanlarında yabancı otlar ile ilgili yaşanan mevcut sorunların çözümüne ve sonuç olarak ülke ekonomimize katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Konu ile ilgili mevcut sorunların çözümünde öncelikle, ülkemize yabancı bitki türlerinin ve ülkemizin dış mekân süs bitkileri üretim alanlarına yabancı otların bulaşmasını önlemek amacıyla, karantina ve sanitasyon ile ilgili gerekli önlemleri almaya daha fazla özen gösterilmelidir. Üreticiler, bahçelerinde bulunmayan yabancı ot türlerinin gelmesini önlemek ve bahçelerinde bulunan türlerin diğer bahçelere bulaşmasını önlemek için yabancı ot tohumlarından ari

Üretim materyali kullanmalı, ellerinden geldiği kadar yabancı otların toprak, gübre ve tarım aletleri ile yayılmasını önlemeye çalışmalıdır.

Ülkemizde dış mekân süs bitkileri üretim sakslarındaki yabancı otların mücadelesi amacıyla yaygın olarak elle yolma yöntemi uygulanmaktadır. Pratik ve ekonomik olmayan bu yönteme alternatif olarak ülkemizde de bazı yöntemlerin uygulamaya aktarılması gerekmektedir. Ülkemizde dış mekân süs bitkileri üretiminde yabancı otların oluşturduğu zararın en aza indirilebilmesi için etkili, ekonomik ve pratik mücadele yöntemler belirlenmelidir. Bu amaçla, öncelikle bazı mücadele uygulamalarının yabancı otlara etkisi konusunda ihtiyaç duyulan bilimsel araştırmalar yürütülmelidir. Ayrıca, retim alanlarında yaygın ve yoğun olan türlerin biyolojileri ve bulaşma yollarının bilinmesi, bu türlere karşı etkin mücadele yöntemlerinin belirlenmesi açısından önemli görülmektedir.

Ülkemizde sakslı dış mekân süs bitkileri üretim alanlarında bazı fiziksel yöntemlerin (solarizasyon, malama ve alevleme) uygulanması önerilmektedir. Solarizasyon, diğer ülkelerde süs bitkisi seralarında ve sakslı fidanlıklarda sorun olan yabancı otlara oldukça etkili bulunmuştur. Benzer şekilde, alevleme uygulamaları da yabancı otlara yüksek oranda etkili bulunmuştur ve dış mekân ss bitkilerine herhangi bir zarar vermemiştir.

Diğer ülkelerde süs bitkileri üretiminde yabancı ot mücadelesi amacıyla yaygın olarak tercih edilen ve özel olarak tasarlanmış siyah polietilen

örtüler ve diğer bazı materyaller ile malçlama uygulamaları, ülkemizde de süs bitkileri üretim alanlarında yaygınlaştırılmalıdır. Malç materyali olarak, plastik sanayi firmaları tarafından süs bitkilerine göre değişen şekillerde üretilecek sentetik materyaller veya bölgede ticari değeri olmayan tarımsal atıklar kullanılabilir.

Etkili ve pratik olması nedeniyle, diğer ülkelerde bu sektörde yabancı ot mücadelesi amacıyla yaygın olarak uygulanan çıkış öncesi herbisitlerin ülkemizde de pratiğe aktarılabilmesi için gerekli araştırmalar ve çalışmalar yapılmalıdır. Ülkemizde dış mekân süs bitkilerinde ruhsatlı herhangi bir etkili madde olmamasına rağmen, diğer ülkelerde bu sektörde ruhsatlı bazı etkili maddeler (Dimethenamid-P, Flumioxazin, Indaziflam, Napropamide, Oxyfluorfen, Pendimethalin ve S-Metolachlor) ülkemizde süs bitkileri dışındaki diğer bazı kültür bitkilerinde çıkış öncesi dönemde ruhsatlıdır. Bu etkili maddelerin üretim saksılarındaki yabancı ot türlerine etkisi konusunda üretici firmaları tarafından biyolojik etkinlik denemelerinin yapılması ve etkili bulunan maddelerin bu sektörde de kullanılabilmesi için gerekli yasal izinlerin alınması önerilmektedir.

Sonuç olarak, ülkemiz için dış mekân süs bitkilerinin çeşidi, üretimde sorun olan yabancı ot türleri ve bahçede yapılan uygulamalara göre her bahçeye özgü yabancı ot yönetim stratejileri belirlenmeli ve bu stratejiler bahçe, ilçe, il, yöre, bölge ve ülke düzeyinde genişletilmeye çalışılmalıdır. Baskın türlerin biyolojik özellikleri, bulaşma ve yayılma yolları bilinerek mücadele stratejileri geliştirilmelidir. Ayrıca, üretimde yaşanan mevcut sorunlara ve ihtiyaçlara daha doğru çözüm yollarının

belirlenebilmesine amacıyla, üreticiler, kamu kuruluşları, üniversiteler ve özel sektör arasındaki işbirliğinin daha fazla güçlendirilmesine yönelik faaliyetler yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Altland, J.E. (2003). Weed Control in Container Crops: A Guide to Effective Weed Management through Preventive Measures. Oregon State University, Extension Service.
- Altland, J.E. (2019). Efficacy of preemergence herbicides over time. *Journal of Environmental Horticulture*, 37(2): 55-62. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-37.2.55>
- Anonim (2022a). Bitki Karantinası Yönetmeliği. Resmî Gazete Tarihi: 03.12.2011, Resmî Gazete Sayısı: 28131. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=15548&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Anonim (2022b). Bitki Koruma Ürünleri Veri Tabanı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Bitki Koruma Ürünleri Daire Başkanlığı. <https://bku.tarimorman.gov.tr/>
- Ay, S. (2009). Süs bitkileri ihracatı, sorunları ve çözüm önerileri: Yalova ölçeğinde bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 423-443.
- Berchielli-Robertson, D.L., Gilliam, C.H., & Fare, D.C. (1990). Competitive effects of weeds on the growth of container-grown plants. *Hort-Science*, 25(1): 77-79. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.25.1.77>
- Beyhan, Ö., Demir, T., Yılmaz, M., & Gürel, A. (2015). Sakarya ili'nde dış mekân süs bitkileri yetiştiriciliği potansiyeli, problemleri ve çözüm önerileri. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2): 43-47. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/417964>
- Boz, O. (2004). Efficacy and profitability of solarization for weed control in strawberry. *Asian Journal of Plant Sciences*, 3: 731-735.
- Case L.T., Mathers, H.M., & Senesac, A.F. (2005). A review of weed control practices in container nurseries. *Hort Technology*, 15(3): 535-545. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.3.053>

- Çevik-Küçük Ö., Arslan Z.F., & Aksoy, N. (2020). Sakarya ili, dış mekân süs bitkileri bahçelerinde sorun olan yabancı otlar ve mevcut sorunlara yönelik öneriler. *Turk J Weed Sci*, 23(2): 111-123.
- Çevik-Küçük, Ö. (2019). Sakarya İli Dış Mekân Süs Bitkileri Üretim Alanlarında Sorun Olan Yabancı Ot Türlerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, 71s.
- Chong, C. (2003). Experiences with weed discs and other nonchemical alternatives for container weed control. *HortTechnology*, 13(1): 23-27. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.13.1.0023>
- Cohen, O. & Rubin, B. (2007). Soil Solarization And Weed Management. M.K. Upadhyaya & R.E. Blackshaw (Eds.), *Non-chemical Weed Management*. CAB International. s. 177-200.
Erişim: <https://wssa.net/wssa/weed/herbicides>.
- Frasconi, C., Martelloni, L., Fontanelli, M., Raffaelli, M., Marzalletti, P., & Peruzzi, A. (2017). Thermal weed control in *Photinia x Fraseri* “red robin” container nurseries. *Applied Engineering in Agriculture*, 33(3): 345. <https://doi.org/10.13031/aea.11529>
- Gilliam, C.H., Foster, W.J., Adrian, J.L., Schumack, R.L. (1990). A survey of weed control costs and strategies in container production nurseries. *Journal of Environmental Horticulture*, 8(3): 133-135. <https://doi.org/10.24266/0738-2898-8.3.133>
- İnan, S. & Arslan, Z.F. (2021). Ülkemizde dış mekân süs bitkileri üretiminde sorun olan yabancı otlara karşı malç uygulamaları. *Plant Dergisi*, 39: 122-126. <https://www.plantdergisi.com/edergi.html>
- İnan, S. (2022). Dış mekân süs bitkileri üretiminde sorun olan yabancı otlara karşı bazı malç materyallerinin etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, 64s.
- Kaçan, K, Özkul, Ç, & Sokat, Y. (2018). Nergis ve sümbül yetiştiriciliğinde sorun olan yabancı otların belirlenmesi ve mücadele yöntemlerinin araştırılması. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 55(1): 103-111. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.391028>

- Kazaz, S., Kılıç, T., Doğan, E., Mendi, Y.Y., & Karagüzel, Ö. (2020). Süs Bitkileri Üretiminde Mevcut Durum ve Gelecek. TMMOB Ziraat Mühendisliği Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, Tarım Haftası, 673-698.
- Mervosh, T.L. (1999). Weed patrol. *American Nurseryman*, 190(5): 32–38.
- Moya, M. & Furukawa, G. (2000). Use of solar energy (solarization) for weed control in greenhouse soil for ornamental crops. *New Zealand Plant Protection*, 53: 34–37. <https://doi.org/10.30843/nzpp.2000.53.3645>
- Poudel, I. & Witcher, A. (2021). Common weeds in nursery container production. *Extension Publications*. 114. <https://digitalscholarship.tnstate.edu/extension/114>.
- Roul, I.T. & Lemay, M.A. (2000). Innovations for container weed control. *Landscape Trades*, 23(5): 20–21.
- Sarı, Ö. & Çelikel, F.G. (2022). Karadeniz Bölgesi'nin iller düzeyinde süs bitkileri üretiminin incelenmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 5(1): 436-458. <https://doi.org/10.38001/ijlsb.1090043>.
- Söğüt, Z. (2012). Fidanlık tekniği. Mersin Flora Süs Bitkileri Projesi, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü.
- Stapleton, J.J., Parther, T.S., Mallek, S.B., Ruiz, T.S., & Elmore, C.L. (2002). High temperature solarization for production of weed-free container soils and potting mixes. *HortTechnology*, 12: 697–700. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.12.4.697>
- Uludag, A., Aksoy, N., Yazlık, A., Arslan, Z.F., Yazmış, E., Uremis, I., Cossu, T., Groom, Q., Pergl, J., Pysek, P., & Brundu, G. (2017). Alien flora of Turkey: Checklist, taxonomic composition and ecological attributes. *NeoBiota*, 35: 61–85. <https://doi.org/10.3897/neobiota.35.12460>
- Uludag, A., Arslan, Z.F., Aksoy, N., & Yazlık, A. (2018). Needs for legislation and awareness to combat with invasive alien ornamental plants. 5th European Congress of Conservation Biology. 12-15 June 2018, Jyväskylä, Finland. Ab.300.

- Upadhyaya, M.K. & Blackshaw, R.E. (Eds.) (2007). Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology. Cabi. 239s.
- Vencill, W.K., Nichols, R.L., Webster, T.M., Soteris, 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 (SP1): 2-30. <https://doi.org/10.1614/WS-D-11-00206.1>
- Walker, K.L. & Williams, D.J. (1985). Weed interference by three grass species in container grown nursery crops. In *Proc. North Central Weed Control Conference*, 40: 96.
- WSSA (2022). WSSA (Weed Science Society of America) -Herbicide Site of Action (SOA) Classification List (last modified:5/5/2021).
- Zimdahl, R. (2007). *Fundamentals of Weed Science* (3rd Edition). Elsevier Inc. ISBN 978-0-12-372518-9, 666p.

BÖLÜM 9

DOMATES KAHVERENGİ BURUŞUK MEYVE VİRÜSÜ (TOBRFV) TOLERANSI ISLAHINA MOLEKÜLER YAKLAŞIMLAR

Doç. Dr. İbrahim ÇELİK^{1*}

Doç. Dr. Selman ULUIŞIK²

Doç. Dr. Aylin KABAŞ³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10455909>

^{1*}Pamukkale Üniversitesi, Çal Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Denizli-Türkiye. icelik@pau.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6205-0930

²Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Burdur-Türkiye. suluisik@mehmetakif.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0790-6705

³Akdeniz Üniversitesi, Manavgat Meslek Yüksekokulu, Organik Tarım Bölümü, Antalya-Türkiye. akabas@akdeniz.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3983-9965

1. GİRİŞ

Domates Dünya’da en çok yetiştirilen sebzeler arasında olup, ülkemiz tarım ekonomisi için önemli bir sebzedir. Domates, yüksek adaptasyon yeteneğinden dolayı farklı iklim ve toprak yapısına sahip geniş bir coğrafyada yetişmesine rağmen biyotik ve abiyotik stresler domates tarımını olumsuz etkilemektedir. Viral hastalık etmenleri domates üretimini sınırlayan biyotik stres faktörleridir. Yabani domates türlerinde belirlenen doğal dayanıklılık genleri viral hastalıklarla mücadelede en etkili yöntem olarak bilinmesine rağmen, virüslerin sahip olduğu yüksek mutasyon ve rekombinasyon hızından dolayı yeni virüsler ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda Tobamovirüs gen ailesinde yer alan kahverengi buruşuk meyve virüsü (ToBRFV) ilk kez 2014 yılında Ürdün ve İsrail’de ortaya çıkmış ve neredeyse tüm dünyayı etkisi altına almıştır. 2019 yılında ülkemizde de tespit edilen bu viral etmen domates mozaik virüsüne (ToMV) dayanıklılık geni olan *Tm-2²* genini kırmakta ve domateste verim kayıplarına neden olmaktadır. Kültür domatesinde bu viral etmene dayanıklılık ya da tolerans sağlayan genler olmamasından dolayı sürdürülebilir domates tarımı için en kısa sürede bu viral etmene tolerant domates çeşitlerinin geliştirilmesi için ıslah programlarının başlatılması gerekmektedir. Bu ıslah çalışmalarının başarılı bir şekilde yapılabilmesi için domateste ToBRFV’ye toleransı kontrol eden genetik mekanizmaların belirlenmesi ve moleküler ıslah araçlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Hazırlanan bu kitap bölümü, domateste ToBRFV’ye

tolerans ıslahı için geliştirilen moleküler araçların bir derlemesini yaparak ToBRFV ıslahına yeni yaklaşımlar getirmeyi hedeflemektedir.

2. DOMATES KAHVERENGİ BURUŞUK MEYVE VİRÜSÜ (TOBRFV)

Domates hem ülkemizde hem de Dünya’da en fazla yetiştirilen sebzeler arasındadır. Birçok etmen (biyotik ve abiyotik stresler) domates üretim alanlarında önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadırlar. Dünya domates üretimi 186 milyon ton olmakla birlikte ülkemiz domates üretiminde Çin ve Hindistan’dan sonra en büyük domates üreticileri arasında yer almaktadır (FAO, 2022). Domates, yüksek adaptasyon yeteneğinden dolayı farklı iklim ve toprak yapısına sahip geniş bir coğrafyada yetişmesine rağmen biyotik ve abiyotik stresler domates tarımını olumsuz etkilemektedir (Fischer ve ark., 2011). Bitki viral hastalıkları, başta domates olmak üzere tüm ekonomik öneme sahip tarım bitkilerinde üretimi sınırlayan başlıca biyotik stres faktörleridir (Hanssen ve ark., 2010). Virüsün enfekte olduğu sera ya da tarlanın tamamen sökülmesi gerekmektedir. Bu nedenden dolayı viral hastalıklarla mücadelede doğal dayanıklılık genlerine sahip bitki çeşitleri en etkili yöntem olarak bilinmektedir. Domateste ekonomik zararlara neden olan Domates lekeli solgunluk virüsü (TSWV) ve Domates sarı yaprak kıvrıcıklığı virüsü (TYLCV) gibi birçok virüse dayanıklılık sağlayan genler, yabancı domates türlerinde belirlenmiştir (Shi ve ark., 2011; Verlaan ve ark., 2011). Bu genler ıslah çalışmaları sonucu kültür domatesine aktarılmış olmasına rağmen viral genomların

yüksek mutasyon ve rekombinasyon oranlarına sahip olmalarından dolayı dayanıklılık genlerinin etki etmediği (kırıldığı) yeni virüsler evrimleşmekte ve kısa sürede dünya çapında yayılarak domates tarımını olumsuz etkilemektedir (Moya ve ark., 2004; Hanssen ve ark., 2010). Bu bağlamda, yeni ortaya çıkan bir virüs olan domates kahverengi buruşuk meyve virüsü (*Tomato brown rugose fruit virus*, ToBRFV) maalesef yukarıda anlatılan tüm olumsuzlukların en dramatik bir şekilde yaşandığı güncel bir örnek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bir Tobamovirus olan ve kısaca ToBRFV olarak adlandırılan kahverengi buruşuk meyve virüsü içerdiği genetik materyalden dolayı RNA virüsleri sınıfına girmektedir. ToBRFV, genetik materyali RNA olması sebebiyle replikasyon aşamasında tamir mekanizmaları olmamaları ve hızlı bir şekilde çoğalmalarından dolayı yüksek mutasyon hızına ve adaptasyon yeteneğine sahiptir (Hanssen ve ark., 2010; Fidan, 2020). Bu virüsün nasıl evrimleştiği bilinmemekle beraber yeni bir virüs olarak ortaya çıkan ToBRFV ilk olarak 2014 yılında İsrail ve Ürdün'de tespit edilmiştir (Luria ve ark., 2017; Maayan ve ark., 2018). Ürdün'de domates mozaik virüsüne (ToMV) dayanıklılık geni olan *Tm-2²* genine sahip bir hibrit (F1) domates çeşidinde (Candela) viral semptomlar görülmeye başlanmasıyla *Tm-2²* genini kıran yeni bir virüsün ortaya çıktığı anlaşılmıştır. Sonrasında bu virüsün mekanik olarak bulaştığı gösterilerek virüs izole edilmiştir (Salem ve ark., 2016). Virüsün genomunun dizilenmesi bu yeni virüsün en yakın akrabasının %82.4 benzerlik oranıyla TMV virüsünün Ohio V ırkı olduğunu göstermiştir (Luria ve ark., 2017; Maayan ve ark., 2018). Bu

çalışmaların ardından yeni ortaya çıkan ToBRFV kısa bir sürede başta Meksika, Almanya, İtalya, Filistin, Çin, Yunanistan, Mısır ve İspanya olmak üzere neredeyse tüm dünyaya yayılmıştır (Zinger ve ark., 2021). Ülkemizde ToBRFV'nin ilk olarak Antalya'da görüldüğü rapor edilmiştir (Fidan ve ark., 2019). Bu çalışmada izole edilen virüs RNA'sı RT-PCR yöntemi ile çoğaltılmış ve 152 nükleotid büyüklüğündeki PCR ürününün dizilenmesiyle dizilerin %98.0-98.9 oranında ToBRFV virüsüne benzerliği ortaya konulmuştur. Ayrıca izole edilen virüs *Tm-2²* geni taşıyan 10 bitkide test edilmiş ve tüm bitkilerde viral semptomlar görülmüştür.

Domates kahverengi buruşuk meyve virüsü (ToBRFV) bitki yapraklarında mozaik kabalaşma, sarı kahverengi nekrotik lekeler ve meyvede nekrotik alanlar şeklinde kendini göstermekte olup, domates yetiştiriciliği yapılan alanlarda gerek mekanik yollarla gerekse döllenmeyi sağlayan bambus arılarıyla hızlı bir şekilde yayılmaktadır (Panno ve ark., 2020; Levitzky ve ark., 2019).

3. DAYANIKLILIK GEN KAYNAKLARI

Hastalıklara dayanıklılık çalışmalarının ilk ve en kritik aşaması tolerant gen kaynaklarının belirlenmesidir. Bu amaca yönelik en kapsamlı çalışma Kabas ve ark. (2022) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, domateste virüs, nematod ve bakteri gibi birçok hastalık etmenine dayanıklılık genlerini içeren dokuz domates türüne (*S. arcanum*, *S. pennellii*, *S. sitiens*, *S. chilense*, *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites*, *S.*

peruvianum, *S. chmielewskii* ve *S. huaylasense*) ait toplam 28 genotip içeren yabani domates türleri kullanılmıştır. Ayrıca 11 kültür domates hibriti (F1) patolojik testlerde kullanılmıştır. Bu genetik materyallere hastalık mekanik olarak bulaştırılmış ve bulaştırmadan 30 gün sonra DSI (hastalık şiddet endeksi) oranları hesaplanmıştır. Sonuç olarak *S. pimpinellifolium* (LA1651), *S. pennellii* (LA0716) ve *S. chilense* (LA2747) olmak üzere üç adet yabani domates türünün sırası ile %19.6, %28.3 ve %35.2. (0.6, 0.9 ve 1.1 şiddet endeksleri) DSI değerlerine sahip olup ToBRFV'ye yüksek tolerans gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada Torry F₁, Ayaş, AKT45 ve AKT 10 gibi kültür domatesleri %100 DSI değerine sahip olup, ToBRFV'ye duyarlı olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan diğer *S. pimpinellifolium* genotipleri LA2656, LA0442 LA1579 ve LA2093'ün viral etmene çeşitli oranlarda (sırası ile %100, %60, %38.9 ve %100 DSI değerleri) duyarlı olduğu rapor edilmiştir. Bu bize hastalığa toleransın tür içinde bile farklı mekanizmalarının olduğunu göstermektedir. Bu çalışmaya benzer bir çalışma Jewehan ve ark. (2022) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada *Lycopersicon* and *Juglandifolia* seleksiyonundan 636 adet domates genotipi ToBRFV testine tabi tutulmuş ve sonuç olarak *S. lycopersicum* var. *cerasiforme*, *S. pimpinellifolium*, *S. habrochaites*, ve *S. chilense* türlerine ait 26 genotipin ToBRFV'ye tolerant olduğu *S. ochrantum* türünün ise ToBRFV'ye yüksek dayanıklılık sergilediği rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada özel bir ıslah firmasının gen havuzunda bulunan F6 kademesindeki 416 tekli, 80 kokteyl, 97 pembe domates

hattı ToBRFV testine tabi tutulmuş ve 51 adet genotipin (30 hat tekli, 13 hat kokteyl ve 8 hat pembe domates) ToBRFV'ye tolerans olduğu belirlenmiştir. Bu hatlar arasında toplam 1082 adet melez oluşturulmuş ve bu hatlardan 46 adedinin ToBRFV'ye tolerant olduğu belirlenmiştir (Ulusoy ve ark., 2002).

4. TOBRFV'YE DAYANIKLILIĞI KONTROL EDEN QTL'LERİN HARİTALANMASI

Dayanıklılık gen kaynaklarının belirlenmesinden sonraki aşama dayanıklılığa neden olan gen ya da QTL'lerin haritalanmasıdır. ToBRFV'nin yeni bir virüs olmasından dolayı kısıtlı sayıda haritalama çalışması mevcuttur. Bu çalışmalardan Mart 2020 tarihinde alınan bir patentte araştırmacılar ToBRFV'ye tolerant domates çeşidini tanıtmışlardır. Bu patentte tolerantlık kaynağı “HAZTBRFVRES1 NCIMB accession number 42758” olarak belirtilmiş ve kromozom 1, 3 ve 11'de bulunan QTL'lerin bu viral etmene tolerans sağladığı raporlanmıştır (Ashkenazi ve ark., 2020). Aynı yıl alınan ikinci patentte *S. pimpinellifolium* kökenli tolerans kaynağına sahip kromozom 11'de yer alan bir QTL'in bu hastalık etmenine tolerans sağladığı raporlanmasına rağmen tolerans kaynağı hakkında bilgi mevcut değildir (Hamelink ve ark., 2020). Ayrıca bu konuda yayınlanan makalede tolerans kaynağı VC532 ve VC554 olarak gösterilmiş olmasına rağmen bu kaynağın niteliği belirtilmemiştir. Çalışmada bu dayanıklılık kaynağı kullanılarak F2 popülasyonu oluşturulmuş ve kromozom 11 ve kromozom 2'de bulunan QTL'lerin hastalığa toleransı

%41 oranında açıkladığı rapor edilmiştir (Zinger ve ark., 2021). Bu çalışmalar ToBRFV'ye dayanıklılığın kantitatif bir karakter olduğunu göstermesine rağmen dayanıklılığın moleküler mekanizması hakkında yeterli bir bilgi sağlamamıştır. Ayrıca bu çalışmalarda geliştirilen markörlerin MAS uygulamalarındaki etkinliğinin test edildiği bir çalışma yoktur. Bu nedenle geliştirilen bu markörlerin verifikasyonunun yapılması gerekmektedir.

5. GENOM DÜZENLEME TABANLI DAYANIKLILIK KAZANDIRMA YAKLAŞIMI

Bitkilerde genom düzenleme (genome editing) çalışmalarında başarılı bir şekilde kullanılan CRISPR/Cas9 teknolojisi, domateste ToBRFV'a karşı dayanım kazandırmak için de uygulanmaya başlanmıştır (Ishikawa ve ark., 2022). Bu çalışmada ToBRFV'nin domateste çoğalması için gerekli bir gen olan TOBAMOVIRUS MULTIPLICATION1 (TOM1) geninin dört homoloğu, CRISPR/Cas9 teknolojisi kullanılarak kapatılmış ve bu dört homolog genin kapatılmış olduğu dörtlü mutant bitkilerde virüs enfeksiyonu görülmemiştir. Bu çalışma CRISPR/Cas9 teknolojisinin ToBRFV dayanım ıslahında başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermesi açısından önemlidir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeni ortaya çıkan ve günümüzde domates tarımının pandemisi haline gelen ToBRFV, domates üretimini her geçen gün daha fazla tehdit etmektedir. Dayanıklılık gen kaynaklarına bakıldığında yabancı domates türlerinde kısmi düzeyde dayanıklılık görülse de bu dayanıklılığın kültür domatesine aktarılması zaman alan bir süreç olacaktır. Bu viral etmene dayanımın kantitatif bir karakter olmasından dolayı, kültür domatesi genom arka planında etkinliğinin korunup korunmayacağı bilinmemektedir. Moleküler araçların MAS uygulamalarındaki etkinlikleri test edilmesi gerekmektedir. Ayrıca haritalanan QTL'lerin gen bakımından anotasyonunun yapılması ve bu QTL'lerde dayanımı sağlayan aday genler bakımından moleküler araç geliştirme stratejileri geliştirilmesi gerekmektedir. CRISPR/Cas9 teknolojisi dayanım kazandırmada en kısa ve pratik bir yaklaşım olarak görülmesine rağmen GDO tarım uygulamalarının yasak olduğu ülkemizde, bu yaklaşımın uygulama olanağı olmadığından GDO tabanlı olmayan moleküler ıslah araçları geliştirme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Ashkenazi, V., Rotem, Y., Ecker, R., Nashilevitz, S., & Barom, N. (2020). Resistance in Plants of *Solanum lycopersicum* to the Tobamovirus Tomato Brown Rugose Fruit Virus. U.S. Patent Application, No: 16/694, 089.
- FAO (2022). Food and agriculture data <https://www.fao.org/faostat/> (Erişim tarihi: 12.10.2022)
- Fidan, H. (2020). Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV): Güncel durumu ve geleceği. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1): 43-49.
- Fidan, H., Sarikaya, P., & Calis, O. (2019). First report of tomato brown rugose fruit virus on tomato in Turkey. *New Disease Reports*, 39(18): 2044-0588.
- Fischer, I., Camus-Kulandaivelu, L., Allal, F., & Stephan, W. (2011). Adaptation to drought in two wild tomato species: the evolution of the Asr gene family. *New Phytologist*, 190(4): 1032-1044.
- Hamelink, R., Kalisvaart, J., & Rashidi, H. (2020). Tbrfv Resistant Tomato Plant. U.S. Patent Application, No: 15/930,651.
- Hanssen, I.M., Lapidot, M., & Thomma, B.P. (2010). Emerging viral diseases of tomato crops. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 23(5): 539-548.
- Ishikawa, M., Yoshida, T., Matsuyama, M., Kouzai, Y., Kano, A., & Ishibashi, K. (2022). Tomato brown rugose fruit virus resistance generated by quadruple knockout of homologs of TOBAMOVIRUS Multiplication1 in tomato. *Plant Physiology*, 189(2): 679-686.
- Jewehan, A., Salem, N., Tóth, Z., Salamon, P., & Szabó, Z. (2022). Screening of *Solanum* (sections *Lycopersicon* and *Juglandifolia*) germplasm for reactions to the tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV). *Journal of Plant Diseases and Protection*, 1-7.
- Kabas, A., Fidan, H., Kucukaydin, H., & Atan, H.N. (2022). Screening of wild tomato species and interspecific hybrids for resistance/tolerance to tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 82(1): 189-196.

- Levitzky, N., Smith, E., Lachman, O., Luria, N., Mizrahi, Y., Bakelman, H., & Dombrovsky, A. (2019). The bumblebee *Bombus terrestris* carries a primary inoculum of tomato brown rugose fruit virus contributing to disease spread in tomatoes. *PLoS One*, 14(1): e0210871.
- Luria, N., Smith, E., Reingold, V., Bekelman, I., Lapidot, M., Levin, I. Elad, N., Tam, Y., Sela, N., & Abu-Ras, A. (2017). A new Israeli tobamovirus isolate infects tomato plants harboring Tm-22 resistance genes. *PLoS ONE*, 12: e0170429.
- Maayan, Y., Pandaranayaka, E.P.J., Srivastava, D.A., Lapidot, M., Levin, I., Dombrovsky, A., & Harel, A. (2018). Using genomic analysis to identify tomato Tm-2 resistance-breaking mutations and their underlying evolutionary path in a new and emerging tobamovirus. *Archives of Virology*, 163: 1863–1875.
- Moya, A., Holmes, E.C., & González-Candelas, F. (2004). The population genetics and evolutionary epidemiology of RNA viruses. *Nature Reviews Microbiology*, 2: 279-288.
- Panno, S., Caruso, A.G., Barone, S., Lo Bosco, G., Rangel, E.A., & Davino, S. (2020). Spread of tomato brown rugose fruit virus in Sicily and evaluation of the spatiotemporal dispersion in experimental conditions. *Agronomy*, 10(6): 834.
- Salem, N., Mansour, A., Ciuffo, M., Falk, B.W., & Turina, M. (2016). A new tobamovirus infecting tomato crops in Jordan. *Archives of Virology*, 161(2): 503-506.
- Shi, A., Vierling, R., Grazzini, R., Chen, P., Caton, H., & Panthee, D. (2011). Identification of molecular markers for Sw-5 gene of tomato spotted wilt virus resistance. *American Journal of Biotechnology and Molecular Sciences*, 1(1): 8-16.
- Ulusoy, D., Kasapoğlu, S., & Fidan, H. (2022). Tomato brown rugose fruit virus (TOBRFV) hastalığına toleranltlı domates hatlarının belirlenmesi. *Bahçe*, 51(1).

- Verlaan, M.G., Szinay, D., Hutton, S.F., de Jong, H., Kormelink, R., Visser, R.G., & Bai, Y. (2011). Chromosomal rearrangements between tomato and *Solanum chilense* hamper mapping and breeding of the TYLCV resistance gene Ty-1. *The Plant Journal*, 68(6): 1093-1103.
- Zinger, A., Lapidot, M., Harel, A., Doron-Faigenboim, A., Gelbart, D., & Levin, I. (2021). Identification and mapping of tomato genome Loci controlling tolerance and resistance to tomato brown rugose fruit virus. *Plants*, 10(1): 179.

BÖLÜM 10

TÜRKİYE GÜL YETİŞTİRİCİLİĞİ ALANLARINDAKİ ÖNEMLİ GÜL BİTKİLERİ ZARARLILARI

Dr. Öğr. Üyesi Alper POLAT¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10457727>

¹Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bingöl-Türkiye. alperpolat25@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-4574-8333

1. GİRİŞ

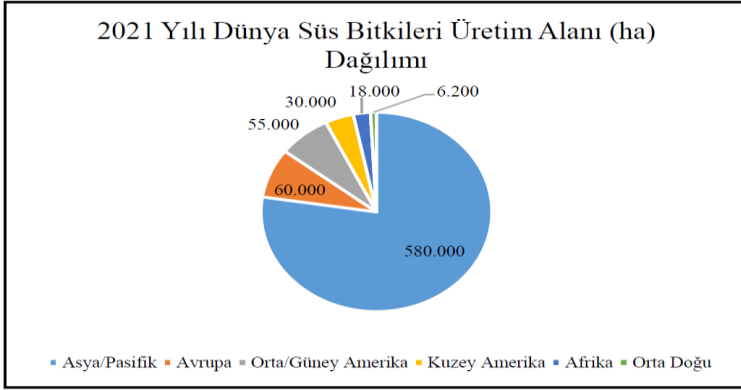
Süs bitkileri, Dünya’da ve Türkiye’de bitkisel üretim içerisinde önemli bir yer tutan, birçok ülkede ekonomilere katkı sunan ve katma değeri yüksek bir alan olarak kabul edilmektedir. Dünya’da, 145 ülkede ve 220 bin hektarlık alanda süs bitkisi üretilmekte olup, ticaret hacmi yaklaşık 50 milyar dolar düzeyindedir. Ülkemiz iklim ve toprak özellikleri bakımından süs bitkileri yetiştiriciliği için oldukça uygun olmasının yanı sıra birçok süs bitkisinin gen kaynağı durumundadır. Türkiye'nin toplam 20 ilinde süs bitkileri üretimi yapılmakta olup, üretim alanlarının yaklaşık %51’inde açık alanlarda üretim yapılırken, geri kalan üretimin %40’ı plastik ile örtülü seralarda, %9’u ise cam seralarda yapılmaktadır. Bu üretim payları içerisinde, yetiştiriciliğin büyük kısmı kesme çiçekçilik için yapılmakta, bunu takiben üretimi sırasıyla dış mekân bitkileri, iç mekân bitkileri ve doğal çiçek soğanlarının üretimi izlemektedir. Köylerden kentlere olan göçler sonucu şehirleşmenin yanı sıra, eğitim seviyesinin yükselmesi ve çevre bilincinin çoğalmasıyla birlikte süs bitkilerine olan talep miktarında da artış görülmüştür. Süs bitkilerine duyulan ihtiyaç ve gereksinim, birim alandan alınan ürün miktarı ve ücretlerin yükselmesi ile birlikte ihracat olanaklarının oluşması birçok ülke gibi ülkemizde de bu sektörün hızla gelişmesine imkân tanımıştır (Özbulut, 2008).

Süs bitkileri içerisinde de özellikle gül bitkileri, Dünya’da ve Türkiye’de oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Baydar (2015), Ülkemizde, Isparta ili dünyanın en kaliteli yağ güllerinin yetiştirildiği

şehrimiz olarak bilinmektedir. Bu yörenin iklim verilerinin yağ gülleri için uygun olması, Isparta ilini yağ gülü yetiştiriciliği için en ideal iklim özelliklerine sahip ilimiz konumuna getirmiştir. Baydar & Kazaz (2013), Isparta gülü veya yağ gülü olarak da bilinen *Rosa damascena* Mill., dünyada kültürü yapılan diğer kokulu gül türleri arasında ekonomik açıdan en önemli gül türüdür. Uçucu yağ özelliklerinin yanı sıra kendine özgü keskin ve yoğun kokusu ile parfüm olarak, kozmetik sektöründe, ilaç ve gıda sanayisinde kullanılmaktadır.

Ekonomik açıdan bu denli önemli olan gül bitkilerinin Dünya’da ve Türkiye’deki durumları ise şu şekildedir;

Dünya üzerinde 2021 yılında, süs bitkileri üretimi toplam 749.200 hektarlık bir alanda yapılmakta olup, bu üretimin %77 oranındaki bir kısmı 580.000 hektarlık bir ekim alanı ile Asya/Pasifik ülkeleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Avrupa ülkelerinin toplam süs bitkileri üretimi içerisindeki payları %8 ve 60.000 hektar gibi nispeten düşük bir orana karşılık gelmesine rağmen, Dünya genelinde hektar başına verimliliğin en fazla olduğu ülkelerin başında gelmektedirler. Orta/Güney Amerika ülkelerindeki süs bitkileri üretim alanları ise dünya genelinin yaklaşık %7’lik bir kısmına ve 55.000 hektar gibi bir ekim alanına karşılık gelmektedir. Bu bölge ülkelerinin işçilik ve arazi masraflarının daha ucuz olması, iklim özelliklerin süs bitkileri yetiştiriciliği için elverişli olması gibi faktörler önemli oranda ihracat yapabilen ülkeler olmalarına imkân tanımaktadır (Anonim, 2021; Anonymous, 2022). Bu rakamlara ait bilgiler Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1: 2021 Yılında Dünya'daki Süs Bitkileri Üretim Alanlarının Dağılımı (Anonymous, 2022)

Çizelge 1: 2021 Yılında, Dünya'da En Çok Süs Bitkileri İhracatı Yapan Ülkeler (Anonim, 2021)

İhracatçı Ülkeler	2016	2017	2018	2019	2020
Hollanda	9.523.721	10.017.721	10.743.869	10.651.093	10.963.628
Kolombiya	1.328.138	1.417.127	1.477.877	1.495.636	1.431.333
Almanya	1.019.858	1.023.631	1.132.885	1.074.862	1.071.248
İtalya	837.904	942.484	1.045.612	1.007.066	1.034.440
Kenya	555.964	595.590	25.711	643.973	712.713
Ekvador	806.932	890.537	858.623	887.030	662.908
Belçika	602.903	605.715	704.816	693.144	635.539
İspanya	362.849	404.393	486.695	480.991	505.493
Kanada	366.331	392.479	423.938	476.642	498.859
Danimarka	473.339	485.424	496.644	474.520	485.334
Toplam	15.877.939	16.775.101	17.396.670	17.884.957	18.001.495

Bitkisel üretimde, süs bitkileri ekonomik anlamda değeri yüksek olan ürünlerdendir. Kutlamalar ve diğer özel günlerde çoğunlukla tercih

edilmeleri sebebiyle sürekli olarak alış-verişi dolayısıyla ticareti yapılan ürünler arasındadırlar. 2016 yılında Dünya’da ihracatı yapılan süs bitkilerinin toplam değeri 15 milyar 877 milyon dolar civarında iken, 2020 yılı rakamlarına göre ihracatı yapılan süs bitkilerinin toplam ihracat değeri 18 milyar 1 milyon dolar düzeylerine ulaşmıştır (Çizelge 1) (Anonim, 2021).

Gül bitkisi, Rosaceae (Gülgiller) familyasının önemli bir üyesi olup, bugün dünyada en fazla kültürü yapılan süs bitkilerinin başında gelmektedir. Tepge, (2020) ve Arıcı ve ark. (2022)’ye göre, gül bitkisi üretimi yapan ülkeler incelendiğinde ise, Dünya’daki en büyük gül yağı üreticisi ülkenin Türkiye olduğu anlaşılmaktadır. Dünyadaki gül yağı talebinin %50’si Türkiye’den, %40’ı Bulgaristan ve %10’u Fas, İran, Hindistan gibi ülkelere karşılanmaktadır. *Rosa damascena* (Isparta gülü) türü gül çiçeğinin üretimi dünya ölçeğinde yılda ortalama 15-16 bin ton civarında olup, Türkiye ve Bulgaristan gül çiçeği üretimi yapan en önemli ülkelere ikisidir.

Dünya genelinde ve Türkiye’de yağ gülü ekonomik açıdan çok önemli bir konuma sahiptir. Yağ güllerinin dünyada uçucu yağ bakımından parfüm sanayisinde aldığı rol oldukça büyüktür. Türkiye’de ise uçucu yağ üretiminin çok büyük bir kısmını gülyacı oluşturur ve Türkiye dünyadaki en büyük gülyacı üreticisidir. Türkiye’de üretilen gül yağının yaklaşık %2-5’lik kısmı iç piyasada tüketilmekte, geriye kalan kısmının tamamı ise ihraç edilmektedir (Gökdoğan, 2013).

2. TÜRKİYE'DE SÜS BİTKİLERİ VE GÜL BİTKİLERİNİN DURUMU

Türkiye’de süs bitkileri sektöründe özellikle son yıllarda hızlı bir artış görülmektedir. Bu artışta, ülkemizin süs bitkileri yetiştiriciliğine oldukça elverişli bölge ve ikliminin olmasının yanı sıra, pazarlama imkânlarının yüksek ve üretim maliyetlerinin düşük olması gibi faktörler ön plana çıkmaktadır. Bu artış hızı TÜİK verilerine de yansımış olup, 2018 yılında 52.202 dekarlık alanda üretim yapılmışken, 2020 yılı içerisinde üretim miktarı artarak 54.126 dekarlık bir ekim alanına ulaşmıştır (Çizelge 2) (TÜİK, 2021).

Çizelge 2: Türkiye’de 2021 Yılında Süs Bitkileri Üretimi Yapılan Alanlar (TÜİK, 2021)

Ürün Grubu	2018	2019	2020
Dış Mekan Süs Bitkileri	37.707	37.699	39.739
Kesme Çiçekler	11.920	12.374	12.183
İç Mekan Süs Bitkileri	2.081	1.992	1.706
Çiçek Soğanları	494	412	498
Toplam	52.202	52.477	54.126

Türkiye’de ihracata yönelik olarak yapılan süs bitkisi yetiştiriciliği yaklaşık 30 yıllık bir geçmişe sahiptir. Süs bitkileri ihracatımızda en önemli kalemi canlı bitkiler ve kesme çiçekler grubu oluşturmaktadır. Süs bitkileri sektöründe en fazla ihracat yaptığımız ülkelere bakıldığında, ilk sırayı Hollanda alırken, bu ülkeyi Özbekistan, Almanya, Azerbaycan, Türkmenistan gibi ülkeler izlemektedir. Türkiye’de, 2020 yılındaki toplam süs bitkileri ihracatı 106 milyon dolara ulaşmış olup, ülkemiz 2020 yılında 2019 yılına göre ihracatını

sırasıyla, Karadağ'a %247, Ürdün'e %98, Danimarka'ya %94, Libya'ya %90, Polonya'ya ise %61 oranında artırmıştır (TÜİK, 2021). Ülkemizde, 2019 yılı verilerine göre gül üretim alanları içerisinde, Isparta ili %82'lik bir payla (31.000 da) birinci sırada yer alırken, Burdur ili 3000 da'lık alanla ikinci, Afyonkarahisar ise 2800 da ile üçüncü sırada yer almaktadır. Yine, 2019 yılı verilerine göre, gül (yağlık) üretim alanlarında son beş yılda %36'lık bir artış yaşanmışken, 2019 yılındaki artış ise bir önceki yıla göre %12.4 oranında gerçekleşmiştir (Tepge, 2020).

Ülkelere göre değerlendirildiğinde, Türkiye'nin gül yağı ihracatı rakamları 2019 yılı için 8.6 tondur. Türkiye'nin en fazla ihracat yaptığı ülkelerden ikisi; 3.2 ton (%37.2 oranı) ile Fransa ve 1.7 ton (%20 oranı) ile Hong Kong'tur. 2019 yılında, 2018 yılı verileriyle kıyaslandığında ülkemizin gül yağı ihracatı bir önceki yıla göre %18.2 oranında azalmıştır. Ülkemizin 2019 yılı ithalat rakamlarına bakıldığında ise gül yağı ithalatı yaklaşık 382 kg olup, bu oranın %93.2'si Bulgaristan'dan yapılmıştır (Tepge, 2020). Türkiye'nin gül yağı ihracat rakamlarına bakıldığında gül üretimine dayalı kozmetik ve parfüm sanayisinin desteklenmesi ile elde edilen gelirin artacağı ve 50 milyon dolarlar seviyesine ulaşılabilmesi ön görülmektedir (Güneş, 2005).

Süs bitkileri içerisinde oldukça önemli bir yer tutan gül bitkileri zararlıları ve mücadele yöntemleri şu şekildedir;

3. GÜL BİTKİSİ ZARARLILARI

3.1. Gül Yaprak Biti *Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758) (Hemiptera-Aphididae)

3.1.1. Tanımı ve biyolojisi

Yaprak bitlerinde erkek bireyler genellikle siyah renkli olup, dişi bireylerin vücut rengi yeşil ve kırmızı renk tonlarındadır. Baş ve thorax (göğüs) siyah renklidir. Boyları 2-3.5 mm kadar olup, buldukları yöreye ve iklim koşullarına bağlı olarak 10-15 günlük süre içerisinde ergin hale gelirler. Kanatlı ve kanatsız formları bulunmaktadır. İklim koşullarının üremeye elverişli olduğu durumlarda yılda 10-16 döl verebilirler (Özbulut, 2008).

3.1.2. Konukçuları

Macrosiphum rosae'nin en önemli konukçusu gül (*Rosa* sp.) olup, ayrıca, *Rosa banksiana* Abel., *Rosa gallica* L., *Chamaenerion* sp., *Centranthus ruber* L., *Bidens cernua* L., *Dipsacus sylvestris* Huds., *Dipsacus pilosus* L., *Epilobium* sp., *Geum* sp., *Fragaria* sp., *Pyrus malus* L., *Malus* sp., *Scabiosa arvensis* (L.), *Scabiosa succisa* L., *Scabiosa columbaria* L. ve *Valeriana* sp. gibi bitki türlerinde bulunduğu tespit edilmiştir (Tuatay, 1963; Oğurlu ve ark., 1996; Aslan & Uygun, 2005).



Şekil 2: Gül Bitkisinde *Macrosiphum rosae* (Linnaeus, 1758)'nin Erginleri
(Anonim, 2023a)

3.1.3. Zarar şekli, ekonomik önemi ve yayılışları

Beslenme tarzı olarak bitkilerin özellikle taze sürgün ve yapraklarına saldırarak beslenirler. Yaprak bitleri, gül ve diğer birçok süs bitkisinde hortumlarını bitki dokusu içerisine sokarak bitki özsuğunu emerler. Bitkilerde koloni oluşturup yoğun popülasyon oluşturdukları durumlarda bitkilerin normal gelişimini duraklatarak kurumalara sebep olurlar (Özbulut, 2008) (Şekil 2). Bu zararlının bitkideki beslenmesi sonucunda ballı madde ya çok az çıkar veya hiç çıkmaz. Yine beslenmeleri sonucunda yeni sürgünlerin ve çiçeklerin gelişmesini geciktirerek, çiçeklerin normal görünümünün bozulmasına ve ekonomik kayba yol açmalarının yanı sıra, en az 12 adet bitki virüs hastalığının yayılmasına da sebep olmaktadır (Yücel & Kıvan, 2018). Ayrıca hava koşullarının çoğalmalarına elverişli olduğu

dönemlerde, hem sera koşullarında, hem de tarla koşullarında oldukça büyük zararlara yol açabilirler.

Türkiye'nin Doğu Akdeniz Bölgesi'nde, Ankara, Burdur, Bartın, Diyarbakır, Giresun, İstanbul, İzmir, Isparta, Kahraman Maraş ve Van illerinde olduğu bildirilmiştir (Bayhan ve ark., 2003; Aslan & Uygun, 2005; Demirözer & Karaca, 2011).

3.1.4. Mücadelesi

3.1.4.1. Kültürel önlemler

Gül alanlarının temiz, bakımlı ve otsuz bulundurulması, toprak işleme, sulama ve gübrelemenin doğru zamanda yapılması önemlidir (TAGEM, 2008).

Yaprak bitlerinin biyolojik mücadelesinde etkili olan ve bu zararlılar üzerinde predatör (avcı) olarak beslenen uğur böceği gibi canlıların korunması ve yoğunluklarının artırılması bu zararlıyla mücadeleye önemli katkılar sağlayabilir.

3.1.4.2. Kimyasal mücadele

Gül bitkilerinde yapılacak olan sayımlarda, 100 gül sürgününün 20 adetinde, sürgün ve taze yaprakların alt yüzeylerinde koloniler görülmeye başladığında ilaçlamaya başlanmalıdır (TAGEM, 2008).

Kullanılacak ilaçlar ve dozları; yaprak bitlerine karşı kullanılabilecek ilaçlara ait bilgiler Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3: Yaprak Bitlerine Karşı Kullanılabilecek İlaçların Etkili Maddeleri, Dozları ve Formülasyonları (Özbulut, 2008)

Etkili Madde	Formülasyon	100 Litre Suyu Etkili Madde
Azinphos Methyl 230 gr/lit Kontakt ve mide etkili Arılara zehirli	EC	200 ml
Azinfos Methyl %25	WP	160 gr
Diazinon 185 gr/lit Kontak, mide ve solunum etkili, Insektisit- akarisit Arı ve balıklara zehirli	EC	200 ml
Dimethoate 400 gr/lit Kontak ve mide etkili Insektisit-akarisit Arı ve balıklara da zehirli	EC	75 ml
Malathion 190 gr/lit Kontak,mide,solunum etkili, Insektisit ve akarisit. Arı ve balıklara zehirli.	EC	250 ml
Malathion % 25	WP	200 gr
Malathion 650 gr/lit	EC	85 ml
Parathion-Methyl 360 gr/lit Kontak, mide solunum etkili, insektisit-akarisit Arı ve balıklara zehirlidir	EC	100 ml
Pirimicarb % 50 Kontak, mide solunum etkili, sistemik insektisit. Kökler aracılığıyla emilir. Arılara zehirsiz, balıklara ise zehirlidir.	WP	30 gr

Afitlerle ilaçlı mücadele kapsamında, Arap sabunu ve Nimiks gibi organik ruhsatlı ilaçların kullanımına da yer verilebilir (Baydar, 2015).

İlaçlama yöntemi; kullanılacak ilaçlar bitkinin sürgün, yaprak ve tomurcuklarını ilaçlı su kaplayacak şekilde uygulanmalıdır.

3.2. Koşnil *Parthenolecanium* spp. (Hemiptera: Coccoidea)

3.2.1. Tanımı ve biyolojisi

Parthenolecanium cinsine ait türler Türkiye’de çok geniş bir konukçu yelpazesine sahip olup, farklı coğrafi bölgelerde yayılış göstermektedir. Bundan dolayı herhangi bir gölge veya meyve ağaçlarında, çalılarda, diğer odunsu süs bitkilerinde bulunabilmekte ve kontrol altında tutulmazsa ekonomik kayıplara sebep olabilmektedirler. Koşnillerin kabukları onların tanınmasında önem taşımakla birlikte, farklı koşnil türlerinin kabuklarının birbirlerine benzemesi sebebiyle karıştırılabilmektedir. Genellikle ilkbahar aylarının başlarında aktif hale geçmektedirler (Anonymous, 2023a; Gülmez ve ark., 2023).

Parthenolecanium türlerinde ergin erkek bireyler koyu kahverengi ve hareketli olup, kanat açıklıkları 3-4 mm civarındadır. Ergin dişi bireyler ise yarım küre şeklinde oval, sarımsı kahverengi ve üzerleri kırmızı çizgili olup, 5-6 mm vücut uzunluğuna sahiptirler. İkinci dönem larvaları koyu kızıl kahverengi olup, sırtlarında bulunan oval çıkıntı ise belirgindir. Vücutlarının üzeri çoğunlukla bir mum tabakası ile kaplıdır. Erkek bireylerde pupa kabuğu kahverengi olup, erginlerin çıkışından sonra beyaz renkteki pupa kabuğu dal üzerinde kalır. Kışı da yine ikinci dönem larva olarak güllerin dal ve sürgünleri üzerinde geçirirler.

İlkbaharda havaların ısınmasıyla birlikte vücut renkleri koyu kahverengiden açık kahverengiye dönüşmektedir. Havaların uygun olması halinde Mart ayında gömlek değiştirerek, erkekler ince uzun, dişiler ise yarım küre formunu alırlar. Mart ayının sonlarına doğru erkek bireyler pupa olup, nisan ayının ilk haftalarında ise uçmaya başlarlar. Dişiler çiftleştikten sonra hızla gelişir, tatlı madde salgılar ve yumurtladıktan sonra ise ölürler. Yumurtlama dönemleri mayıs ayının ortalarına doğru başlayarak, 1-1.5 ay kadar sürer. Haziran ayında yumurtalar açılmaya başlar ve yumurtaların tam olarak açılması 20-30 gün kadar devam etmektedir. Yumurtadan çıktıktan sonra larvalar kendilerini güllerin üzerine sabitlerler. Yılda 1 nesil verirler (TAGEM, 2008) (Şekil 3).



Şekil 3: Gül Bitkisinde *Parthenolecanium* spp.'nin Erginleri (Anonim, 2023b)

3.2.2. Konukçuları

Süs gülleri, yağ gülleri ve yabani güller zararlının konukçularıdır (TAGEM, 2008).

3.2.3. Zarar şekli, ekonomik önemi ve yayılışları

Koşniller beslenmek için, sokucu emici ağız parçalarıyla konukçu bitkiyi sokarak bitki özsuğunu emerler. Popülasyon yoğunluklarına ve zarar şiddetine göre beslenmeleri sonucunda tatlı madde salgılayarak böcekleri çeker ve fumajine sebep olurlar. Ağır ve uzun süreli istilalarda, özellikle de dişilerin olgunlaşması ve ilkbahar ortasından yaz başına kadar beslenmelerini takiben, yapraklarda dökülme ve kurumalar, büyümenin yavaşlaması ve bitkide bodurlaşma, dallarda kurumalar gibi etkiler görülebilmektedir. Bu olumsuz etkilere, özellikle genç ağaçlar veya yeni dikilen ağaçlar genellikle daha hassastır (Anonymous, 2023a). Bu zararlı ülkemizin özellikle Burdur ve Isparta gibi illerinde yoğun olarak bulunur (TAGEM, 2008).

3.2.4. Mücadelesi

3.2.4.1. Kültürel önlemler

Yeni kurulacak olan bahçelerde veya yeni fidanların bölgeye dikilmesinde yöreye uygun fidanların seçimi önem taşımaktadır. Uzun süreli olarak ele alındığında bitki sağlığı ve canlılığına önem verilerek doğru alanda doğru bitki seçimine dikkat edilmelidir. Bu tedbirler ilerleyen zamanlarda mevcut türlerle ilgili sorunların önlenmesine yardımcı olacaktır, çünkü bu zararlılar tipik olarak biyotik ve abiyotik stres faktörleri sebebiyle hasta olan veya zayıf düşmüş konukçuları kullanmaya çalışırlar. Özellikle karıncalar koşnillerin salgıladığı bal özünden faydalanabilmek için koşnilleri parazitoit ve avcılardan

koruyabilmektedirler. Tek bir bitkideki koşnil sayısını azaltmak için yoğun şekilde istila edilmiş dallar budanıp, uzaklaştırılabilir (Anonymous, 2023b). Bunun yanı sıra, kurumuş veya koşnil zararı görmüş dalların kesilip tarladan veya bahçeden uzaklaştırılması, yeni kurulan bahçelerde bulaşık dalların kullanılmaması da önem taşımaktadır (TAGEM, 2008). Koşnil türlerinin mücadelesinde diyapoza girdikleri güz aylarında yüksek basınçlı su uygulamaları ile faydalı sonuçlara ulaşılabilmektedir (Baydar, 2015).

3.2.4.2. Doğal düşmanlar

Koşnil popülasyonları, koşnil türlerine bağlı olarak hızlı artış veya azalış göstermektedir. Abiyotik faktörlerdeki değişiklikler koşnillerin popülasyon dalgalanmalarında önemli bir rol oynamakla birlikte, birçok parazitoit ve predatör tür bu böceklerle beslenmektedir. Birçok doğal düşman koşnillerin popülasyonlarını düzenlemede yardımcı olurken, salgınlar sırasında süs bitkileri ve çalılar üzerinde koşnil kontrolünde etkili olmayabilirler. Ancak pestisit-insektisit kullanımı tercih edilecekse mevcut doğal düşmanlar korunmalı ve dikkate alınmalıdır (Anonymous, 2023a).

Yoğun bir *Parthenolecanium corni* popülasyonu tespit edilirse ve tolere edilemiyorsa öncelikle doğal düşmanları koruyacak düşük riskli kimyasal uygulamaları tercih edilmelidir. Bir chalcid yaban arısı parazitoidi olan *Blastothrix* spp.'nin zaman zaman bu türlerde parazitoit olabildiği bildirilmiştir (Anonymous, 2023b). Ayrıca,

Aphelinidae, Encyrtidae ve Pteromalidae gibi familyalardaki parazit yaban arısı türleri ve Anthribidae, Chamaemyiidae, Chrysopidae, Coccinellidae ve Noctuidae gibi familyalara bağlı predatör ve parazitoit türlerde doğal düşman olarak faaliyet gösterebilirler (Scalenet, 2023). Diğer *Parthenolecanium* türleri için de yukarıda belirtilen predatör, parazit ve parazitoit türlerin etkin olabileceği düşünülmektedir.

Gül koşnilinin doğal düşmanları olan ve predatör özellik gösteren *Coccinella septempunctata*, *Anthribus fasciatus*, *Exochomus quadripustulatus* (Coleoptera) ve *Microterys bellae* (Hymenoptera) gibi parazitoit özellik gösteren türler biyolojik mücadelede kullanılabilir (Baydar, 2015).

3.2.4.3. Kimyasal Mücadele

Kullanılacak ilaçlar ve dozlar; yoğun bir *Parthenolecanium* spp. popülasyonu tespit edilirse ve tolere edilemiyorsa öncelikle doğal düşmanları koruyacak en düşük riskli ve en az toksik olan kimyasal uygulamaları tercih edilmelidir (Anonymous, 2023a).

Parthenolecanium türlerinin mücadelesinde kullanılacak kimyasal maddeler şu şekildedir; aseptat, asetamiprid, azadirachtin, buprofezin, carbaryl, chlorpyrifos, clotianidin, siyantraniliprole, cyfluthrin, dinotefuran, flonicamid+cyclaniliprole, Gamma-cyhalothrin, imidacloprid, insektisit etkili sabunlar, lambda-cyhalothrin, neem yağı, pyrethrin-sülfür, pyriproxyfen, spinetoram+sulfoxaflor. Bu maddeler

içerisinde sistemik olarak uygulanabilen aktif bileşenler ise şunlardır; asefat (enjeksiyon), asetamiprid (enjeksiyon), abamectin (enjeksiyon), azadirachtin (enjeksiyon, toprak ıslatma), clotianidin (toprak ıslatma), siyantraniliprole (toprak ıslatma, toprak enjeksiyonu), dinotefuran (toprak ıslatma), imidacloprid (toprak ıslatma), neem yağı (toprak ıslatma). Tozlayıcı canlıları korumak için çiçeklenme döneminden sonra böcek ilacı uygulamaları yapılmalıdır. Tozlayıcıların aktif olma ihtimalinin daha düşük olduğu zamanlarda ve sıcaklıklarda yapılan uygulamalar popülasyonların etkilenme riskini azaltabilir (Anonymous, 2023a). Yine, koşnillere karşı kullanılabilecek diğer bazı ilaçlara ait bilgiler Çizelge 4’te verilmiştir.

Çizelge 4: Koşnillere Karşı Kullanılabilecek İlaçların Etkili Maddeleri, Dozları ve Formülasyonları (Özbulut, 2008)

Etkili Madde	Formülasyon	100 Litre Suyu Etkili Madde
Azinfos Methyl 230 gr/lit Kontak ve mide etkili olup Arılara karşı zehirlidir.	EC	200 ml
Azinfos Methyl %25	WP	160 gr
Diazinon 630 gr/lit Kontak, mide solunum etkili, Insektisit-akarisit Arı ve balıklara zehirli	EC	65 ml
Parathion-Methyl 360 gr/lit Kontak, mide,solunum etkili, insektisit-akarisit Arı ve balıklara zehirli	EC	150 ml

Gül koşnili ve kabuklu bit türlerinin kimyasal mücadelesinde bu türlerin diyapoz döneminde olduğu güz döneminde yüksek basınçla su

uygulanması ile birlikte, Porkan gibi mineral veya parafin yağlar etkili şekilde kullanılabilir (Baydar, 2015).

3.3. Gül Filizarısı *Syrista parreyssi* (Spinola, 1843) (Hymenoptera: Cephidae)

3.3.1. Tanımı ve biyolojisi

Gül filizarılarının erginleri 20 mm boyunda ve parlak siyah bir görünüme sahip olup, başları sık çukurlu bir yapıdadır. Vücutlarının üst kısmında kirli sarı renkli üçgen görünümlü bir leke mevcuttur. Kanatları şeffaf ve bal renginde, kanat damarları ise siyah renklidir. Yumurtaları saman sarısı renkli ve oval şekilli, larvaları fildişi renkli ve 20 mm uzunluğundadır. Kışı gül sürgünleri içinde olgun larva olarak geçirdikten sonra ilkbaharda prepupa olurlar. Pupa dönemleri 10-15 gün kadar sürdükten sonra ergin hale gelen bireyler yuvarlak delikler açarak buldukları sürgünleri terk ederler (TAGEM, 2008; Budak, 2012) (Şekil 4).



Şekil 4: Gül Bitkisinde *Syrista parreyssi* (Spinola, 1843)'nin Erginleri ve Larvaların Zararı (Anonim, 2023c)

Yöre ve hava sıcaklığına bağlı olarak Mayıs ayı içerisinde uçmaya başlayan erginler bir yıllık gül sürgünlerine yumurtalarını bırakırlar. İçlerine yumurta bırakılmış olan sürgünler önce aşağı doğru sarkar, daha sonra ise bu sürgünlerde kurumalar görülmeye başlar. Yumurtalar 6-8 günlük bir periyotta açılır ve çıkan larvalar sürgünlerin içerisinde öz kısmını yiyerek aşağı doğru iner ve kışı, özü yenilmiş bu sürgünler içerisinde geçirirler. Yılda bir döl vermektedir (TAGEM, 2008; Budak, 2012).

3.3.2. Konukçuları

Yapılan bir çalışmada, gül filizarısının birinci konukçusunun kuşburnu (*R. canina*) olduğu ve ikincil konukçusunun ise gül bitkisi (*R. rubiginosa*) olduğu belirlenmiştir (Scheibelreiter, 1969). Yine Türkiye’de, gül filizarısı olarak isimlendirilen bu türün kuşburnu ve güllerde zararlı olduğu farklı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Tuatay, 1963; Çakırbay ve ark., 2000; Demirözer ve ark., 2011; Budak, 2012).

3.3.3. Zarar şekli, ekonomik önemi ve yayılışları

Zararlının larvaları bir yıllık sürgünler içerisinde yaşar ve beslenmeleri sonucu sürgünler tamamen kurumaktadır. Yumurta konulmuş olan sürgünler birkaç saat içerisinde canlılığını kaybeder ve solmaya başlar. Yapraklardaki kuruma, larvanın ilerleme ve beslenmesine bağlı olarak artar (TAGEM, 2008).

Syrista cinsinin daha çok Doğu Asya'da yayılım gösteren beş tür tarafından temsil edildiği bilinmektedir. *S. parreyssi* (*Cephus parreyssi*)'nin Dünya'da; Arnavutluk, Azerbaycan, Ermenistan, Bulgaristan, Hırvatistan, Kıbrıs, Yunanistan, İran, İtalya, İsrail, Ürdün, Makedonya, Rusya, Sırbistan, İspanya, Polonya ve Türkiye gibi ülkelerde kayıtlı olduğu bilinmektedir (Wei & Smith, 2010). Türkiye'de bulunan ve yaygın bir tür olan *S. parreyssi* ise daha çok Akdeniz Bölgesi'nde yayılış göstermektedir. Türkiye'de yayılış gösterdiği iller ise şu şekildedir; Adana, Erzurum, Kırşehir, Niğde, Ordu ve Sivas (Budak, 2012). Bu illerin dışında Afyonkarahisar, Amasya, Bingöl, İstanbul, Ankara, Artvin, Erzurum, Bayburt, Gümüşhane, Erzincan, Burdur, Hakkari, Isparta, Konya, Çankırı, Diyarbakır, Malatya, Nevşehir ve Tekirdağ illerinde de yayılış gösterdiği bilinmektedir (Tuatay, 1963; Benson, 1968; Özbek ve ark., 1996; Anonymous, 2008; Korkmaz ve ark., 2010; Tozlu & Çalmasur, 2015).

3.3.4. Doğal düşmanlar ve etkinlikleri

S. parreyssi (*Cephus parreyssi*)'nin doğal düşmanı olarak, bir larva-pupa parazitoidi olan *Xylophrurus augustus* (Dalman, 1823) (Hymenoptera: Ichneumonidae) belirlenmiştir (Tozlu & Çalmasur, 2015). *X. augustus*'un Türkiye'deki varlığı ilk defa Afyonkarahisar-Konya Bölgesi'ndeki Sultandağı Havzası'ndaki kiraz bahçelerinde polinatör böcek çeşitliliğinin tespit edilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada ortaya konulmuştur (Özdemir & Güler, 2009).

3.3.5. Mücadelesi

Bu zararlı sürgün içerisinde yaşadığı için yapılan kimyasal mücadeleden etkili bir sonuç alınabilmesi için kültürel tedbirlerin uygulanması gerekmektedir.

3.3.5.1. Kültürel önlemler

Kültürel mücadele kapsamında seralarda ve gül alanlarında kış temizliği yapılması, zararlıının kışladığı, özü yenilen gül dallarının kesilerek yakılması mücadelede önem taşımaktadır (Özbulut, 2008).

3.3.5.2. Kimyasal mücadele

Gül bitkisinde sağlıklı bitki oluşumu için gerekli olan gençleştirme yapılmış alanlarda %5 oranında zarar saptandığında mücadeleye başlanmalıdır. Kimyasal mücadelenin zamanı yörelere göre değişmekle birlikte ergin çıkışına bağlı olarak genellikle Mayıs ayının sonu veya Haziran ayının ortaları olmaktadır. Birinci ilaçlamadan sonra ergin çıkışları devam ediyorsa iki veya üç hafta sonra ikinci ilaçlama yapılmalıdır. Güllerin her tarafı özellikle de sürgün uçları dikkatli bir şekilde ilaçlanmalıdır (TAGEM, 2008; Özbulut, 2008). *S. parreyssi* mücadelesinde NeemAzal, Herba vetyl ve Laser gibi organik ruhsatlı ilaçlar veya Delfin ve Milastin gibi *Bacillus thuringiensis* kökenli mikroorganizmalardan üretilmiş olan ve böcek larvaları ve patojenlere karşı etkili olabilen organik pestisitler de kullanılabilir (Baydar, 2015).

Kullanılacak ilaçlar ve dozları; gül filizarısına karşı kullanılabilecek ilaçlara ait bilgiler, Çizelge 5’te verilmiştir.

Çizelge 5: Gül Filizarısına Karşı Kullanılabilecek İlaçların Etkili Maddeleri, Dozları ve Formülasyonları (Özbulut, 2008)

Etkili Madde	Formülasyon	100 Litre Suyu Etkili Madde
Azinfos Methyl %25 Kontak ve mide etkili Arılar için zehirli	WP	200 gr
Parathion-Methyl 360 gr/lit Kontak, mide ve solunum etkili insektisit-akarisit Arı ve balıklara zehirlidir	EC	100 ml
Dimethoate 400 gr/lit Kontak, mide etkili, Sistemik,insektisit-akarisit. Arı ve balıklara zehirlidir	EC	200 ML

3.4. Gül Filiz Burgusu *Ardis bruniventris* (Hartig, 1837) (Hymenoptera: Tenthredinidae)

3.4.1. Tanımı ve biyolojisi

Tenthredinidae familyasına bağlı türler, genellikle silindirik vücutları ve uzun segmentli antenleri ile tanınırlar. Bunun dışında çeşitli renk, boyut ve biçimlerde olabilirler (Goulet, 1992). *Ardis* türleri orta büyüklükte, tamamen siyah renkli ve şeffaf kanatlara sahip canlılardır (Smith, 1969). Gül filiz burgusu erginleri 5-6 mm boyunda, siyah görünümlü arılardır. Larvaları krem renkli, 10-12 mm boyutlarındadır. Yumurtaları uzun, elips şeklinde ve beyaz renklidir. Ergin bireyler, Mart ve Nisan ayları içerisinde uçmaya başlayarak, çiftleşmeden sonra yumurtalarını genç sürgünlerin uç kısımlarına bırakırlar. Yumurtadan

çıkan larvalar 6-8 günlük bir periyottan sonra sürgünlerin uç kısmından başlayarak, 3-15 cm kadar uzunlukta galeriler açarak öz kısmında beslenmekte ve zarar vermektedirler. Mayıs ayının ilk haftalarında olgunluğa erişen larvalar sürgünün uç kısmında bir delik açarak kendisini buradan aşağıya doğru toprağa atar. Toprakta kokon öreerek kışı burada geçirdikten sonra, ilkbaharda pupa olurlar. Yılda bir döl vermektedirler (Özbulut, 2008; TAGEM, 2008) (Şekil 5).



Şekil 5: Gül Bitkisinde *Ardis bruniventris* (Hartig, 1837)'in a) Ergini ve b) Zararı (Anonim, 2023d)

3.4.2. Konukçuları

Kuzey Amerika'da *Ardis* türlerinin gül (*Rosa*) türleri üzerinde beslendiği belirtilmiştir (Goulet, 1992). Gül bitkileri zararlıının konukçularıdır (TAGEM, 2008).

3.4.3. Zarar şekli, ekonomik önemi ve yayılışları

A. brunneiventris larvalarının beslenmesi sonucu, zarar gören bu sürgünlerin gelişimi durmakta, aşağı doğru sarkmalar olmakta ve bir süre sonra bu sürgünler kurumaktadırlar (Özbulut, 2008; TAGEM, 2008) (Şekil 5).

Tenthredinidae'ler tür zenginliği açısından en zengin familyalardan biri olup, Antarktika hariç tüm kıtalarda bulunmaktadır (Goulet, 1992). Bu türün varlığının Kuzey Amerika, Türkiye, Hindistan ve Pakistan'da olduğu bilinmektedir (Anonymous, 2023c).

3.4.4. Mücadelesi

3.4.4.1. Kültürel önlemler

Kış vurgunu olarak da bilinen zarar görmüş kuru dallar, öz kısmının bulunduğu yerden kesilerek yakılmalıdır. Kimyasal mücadelenin zamanı bölgelere göre farklılık göstermekle birlikte Mart sonu veya Nisan ayının ortaları gibidir (Anonymous, 2023d).

3.4.4.2. Kimyasal mücadele

Kullanılacak ilaçlar ve dozları; *A. brunneiventris*'e karşı kullanılacak ilaçlar ve dozları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6: Gül Filiz Burgusuna Karşı Kullanılabilecek İlaçların Etkili Maddeleri, Dozları ve Formülasyonları (Özbulut, 2008)

Etkili Madde	Formülasyon	100 Litre Suyu Etkili Madde
Dimethoate 400 gr/lit Kontak, mide etkili, Sistemik, insektisit-akarisit. Arı-balıklara zehirlidir	EC	200 ML
Parathion-Methyl 360 gr/lit Kontak, mide, solunum etkili insektisit-akarisit Arı-balıklara zehirlidir	EC	100 ml
Methomyl 200 gr/lit Kontak, mide etkili, Sistemik, insektisit-akarisit. Arı ve balıklara zehirlidir	EC	200 ml

3.5. Gül Hortumlu Böceği *Rhynchites hungaricus* (Herbst, 1783) (Coleoptera: Attelabidae)

3.5.1. Tanımı ve biyolojisi

Emre & Ülgentürk (2013)'e göre erginlerinin vücutlarının baş, anten, hortum, bacaklar ve üst kanatlarının ortası siyah renkli olup, vücut 5-7 mm boyutlarındadır. Toros (1992), Ülgentürk & Dolar (2002), Larvalarının tombul, kıvrık ve bacaksız olup, toprağın 2-8 cm derinliğindeki bir kokon içerisinde olgun larva olarak kışı geçirdiğini, ilkbaharın erken dönemlerinde pupa olup, yılda bir döl verdiklerini belirtmişlerdir (Şekil 6).

Demirözer ve ark. (2011), 2006 ve 2007 yıllarında yaptıkları arazi gözlemlerinde *Rhynchites hungaricus*'un yağ gülü alanlarında Mayıs ayının başlarında görülmeye başladığını ve tomurcuk vejetasyon

periyodunun sonu olan Haziran ayının ikinci yarısından sonra hiçbir ergin bireye rastlanmadığını tespit etmişlerdir.



Şekil 6: Gül Bitkisinde *Rhynchites hungaricus* (Herbst, 1783)'un Erginleri (Anonim, 2023e)

3.5.1. Konukçuları

Arıcı ve ark. (2022), yağ gülü yetiştiriciliği yapılan alanlarda çok sayıda zararlı ve hastalık etkeni bulunduğunu bunlardan *R. hungaricus*'un ekonomik olarak önemli zararlı olan türlerden biri olduğunu belirtmişlerdir.

3.5.4. Zarar şekli, ekonomik önemi ve yayılışları

Ergin bireyler nisan ayının sonları ve mayıs ayının ilk haftalarında her bir tomurcuğa genellikle bir veya bazen iki adet yumurta bırakırlar. Larvaların tomurcuk içerisindeki beslenmesi ve erginlerin yumurtlama sırasında tomurcukları kırarak yere düşürmesi gibi etkiler sonucunda

zarar gören tomurcuklar açılmamakta, anormal çiçek yapıları oluşmakta ve verimde kayıplar meydana gelmektedir (Toros, 1992; Özbek & Çalmaşur, 2005) (Şekil 6).

Demirözer ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada; enfekte olmuş bahçelerde yağ gülü tomurcukları içinde *Perotis chlorana*'nın yanı sıra *Rhynchites hungaricus*'un bulunduğunu ve her iki türün de beslenme rejiminin ve zarar verme şeklinin benzediğini ifade etmişlerdir.

Hrnčić ve ark. (2014), 2012-2013 yıllarında Karadağ'da ilk defa kendi çalışmaları ile *R. hungaricus*'un yoğun olarak yabani kuşburnlarda (*Rosa canina* L.) zararlı olduğunu tespit etmişlerdir. Arazi çalışmalarının sonucunda kuşburnlardaki zarar oranının 2012 yılı Haziran ayında %65, Temmuz'da %55 ve Ağustos'ta %27.5 olduğunu, 2013 yılında ise sırasıyla %40.5, %91 ve %36.5 gibi oranlara ulaştığını saptamışlardır. TAGEM (2008), Demirözer & Karaca (2011), Türkiye'de, İzmir, Ankara, Afyon, Burdur, Çorum, Isparta ve Konya illerinde bulunduğu saptanmıştır.

3.5.5. Mücadelesi

3.5.5.1. Kültürel önlemler

Zarar görmüş gül tomurcuklarının koparılarak bahçeden uzaklaştırılması, yoğunluklarının azaltılabilmesi ve sonraki yılın zararının önlenebilmesi için gereklidir (Özbulut, 2008).

3.5.5.2. Kimyasal mücadele

Mevsim koşulları ve yöreye göre değişmekle birlikte, nisan ayının son haftaları ile mayıs ayının ortası ilaçlama yapılabilecek doğru zaman periyodu olarak düşünülmektedir. İlaçlamaya başlamadan önce gül bahçeleri kontrol edilmeli, rastgele seçilmiş 100 gül tomurcuğundan 5'inde ergin görüldüğünde ilaçlama yapılmalıdır (TAGEM, 2008).

Kullanılacak ilaçlar ve dozları; *R. hungaricus*'a karşı kullanılabilen ilaçların etkili maddeleri, dozları ve formülasyonları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7: Gül Hortumlu Böceğine Karşı Kullanılabilen İlaçların Etkili Maddeleri, Dozları ve Formülasyonları (Özbulut, 2008)

Etkili Madde	Formülasyon	100 Litre Suyu Etkili Madde
Malathion 190 gr/lt Kontak,mide, solunum etkili, Insektisit-akarisit. Arı-balıklara zehirlidir.	EC	250 ml
Malathion % 25	WP	200 gr

3.6. Yağ Güllerinde Makas Böceği *Aurigena chlorana* (Laporte et Gory, 1836) (Coleoptera: Buprestidae)

3.6.1. Tanımı ve biyolojisi

Makas böceğinin erginleri uzun oval şekilli olup, dişileri erkeklerden daha iri yapıdadır. Erkeklerde vücut uzunluğu 14-22 mm, dişilerde ise 16-27 mm kadardır. Vücudun tümü parlak metalik yeşil renkli,

antenleri 11 segmentli ve parlak siyah renklidir. Vücudun ventrali ve bacak segmentleri ise parlak yeşil-bronz renklidir. Dışide anal segmentin uç kısmı dışbükey, erkekte ise ortada düz veya hafif girintilidir. Bu morfolojik özellikleri sebebiyle erkek ve dişiler birbirinden rahatça ayırt edilebilir (Zeki ve ark., 1999; TAGEM, 2008) (Şekil 7).

Oval ve bazen bir uca doğru incelmış, sarı-krem renkli, yumurtaları 1-1.5 mm uzunluğunda ve 0.6-1 mm genişliğindedir. Larvaları beyaz-krem renkli olup, yumurtadan yeni çıkmış larvaların vücut segmentlerinin yan kısımlarında kıllar mevcuttur. Toraks'ta, özellikle prothoraks geniş ve yassı, prothoraks'ın dorsal ve ventralinde gelişmiş ve sert yapılı sarı renkli plakalar bulunur. Abdomen 10 segmentli ve silindirik yapıdadır. Larvaları bacaksız ve son dönem larvanın vücut uzunluğu 80 mm'ye kadar ulaşır. Larva gelişmesini tamamladıktan sonra büzülerek prepupa dönemine geçer. Prepupa olgun larvaya benzemekle birlikte, daha kısa, tombul ve sarı-krem renklidir. Pupa serbest yapıda olup başlangıçta krem renkli, zamanla ergine benzeyerek koyu renk alır. Kışı ergin veya larva döneminde geçirir. Ergin bireyler kök içerisinde pupa olurken, larvaların kökte beslenmesi sonucu oluşturdukları galeri ve odacıklar içerisinde tek tek bulunurlar. Kışı geçiren larvalar ise kök kısmında beslendikleri yerde hareketsiz kaldıktan sonra ilkbaharda aktif duruma geçerek beslenmeye başlarlar (TAGEM, 2008).

Kışı kök içinde geçiren erginler, sıcaklığa ve yağ gülü sürgünlerinin yapraklanmasına göre kökten çıkarak beslenmeye başlarlar. Mevsim koşulları ve yöreye bağlı olarak genellikle mart ayının sonları, nisan ve mayıs aylarında kökleri terk ederler. Bu dönemde yağ gülü sürgünleri yeşil tomurcuklu dönemindedir. Erginler, mayıs ayından temmuz ayının son günlerine kadar yumurta bırakabilirler. Bir dişi ortalama olarak 110 adet yumurta bırakır. Yumurtalar genel olarak yağ güllerinin üzerinde farklı kısımlara bırakılırlar. Yumurtadan larva çıkışı genellikle gül hasadının sona erdiği temmuz ayının ortasına doğru başlar ve eylül ayının ikinci haftasında tamamlanır. Yumurtadan henüz çıkmış genç larvalar, yumurta kümesi üzerindeki tabakada açmış oldukları deliklerden çıkarak kendilerini toprağa atar ve kök boğazında gevşemiş kabuk dokusunun altına girerek beslenmeye başlarlar (Zeki ve ark., 1999; TAGEM, 2008).



Şekil 7: Gül Bitkisinde *Aurigena chlorana* Laporte et Gory, 1836'nın Ergini ve Zararı (Anonim, 2023f)

Larvalara bütün yıl boyunca rastlanır. Larva gelişimini tamamladıktan sonra köklerin içerisinde, talaşlardan ve beslenme artıklarından oluşturduğu galerilerde bir pupa beşiği oluşturur. Kök içerisinde 2-3 yıl beslendikten sonra prepupa ve ardından pupa dönemine geçer. Pupalardan ergin çıkışı ise eylül ayı içerisinde tamamlanır. Toplamda 3-4 yıl içerisinde 1 döl verirler (Zeki ve ark., 1999; TAGEM, 2008).

3.6.2. Zarar şekli, ekonomik önemi ve yayılışları

Bu türün hem erginleri hemde larvaları zararlıdır. Erginleri yaprakları kenardan başlayarak içe doğru yiyerek ve yeni oluşmuş sürgünlerin sap kısmını keserek beslenmektedir. Erginlerin beslenmesi sonucu zarar gören yağ güllerinin gelişimi engellenerek verim önemli ölçüde düşer. Yağ güllerindeki daha büyük zararı ise larvalar yapmaktadır. Larvaları kabuk altındaki odun dokusunda galeriler açarak beslenmektedir. Beslenmeyi sürdürdükçe köklerin derinliğine doğru inerek galeriler oluşturur ve köklerin sadece kabuk kısmı kalacak şekilde odun dokusunu öğütürler. Bu zarar dışarıdan bakıldığında anlaşılmazken kabuk kaldırıldığında etrafı talaşla kaplı larva ve oluşturduğu galeri görülebilir. Ergin ve larvaları, özellikle bakım yapılmayan ve yaşlı güllüklerde zararlarını artırmaktadır. Bu zararların sonucunda zamanla yağ güllerinde gelişme yavaşlar, çalılışma görülür ve son aşamalarda da tamamen kuruma görülür. Bu zararının Isparta ve Göller yöresindeki yağ gülü alanlarında bulunduğu tespit edilmiştir. Dünya’da Yunanistan, Kıbrıs, Suriye, Kırım, Orta Asya, Orta Doğu ve İsrail gibi

ülkelerde de olduğu bildirilmiştir (Zeki ve ark., 1999; TAGEM, 2008) (Şekil 7).

3.6.3. Konukçuları

Asıl konukçusu yağ gülleri olup, ayrıca elma, badem, armut, erik, şeftali, ayva, nar, servi gibi birçok meyve ağacı ve bitki türünde de de zararlı olabilirler (Zeki ve ark., 1999; TAGEM, 2008).

3.6.4. Mücadelesi

Makas böceği (*A. chlorana*)'ne karşı kültürel önlemler ve mekanik mücadele öncelikli olarak tercih edilmelidir (TAGEM, 2008).

3.6.4.1. Kültürel önlemler

Güllüklerde zararlının yumurta bırakmak için tercih ettiği kuru, yaşlı ve bakımsız dalların kesilerek budama yapılması bitkilerin kuvvetli gelişmelerini sağlayacağı için, zararlının etkisini azaltmaktadır. Sonbahar aylarında güllüklerin bozulması sonucunda ortaya çıkan köklerin toplanarak yakılması da yine popülasyonlarının düşürücü etki yapmaktadır (Zeki ve ark., 1999; TAGEM, 2008).

3.6.4.2. Mekanik Mücadele

Erginlerin görüldüğü mart ayından itibaren özellikle de yağ gülü sürgünlerinin %70 oranında açtığı çiçekli ve tomurcuklu olduğu (veya

sürgünlerin yarından çoğunun bileşik yapraklı olduğu) dönemde, yumurta bırakmadan önce toplanarak yok edilmesi popülasyonlarını önemli ölçüde düşürmektedir. Ayrıca, zararlının yumurta bıraktığı kuru gül dallarının da kesilerek imha edilmesi de yine etkili olmaktadır (Zeki ve ark., 1999; TAGEM, 2008).

3.6.4.3. Kimyasal mücadele

Kültürel önlemler ve mekanik mücadele ile beklenen sonuçların alınması ve makas böceğine karşı yeterince etkili olmaması nedeniyle kimyasal mücadele tavsiye edilmemektedir (TAGEM, 2008).

3.7. İki Noktalı Kırmızı Örümcek *Tetranychus urticae* Koch, 1836 (Acarina: Tetranychidae)

3.7.1. Tanımı ve biyolojisi

İki noktalı kırmızı örümcekler oval vücuda sahip olup, renkleri kahverengi, turuncu-kırmızı, yeşil, yeşilimsi sarı veya yarı saydam sarı renkli olabilirler. Dişileri yaklaşık 0.4 mm uzunluğunda ve 12 çift dorsal seta (diken) taşıyan oval bir vücuda sahiptir. Kışlayan dişiler turuncu veya turuncu-kırmızı renkli olup, erkekler oval, kuyruk uçları sivri ve dişilerden daha küçük boyutludurlar (IFAS, 2023).

Vücutları gnathosoma ve idiosoma olarak iki kısma ayrılmaktadır. Gnathosoma sadece ağız parçalarını içerirken, idiosoma vücudun geri kalan kısmı ile baş, göğüs ve karın kısımlarından oluşmaktadır.

Yumurtadan çıktıktan sonra, ilk olgunlaşmamış evrede (larva) üç çift bacağına sahipken, sonraki nimf dönemleri ve ergin dönemde dört çift bacağına sahiptirler (IFAS, 2023).



Şekil 8: Gül Bitkisinde Kırmızı Örümcek Erginleri ve Zararı (Anonim, 2023g)

T. urticae'nin yaşam döngüsü şu şekildedir; hayat devrini yumurta, larva, iki nimfal dönem (protonimf ve deutonimf) ve ergin dönemlerini yaşayarak geçirir. Yumurtalarını ince ipek ağlara tuttururlar, bu yumurtalar yaklaşık üç gün içinde açılmaktadır. Yumurtadan ergine kadar geçen süre büyük ölçüde sıcaklığa bağlı olarak değişir. Larva ve nimf dönemlerinde birbirinden ayırt edilebilen yaklaşık eşit süreli bir aktif dönem ve diyapoz dönemi geçirerek ergin olmaktadır. Optimum koşullar altında gelişimlerini 5-20 gün içerisinde tamamlarlar. Her yıl üst üste çok sayıda döl verirler. Ergin dişiler 2-4 hafta kadar yaşarlar ve yaşamları boyunca birkaç yüz yumurta bırakabilirler (IFAS, 2023; Koppert, 2023) (Şekil 8).

İki noktalı kırmızı örümcek yaz ve sonbahar aylarının sıcak ve kuru havasını tercih etmekte, ancak yıl boyunca herhangi bir zamanda ortaya çıkabilmektedir. Kışı ergin dişi halinde toprak altında, ağaç, çalı veya kabuklar altında geçirmektedirler (IFAS, 2023).

3.7.2. Zarar şekli, ekonomik önemi ve yayılışları

İki noktalı kırmızı örümcek (*T. urticae*), tüm dünyada çoğu önemli bitki zararlısı olan ve 1200'den fazla türü olduğu bilinen ekonomik önemdeki bir zararlıdır. Küçük boyutlu olmalarına rağmen, çok hızlı üreyebildikleri ve çok fazla nesil verebildikleri için, popülasyonlarını kolayca artırarak, çok büyük zararlara sebep olabilirler. *T. urticae*, özellikle sera bitkilerinde ve birçok üründe açık ara en önemli zararlı türlerden birisidir (Koppert, 2023).

Tüm akarların iğneye benzeyen delici-emici ağız yapıları bulunmaktadır. Akarlar yaprakların alt kısmında bulunmakta, ağız yapılarıyla bitki dokusuna nüfus ederek ve bitki özsuğunu emerek beslenirler. Beslenmeleri sırasında konukçu bitki üzerinde ince iplikçikler halinde ağ örmeleri sebebiyle bazen örümcek akarları olarak da isimlendirilirler. Akarların beslenmesi sonucunda yapraklar grileşir veya sararır. Bu belirtilerin daha çok artmasıyla nekrotik lekeler oluşur. Açık renkli çiçeklerdeki akar zararı, taç yapraklarda yanığa benzeyen bir kahverengileşme ve solmaya sebep olur. Ayrıca bitkinin özsuğunu çıkardıklarında mezofil dokusu çöker ve her beslenme bölgesinde küçük klorotik lekeler oluşur. Beslenmenin devam etmesi halinde

lekelenmiş-ağartılmış bir etki söz konusu olur ve daha sonra yapraklar sarı, gri veya bronz renge döner. Akarlar kontrol edilmezse tamamen yaprak dökümü meydana gelebilir (IFAS, 2023) (Şekil 8).

T. urticae ilk olarak Avrupa'da tanılanmıştır. Genellikle ılıman bölge türü olarak kabul edilmekle birlikte, subtropikal bölgelerde de bulunur. Ayrıca, ABD'de seralarda da bulunduğu belirtilmiştir (IFAS, 2023). Türkiye'de yayılma alanı olarak Ege Bölgesi, Trakya, Akdeniz ve Orta Anadolu Bölgesi başta olmak üzere, ülkemizin hemen her yerinde görülebilen türlerdir (TAGEM, 2008). *T. urticae* odunsu bitkilere saldıran ve ekonomik açıdan en önemli ve ciddi zararlara sebep olabilen akarlardan biri olup, 200'den fazla bitki türünü istila ettiği bildirilmiştir (IFAS, 2023).

3.7.3. Konukçuları

T. urticae'nin zarar yaptığı en yaygın süs bitkilerinden bazıları; mazi, açelya, çay, narenciye, herdem yeşil bitkiler, kurtbağrı, gül ve kartopu ağacı bitkisidir. Aynı zamanda bir ağaç zararlısı da olup, akçaağaç, karaağaç, erguvan, dişbudak ve keçiboynuzunda bulunduğu da bildirilmiştir (Johnson & Lyon, 1991). Ayrıca, domates, kabak, patlıcan, salatalık gibi sebze türlerinin de, seralarda ve tarlalarda yetişen krizantemlerin de önemli bir zararlısıdır (IFAS, 2023).

T. urticae polifag bir zararlı olup pek çok kültür bitkisi, süs bitkileri ve yabancı otlarda zarar yapabilen eklembacaklılardır. Süs bitkileri

içerisinde, karanfil, gerbera, gül, kala, kasımpatı, camgüzeli, hanımeli, ortanca ve yasemin gibi bitkilerinde konukçusu olduğu belirlenmiştir (TAGEM, 2008).

3.7.4. Doğal düşmanları

T. urticae'nin, Türkiye'de bilinen doğal düşmanlarına ait familyalar şunlardır; Coccinellidae, Phytoseiidae, Anthocoridae, Thripidae, Miridae ve Chrysopidae (TAGEM, 2008).

Doğal düşmanlar akarların popülasyonlarının düzenlenmesinde çok önemli olduğu için mümkün olduğunca korunmalıdır. Predatör akarları ve önemli predatör türleri içeren familya ve cinsler arasında, *Amblyseius*, *Phytoseiulus*, *Metaseiulus*, *Stethorus*, *Orius*, *Leptothrips*, *Chrysopa* ve Coccinellidae (uğur böcekleri) yer alır. Seralarda yaygın bir zararlı olduğu halde ayrıca akarlar için önemli bir predatör tür olduğu anlaşılan *Tapinoma melanocephalum* (Fabricius)'da dikkate alınmalıdır (Osborne ve ark., 1995).

3.7.5. Mücadelesi

3.7.5.1. Kültürel önlemler

Akarların genel mücadelesinde, kışlayan akarların sayısı yabancı böğürtlen, yabancı sardunya, şekerciboyası, jerusalem meşesi, kızılacak ve boru çiçeği gibi yabancı otların yok edilmesiyle

azaltılabilir (IFAS, 2023). Aynı uygulama *T. urticae* içinde düşünülebilir.

Süs bitkisi yetiştiriciliği yapılan alanlarda, bitkilerin özellikle dip yaprakları incelenmeli, yoğun popülasyon görülen bitkilerde yapraklar toplanarak yok edilmelidir. Bahçelerin ve seraların bakımı ve temizliğine dikkat edilmeli, akarlarla bulaşık bitki artıkları imha edilmelidir (TAGEM, 2008).

3.7.5.2. Kimyasal mücadele

Kullanılacak ilaçlar ve dozları; akarların kontrolünde, sabun, deterjan ve yağların, bir pestisit gibi kullanımları dikkatlice değerlendirilmelidir. Bunlar akarlara karşı etkin olmalarının yanı sıra insanlar, hedef olmayan diğer organizmalar ve çevre için de en az toksik etki gösterirler. Sabunlar, çamaşır deterjanları ve bitkisel yağların etkinliği kimyasal pestisitlerle kıyaslandığında her zaman zararlıları önlemek için yeterli etkinlikte olmayabilir. Bazı yetiştiriciler böcek öldürücü olmayan sabun ve yağların kullanımından memnunken, diğer bazı yetiştiriciler ise bu kullanımdan memnun değildir. Ayrıca, bitki çeşitleri de sabun ve yağ kullanımının sebep olduğu bitki yanmalarına karşı farklı duyarlılık düzeyleri gösterirler. Çevresel koşulların yanı sıra mikro besinler, gübreler ve diğer katkı maddeleri de yaprakların “yanma” eğilimini etkileyebilir. Daha yüksek uygulama oranlarında (%2), yanma ve bodurlaşma ihtimali daha fazla artmaktadır (Capinera & Nesheim, 1992). *T. urticae*, uzun süreli akarisit kullanımlarından

sonra birçok akarısit'e karşı direnç geliştirir. Çoğu akarısit yumurtalar üzerinde etkili değildir. Bundan dolayı, yoğun popülasyon olması halinde yaz aylarında beş günlük aralıklarla veya kış aylarında yedi günlük aralıklarla iki veya daha fazla akarısit uygulanması gerekmektedir (IFAS, 2023). *T. urticae*'ye karşı kullanılabilecek ilaçların etkili maddeleri, dozları ve formülasyonları, Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8: İki Noktalı Kırmızı Örümceğe Karşı Kullanılabilecek İlaçların Etkili Maddeleri, Dozları ve Formülasyonları (Özbulut, 2008)

Etkili Madde	Formülasyon	100 Litre Suya Etkili Madde
Tebufenipyrad %20 Bal arılarına az, Balıklara ise aşırı zehirlidir.	WP	60 gr
Chlorfenapyr 360 gr/lit Mide ve kontak etkili Insektisit-akarısit Arı-balıklara zehirlidir.	SC	35 ml
Omethoate SL 565 gr/lit Mide ve kontak etkili Insektisit-akarısit Arı-balıklara zehirlidir	EC	100 – 150 ml

İlaçlama tekniği; kırmızı örümcekler çoğunlukla yaprakların alt yüzeyinde bulunmayı ve yaşamayı tercih ettikleri için *T. urticae* mücadelesinde bu kısımların ilaçlanması ayrıca önemlidir.

4. SONUÇ

Gül bitkileri yetiştiriciliğinde organik veya ekolojik tarım uygulamalarında hastalık ve zararlılarla mücadelede kültürel, mekanik ve biyolojik yöntemlerin geçerli olduğu “Entegre Mücadele” esas alınmalıdır.

Entegre mücadele, kimyasalların olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılabilmesi için, zararlı türlerin popülasyon dinamikleri ve çevre ile olan ilişkilerinin esas alınarak, uygun olan bütün mücadele yöntemleri ve tekniklerinin uyumlu ve bir arada kullanılarak zararlıların popülasyonlarını ekonomik zarar seviyesinin altında tutma yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Polat & Tozlu, 2010). Bu kapsamda alınması gereken tedbirler ise şu şekildedir;

-Yeni bahçe tesis edilirken, üretim materyali olarak, hastalık ve zararlılardan arındırılmış materyal kullanılmalıdır.

-En geç on yılda ya da daha erken dönemlerde gül fidanlarına gençleştirme budaması yapılmalı, hastalık ve zararlıları barındıran dallar bitkiden uzaklaştırılmalıdır.

-Çırpma budaması yapıldıktan sonra, budama artığı materyal bahçeden çıkarılarak yakılmalı ve yine bir önlem olarak zararlılara karşı %2’lik bordo bulamacı uygulanmalıdır.

-Budama sırasında budama makası sık sık dezenfekte edilerek, hastalıkların bir bitkiden diğer bir bitkiye taşınmasının önüne geçilmelidir.

-Gül bahçelerinin içerisine veya çevresine hastalık ve zararlılara konukçu olabilecek meyve ağaçları dikilmemeli, yabancı otlar, kurumuş dallar ve sürgünler bahçeden uzaklaştırılmalıdır.

-Topraktaki organik madde miktarının artırılabilmesi için kullanılan çiftlik gübrelerinin iyi yanmış olması gerekmekte, eğer mümkün değilse bunun yerine hayvan ve bitki artıklarının fermantasyonu ile oluşturulan kompost haline getirilmiş organik gübreler kullanılmasına özen gösterilmelidir.

-Zararlı türlere karşı azadirachtin, rotenone, pyrethrin gibi bitkisel kökenli ve organik ruhsatlı insektisitler (NeemAzal, Herba Vetyl, Rotenone vb.) kullanılmalıdır.

-Zararlı türlerin biyolojileri ve yaşam döngüleri iyi bilinerek dikkatlice takip edilmeli, ilaçlama gerekirse popülasyonlarının en yoğun olduğu ve kimyasal ilaca karşı en hassas oldukları dönemde yapılmalıdır.

-Kimyasal uygulamalar sırasında, gereksiz ve aşırı ilaçlamalar sebebiyle gül zararlılarının predatör ve parazitoitlerinin yok olmasına dikkat edilmeli, ayrıca kimyasal uygulamaların doğaya ve çevreye zarar vermesinin önüne geçilmelidir.

-Zararlıların kontrolünde, mümkünse zarar oluşmadan önce önlem alınmaya çalışılmalıdır. Bunun için gerekirse erken uyarı sistemlerinden yararlanılmalıdır.

-Güllerde pestisit kalıntısı oluşmaması için, çiçeklenme sezonu olan nisan-mayıs aylarının başlangıcından haziran ayının sonlarına kadar ilaçlama yapılmamalıdır.

Süs bitkileri yetiştiriciliğinde hastalık, zararlı ve yabancı otlardan kaynaklanan ürün kayıplarının ekonomik olarak %40 gibi oranlara ulaştığı bilinmektedir (Kaygın ve ark., 2008). Süs bitkilerindeki başlıca zararlı problemlerine bakıldığında ise, böcek, akar, nematod gibi organizmaların sorun teşkil ettiği bilinmektedir. Süs bitkilerindeki estetik görüntü tarla bitkilerine kıyasla daha ön plana çıktığı ve daha önemli olduğu için, süs bitkilerindeki zarar eşiği tarla bitkilerine oranla daha düşüktür. Bu da süs bitkileri zararlıları ile mücadeleyi daha gerekli ve zorunlu kılmaktadır.

Üretimine bütüncül olarak bakıldığında, süs bitkilerinin hem Dünya’da hem de Türkiye’de global tarım ürünleri ekonomisi içerisinde önemli bir yer tuttuğu görülmektedir (Aksu, 2020). Süs bitkilerine ve özellikle de gül bitkilerine olan talebin, ilginin, üretim ve tüketimin artmasıyla birlikte bu ürünlerde ortaya çıkan sorunlarda da artışlar görülmüştür. Gül bitkileri üretim ve kullanımında görülen sorunlar içerisinde bitki koruma problemleri doğrudan ürünün kalite ve kantitesini etkilediği için çözülmesi oldukça önem taşıyan problemlerdendir.

Günümüzde dünya ve ülkemizin nüfusunun her geçen gün hızla artmasına bağlı olarak pestisit, insektisit, herbisit vb. kimyasalların kullanımı da artarak yaygınlaşmış ve yoğun kimyasal kullanımını takiben, kimyasalların çeşitlilik ve miktarlarında da artışlar görülmüştür. Yoğun pestisit kullanımı, artan nüfusun yeterli düzeyde beslenebilmesi, hastalık ve zararlılardan korunma, nitelik ve nicelik yönünden sağlıklı ürünlerin ortaya çıkabilmesi için belli bir düzeye

kadar kabul edilebilir bulunmaktadır. Bu düzeylerin aşılması kimyasalların aşırı ve gereksiz kullanımının insanlara ve çevreye olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir (Polat, 2022). Pratikte süs bitkileri zararlılarıyla mücadelede çoğunlukla kimyasal içerikli insektisitler kullanılmakta olup, ülkemizde süs bitkileri zararlılarına karşı kullanılan ruhsatlı pestisitler ise oldukça sınırlı sayıdadır (Anonim, 2022).

Gül bitkileri yetiştiriciliğinde, hastalık ve zararlılarla mücadelede, diğer bütün tarım ürünlerinde olduğu gibi ilaçlama zamanı ve ilaçlama dozunun iyi ayarlanması çok büyük önem taşımaktadır. Bu durum hem mücadelenin etkinliği açısından hem de insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Son dönemlerde yanlış zaman ve yüksek dozlarda yapılan ilaç uygulamaları sebebiyle, ilaç kalıntı miktarları yükselmiş, bundan dolayı tamamına yakını ihraç edilen gül yağı ticareti olumsuz yönde etkilenmiştir (Anonim, 2020).

Sentetik pestisit ve kimyasalların hedef dışı canlılara ve çevreye olan olumsuz etkilerinin azaltılması veya ortadan kaldırılabilmesi için kimyasalların aşırı ve gereksiz kullanımından kaçınılmalıdır. Ayrıca gül zararlılarına karşı kullanılan kimyasal pestisit-insektisitlere alternatif biyolojik ve kültürel uygulamalara yer verilmesi mücadele yöntemlerinin başarısını artırabileceği gibi kimyasalların diğer canlılara olan zararlarını da minimuma indirecektir.

KAYNAKLAR

- Aksu, Z.A. (2020). Mersin İlinde Süs Bitkileri Sektörünün Mevcut Durumu, Sorunları ve Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans Tezi. Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Siirt, s. 75.
- Anonim (2020). 2019 Yılı Gül Çiçeği Raporu. T.C. Ticaret Bakanlığı Esnaf, Sanatkârlar ve Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü <https://esnafkoop.ticaret.gov.tr/data/5d44168e13b876433065544f/2019%20G%C3%BCI%20%C3%87i%C3%A7e%C4%9Fi%20Raporu.pdf> (Erişim tarihi: 22.11.2023)
- Anonim (2021). Orta Anadolu Süs Bitkileri ve Mamulleri İhracatçıları Birliği Dünya Süs Bitkileri Sektörü Araştırma Raporu. <http://www.susbitkileri.org.tr/images/d/library/3eb447db-fcfc-4dd0-b1c6-64452d190e05.pdf> (Erişim tarihi: 25.09.2023)
- Anonim (2022). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Bitki Koruma Ürünleri Veritabanı. <https://bku.tarimorman.gov.tr/Bitki/De tails/190?csrt=7027099932489103768> (Erişim tarihi: 10.10.2022)
- Anonim (2023a). <https://www.sorhocam.com/tag.asp?sid=7872¯osiphum-rosae-nedir.html> (Erişim tarihi: 11 Aralık 2023)
- Anonim (2023b). <https://www.bahcesel.net/523-gul-kabuklu-biti.html> (Erişim Tarihi: 12.12.2023)
- Anonim (2023c). <https://www.sorhocam.com/tag.asp?sid=1019&gul-filiz-arisi-syrista-parreyssi.html> (Erişim tarihi: 12.12.2023)
- Anonim (2023d). a) <https://stock.adobe.com/images/ardis-brunnive ntris-on-the-rose/114430213>, b) <https://www.sorhocam.com/konu.asp?sid=196&gul-filiz-burgusu-zararlisi-ardis-brunniventris.html> (Erişim tarihi: 13.12.2023).
- Anonim (2023e). <https://www.sorhocam.com/konu.asp?sid=198&gul-hortumlu-bocegi-zararlisi-rhynchites-hungaricus-hbst.html> (Erişim tarihi: 13.12.2023)
- Anonim (2023f). <https://yetistir.net/gul-hastaliklari-ve-zararlilari-ile-mucadele/gul-makas-bocegi-aurigena-chlorana/?site=desktop> (Erişim tarihi: 19.12.2023)

- Anonim (2023g). <https://kikasworld.com/2020/08/04/gullerde-kirmizi-orumcek/> (Erişim tarihi: 17.12.2023)
- Anonymous (2008). Plant Protection Technical Instructions. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara, Cilt: 4, s. 388.
- Anonymous (2022). AIPH Statistical Yearbook. <https://aiph.org/giic/international-statistical-yearbook/> (Erişim tarihi: 24.09.2023)
- Anonymous (2023a). University of Massachusetts Amherst. UMass Extension Landscape, Nursery and Urban Forestry Program. Center for Agriculture, Food, and the Environment. <https://ag.umass.edu/landscape/publications-resources/insect-mite-guide/eulecanium-sppmesolecanium-spp-parthenolecanium-spp-sphaerolecanium-spp> (Erişim tarihi: 13.10.2023)
- Anonymous (2023b). University of Massachusetts Amherst. UMass Extension Landscape, Nursery and Urban Forestry Program. Center for Agriculture, Food, and the Environment. <https://ag.umass.edu/landscape/publications-resources/insect-mite-guide/parthenolecanium-corni> (Erişim tarihi: 16.10.2023)
- Anonymous (2023c). Identification Technology Program (ITP). <https://idtools.org/sawfly/index.cfm?packageID=89&entityID=800> (Erişim tarihi: 15.11.2023)
- Anonymous (2023d). <https://www.sorhocam.com/konu.asp?sid=196&gul-filizburgusu-zararlisi-ardis-brunniventris.html> (Erişim tarihi: 15.11.2023)
- Arıcı, E.Ş., Karatağ, N., Özdemir, G.G.F., Gül, M., & Şirikçi, S.B. (2022). Isparta/Keçiörlü ilçesinde yağ gülü yetiştiriciliği, pestisit kullanımı hakkında üretici sorunları ve uygulama esasları. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 4(1): 15-20.
- Aslan, M.M. & Uygun, N. (2005). Kahramanmaraş'ın yaprak bitleri (Homoptera; Aphididae). *Türkiye Zooloji Dergisi*, 29: 201-209.
- Baydar, H. & Kazaz, S. (2013). Yağ Gülü ve Isparta Gülcülüğü. Tola Matbaa ve Tanıtım Hizmetleri. Isparta, s. 144.
- Baydar, H. (2015). Yağ gülü tarımı ve endüstrisi. *Harmantime*, 29: 1-11.

- Bayhan, Ö.S., Ulusoy, M.R., & Toros, S. (2003). Diyarbakır ili Aphididae (Homoptera) faunasının saptanması. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 27(4): 253-268.
- Benson, R.B. (1968). Hymenoptera from Turkey, Symphyta. *Bulletion of the British Museum (Natural History) Entomology*, 22(4): 109-207.
- Budak, M. (2012). Türkiye Cephidae (Hymenoptera: Insecta) Türlerinin Sistematiği, Biyocoğrafyası ve Filogenisi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, s. 201.
- Capinera, J.L. & Nesheim, O.N. (1992). Soaps and detergents for insect control. *Pest Alert*. <http://extlab7.entnem.ufl.edu/PestAlert/jlc-0316.htm> (Erişim tarihi:14.12.2023)
- Çakırbay, I.F., Alıcı, H., & Bozbek, O. (2000). The Investigation of Determine, Distribution and Population Density of the Beneficial and Harmful Insects Species on Natural *Rosa* spp. in Erzincan and Gümüşhane Provinces. (Project Result Report) (Yayınlanmamış). Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Erzincan, Türkiye, s. 17.
- Demirözer, O. & Karaca, İ. (2011). Phytophagous arthropod species associated with oil bearing rose, *Rosa damascena* Miller in Isparta province with distributional remarks. *Süleyman Demirel University Journal of Science (E-Journal)*, 6(1): 9-25.
- Demirözer, O., Karaca, I., & Karsavuran, Y. (2011). Population fluctuations of some important pests and natural enemies found in oil-bearing rose (*Rosa damascena* Miller) production areas in Isparta province (Turkey). *Turkish Journal of Entomology*, 35(4): 539-558.
- Emre, T.H. & Ülgentürk, S. (2013). Türkiye’de önemli gül zararlıları ve mücadelesi. 5. Süs Bitkileri Kongresi, 2. Cilt: 767-776.
- Goulet, H. (1992). The genera and subgenera of the sawflies of Canada and Alaska (Hymenoptera: Symphyta). *The Insects and Arachnids of Canada*, 20: 1-235.
- Gökdoğan, O. (2013). Isparta yöresinde yağ gülü yetiştiriciliğinin Türkiye ekonomisindeki yeri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Gül Özel Sayısı, Yıl: 2013/1.

- Gülmez, M., Ulusoy, R.M., & Ülgentürk, S. (2023). Diyarbakır ve Elazığ illeri meyve bahçelerindeki Koşnil (Hemiptera: Coccoomorpha: Coccidae) türleri. Türkiye Entomoloji Dergisi, 47(2): 199-213.
- Güneş, E. (2005). Turkey rose oil production and marketing: A review on problem and opportunities. Journal of Applied Science, 5(10): 1871-1875.
- Hrnčić, S., Radonjić, S., & Perović, T. (2014). *Rhynchites hungaricus* Herbst (Attelabidae, Coleoptera) prvi nalaz na divljoj ruži u Crnoj Gori, Biljni lekar, 42(1): 48-53.
- IFAS (2023). https://entnemdept.ufl.edu/creatures/orn/twospotted_mite.htm (Erişim tarihi: 23.11.2023)
- Johnson, W.T. & Lyon, H.H. (1991). Insects that Feed on Trees and Shrubs. 2nd ed., rev. Comstock Publishing Associates. p. 560.
- Kaygın, A.T., Sönmez yildiz, H., Ulgentürk, S., & Ozdemir, I. (2008). Insect species damage on ornamental plants and saplings of Bartın province and its vicinity in the Western Black Sea region of Turkey. International Journal of Molecular Sciences. 9(4): 526-541.
- Koppert (2023). [https://www.koppert.com.tr/sorunlar/zararli-kontrolu_e/oeruemcek-akarlarivedigerakarlar/i%CC%87kinoktalikirmizioeruemcek/#:~:text=%C4%B0ki%20noktal%C4%B1%20k%C4%B1rm%C4%B1z%C4%B1%20%C3%B6r%C3%BCmcek%20\(Tetranychus,derece%20b%C3%BCy%C3%BCk%20Ozarara%20neden%20](https://www.koppert.com.tr/sorunlar/zararli-kontrolu_e/oeruemcek-akarlarivedigerakarlar/i%CC%87kinoktalikirmizioeruemcek/#:~:text=%C4%B0ki%20noktal%C4%B1%20k%C4%B1rm%C4%B1z%C4%B1%20%C3%B6r%C3%BCmcek%20(Tetranychus,derece%20b%C3%BCy%C3%BCk%20Ozarara%20neden%20) (Erişim tarihi: 11.12.2023)
- Korkmaz, E.M., Budak, M., Orgen, S.H., Bagda, E., Gencer, L., Ulgenturk, S., & Başbüyük, H.H. (2010). New records and a checklist of Cephidae (Hymenoptera: Insecta) of Turkey with a short biogeographical consideration. Turkish Journal of Zoology, 34: 203-211.
- Oğurlu, İ., Eser, Ö., & Süzek, H. (1996). Kuşburnu bitkisi (*Rosa* spp.)'nde rastlanan zararlı böcekler ve bunlara karşı kullanılacak faydalı türler. Kuşburnu Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Gümüşhane, 5-6 Eylül 1996, s. 207-218.

- Osborne, L.S., Peña, J.E., & Oi, D.H. (1995). Predation by *Tapinoma melanocephalum* (Hymenoptera: formicidae) on twospotted spider mites (Acari: Tetranychidae) in Florida Greenhouses. *Florida Entomologist*, 78: 565-570.
- Özbek, H., & Çalmaşur, Ö. (2005). A review of insects and mites associated with roses in Turkey. *Acta Horticulturae*, 690: 167-174.
- Özbek, H., Güçlü, S., & Tozlu, G. (1996). The *Arthropoda* species feeding on *Rosa* spp. in Erzurum, Erzincan, Bayburt and Artvin provinces. Symposium of Rosehip 5-6 September 1996, Gümüşhane, Turkey, p. 219-230.
- Özbulut, A. (2008). Süs Bitkileri Hastalık ve Zararlıları. T.C. Samsun Valiliği İl Tarım Müdürlüğü Yayınları.
- Özdemir, Y. & Güler, Y. (2009). Determination of Ichneumonidae (Hymenoptera) species of cherry orchards in Sultandağı Reservoir, *Plant Protection Bulletin*, 49(3): 135-143.
- Polat, A. & Tozlu, G. (2010). Erzurum’da *Archips rosana* (Linnaeus, 1758) (Lepidoptera: Tortricidae)’nın kısa biyolojisi, konukçuları ve parazitöitleri üzerinde araştırmalar. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 4: 529-542.
- Polat, A. (2022). Pestisit ve arı interaksyonu. 2. Uluslararası Arıcılık Araştırmaları ve Sürdürülebilir Kırsal Kalkınma Stratejileri Kongresi. 24-26 Ekim 2022, Bingöl.
- Scalenet (2023). <https://scalenet.info/catalogue/Parthenolecanium%20corni/> (Erişim tarihi: 18.12.2023)
- Scheibelreiter, G. (1969). Observations on the biology and ecology of the rose-stem sawfly (*Syriza parreysii* Spinola) (Hymenoptera: Cephidae) in Europe. Common Wealth Institute of Biological Control. Technical Bulletin, No: 12, p. 105-114.
- Smith, D.R. (1969). Neartic sawflies. II. Selandrinae: Adults (Hymenoptera: Tenthredinidae). U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin 1398, p. 48.
- TAGEM (2008). Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü. Zirai Mücadele Teknik Talimatları, Ankara. Cilt 2: 1-260.

- Tepge, (2020). Tarım Ürünleri Piyasaları Gül. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (SGB). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/> (Erişim tarihi: 01.12.2023)
- Toros, S. (1992). Park ve Süs Bitkileri Zararlıları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı, No:1266, s. 165.
- Tozlu, G. & Çalmaşur, Ö. (2015). Investigations on the biology and ecology of the rose-stem sawfly (*Syrista parreyssii* (Spinola, 1843) (Hymenoptera: Symphyta: Cephidae) in Erzurum, Turkey. *Annals of Agrarian Science*, 13(3): 37-50.
- Tuatay, N. (1963). Investigations on pests of oil roses in the Isparta and Burdur regions, their bionomics in brief and methods of control. Tarım Bakanlığı, Ankara Zirai Mücadele Enstitüsü Müdürlüğü, No: 39. Ayyıldız Matbaası, Ankara, s. 76.
- TÜİK (2021). Türkiye İstatistik Kurumu Bitkisel Üretim İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim tarihi: 26.09.2023)
- Ülgentürk, S. & Dolar, S. (2002). Pest and Disease in Park Plants in Urban Areas in Ankara. Ankara Metropolitan Municipality, Department of Environment Protection Public.
- Wei, M. & Smith, D.R. (2010). Review of *Syrista* Konow (Hymenoptera: Cephidae). *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 112(2): 302-316.
- Yücel, S.A. & Kıvan, M. (2018). İstanbul Göztepe Parkı gül bahçesinde bulunan zararlı Hemiptera ve Hymenoptera türleri. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 15(2): 95-100.
- Zeki, H., Tamer, A., Örmeci, Ş.K., Bozkır, Ç.M., & Toros, S. (1999). Investigations on the biology and control of *Aurigena chlorana* (Lap. et Gory) (Coleoptera: Buprestidae) harmful to oil roses in Isparta province (Turkey). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23(2), Article 4.



ISBN: 978-625-367-617-9