



ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ ALANINDA AKADEMİK ÇALIŞMALAR

I

EDİTÖRLER
Dr. Tarkan AYAZ
Öğr. Gör. Burak ŞAHİN



İKSAD
Publishing House

ZİRAAT, ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ ALANINDA AKADEMİK ÇALIŞMALAR I

EDİTÖRLER

Dr. Tarkan AYZ

Öğr. Gör. Burak ŞAHİN

YAZARLAR

Prof. Dr. Hikmet GÜNAL

Doç. Dr. Emine KAYA ALTOP

Doç. Dr. Ferhat ÖZTÜRK

Doç. Dr. Görkem ÖZTÜRK

Doç. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI

Doç. Dr. Mesut BUDAK

Dr. Öğr. Üyesi Belma DOĞAN ÖZ

Dr. Öğr. Üyesi Mesut SIRRI

Dr. Öğr. Üyesi Uğur BAŞER

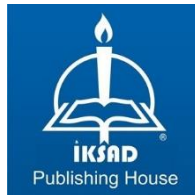
Dr. Tarkan AYZ

MSc. Ebru Gül KARABOYUN

Yüksek Lisans Öğrencisi Melek TURAL

Tuba DENİZ ŞERMET

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14175702>



Copyright © 2024 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or
transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses
permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social
Researches Publications®

(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

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

Iksad Publications – 2024©

ISBN: 978-625-367-931-6

Cover Design: İbrahim KAYA

November / 2024

Ankara / Türkiye

Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....1

BÖLÜM 1

ARI OTU (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) BİTKİSİNİN YETİŞTİRİCİLİĞİ, ÖNEMİ, KULLANIM ALANLARI VE YEM DEĞERİ

Doç. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI

Yüksek Lisans Öğrencisi Melek TURAL.....3

CHAPTER 2

SMART AGRICULTURE TECHNOLOGIES

Assist. Prof. Dr. Belma DOĞAN ÖZ

Assoc. Prof. Dr. Görkem ÖZTÜRK.....31

BÖLÜM 3

YABANCI OTLARDA DNA HASARININ COMET ASSAY YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Emine KAYA ALTOP.....45

BÖLÜM 4

BİBER TARIMINDA ETKİLİ HERBİSİTLER VE DOZ DEĞERLENDİRMESİ: AMASYA UYGULAMA ÖRNEĞİ

MSc. Ebru Gül KARABOYUN

Doç. Dr. Emine KAYA ALTOP.....71

BÖLÜM 5

HARRAN/ŞANLIURFA ÇEVRESİNDE BAZI MISIR ÇEŞİTLERİNİN VERİM ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Ferhat ÖZTÜRK

Dr. Tarkan AYZAZ.....113

BÖLÜM 6

DERİK KOŞULLARINDA FARKLI MISIR ÇEŞİTLERİNİN VERİM ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Ferhat ÖZTÜRK

Dr. Tarkan AYZAZ.....123

BÖLÜM 7

TARIMSAL EKOSİSTEMLERDE KÜLTÜR BİTKİSİ VE YABANCI OT REKABETİNDE MİKROPLASTİKLERİN ROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi Mesut SIRRI

Prof. Dr. Hikmet GÜNAL

Doç. Dr. Mesut BUDAK.....133

BÖLÜM 8

FINDIK İŞLETMELERİNDE GÖRÜLEN ZARARLILARIN FINDIK ÜRETİMİ VE İHRACATINA ETKİLERİ

Tuba DENİZ ŞERMET

Dr. Öğr. Üyesi Uğur BAŞER.....149

ÖNSÖZ

Günümüzde tarım, ormancılık ve su ürünleri alanları, hızla değişen çevresel koşullar ve sürdürülebilirlik gereklilikleri karşısında her zamankinden daha büyük bir önem taşımaktadır. İklim değişikliklerinin, doğal kaynakların azalmasının ve nüfus artışının etkileri, tarım, orman ve su ürünleri alanında çalışan bilim insanlarının bu alanlardaki sorunlara yenilikçi çözümler geliştirmesini zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, akademik çalışmaların ve yeni bilgi birikimlerinin yaygınlaştırılması, ilgili sektörlerin gelişimine katkı sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda toplum sağlığını ve refahını da doğrudan etkilemektedir.

Bu kitap, ziraat, orman ve su ürünleri alanında farklı perspektiflerden ele alınan akademik çalışmaları bir araya getirerek, hem bu disiplinlerdeki güncel sorunlara ışık tutmakta hem de çözüm yolları sunma amacını taşımaktadır. Alanında uzman akademisyenlerin katkılarıyla hazırlanan bu derleme, tarımsal üretimden ormancılık yönetimine, su ürünlerinin korunmasından doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımına kadar geniş bir yelpazede bilgi sunmaktadır.

Geleceğimizin temelini oluşturan bu alanlardaki çalışmalara katkıda bulunan tüm yazarlara teşekkür eder, kitabın araştırmacılar, öğrenciler ve sektör profesyonelleri için değerli bir kaynak olmasını temenni ederim. Umuyorum ki bu kitap, ziraat, orman ve su ürünleri alanında yapılacak olan yeni araştırmalara ilham verecek ve doğaya duyarlı, sürdürülebilir bir gelecek için bilimsel bir rehber olacaktır.

Editörler

Dr. Tarkan AYAZ¹

Öğr. Gör. Burak ŞAHİN²

¹ Sırnak University, Faculty of Agriculture, (Orcid ID: 0000-0001-8642-2498)
Department of Plant Protection, Sırnak E-mail: tarkanayaz@gmail.com

² Mersin Üniversitesi burak.sahin@mersin.edu.tr ORCID: 0000-0003-1836-5510

BÖLÜM 1

ARI OTU (*Phacelia tanacetifolia* Benth) BİTKİSİNİN YETİŞTİRİCİLİĞİ, ÖNEMİ, KULLANIM ALANLARI VE YEM DEĞERİ

Doç. Dr. Mehmet Arif ÖZYAZICI¹
Yüksek Lisans Öğrencisi Melek TURAL²

¹Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Siirt, Türkiye
ORCID ID: 0000-0001-8709-4633, e-mail: arifozyazici@siirt.edu.tr

²Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Siirt,
Türkiye, ORCID ID: 0009-0007-2178-7569, e-mail: turmel321@gmail.com

GİRİŞ

Hayvanların ihtiyacı olan kaba yemler başlıca iki önemli kaynaktan sağlanmaktadır. Bunlar, doğal çayır mera alanları ve tarla tarımı içerisinde yetiştirilen yem bitkileridir. Her iki kaynaktan sağlanan kaba yem üretiminin artırılması önemli agronomik araştırmalar gerektirmektedir. Gıda güvenliğinin, nüfus ve şehirleşmenin hızla arttığı günümüzde, özellikle tarla tarımı içerisinde yem bitkilerine ayrılan alanın artışını neredeyse imkânsız kılmaktadır. Bu nedenle, tarım arazilerinde birim alandan elde edilen yem bitkisi verimini arttırmak ve/veya özellikle marjinal alanları değerlendirmek suretiyle alternatif yem bitkileri yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması daha pratik yaklaşımlar olarak görülebilir.

Bu anlamda, hayvansal üretimin daha sürdürülebilir hale getirilmesinde, tarla bitkileri tarımında aynı anda birçok yönüyle kullanım imkânına sahip yem bitkileri yelpazesinin genişletilmesi önem taşımaktadır. Bu amaçla, kaba yem üretiminde de değerlendirilebilme potansiyeli bulunan ve aynı zamanda örtü bitkisi, yeşil gübre bitkisi, yeşil alan bitkisi olarak da kullanılabilen, dünya genelinde en önemli polen ve nektar kaynağı bitki türleri içerisinde önemli yere sahip olan arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) bitkisi, çok amaçlı üretim sistemlerinin en umut verici ana bileşeni durumundadır.

Bu bölümde, son yıllarda üzerinde yoğun bir şekilde çalışılan arı otu (*P. tanacetifolia*) bitkisinin tanımı, yetiştiriciliği, önemi ve kullanım alanları üzerinde durulmuştur.

1. ARI OTU (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) BİTKİSİNİN SİSTEMATİKTEKİ YERİ VE BOTANİK ÖZELLİKLERİ

1.1. Sistematikteki Yeri

Arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Bentham), *Hydrophyllaceae* familyasına ait, *Phacelia* cinsinin dünyada en fazla yetiştiriciliği yapılan türüdür (Kirk, 2005). *Phacelia tanacetifolia*, Kuzey Amerika'ya ve Güney Amerika'daki And Dağları'na özgü tek yıllık otsu bir bitkidir (Cîrlig ve ark., 2023). *Phacelia tanacetifolia* Benth. 2n= 22 kromozoma sahiptir (Ozkan ve Benlioglu, 2015). Başta Almanya'da olmak üzere, tetraploid olan bazı çeşitler de üretilmiştir (Kirk, 2005).

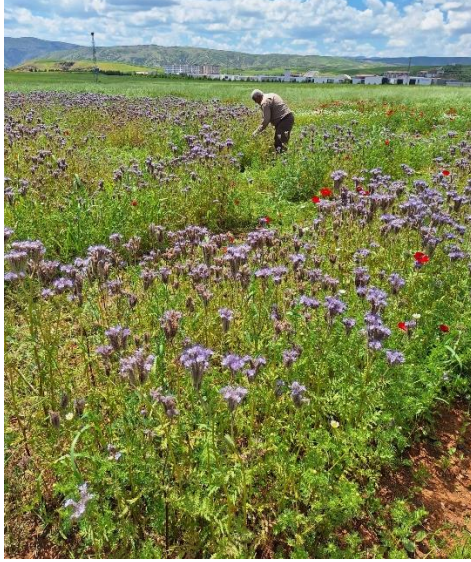
Taksonomisi

Alem	: Bitkiler alemi (Plantae)
Bölüm	: Tohumlu Bitkiler (Magnoliophyta)
Altsınıf	: Manolya alt sınıfı (Magnoliidae)
Familya	: Hodangiller (Hydrophyllaceae=Boraginaceae)
Cins	: <i>Phacelia</i>
Tür	: Arı otu (<i>Phacelia tanacetifolia</i>)

1.2. Botanik Özellikleri

Kök: *Phacelia*, sığ ve zayıf kök sistemine sahiptir (Fogelfors, 2015).

Gövde: Arı otu, büyüme devrelerinde genel olarak dik bir gelişim göstermekte (Şekil 1) ve bitki boyu 50-114 cm arasında değişkenlik göstermektedir (Slavík ve ark., 2000; Wiström ve ark., 2018; Cherniavskih ve ark., 2020). Bitki, şiddetli yağmurda yatma eğilimi gösterir (Wiström ve ark., 2018). Sap üzeri dikenimsi tüylerle kaplıdır.



Şekil 1: Arı bitkisinden görünüm

Yaprak: Yaprakları sap üzerinde almasıklı olarak dizilmiş olup (Şekil 2a), her iki yüzeyi de kılçıksız-tüylüdür (Kaplan ve ark., 2019). Yaprak uzunluğu 6-11 cm, genişliği 3.8-7.1 cm arasında değişir (Cherniavskih ve ark., 2020).

Çiçek: Arı otunun çiçekleri sap üzerinde tek taraflı olarak dizilmiş, uzun, kıvrık, salkım şeklindedir (Şekil 2b). Arı otu bitkisinin çeşidine bağlı olarak çiçekler eflatun, mavimsi-pembe, açık mavi ve beyaz renkte olabilmektedir. Çiçeklenme çiçek sapının alt kısmından itibaren başlamakta ve uca doğru ilerlemektedir. Salkımın tamamı bir haftada çiçeklenebilmektedir (Bato, 2024).



Şekil 2: Arı otunda yaprak (a) ve çiçek yapısı (b)

Çiçeklenme süresince bitkinin farklı dallarında yeni çiçek salkımları açmaktadır (Kumova ve Korkmaz, 2002; Dumanoglu, 2019). Genellikle ekimden yaklaşık sekiz hafta sonra çiçeklenme başlar ve çiçeklenme dönemi yaklaşık 8 hafta boyunca da devam eder (Kirk, 2005; Wiström ve ark., 2018; Ahlqvist, 2019). Genel olarak çiçeklenme, bitkiler düzenli ve yoğun bir şekilde sulanmadığı sürece, ilkbahar sonundan yaz başlarına kadar (Nisan sonundan Temmuz başına) meydana gelir (Şekil 3); bununla birlikte, sulama yapıldığı sürece çiçeklenme periyodu yaz döneminde de uzayabilmektedir (Petanidou, 2003). Arı otu bitkisinin çiçeklenmesi karasal iklimlerde çok daha uzun olabilmektedir.

Bitkideki çiçek kömeci sayısı 6.5-10.4 adet, kömeçteki çiçek sayısı 100-138 adet, çiçek salkımlarının uzunluğu 5.2-17.7 cm, çiçek salkımlarındaki tohum sayısı 26.1-38.9 adet arasında değişmektedir (Cherniavskih ve ark., 2020). Her bitki bir veya daha fazla çiçek salkımına sahip olabilir (Kubíková ve ark., 2022a).



Şekil 3: Arı otunun çiçeklenme döneminden bir görünüm (Siirt-Türkiye)

Meyve: Meyve yumurta şeklinde bir kapsül olup, çoğunlukla tek gözlü, dört tohumludur; tohum sayısı çoğu zaman bire kadar azalır (Hofmann, 1999).

Tohum: Tohumların çimlenme kapasitesi % 77.5±6.18 olup, çimlenme enerjisi 1-3 gündür (Cîrlig ve ark., 2023). Tohumlar kahverengiden siyah-kahverengiye değişen renkte, 3 mm uzunluğunda, kırışık veya çukurlu şekilli olup, bin tohumun ağırlığı 1.6-3.2 g arasında değişmektedir (Demela, 1959; Pelikán ve ark., 2016; Okcu, 2019; Kosolapov ve ark., 2021; Cîrlig ve ark., 2023).

2. ARI OTU BİTKİSİNİN YETİŞTİRİCİLİĞİ

2.1. Toprak ve İklim İsteği

Phacelia tanacetifolia çeşitli topraklara uyum sağlayabilmektedir (Kilian, 2016; Wiström ve ark., 2018). Havalanması iyi, humus ve besin maddelerince zengin kumlu topraklardan (Kirk, 2005; Kubíková ve ark., 2022b), killi-tınlı topraklara kadar farklı tekstürdeki topraklarda iyi gelişim göstermektedir. Optimum toprak pH aralığı 6.6-8.5 arası olup, sıkıştırılmış, suyla doymun veya asitli topraklar arı otu gelişimi için uygun değildir (Kubíková ve ark., 2022b). *Phacelia*, yüksek toprak sıcaklıklarına duyarlı olup (Ahlqvist, 2019), çimlenme sırasında nemli toprak gerektirir (Fogelfors, 2015).

Kuraklığa dayanıklı bir bitki olup (Kilian, 2016), genel olarak düşük su tüketimine sahip olduğu ifade edilmektedir (Wiström ve ark., 2018).

Ilıman iklimlerde yetişen arı otu (Scavo ve ark., 2022), kuraklığa dayanıklı (Schappert ve ark., 2019) bir bitki olduğundan kurak ve yarı-kurak alanlarda da rahatlıkla yetişebilmektedir. Yılda yaklaşık 200-500 mm yağışlarda bile iyi büyüme gösterir (Kubíková ve ark., 2022b). Bitkilerin çiçeklenmeye başlaması için uzun günlere ihtiyaçları vardır (Kirk, 2005). Soğuğa nispeten dayanıklı olup; yaklaşık 3 °C sıcaklıkta fide çıkışı meydana gelir, genç bitkiler ortalama -8 °C'ye kadar donlara dayanabilir (Kubíková ve ark., 2022b). Ancak, daha soğuk karasal iklimlerde bitki donar.

2.2. Tarla ve Tohum Yatağı Hazırlığı

Tohumlarının küçük olması nedeniyle, arı otu ekilecek tarla çok iyi hazırlanmalıdır. Çok yıllık yabancı otlar gerek ekim yılında, gerekse sonraki yıllarda sorun yaratır. Bu nedenle, toprak hazırlığına erken başlanmalı, bir önceki ürün sırasında veya arı otunun toprak hazırlığı sırasında yabancı otlar mekanik olarak temizlenmeli ve/veya uygun herbisitler atılarak yabancı otlarla mücadele edilmelidir (Şekil 4).



Şekil 4: Arı otunun sıraya ekimi için tohum yatağı hazırlığı

Derince sürülen toprakta birkaç kez diskaro veya tırmık çekilmelidir. Ağır ve nemli topraklarda, sertleşmeyi ve kabuk bağlamayı engellemek için

toprak işleme aletleri yönünden tarla trafiği azaltılmalıdır. Ayrıca, ağır topraklarda, ekimden sonra sulama veya yağmurlar nedeniyle kaymak bağlama görülmemesi için toprak yüzeyinin çok ufalanmamasına dikkat edilmelidir. Aksi durumda arı otu ekiminden sonra çimlenme ve fide çıkışında güçlükler yaşanabilir.

2.3. Tohumluk Özelliği

Ekimde kullanılacak arı otu tohumluğunun fiziksel ve biyolojik değerinin yüksek, sertifikalı tohum olmasına özen gösterilmelidir. Sertifikalı tohum bulunamayan yerlerde, saf ve temiz, içerisinde yabancı ot tohumu bulunmayan tohumluklar ekimde kullanılmalıdır.

Diğer yandan ekolojiye uygun çeşit seçimi de arzu edilen verimin elde edilmesinde önem taşımaktadır. Nitekim arı otu çeşitleri ile yapılan sınırlı sayıdaki çalışmalarda çeşitler arasında ot ve tohum verimi ve kalitesi açısından anlamlı farklılıklar rapor edilmiştir (Geren ve Kaymakkavak, 2007; Geren ve ark., 2009; Yılmaz ve Albayrak, 2017; Özkan ve Sevimay, 2018; Yıldız, 2021).

2.4. Ekim Sıklığı

Ekim normu: Arı otunda kaliteli ve yüksek ot üretimi için 1.5 kg/da ekim normu uygulaması uygundur (Okant, 2019; Okcu, 2019). Arı otunun yeşil gübreleme amacıyla yetiştiriciliğinde ekim normunun daha düşük tutulabileceği (0.4-0.7 kg/da) rapor edilmiştir (Cazzola, 1987).

Sıra aralığı: Bitki başına salkım sayısı, salkımda çiçek sayısı, metre karede çiçek sayısı, metre karede arı sayısı, yan dal sayısı, yaş ve kuru ot verimi gibi parametrelerin incelendiği bir çalışmada, 50 cm sıra aralığı ile ekilen arı otunda en yüksek ortalama değerler elde edilmiştir. Bingöl koşullarında yürütülen bu araştırmanın sonuçlarına göre, Bingöl ve çevresinde arı otundan yüksek verim alabilmek için 50 cm sıra aralığı ile ekilmesi önerilmiştir (Bakoğlu ve Kutlu, 2006). Diğer bazı araştırma sonuçlarında, ot üretimi amacıyla Kazova-Tokat (Karadağ ve Büyükburç, 2001) ve Gümüşhane (Okcu, 2019) koşullarında 40 cm, Bornova-İzmir ekolojisinde 17.5 cm (Geren ve Kaymakkavak, 2007); tohum üretimi amacıyla İzmir koşullarında 17.5 cm (Geren ve ark., 2009), Gümüşhane koşullarında 40 cm (Okcu, 2019) sıra arası mesafesinde yetiştirilmesi uygun bulunmuştur.

Ekim derinliği: Arı otu tohumları küçük olduğundan, düzenli çimlenme ve çıkış için ekim derinliğinin 1-2 cm olması gerekir.

2.5. Ekim Zamanı

Kıyı bölgelerde ve/veya ılıman iklim kuşağında, arı otunun ekimi Eylül-Kasım ayları arasında yapılmalıdır. Kışı sert geçen yörelerde toprak ve hava sıcaklıklarına bağlı olarak erken ilkbaharda yazlık ekimler yapılabilir.

Türkiye’de yapılan bazı araştırmalarda, örneğin; Tokat şartlarında yüksek ot verimi açısından Mart ayının ilk haftasında ekimi önerilmekte (Karadağ ve Büyükburç, 2003), Ankara koşullarında ikinci ürün veya yazlık birinci ürün olarak hayvan yemi ve arı merası olarak kullanılması planlandığında Mart ayında toprak sıcaklığı optimum değerlere ulaştığında ekim işleminin yapılması gerektiği (Yıldız, 2021) bildirilmektedir. Yurtdışında yapılan sınırlı sayıdaki bazı çalışmalarda ise, örneğin; Kubíková ve ark. (2022b), Çek Cumhuriyeti’nde 270 metre rakımlı Troubsko yöresinde Nisan ayının ilk yarısında yapılan ekimlerde en iyi sonuçlar alındığını rapor etmişlerdir.

Arı otunun tohum amaçlı yetiştiriciliği için, Batı Karadeniz ve benzer ekosistemlerde sonbahar ekimlerinin Ekim ayı boyunca yapılabileceği (Genç Lermi ve Palta, 2016), ilkbahar ekimlerinin iklim koşullarına göre ekimin geciktirilmeden Mart başı ile Nisan başı arasında yapılması gerektiği önerilmektedir (Genç Lermi ve Palta, 2017). Kahramanmaraş iklim şartlarında ise en yüksek tohum verimi 30 Eylül’de yapılan ekimlerde elde edilmiştir (Kızılışımşek ve Ateş, 2004).

Genel olarak *Phacelia*’nın hem ot hem de tohum üretimi amacıyla sonbaharın başlarında ekilmesi uygundur (Stevenson, 1991; Ahlqvist, 2019).

2.6. Bakım

Gübreleme: Toprak analizlerine göre eksikliği görülen bitki besin maddeleri mutlaka ekim öncesi bitkiye verilmelidir. Bu anlamda, özellikle azot (N)’lu gübreleme arı otu yetiştiriciliğinde önem taşımakta, bitkinin ot verimi ve kalitesini önemli derecede etkilemektedir.

Arı otunda N uygulamaları kuru ot verimi, ham protein (HP) oranı, HP verimi ve otun nispi yem değeri (NYD)’ni arttırırken, asit deterjanda çözünmeyen lif (ADF) ve nötral deterjanda çözünmeyen lif (NDF) oranlarını

azaltmaktadır (Yılmaz ve Albayrak, 2017; Türk ve Alagöz, 2019). Farklı iklim ve toprak şartlarında yürütülen araştırmalarda, organik madde bakımından fakir topraklarda, yüksek ot verimi ve kalitesi için arı otunda, örneğin; Yozgat-Sorgun ekolojik şartlarında 7.5 kg/da N (Tuncer, 2014), Van (Dağ, 2013) ve Eskişehir (Yılmaz ve Albayrak, 2017) şartlarında 9 kg/da N, Ankara şartlarında 7.5 (Çatak, 2019) ve 10 kg/da N (Özkan ve Sevimay, 2018), Isparta (Türk ve Alagöz, 2019) ve Kahramanmaraş (Ertürk, 2019) şartlarında 12 kg/da N uygulaması önerilmektedir.

Azotlu gübreler arı otunun tohum verimi ile bitkide kömeç sayısı, çiçek salkımı sayısı, kömeçte çiçek sayısı ve 1000 tane ağırlığı gibi tane verimi bileşenleri üzerinde de etkili olmaktadır. Toprakta organik maddenin çok az düzeyde olduğu durumlarda arı otundan yüksek tohum verimi alabilmek için 9-16 kg azot uygulaması gerekmektedir (Dağ, 2013; Türk ve Alagöz, 2020).

Fosfor (P) bitkideki çiçek kömeci sayısını, çiçek salkımı sayısını, kömeçteki çiçek sayısını, bin tane ağırlığını ve tohum verimini arttırmaktadır (Akdoğan ve Kır, 2020). Topraklarda alınabilir P miktarının yetersiz olduğu durumlarda, fosforlu gübre uygulamasının da yapılması gerekmektedir. Özellikle arı otunda tohumluk üretiminde P, tohum veriminin artmasında etkili olmaktadır.

Bununla birlikte, hem ot hem de tohum üretimi için arı otu yetiştiriciliğinde, genel bir kural olarak, ekim öncesi mutlaka usulüne uygun olarak alınan toprak örneklerinde toprak analizlerinin yapılması ve bu analiz sonuçlarına göre gübreleme programının düzenlenmesi esastır.

Sulama: Arı otu kuraklığa dayanıklı bir bitki olduğundan sulama yapılmadan da yetiştirilmesi mümkündür. Bununla birlikte, sulama yapılarak vejetatif dönemini uzatmak yoluyla çiçeklenme süresini artırmak ve bitkinin tohum olgunluğunu geciktirmek de başvurulan bir tarımsal uygulamadır. Diğer yandan bitkinin büyüme hızı ve yüksek biyokütle verimi dikkate alındığında, bitkinin en azından orta derecede nem gereksinimlerine sahip olacağı ifade edilmektedir (Stevenson, 1991). Araştırma bulguları, özellikle nektar üretimi açısından, kurak koşullarda bitkinin daha iyi performans sergileyebileceğini göstermiştir (Petanidou, 2003).

Hastalık, zararlı ve yabancı otlarla mücadele: Belirgin bir zararlı veya hastalık problemi olmadığı için, arı otu yetiştiriciliğinde herhangi bir hastalık

ve zararlıya karşı ilaçlama yapılması gereksinimi bulunmamaktadır. Yabancı otlarla özellikle gelişmesinin ilk aşamalarında mücadelesi yapılmalıdır.

2.7. Hasat

Diğer yem bitkilerinde olduğu gibi arı otunda da ot üretimi amacıyla yetiştirildiğinde biçim devresi önem taşımaktadır. Çünkü biçim devresi elde edilen otun verim ve kalitesini etkiler.

Ates ve ark. (2010), arı otunda maksimum bitki boyunu, ADF ve potasyum oranını tam çiçeklenme aşamasında, en yüksek yeşil yem ve kuru madde verimi ile NDF ve P oranını % 50 çiçeklenme ve tam çiçeklenme aşamalarında elde ederlerken; en yüksek, yaprak/gövde ve HP oranına tomurcuklanma devresinde ulaşmışlardır. Biçim zamanının (çiçeklenme öncesi, % 50 çiçeklenme, tam çiçeklenme ve tohum bağlama dönemi) arı otu (*P. tanacetifolia* Bentham)'nun verim ve kalite değerlerine etkisinin incelendiği bir başka araştırmada, biçim zamanı geciktikçe, kuru ot ve HP verimi, ADF ve NDF oranları artarken, ot kalitesinin azaldığı rapor edilmiştir (Türk ve Alagöz, 2019). Kahramanmaraş ekolojik koşullarında vejetasyon dönemlerinin (tomurcuklanma, % 50 çiçeklenme ve tam çiçeklenme) ele alındığı benzer bir çalışmada da; en yüksek bitki boyu, yeşil ve kuru ot veriminin tam çiçeklenme devresinde biçilen otlardan elde edildiği, vejetasyon döneminin ilerlemesine paralel olarak ot verimi artmasına rağmen, bitki besin maddesi içeriğinde azalmaların olduğu bildirilmiştir (Akbay ve ark., 2020). Tuncer (2014), nektar bitkisi ve yem bitkisi olarak değerlendirilecek bir arı otu tesisinin % 50 çiçeklenme döneminin sonunda hasat edilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Sonuç olarak, ot üretimi amacıyla arı otu bitkisinin % 50 ile tam çiçeklenme devresi arasında biçilmesi uygundur. Biçim devresinin çok fazla geciktirilmesi, otun besleme değerini düşüreceği gibi tüylü ve dikenli olan gövde yapısına bağlı olarak hayvanlar tarafından tercih edilme oranı ve lezzetliliği azalacaktır.

Tohum hasadı, optimum sayıda olgun tane mevcut olduğunda doğrudan harmanlama yapılabileceği gibi, vejetatif aksamaları ile birlikte biçilip tarlada veya depoda 5-10 gün süreyle kurutularak harmanlama işlemi de yapılabilir (Stevenson, 1991).

Arı otu tohumunun hasat edilmesinde dikkat edilecek en önemli husus olgunlaşan tohumların araziye dökülmeden hasat edilmesidir. Bu amaca uygun

olarak çiçek salkımları kahverengimsi renk aldığında bitkiler biçilerek bir yerde toplanır ve yayılarak kurumaları sağlanır. Arı otu bitkisinin tohum verimi, çeşit, ekoloji ve uygulanan tarımsal işlemlere göre 13.0-179.0 kg/da (Geren ve ark., 2009; Dağ, 2013; Genç Lermi ve Palta, 2016, 2017; Akdoğan ve Kır, 2020; Türk ve Alagöz, 2020; Yıldız, 2021; Yıldız ve Khawar, 2022) arasındadır.

3. ARI OTUNUN ÖNEMİ, KULLANIM ALANLARI VE YEM DEĞERİ

3.1. Örtü Bitkisi Olarak Kullanımı

Örtü bitkileri, sürdürülebilir bitki yetiştirme uygulamalarında vazgeçilmez bir araçtır. Çeşitli ekosistem hizmetlerini (karbonun tutulması, toprağın makro gözenekliliği, mikrobiyal çeşitlilik, faydalı böceklerin bolluğu ve çeşitliliği gibi) sağlayabilen örtü bitkilerinin (Giovanetti ve ark., 2022) kullanımı üreticiler tarafından giderek daha fazla ilgi görmektedir (Storr ve ark., 2019). Örtü bitkileri olarak kullanılan bitkilerden biri de *P. tanacetifolia*'dır (Uthoff ve ark., 2024). Arı otu, 20-120 cm yüksekliğe kadar büyüebilme, kışa dayanıklı oluşu ve hızlı büyüme özelliği ile örtü bitkisi olarak yetiştirilme avantajına sahiptir (The Royal Horticultural Society, 2024). Bir örtü bitkisi olarak *Phacelia*, kendinden sonraki ürün için zengin bir organik madde ve besin kaynağıdır (Balzewicz-Wozniak ve Wach, 2012).

Yüksek biyokütle üretimine sahip olan ve yabancı otlarla çok iyi rekabet edebilen (Brant ve ark., 2009) bir ara ürün bitkisi (Błażewicz-Wozniak ve Konopinsky, 2012) olan arı otunun; örtü bitkisi olarak faydalı etkisi, esas olarak yabancı otları baskılamasından kaynaklanmaktadır (Brust ve ark., 2014; Handlířová ve ark., 2017). Nitekim Büchi ve ark. (2020) arı otunun örtü bitkisi olarak kullanılmasının, sonraki mısır ekiminde yabancı ot bolluğunu azalttığını bildirmişlerdir.

Kuzey Avrupa Bakanlar Konseyi (Nordic Council of Ministers) tarafından başlatılan Avrupa İstilacı Yabancı Türler Ağı (The European Network on Invasive Alien Species, NOBANIS), türlerin kasıtsız yayılmasını önlemek için ihtiyatlı bir yaklaşım sergilemektedir. Bu anlamda, *Trifolium incarnatum*, *Fagopyrum esculentum* ve *P. tanacetifolia* gibi yerli olmayan türlerin, toprağa ve faunaya fayda sağlamak veya estetik, renklilik sağlamak amacıyla kullanıldıkları örtü bitkisi karışımlarında yaygın olarak bulunduğu bildirilmektedir. Şu anda bu türler, Danimarka ve güney İsveç'te zararlı veya

potansiyel olarak istilacı olarak sınıflandırılmamaktadır (Wiström ve ark., 2018).

3.2. Kaba Yem Kaynağı Olarak Kullanımı ve Yem Değeri

Phacelia tanacetifolia, genel olarak bilinen baklagil ve buğdaygil bitkileri kadar yaygın olmasa da, umut verici bir yem bitkisidir (Kosolapov ve ark., 2021). *Phacelia*, çiftlik hayvanları için yem olarak kullanılabilir ve toksik olmadığı kabul edilir (Kilian, 2016). *Phacelia*, yem bitkisi olarak tek başına (Daniel ve Zobelt, 1986) veya bezelye veya fiğ ile karıştırılarak yem üretimi sağlamak üzere kullanılmıştır (Petkov, 1966).

Arı otunun yem bitkisi olarak, yeşil ot, kuru ot ve silaj amaçlı kullanımı söz konusudur. Kaba yem kaynağı olarak kullanımında, biçim devresi başta olmak üzere, ekim-hasat periyodu boyunca uygulanan kültürel işlemler arı otu bitkisinin ot verimi ve kalitesini etkiler. Farklı iklim ve toprak şartları altında değişik kültürel işlemler uygulanan arı otunun ot verimi ve otunun bazı kalite parametrelerine ait değişim aralıkları Tablo 1 ve 2’de sunulmuştur.

Arı otunun olgunluk devresi ilerledikçe bitkinin tamamı, gövde ve yaprakları kabalaşan sert tüylerle bol miktarda kaplı olduğu için, bitki gelişiminin ilk aşamalarında yeşil yem ve/veya kuru ot olarak değerlendirilmesi uygundur.

Tablo 1: Farklı kültürel uygulamalar altında yetiştirilen arı otunda elde edilen ot verimi ve verim bileşenleri

Ekoloji	Bitki boyu (cm)	Yeşil ot verimi (kg/da)	Kuru ot verimi (kg/da)	HP verimi (kg/da)	Kaynak
Tokat	38.7-108.0	332-1685	55.0-521.0	---	Karadağ ve Büyükburç (1999, 2001, 2003)
Bingöl	22.8-54.2	794-1116	184.3-305.3	---	Bakoğlu ve Kutlu (2006)
İzmir	64.2-78.2	1827-3827	325.4-608.4	35.4-83.7	Geren ve Kaymakkavak (2007)
Tekirdağ	100.3-106.3	5566-6047	926-987	---	Ates ve ark. (2010)
Van	38.8-54.1	584-1366	285.2-395.0	---	Dağ (2013)
Yozgat	51.8-64.6	---	329.2- 613.8	46.8-111.5	Tuncer (2014)
Eskişehir	---	1151-2981	244.0-722.0	28.2-114.2	Yılmaz ve Albayrak (2017)
Ankara	50.6-85.7	1506-3329	339.7-905.0	39.6-96.3	Özkan ve Sevimay (2018), Çatak (2019), Yıldız (2021), Yıldız ve Khawar (2022)
Kahramanmaraş	40.0-83.1	535-7109	69.4-1835.0	31.4-158.6	Ertürk (2019), Akbay ve ark. (2020)
Şanlıurfa	48.5-60.2	2192-3113	403.4-508.7	---	Okant (2019)
İsparta	---	---	257.5-385.5	21.9-42.5	Türk ve Alagöz (2019)
Rusya	60.0-114.0	---	---	---	Kosolapov ve ark. (2021)

Tablo 2: Farklı kültürel uygulamalar altında yetiştirilen arı otunun bazı ot kalitesi parametrelerinin değişkenliği

Ekoloji	Ham kül (%)	Ham yağ (%)	HP (%)	ADF (%)	NDF (%)	NYD	Kaynak
İzmir	9.3-11.1	---	10.6-15.2	---	---	---	Geren ve Kaymakkavak (2007)
Tekirdağ	---	---	9.7-13.2	36.20-37.33	41.42-45.60	---	Ates ve ark. (2010)
Van	7.0-8.0	---	6.8-10.8	---	---	---	Dağ (2013)
Yozgat	---	---	12.4-18.4	28.55-35.91	41.88-48.45	117.9-148.8	Tuncer (2014)
Eskişehir	---	---	11.5-15.8	33.65-36.46	43.61-48.01	118.0-133.0	Yılmaz ve Albayrak (2017)
K. Maraş	---	---	8.1-9.3	---	---	---	Ertürk (2019)
Ankara	---	---	14.2-17.9	---	---	---	Çatak (2019)
Şanlıurfa	---	---	11.5-12.9	---	---	---	Okant (2019)
Isparta	---	---	8.7-12.1	37.32-44.25	41.65-50.25	101.3-134.1	Türk ve Alagöz (2019)
K. Maraş	14.1-19.2	2.20-3.05	6.5-9.7	25.40-30.63	41.49-47.84	---	Akbay ve ark. (2020)
Rusya	---	1.89-2.36	16.5-20.4	---	---	---	Kosolapov ve ark. (2021)

Subtropikal bölgede kuru koşullar altında, yüksek yeşil yem ve kuru ot elde etmek için arı otunun ekiminin yapılabilmesi, büyüme mevsimi boyunca hayvanlara mineraller açısından dengeli bir yem sağlayabileceği rapor edilmiştir (Ates ve ark., 2010).

Arı otunun çiçeklenmeden sonra materyalinin silajının yapılması fiziksel özellikler yönünden daha iyi silaj elde edilmesini ve kalitesinin artmasını sağlarken, yonca ile karışım silajının yapılması kaliteyi daha da büyük ölçüde artırmaktadır (Djordjevic ve ark., 2005). Silaj üretimi için çiçeklenme döneminin başlangıcında biçimler yapılabilir (Özkan, 2014). Çiçeklenme öncesi ve çiçeklenme ortası dönemde arı otu silajının, sırasıyla; kuru madde oranı % 23.0-22.4, HP oranı % 16.3-13.7, ham yağ oranı % 2.7-3.2, ham kül oranı % 9.5-9.7, ADF oranı % 34.2-35.0 ve NDF oranı % 41.1-48.5 olarak saptanmıştır (Başak, 2023).

Ayrıca, arı merası olarak kullanılan arı otu bitkilerinin silajının yapılması durumunda, katkı maddelerinin kullanılması tavsiye edilmektedir (Özkan, 2014).

3.3. Arıcılıkta Kullanımı / Arı Merası Olarak Kullanımı: Polen ve Nektar Kaynağı Olarak Arı Otu Bitkisi ve Özellikleri

Phacelia tanacetifolia insan tüketimi için mükemmel kalitede monofloral bal sağlayan, dünyanın en iyi yirmi bal bitkisi arasındadır (Farkas ve Zajác, 2007; Kus ve ark., 2018; Stanek ve ark., 2019). Arı otu; bal üreten ve polen yayan böcekler için bir besin kaynağı olan, yaklaşık 55 gün boyunca mevcut olan, uzun büyüme mevsimi ile yüksek bal verimi sağlayan ve bu

yönüyle de arıların ilgisini çeken bir bitkidir (Cîrlig ve ark., 2023). *Phacelia tanacetifolia*'nın bu anlamda bir diğer özelliği ise, diğer geleneksel bal bitkisi türlerinin çiçeklenme aşamasında olmadığı dönemde tozlaşan böceklere besin sağlayan bir bitki olarak bilinmesidir (Cîrlig, 2020). Bu anlamda Avrupalı arıcular *P. tanacetifolia*'ya “arı ekmeği”, “arıların dostu”, “arı otu” ismini kullanmışlardır (Cîrlig, 2020).

Arı otu çiçeklerinin nektar potansiyeli; ekim, çıkış ve fide gelişimi, çiçek tomurcukları, nektar oluşumu sırasında çiçek kalitesinin etkilenmesi, meyvelerin ve tohumların olgunlaşması gibi bazı hassas aşamalarda meydana gelen olumlu ve stresli çevresel faktörlerin etkisine bağlı olarak büyük ölçüde değişiklik gösterir (Cîrlig ve ark., 2023). Bitkinin, özellikle yaz başında çiçeklenmesi boyunca çiçek başına nektar salgısı, sulama yapılmadığı koşullarda daha yüksek olmaktadır (Petanidou, 2003). Bununla birlikte, arı otunun çiçek yapısı ve çiçeklenme özelliği, arı yoğunluğunun artmasında ve buna bağlı olarak nektar ve polen içeriğinin yüksek düzeyde olmasında etkilidir. Bir başka ifade ile arı otunun arı merası olarak kullanılma potansiyeli, onun çiçeklenme morfolojisine ve fenolojik özelliklerine atfedilebilir. Bu anlamda, toprak, iklim ve uygulanan kültürel işlemlere göre değişkenlik göstermekle birlikte, yüksek; salkım sayısı, salkımda çiçek sayısı, m²'de çiçek sayısı ve bitkiyi ziyaret eden arı sayısı gibi üstün karakteristik özellikleri arı otunun arı merası olarak önemli bir bitki türü olduğunu göstermektedir (Tablo 3).

Tablo 3. Arı otu bitkisinin arı merası olarak kullanım özellikleri

Özellik	Değer	Kaynak
Salkım sayısı (adet/bitki)	16.9-71.2	Bakoğlu ve Kutlu (2006), Dağ (2013), Akdoğan ve Kır (2020)
Salkımda çiçek sayısı (adet/bitki)	11.5	Bakoğlu ve Kutlu (2006)
Bitkide kömeç sayısı (adet/bitki)	3.3-18.2	Dağ (2013), Tuncer (2014), Ertürk (2019), Akdoğan ve Kır (2020), Türk ve Alagöz (2020)
Kömeçteki çiçek sayısı (adet/bitki)	16.7-115.0	Dağ (2013), Ertürk (2019), Akdoğan ve Kır (2020), Türk ve Alagöz (2020)
m ² 'de çiçek sayısı (adet)	8982.23	Bakoğlu ve Kutlu (2006)
Bitkiyi ziyaret eden arı sayısı (adet/m ²)	4.7-116.0	Bakoğlu ve Kutlu (2006), Tuncer (2014), Kuvancı ve ark. (2016)
Bitkiyi ziyaret eden arı sayısı (adet/çiçek)	12.7-16.1	Geren ve Kaymakkavak (2007)

Arı otu yüksek kalitede nektar ve polen üretir. Arı otunun ürettiği nektar miktarı 1.0-4.5 mg/çiçek aralığında, ortalama şeker konsantrasyonu % 28 ve bal üretimi ise 500-1200 kg/bal/ha arasındadır (Popović ve ark., 2019). Arı otu çiçeklerinden elde edilen bal, beyaz akasya türlerinden elde edilen bal ile karşılaştırıldığında; açık bej ila krem-beyaz renkte, camsı, yarı saydam, özel bir koku ve limon tadında, yavaş kristalleşen, optimal fruktoz/glikoz oranına sahip bir baldır (Popović ve ark., 2020).

Arı otu, çok çeşitli bal arıları ve tozlaştırıcılar için besin sağlar (Cîrlig ve ark., 2023). Bir başka deyişle, arılar ve böcekler gibi tozlaştırıcıları çeken bir bitkidir (Kilian, 2016). Bu nedenle arı otu bitkisine çok sayıda böcek türleri ziyaret etmektedir (Şekil 5). "Alexandru Ciubotaru" Ulusal Botanik Bahçesi'nde (Enstitü) gerçekleştirilen entomolojik izleme, *P. tanacetifolia* bitkilerinin organları üzerinde, 6 takım, 20 familya ve 24 cins ile temsil edilen 27 böcek türünün varlığını ortaya çıkarmıştır. Bunlar içerisinde, çeşitlilik ve sıklığa göre bal yapan ve polen yayan başlıca böcekler olan apis ve bombus cinsine ait türler daha fazla bulunduğu gözlenmiştir (Cîrlig ve ark., 2023). Bir başka çalışmada da, *Phacelia* çiçeklerinde en fazla tozlayıcı, ortalama 8.37 arı/m² ile bal arıları, ortalama 0.94/m² ile bombus arılarının olduğu görülmüş; ıhlamur meralarının varlığına rağmen, *Phacelia*'nın çekici bir bal bitkisi olduğu bildirilmiştir (Kobeščak ve ark., 2015).



Şekil 5: Bitkide arıların ziyareti

3.4. Diğer Kullanım Alanları

- ✓ Arı otu bitkisi erken çiçeklenme, uzun çiçeklenme süresi, kuraklığa dayanıklılık ve tohum verimliliği gibi kendine özgü özellikleri ile kent peyzaj mimarisinde değerlendirilebilecek potansiyele sahiptir. Bu anlamda, arı otunun dekoratif özelliklerinin yeşil yapılarda ve dekoratif çiçek yetiştiriciliğinde uygulanmasına yönelik bir bakış açısı bulunmaktadır (Barbir ve ark., 2015; Sikora ve ark., 2016; Cherniavskih ve ark., 2020).
- ✓ Günümüzde kırsal bölgelerde bombus arılarının azalması nedeniyle, bu çok önemli tozlaştırıcıların aktif olarak korunması için alternatif yaşam alanları oluşturulmaya çalışılmaktadır. Bu amaçla arı otu bitkisi 4 bombus arısı türü için indikatör bitki türü olarak dikkati çekmiştir (Sikora et al., 2016).
- ✓ Arı otu yeşil kütlesi, toprakların özellikle agro-fiziksel göstergeleri üzerinde olumlu bir etkisi bulunmakta; yeşil gübre bitkisi olarak ekim nöbeti sistemine dahil edilmesinin gerekliliği vurgulanmaktadır (Mitropolova ve ark., 2023). Düzenli bir şekilde yeşil gübre olarak sürüldüğünde toprağın karbon ve azot içeriğinde artış olduğu belirlenmiştir (Beckmann, 1977). Bitkinin yeşil gübre olarak kullanılabileceği diğer bazı bilimsel yayınlarda da rapor edilmiştir (Ahlqvist, 2019; Kubíková ve ark., 2022a).
- ✓ Karışım halinde ekimleri de yapılabilmektedir. *Lolium multiflorum* (Kälber ve ark., 2011), İran üçgülü (Hansson, 2018; Ahlqvist, 2019) ile karışımları yaygın olarak kullanılan bir karışımdır.
- ✓ Arı otu, aynı zamanda biyolojik kontrol amaçlı bir ürün olarak da kullanılabilir; çünkü nektarla beslenen ve daha sonra yumurtalarını bitkinin üzerine bırakan uçan sineklere ev sahipliği yapar (Ahlqvist, 2019). Uçan sineklerin larvaları yaprak bitlerinin avcısıdır (Kilian, 2016).
- ✓ Arı otu ekim nöbeti sistemlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Bacq-Labreuil ve ark., 2019).

4. SONUÇ

Arı otu bitkisi dünyada “arı merası” tabiri ile kullanılan önemli bir bitki türüdür. Bu yönüyle arı otu, önemli bir nektar ve polen kaynağı nedeniyle arıcılık işletmelerinin potansiyel hammaddesi olarak kullanılabilir. Özellikle çiçeklenme başlangıcında biçilen arı otu bitkisi, aynı zamanda, kaba yem kaynağı olarak değerlendirilebilecek alternatif yem bitkisi olarak da önemli bir değere sahiptir. Örtü bitkisi, yeşil gübre bitkisi ve peyzaj bitkisi kapsamında da kullanılabilen arı otu, bu özelliği ile sürdürülebilir tarımın önemli bir bileşeni durumundadır. Biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilirliğine ve bitkisel üretime olan önemli katkıları dikkate alındığında, arı otu ile ilgili gelecekte çok daha fazla araştırmaların yapılması önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

- Ahlqvist, A., 2019. Summer cover crops after harvest of early potatoes control seed weeds. Master's Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Faculty of Landscape Architecture, Horticulture and Crop Production Science, Department of Plant Breeding
- Akbay, F., Kamalak, A., Erol, C., 2020. Arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)'nun vejetatif dönemlerinin ot verimine, besin madde içeriğine ve metan üretimine etkisi. KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi, 23(4): 981-985.
- Akdoğan, H.A., Kır, B., 2020. Farklı fosfor dozlarının arıotu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)'nda tohum verimi ve diğer bazı özellikler üzerine etkileri. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., Özel Sayı: 99-105.
- Ates, E., Coskuntuna, L., Tekeli, A.S., 2010. Plant growth stage effects on the yield, feeding value and some morphological characters of the fiddleneck (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). Cuban Journal of Agricultural Science, 44(4): 425-428.
- Bacq-Labreuil, A., Crawford, J., Mooney, S.J., Neal, A.L., Ritz, K., 2019. *Phacelia* (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) affects soil structure differently depending on soil texture. Plant Soil, 441: 543-554.
- Bakoğlu, A., Kutlu, M.A., 2006. Bingöl sulu şartlarında yetişen arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)'na uygulanan değişik sıra aralığının bazı tarımsal özelliklere ve arı merası olarak kullanılmasına etkisi üzerinde bir araştırma. Uludağ Arıcılık Dergisi, 6(1): 33-38.
- Balzewicz-Wozniak, M., Wach, D., 2012. The fertilizer value of summer catch crops preceding vegetables and its variation in the changing weather conditions. Acta Science Polonorum Hortorum Cultus, 3(11): 101-116.
- Barbir, J., Badenes-Pérez, F.R., Fernández-Quintanilla, C., Dorado, J., 2015. The attractiveness of flowering herbaceous plants to bees (Hymenoptera: Apoidea) and hoverflies (Diptera: Syrphidae) in agro-ecosystems of Central Spain. Agricultural and forest entomology, 17(1): 20-28.
- Başak, S., 2023. Faselya (*Phacelia tanacetifolia*) bitkisinin silajının yem değerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 27s.

- Bato, E., 2024. Arı otunun önemi ve kullanım alanları. *Journal of Animal Science and Economics*, 3(1): 17-22.
- Beckmann, E., 1977. Effects of long term green manuring on soil fertility in vegetable production with special reference to phyto-hygenic effects. *Qualities Plantorun Plant Foods for Human Nutrition*, 27(1): 59-83.
- Błażevitz-Wozniak, M., Konopinsky, M., 2012. Influence of ridge cultivation and phacelia intercrop on weed infestation of root vegetables of the Asteraceae family. *Folia Horticulturae*, 24(1): 21-32.
- Brant, V., Neckář, K., Pivec, J., Duchoslav, M., Holec, J., Fuksa, P., Venclová, V., 2009. Competition of some summer catch crops and volunteer cereals in the areas with limited precipitation. *Plant, Soil and Environment*, 55(1): 17-24.
- Brust, J., Claupein, W., Gerhards, R., 2014. Growth and weed suppression ability of common and new cover crops in Germany. *Crop Prot.*, 63: 1-8.
- Büchi, L., Wendling, M., Amosse, C., Jeangros, B., Charles, R., 2020. Cover crops to secure weed control strategies in a maize crop with reduced tillage. *Field Crops Res.*, 247: 107583.
- Cazzola, V., 1987. A discussion paper to the EEC on the inclusion of *Phacelia tanacetifolia* in the list of compulsory certifiable species. *Senenti Elette*, 33(6): 7-10. (In Italian).
- Cherniavskih, V.I., Dumacheva, E.V., Konoplev, V.V., Shchedrina, J.E., Glubsheva, T.N., Korolkova, S.V., Koryakov, D.P., 2020. Ecological and biological features of *Phacelia tanacetifolia* Benth. in various ecotopes of Southern European Russia. *EurAsian Journal of BioSciences*, 14: 1477-1481.
- Cîrlig, N., 2020. Some aspects of the study on the species *Phacelia tanacetifolia* Benth. as honey plant in the Republic of Moldova. *Revista Botanică*, 21(2): 167-168.
- Cîrlig, N., Țiței, V., Iurcu-Străistaru, E., 2023. Morphobiological features and the significance of the species *Phacelia tanacetifolia* Benth. as honey plant. *Lucrări Științifice*, 66(1): 55-60.

- Çatak, Y., 2019. Arıotu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)'nda farklı azotlu gübrelemenin yem kalitesi ve yem verimine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 43s.
- Dağ, V., 2013. Farklı azot dozlarının arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)'nda verim ve bazı tarımsal karakterlere etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van, 31s.
- Daniel, P., Zobelt, V., 1986. Investigations about feed intake of fodder rape and phacelia. Inst. Pflanzenbau pflanzensuechtung 11, Justus Liebig Univeristy, Giesen Wirtschaftseigene Futter, 32(2): 175-182.
- Demela, J., 1959. The Practical Fodder Crops Production; Slovenské Vydavatel'stvo Pôdohospodárskej Literatúry: Bratislava, Slovakia, p. 613.
- Djordjevic, N., Dinic, B., Grubic, G., Vuckovic, S., Simic, A., 2005. The quality and chemical composition of *Phacelia tanacetifolia* Benth. and lucerne silages. In: R. Lillak, R. Viiralt, A. Linke and V. Geherman (Eds.), *Integrating Efficient Grassland Farming and Biodiversity*, 29-31 August 2005, Tartu, Estonia, Grassland Science in Europe, 10: 294-297.
- Dumanoğlu, Z., 2019. Arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) bitkisinin genel özellikleri, önemi ve ülkemizde yapılan bazı çalışmalar. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 7(2): 365-369.
- Ertürk, A., 2019. Kahramanmaraş koşullarında farklı azot ve fosfor dozlarının arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)'nda verim ve bazı tarımsal karakterlere etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 32s.
- Farkas, Á., Zajác, E., 2007. Nectar production for the Hungarian honey industry. Eur. J. Plant Sci. Biotechnol., 1: 125-151.
- Fogelfors, H., 2015. Vår mat-Our food. 2:a Ed., Lund: Studentlitteratur AB.
- Genç Lermi, A., Palta, Ş., 2016. Arı otu bitkisinin sonbahar ekim periyodunda farklı ekim zamanlarının tohum verimi ve verim komponentleri üzerine etkileri. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 26(3): 366-371.
- Genç Lermi, A., Palta, Ş., 2017. İlkbahar ekim döneminde farklı ekim tarihlerinin arı otunun (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) tohum verimi

- ile ilgili özellikleri üzerine etkileri. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(1): 143-149.
- Geren, H., Avcioglu, R., Kaymakkavak, D., 2009. Effects of different row spacings on the seed yield and some other characteristics of phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) varieties. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7(2): 383-386.
- Geren, H., Kaymakkavak, D., 2007. Farklı sıra arası uzaklıklarının kimi arıotu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) çeşitlerinde ot verimi ile verim ve kalite özelliklerine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 44(1): 71-85.
- Giovanetti, M., Malabusini, S., Zugno, M., Lupi, D., 2022. Influence of flowering characteristics, local environment, and daily temperature on the visits paid by *Apis mellifera* to the exotic crop *Phacelia tanacetifolia*. Sustainability, 14: 10186.
- Handlířová, M., Lukas, V., Smutný, V., 2017. Yield and soil coverage of catch crops and their impact on the yield of spring barley. Plant Soil Environ., 63: 195-200.
- Hansson, O., 2018. Maxa nyttan av din mellangröda. Arvensis, 29(01): 22-23.
- Hofmann, M., 1999. Flower and fruit development in the genus phacelia (Phacelieae, Hydrophyllaceae): Characters of systematic value. Systematics and Geography of Plants, 68(1/2): 203-212.
- Kälber, T., Meier, J.S., Kreuzer, M., Leiber, F., 2011. Flowering catch crops used as forage plants for dairy cows: Influence on fatty acids and tocopherols in milk. Journal of Dairy Science, 94(3): 1477-1489.
- Kaplan, Z., Danihelka, J., Chrtěk, J.J., Kirschner, J., Kubát, K., Štech, M., Štěpánek, J., 2019. Key to the flora of The Czech Republic. Prague: Academia, 1168p.
- Karadağ, Y., Büyükburç, U., 1999. Tokat koşullarında yetiştirilen arı otunun (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) verim ve adaptasyonu üzerinde bir araştırma. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(1): 155-169.

- Karadağ, Y., Büyükburç, U., 2001. Ariotunda (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) farklı sıra aralığının ot ve tohum verimlerine etkileri. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi, 17-21 Eylül, Tekirdağ, s. 143-148.
- Karadağ, Y., Büyükburç, U., 2003. Tokat koşullarında ariotunun (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) yazlık ekim zamanı üzerinde araştırmalar. I-Ot verimi ile ilgili özellikler. Tarım Bilimleri Dergisi, 9(4): 435-439.
- Kızıllıışımşek, M., Ateş, F., 2004. Kahramanmaraş şartlarında ariotunun (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) değişik ekim zamanlarındaki çiçeklenme seyri ve arı merası olarak değerlendirilmesi. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 7(1): 96-103.
- Kilian, R., 2016. Lacy phacelia, *Phacelia tanacetifolia*. A native annual forb for conservation use in Montana and Wyoming. Plant Materials Technical Note, Issue MT-113, pp. 1-7.
- Kirk, W.D.J., 2005. Phacelia. Bee World, 86(1): 14-16.
- Kobeščak, K., Bubalo, D., Svečnjak, Z., Uher, D., Svečnjak, L., Prđun, S., 2015. Honey bee (*Apis mellifera carnica* P. 1879) visiting on phacelia pasture (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). 50th Croatian & 10th International Symposium on Agriculture, 16-20 February, Opatija, Croatia, pp. 389-393.
- Kosolapov, V.M., Cherniavskih, V.I., Dumacheva, E.V., Konoplev, V.V., Tseiko, V.I., Markova, E.I., 2021. The search for source material of *Phacelia tanacetifolia* benth for breeding for fodder productivity. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 901(1): 012006.
- Kubíková, Z., HutYROVÁ, H., Smejkalová, H., Kintl, A., Elbl, J., 2022a. Application of extended BBCH scale for studying the development of *Phacelia tanacetifolia* Benth. Annals of Applied Biology, 181(3): 332-346.
- Kubíková, Z., Smejkalová, H., HutYROVÁ, H., Kintl, A., Elbl, J., 2022b. Effect of sowing date on the development of lacy phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). Plants, 11: 3177.
- Kumova, U., Korkmaz, A., 2002. Arıcılık açısından ariotu (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) bitkisinin önemi ve bu konuda ülkemizde yapılan çalışmalar. Uludağ Arıcılık Dergisi, 2(1): 11-16.

- Kus, P., Jerkovic, I., Marijanovic, Z., Kranjac, M., Tuberoso, C., 2018. Unlocking *Phacelia tanacetifolia* Benth. honey characterization through melissopalynological analysis, color determination and volatiles chemical profiling. Food Res. Int., 106: 243-253.
- Kuvancı, A., Deveci, M., Alay, F., Çankaya, N., Avcı, M., 2016. Balarılarının (*Apis mellifera* L.) bitki tercihiinde İskenderiye üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) ve fazelya (*Phacelia tanacetifolia* B.)'nın yeri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 25(Özel Sayı-2): 188-194.
- Mitropolova, L., Korotkikh, E., Pavlova O., Ivleva, O., 2023. Study of *Phacelia tanacetifolia* Benth. as a green manure crop in the conditions of Primorsky Krai. In: Beskopylny, A., Shamtsyan, M., Artiukh, V. (Eds.), XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". Global Precision Ag Innovation 2022, Volume 1, Springer, Cham.
- Okant, M., 2019. Ariotu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)'nda farklı tohum miktarlarının bitkisel özellikleri ile kalitesi üzerine etkisi. Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 23(1): 47-51.
- Okcu, M., 2019. Determination of the effects of different row spacing and seed quantity on yield and yield characteristics of phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). Fresenius Environ. Bull., 28: 7630-7635.
- Ozkan, U., Benlioglu, B., 2015. Karyotype analysis of the fiddleneck (*Phacelia tanacetifolia* Benth.). Journal of Agricultural Science and Technology A, 5: 336-339.
- Özkan, U., 2014. Arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)'nun önemi, yetiştirilmesi, ülkemizde ve dünyada yapılan çalışmalar. Ziraat Mühendisliği, 361: 38-42.
- Özkan, U., Sevimay, C.S., 2018. Ankara koşullarında farklı dozlarda azotlu gübrelemenin arıotu (*Phacelia tanacetifolia* Benth.)'nun ot verimine ve kalitesine etkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 27(2): 62-70.
- Pelikán, J., Knotová, D., Hofbauer, J., 2016. The less known species of agricultural crops. Research Institute for Fodder Crops, Ltd. Troubsko., 266p.

- Petanidou, T., 2003. Introducing plants for bee-keeping at any cost?- Assessment of *Phacelia tanacetifolia* as nectar source plant under xeric Mediterranean conditions. *Plant Systematics and Evolution*, 238: 155-168.
- Petkov, V., 1966. Study on some legume-phacelia mixtures as forage plants and honey plants. (Bulgarian). *Rasterivudri Nauki*, 3(8): 127-133.
- Popović, V., Mihailović, V., Vučković, S., Pejić, B., Živanović, L., Kolarić, L., Ikanović, J., Jakšić, S., 2019. Produktivnost facelije u odnosu na međuredno rastojanje. *Zbornik Apstrakata*, 14. Simpozijum o Krmnom Bilju, "Značaj i Uloga Krmnih Biljaka i Održivoj Poljoprivredi Srbije", Zemun, Belgrade, 18-19 April, pp. 69-70.
- Popović, V., Vučković, S., Dolijanović, Ž., Mihailović, V., Ignjatov, M., Ljubičić, N., Aćimović, M., 2020. *Phacelia* honey productivity in relation to locality of cultivation. In: GEA (Geo Eco-Eco Agro) International Conference, University of Montenegro, 28 May, Podgorica, Montenegro, pp. 79-95.
- Scavo, A., Fontanazza, S., Restuccia, A., Pesce, P.R., Abbate, C., Mauromicale, G., 2022. The role of cover crops in improving soil fertility and plant nutritional status in temperate climates. A review. *Agron Sustain Dev.*, 42: 93.
- Schappert, A., Linn, A.I., Sturm, D.J., Gerhards, R., 2019. Weed suppressive ability of cover crops under water-limited conditions. *Plant Soil Environ.*, 65: 541-548.
- Sikora, A., Michoła, P., Kelm, M., 2016. Flowering plants preferred by bumblebees (*Bombus Latr.*) in the botanical garden of medicinal plants in Wrocław. *Journal of Apicultural Science*, 60(2): 59-68.
- Slavík, B., Chrtěk, J., Štěpánková, J., 2000. *The Flora of The Czech Republic* 6. Prague: Academia, 770p.
- Stanek, N., Teper, D., Kafarski, P., Jasicka-Misiak, I., 2019. Authentication of *phacelia* honeys (*Phacelia tanacetifolia*) based on a combination of HPLC and HPTLC analyses as well as spectrophotometric measurements. *LWT*, 107: 199-207.

- Stevenson, K., 1991. Phacelia: Some management notes. In: Proceedings Agronomy Society of New Zealand, 21: 79-82.
- Storr, T., Simmons, R.W., Hannam, J.A., 2019. A UK survey of the use and management of cover crops. Ann. Appl. Biol., 174: 179-189.
- The Royal Horticultural Society, 2024. *Phacelia tanacetifolia*. [Online] Available at: <https://www.rhs.org.uk/Plants/23945/i-Phacelia-tanacetifolia-i/Details> [Accessed 05 06 2024].
- Tuncer, K., 2014. Farklı azot dozlarının arıotunun (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) bitkisel özellikleri ve ot kalitesi üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yozgat, 40s.
- Türk, M., Alagöz, M., 2019. Farklı azot dozu ve biçim zamanlarının arı otu (*Phacelia tanacetifolia* Bentham)'nun ot verimi ve kalitesi üzerine etkileri. Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(2): 286-293.
- Türk, M., Alagöz, M., 2020. The effects of different nitrogen doses on seed yield and some agricultural characteristics of phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Bentham.). Turkish Journal of Science and Engineering, 2(2): 53-56.
- Uthoff, J., Jakobs-Schönwandt, D., Schmidt, J.H., Hallmann, J., Dietz, K.J., Patel, A., 2024. Biological enhancement of the cover crop *Phacelia tanacetifolia* (Boraginaceae) with the nematophagous fungus *Pochonia chlamydosporia* to control the root-knot nematode *Meloidogyne hapla* in a succeeding tomato plant. BioControl, 69(1): 77-90.
- Wiström, B., Nielsen, A.B., Björn, M.C., 2018. Use of cover crops when establishing woody plantings. Frederiksberg: Department of Geosciences and Natural Resource Management, University of Copenhagen, IGN Rapport.
- Yıldız, N., 2021. Ankara koşullarında farklı dönemlerde yetiştirilen faselya bitkisinin verim parametrelerindeki değişimlerin belirlenmesi. MAS Journal of Applied Sciences, 6(4): 860-867.
- Yılmaz, H., Albayrak, S., 2017. Eskişehir ekolojik koşullarında azotlu gübrelemenin arıotu (*Phacelia tanacetifolia* Bentham)'nun ot verimi üzerine etkileri. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26(1): 96-103.

Yildiz, N., Khawar, K.M., 2022. Evaluation of phacelia (*Phacelia tanacetifolia* Bentham) sown at different dates for commercial production. FEB-Fresenius Environmental Bulletin, 31(09): 9424-9430.

CHAPTER 2

SMART AGRICULTURE TECHNOLOGIES

Assist. Prof. Dr. Belma DOĞAN ÖZ¹

Assoc. Prof. Dr. Görkem ÖZTÜRK²

¹ Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Siirt-Türkiye Email: belma.doganoz@siirt.edu.tr (Responsible Author) (ORCID: 0000-0003-1766-0016)

² Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Siirt-Türkiye Email: gorkem.ozturk@siirt.edu.tr(ORCID: 0000-0003-3767-0537)

1. INTRODUCTION

It is estimated that the world population will reach 9.7 billion by 2050 and 10.9 billion by 2100. By 2050, global food production will need to increase by 70% to meet the demands of this population (Rathor et al., 2024; Yilmazer and Tunalioglu, 2024). In addition, rising population drives food demand, input costs, climate, and environmental pressures, while water resources decrease, biodiversity declines, and there are issues in nutrition, food security, and reclamation of deteriorated arable land (Çakmakçı and Çakmakçı 2013).

Furthermore, in recent years, a multitude of unprecedented weather events have been occurring in numerous regions across the globe, exhibiting heightened levels of severity, impact, duration, and location specificity. While these changes threaten the life and development of living things on Earth, they also negatively affect the socio-economic structure of societies (Naseri and Saner, 2017). It is well-established that climate change directly affects agricultural productivity and increases the incidence of drought, extreme temperatures, and severe weather events. These developments necessitate the efficient use of water and soil resources to ensure the sustainability of agricultural practices (Koçar Uzan, 2023).

The impact of climate change on agricultural productivity through drought, extreme heat, and weather events underscores the need for efficient use of soil and water resources for sustainable agriculture (Koçar Uzan, 2023). Consequently, traditional agricultural systems are being replaced by smart farming techniques, which promise not only increased productivity and economic growth but also address global issues like food security and sustainability (Ghazal et al., 2024).

Smart farming offers solutions to these challenges, transforming agriculture by improving productivity, supporting environmental sustainability, and optimizing resource use. It provides farmers with insights such as weather forecasts and pest analysis to reduce risks. Big data analytics can identify future risks based on historical data, enhancing traceability of crops from cultivation to distribution. Blockchain technology increases transparency in the supply chain. Process optimization in production reduces costs and increases farmer profitability, while autonomous farming machinery decreases the need for labor, enhancing agricultural efficiency (Çam, 2023).

Smart farming involves integrating data transformation, signaling tools, and IoT in the agricultural production process. The primary goal of these applications is to adapt agricultural production to spatial and temporal variations, ensuring efficient and accurate use of inputs in farming (Gürsoy and Çolak, 2023).

The global agriculture sector has to embrace digital and technological innovations to adapt to changing world conditions. Smart agriculture is at the centre of this change, aiming to create a more efficient, sustainable and flexible agricultural system. These technologies are shaping the future of agriculture and contributing to the sustainable development of agriculture worldwide.

The aim of this study is to examine the development of the use of technology in agriculture and to determine the advantages of these technologies to the business economy and management.

2. USE OF TECHNOLOGY IN AGRICULTURE

The development of industry in the world has passed through three stages from the 18th century to the present day. These are industry 1.0, which started with the invention of the steam engine, industry 2.0, which started with the invention of electrical energy, and industry 3.0, where digital systems started to be used in industry. Today, the fourth industrial era, called Industry 4.0, has entered. Industry 4.0 aims to produce cheap, high quality, fast and less wasteful production, where robots that communicate with each other, can recognise needs by analysing data and perceive the environment with sensors take over production. At the same time, Industry 4.0 is a system that allows cyber physical systems and objects to communicate with people and each other in smart factories. In the digital age, it is inevitable for businesses to implement Industry 4.0 in order to compete, protect their assets and sustainability (Yıldız, 2018).

Industry 4.0 was first introduced at the Hannover Fair in 2011. Industry 4.0 or the 4th Industrial Revolution is a collective term that includes many modern automation systems, data exchanges and production technologies. This revolution is a set of values consisting of industrial internet, internet of things and cyber-physical systems. At the same time, this structure plays a major role in the formation of the smart factory system (Bulut & Akçacı, 2017).

Smart Agriculture With the effect of Industry 4.0 in the world, the digitalisation process in the industry also affects the agricultural sector. In

addition to agricultural machinery equipped with sensors, with the use of IoT in the agricultural sector, they remain in contact with each other throughout the entire agricultural production process. In this process, data is collected and analysed with smart tools. In line with the data obtained from these applications, it is aimed to maximise variable rate fertiliser applications, soil structure, irrigation according to plant demand, disease and pest controls, harvest time estimation and yield compared to traditional methods (Kılavuz & Erdem, 2019). Within the framework of all these developments, technological transformation in agriculture follows a similar path to the technological transformation in the industry as seen in Figure 1.4. Technological developments in agriculture should be evaluated separately from the industrial development process. Because agricultural development phases follow a century behind the industrial development. In particular, while industry 1.0 started in the 18th century, agriculture 1.0 started in the 19th century with the transition from human labour to mechanical production. In this period, which is expressed as the traditional agricultural period, a labour-intensive production was made in agricultural enterprises (Ağızhan et al., 2022). Agriculture 2.0: The period called the Green Revolution, which started in the late 1950s, when synthetic pesticides, fertilisers and more effective machines were used and production costs decreased accordingly, is called Agriculture 2.0. In this period, new machines and cheap inputs increased productivity (Saygılı, et al., 2019). Following this period, the Agriculture 3.0 period started at the end of the 1990s. The use of GPS signals in agricultural mechanisation, especially in tractors, and the use of geographical information systems (GIS) have become widespread. While the Agriculture 3.0 process is also referred to as "Precision Agriculture", with these methods, solutions were offered with tracking systems specific to each parcel of land or each animal, and the process was managed more effectively by reducing production costs. In this period, computer and automation systems have started to be used and resource utilisation efficiency has started to be increased (İleri, 2020; Ağızhan et al., 2022).

In this period, precision agriculture technologies were developed with great rapidity with the objective of identifying, analyzing, and managing factors with temporal and spatial variability. These technologies were divided into sub-branches, including precision animal husbandry, precision horticulture, and precision forestry. During this period, the efficiency of resource utilization was

markedly enhanced through the integration of computer and automation systems (İleri, 2020; Ağızhan et al., 2022; Şengül and Yücel, 2022).

In the 2010s, the "Agriculture 4.0" process was initiated. Agriculture 4.0 is based on the process of digitalisation of agricultural production, also called Smart Farming. Agriculture 4.0 is defined as increasing productivity and efficiency in agricultural production by using information communication technologies in the agricultural sector (Aydınbaş, 2023).

3. AGRICULTURE 4.0 APPLICATION TOOLS

Blockchain Based Traceability Systems

The traditional agricultural supply chain has a large number of intermediaries responsible for different stages of the supply chain, including production, processing, packaging and distribution. This can lead to a lack of accountability and transparency, which can hinder efforts to trace the origin of products or verify their safety and quality. Blockchain technology offers a reliable, distributed and immutable platform for storing and exchanging data throughout the supply chain. Through the use of blockchain technology, farmers and other stakeholders in the supply chain can securely store and track essential information, including planting dates, locations, types of fertilisers and pesticides used, and harvest dates and locations. This enables them to guarantee the superior quality and safety of products for consumers (Mandal et al., 2024).

Artificial Intelligence and Machine Learning

Artificial Intelligence is the field of developing computers and robots that can behave in a way that both mimics and goes beyond human abilities. AI-enabled programmes can analyse data to provide information or automatically trigger actions without human intervention (Ataç & Kayabaşı, 2023).

Thanks to the image processing technique based on artificial intelligence, it is used for purposes such as finding objects that are invisible or difficult to see in an image, distinguishing or detecting objects in the image, creating a clearer and improved image than the original image, measuring and detecting various patterns around objects in the image, browsing and searching images

from a large digital image database similar to the original image. With this method, yield estimates can be made (Kaymak et al., 2019).

Artificial intelligence algorithms are used for tasks such as diagnosing plant diseases, estimating crop productivity and optimising irrigation and fertilisation. These systems enable more accurate and faster decisions based on historical data (Özgüven et al., 2020).

Drones and Unmanned Aerial Vehicles

Remote sensing applications in agriculture generally require images with high temporal resolution. Satellite images and aircraft data are very difficult to obtain and costly. For this reason, unmanned aerial vehicles with GPS and digital cameras have become the focus of research all over the world. By means of the sensors placed in the air vehicles, it is possible to check whether the land is used efficiently or not. As a result of the processing of satellite images, problematic areas in the field can be identified and fertilisation, spraying and irrigation processes can be planned intelligently. With machine learning and internet of things applications, yield estimation and harvest time can be determined. With real-time measurements, pest formation, fungal growth, irrigation problems that may occur depending on temperature and humidity rates can be predicted in advance and measures

can be taken. Operations such as field mapping, positioning, dimensioning and agricultural spraying can be carried out with drone applications. Today, unmanned aerial vehicles are one of the cheapest and most widely used types of land monitoring in the future. UAVS have some advantages over images obtained from aircraft and satellites. Photographs taken by UAVS can be obtained at any time and the entire terrain can be visualised as it is not affected by cloudy weather. Thanks to their high manoeuvrability compared to other systems, UAVS spend less time in the process and provide quality images in difficult-to-reach areas (Urbahs and Jonaite, 2013; Uzun et al., 2018; Akkamış and Çalışkan 2020). Figure 1 shows a drone performing spraying.



Figure 1: Spraying with Drone

Data Analytics and Cloud Computing Systems

Cloud Computing is a service where services such as collecting the data collected with technology in an imaginary pool, analysing, processing, storing and easily accessing the data when necessary are provided over the internet. Thanks to cloud computing, the infrastructure complexity caused by issues such as authorisation and tracking of users is eliminated (Çetin et al. 2013). All data related to the farmer are stored centrally. Farmers can plan their production by making predictions about market demands using the cloud. They can have an idea about weather conditions and other parameters affecting production. They can also use knowledge-based repositories that contain treasure troves of information with expert advice (Duman and Özsoy, 2019).

Autonomous Vehicles and Robotic Systems

Autonomous systems are frequently used in agriculture. Autonomous systems are preferred for activities such as inspection, spraying, planting, pruning and harvesting. Studies in this field generally focus on the use of autonomous vehicles such as tractors or robots. These vehicles reduce the difficult and dangerous working conditions of farmers, while at the same time enabling them to work more precisely and efficiently. GPS-supported autonomous tractors, harvesters and seeders can work without human

intervention by following a specific route, ploughing and sowing the field precisely, and separating crops and stalks in the field. Figure 2 shows an autonomous tractor with GPS support. Robots that perform agricultural operations such as detecting and spraying weeds, acting as herd managers, harvesting and sowing reduce labour costs and increase productivity. These robots, which are used especially in precision agriculture applications, work with high precision in certain areas (Uzun et al., 2018; Karabay and Çavaş, 2020).



Figure 2. GPS supported autonomous tractor.

Internet of Things

With the Internet of Things (IoT) system, sensors and mobile applications can be used in various agricultural applications such as increasing yield and quality values of products, farm monitoring, remote monitoring systems, decision support tools, automatic irrigation systems, frost protection systems, fertilisation systems, temperature and humidity monitoring, precipitation monitoring, fertiliser efficiency, animal tracking, warehouse monitoring, water tank dimensions monitoring, theft detection, equipment tracking. Producers can learn the seed to be sown, the amount of fertiliser, harvest time, as well as the expected product outputs in advance (Ercan et al., 2019). Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) Applications

They are used to train producers on agricultural activities or to conduct trials by simulating different crops. These technologies facilitate the training process of producers and enable the application of new methods (Yu et. all., 2010; Anastasiou, et. all., 2023).

Cyber Physical Systems

Cyber Physical Systems are the whole of the structures that include communication and coordination between the physical world and the cyber world. The widespread use of sensors and smart machines in agriculture, the Internet of Things and rapid developments in cloud technology bring the Smart Agriculture phenomenon to the forefront. Smart Agriculture goes beyond precision agriculture with data developed with context and situation awareness triggered by real-time events, as well as variability in the field based on management tasks (Duman & Özsoy, 2019).

Big Data

Today, we encounter a lot of data in every field from internet search engines to information in every field we are curious about, online shopping, TV series/movies we want to watch, social media posts, archived photos, saved files. Big data appears in the technology that enables all this data to become meaningful and processable. Big data is a network that facilitates our work in situations where we need to make decisions or manage risk (Duman and Özsoy 2019).

In the field of agriculture, big data guides farmers based on real-time data collected, enables the production of new business models in agriculture and real-time operation decisions (Duman & Özsoy, 2019).

It is predicted that Agriculture 5.0 will be carried out with autonomous machines using artificial intelligence (İleri, 2020). Developments in autonomous driving technology have reduced costs and increased interest in autonomous tractors and robots. Integrated systems with self-learning capability are being developed for automatic route recognition and monitoring of operational boundaries. Agricultural vehicles that can "talk" and co-operate with each other on the move are preparing to replace humans (Duman and Özsoy, 2019).

4. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

While the use of smart agricultural technologies is increasing in the world, Turkey is also expected to benefit from these technological developments. However, the fragmented and small scale of the lands in Turkey, high investment costs, scarce water resources and demographic structures of the operators limit the use of smart agricultural technologies.

Although smart agricultural practices provide input savings and are environmentally friendly practices, they are expensive, which reveals the necessity of government support for the dissemination of these practices. It is recommended that support should be planned according to enterprise sizes and production activities, and incentives should be given for the use of smart agricultural technologies in small-scale enterprises. Considering the geographical differences in development between regions in Turkey, while preparing agricultural support plans, firstly, Turkey's technology map should be prepared and where and what kind of support is needed should be revealed. Thus, for example, smart livestock practices should be supported in the Eastern Anatolia Region, while smart agricultural practices for industrial crops in the Aegean Region, field crops in the Central Anatolia Region, and greenhouse cultivation in the Mediterranean Region should be supported to ensure efficient use of resources.

Smart agricultural technologies, especially in the use of unmanned aerial vehicles etc. can be made widespread by offering rental support.

It is recommended that agricultural extension activities should be carried out, agricultural organisation system should be updated, technology literacy trainings should be put into practice and land consolidation activities should be accelerated. It is thought that if young people are directed to agriculture with training and incentives because they are more prone and skilled in technology, they will progress rapidly in the production, use and promotion of smart agricultural applications.

REFERENCES

- Ağızan, K., Bayramoğlu, Z., & Ağızan, S. (2022). Akıllı Tarım Teknolojilerinin Tarımsal İşletme Yöneticiliğine Sunduğu Avantajlar. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(9), 1697-1706.
- Akkamış, M., & Çalışkan, S. (2020). İnsansız hava araçları ve tarımsal uygulamalarda kullanımı. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 8-16.
- Anastasiou, E., Balafoutis, A., T., Fountas, S. (2023). Applications of extended reality (XR) in agriculture, livestock farming, and aquaculture: A review, *Smart Agricultural Technology*, Volume 3, 100105, ISSN 2772-3755, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100105>.
- Ataç, Ş., & Kayabaşı, A. (2023). Görüntü işlemeyle dayalı yapay zekâ teknikleri kullanılarak rekolte tahmini: Elma ağacı uygulaması. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(1), 67-84.
- Aydınbaş, G. (2023). A Study on Smart Agriculture (Agriculture 4.0) from an Economic Perspective. *BİLTÜRK Journal of Economics and Related Studies*, 5(2), 63-86. <https://doi.org/10.47103/bilturk.1218500>
- Boz Yılmaz, E., & Tunalioglu, R. (2024). Akıllı Tarım Uygulamalarının Sektörel Bakış Açısıyla Değerlendirilmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(1), 55-66. <https://doi.org/10.33202/comuagri.1469974>
- Çakmakçı, M. F., & Cakmakci, R. (2023). Uzaktan Algılama, Yapay Zeka ve Geleceğin Akıllı Tarım Teknolojisi Trendleri. *Avrupa Bilim Ve Teknoloji Dergisi*(52), 234-246.
- Çam, M. (2023). İnsan Merkezli Toplumda İnovatif Tarım Uygulamaları: Kasaplar Köyü Örneği, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 154s.
- Çetin, Ç., Yaman, N., Sabah, L., Ayday, E. ve Ayday, C., (2013). Bulut Bilişim (Cloud Computing) Teknolojisinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Uygulama Olanakları, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu, 23-25 Mayıs, Trabzon.
- Ercan, Ş., Öztep, R., Güler, D., Saner, G. (2019). Tarım 4.0 ve Türkiye’de Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 25(2), 259-265. <https://doi.org/10.24181/tarekoder.650762>
- Duman, B., Özsoy, K. (2019). Endüstri 4.0 Perspektifinde Akıllı Tarım, 4th International Congress On 3d Printing (Additive Manufacturing) Technologies And Digital Industry, 540-555.
- Ghazal, S., Munir, A., Qureshi, W., S. (2024). Computer vision in smart agriculture and precision farming: Techniques and applications, *Artificial Intelligence in*

- Agriculture, 13,64-83,ISSN 2589-7217,
<https://doi.org/10.1016/j.aiaa.2024.06.004>
- Gürsoy, Ö. B., Çolak, E., (2023). Akıllı tarım literatürünün toplumsal cinsiyet perspektifinden Türkiye bağlamında değerlendirilmesi. Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (AEÜSBED), 9(1), 185- 203.
- İleri, M. S. (2020). Türkiye Tarım Makineleri Sektörü Sektör Raporu. Tarmakbir, Ankara.
- Karabay, G. S., & Çavaş, M. (2024). Artificial Intelligence Based Smart Agriculture Applications in Greenhouses. In *2024 8th International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP)* (pp. 1-8). IEEE.
- Kaymak, A. M., Örnek, M. N., Kahramanlı, H., (2019). Görüntü İşleme Teknolojilerinin Elma Bahçelerine Yönelik Kullanım Örneği, Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi, 2(1), 17-26.
- Mandal, S., Yadav, A., Panme, F., A., Devi, K., M., Shravan Kumar S.M., (2024). Adaption of smart applications in agriculture to enhance production, Smart Agricultural Technology, Volume 7, 100431, ISSN 2772-3755, <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100431>.
- Naseri, Z., Saner, G. (2017). Uşak İlinde Buğday Üreticilerinin Olası Kuraklık Sigortasını Benimsemesinde Etkili Olan Faktörlerin Analizi. Balkan ve Yakınoğu Sosyal Bilimler Dergisi, 03 (02): 169-180.
- Özguven, M. M., Türker, U., Akdemir, B., Çolak., A., Acar, A., Öztürk, R., & Eminoğlu, M. B. (2020). Tarımda Dijital Çağ. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, 55.
- Rathor, A. S., Choudhury, S., Sharma, A., Nautiyal, P., Shah, G. (2024). Empowering vertical farming through IoT and AI-Driven technologies: A comprehensive review, Heliyon, 10(15) e34998, ISSN 2405-8440, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34998>
- Saygılı, F., Kaya, A.A., Tunalı Çalışkan, E., Erdölek Kozal, Ö. (2019). Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0. İzmir Ticaret Borsası, İzmir. ISBN 978-605-137-710-0
- Şengül, Z., Yücel, B. (2022). Hassas Arıcılık Teknolojileri, Biyosistem Mühendisliği Akademik Çalışmaları I, Ed. Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN, İksad Publishing House, ISBN: 978-625-6955-97-4, Bölüm 7, 135-154.
- Urbahs, A., Jonaite, I. (2013). Features of the use of unmanned aerial vehicles for agriculture applications. AVIATION, 170-175.
- Uzan, H. K. (2023). Sürdürülebilir Kalkınma Çerçevesinde İklim Değişikliğinin Kırsal Kalkınmaya Etkisi. *Fiscaoeconomia*, 7(3), 2250-2272.

Yu, F., Zhang, J. F., Zhao, Y., Zhao, J. C., Tan, C., & Luan, R. P. (2010). The research and application of virtual reality (VR) technology in agriculture science. In *Computer and Computing Technologies in Agriculture III: Third IFIP TC 12 International Conference, CCTA 2009, Beijing, China, October 14-17, 2009, Revised Selected Papers 3* (pp. 546-550). Springer Berlin Heidelberg.

BÖLÜM 3

YABANCI OTLARDA DNA HASARININ COMET ASSAY YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

Doç. Dr. Emine KAYA ALTOP¹

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
kayae@omu.edu.tr (Orcid ID: 0000-0002-0987-9352)

GİRİŞ

Canlı organizmalarda genetik hasarın kabul edilebilir seviyesini belirlemek, genotoksinlere duyarlılığı yüksek türleri tespit etmek ve çevreye yayılan kimyasal maddeleri etkili bir şekilde kontrol altında tutmak amacıyla çeşitli moleküler ve sitogenetik teknikler, tek başına ya da kombinasyon halinde kullanılmaktadır (Beranek, 1990; Fenech, 1993). Günümüzde toksik ajanların genotoksitesini belirlemeye yönelik yapılan araştırmalar önemli bir hız kazanmış olup, sitogenetik yöntemler ile alkali ortamda DNA elektroforezinin yapıldığı comet assay tekniği, araştırmacılar tarafından tercih edilen başlıca yöntemler arasında yer almaktadır (Giovannelli, 2003; Collins, 2002).

Single Cell Gel Electrophoresis (SCGE) ya da 'Mikrojel Elektroforez Tekniği' olarak bilinen Comet Assay, sitogenetik yöntemlerin en günceli olup, mutajenik ve kanserojen bileşiklere maruz kalan popülasyonların biyolojik izlenmesinde geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu teknik, DNA sarmal kırılmalarını tespit etmek için hassas, hızlı ve güvenilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Fairbairn ve ark., 1995; Horoz ve ark., 2006). İlk olarak insan hücrelerinde DNA tek sarmal kırılmalarını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Hafif alkali koşullarda agarozda liziz edilen hücreler üzerindeki DNA hasarı bu yöntemle tespit edilmiştir. Nötralizasyon sonrasında akridin oranj ile boyanan DNA, çift ve tek zincir kırıklarını yeşil ve kırmızı floresan oranlarına göre fotometre ile ölçülerek belirlenmiştir. Sonrasında Mikrojel Elektroforez Tekniği olarak uygulanmıştır. Teknikte, hücreler mikroskop lamındaki agarozda gömülme ve deterjan ile yüksek tuz uygulanarak liziz edilmektedir; nötral koşullarda (pH: 9.5) yapılan elektroforez sonucu DNA serbest kalmaktadır. Ancak gama ışınlarına maruz bırakıldığında bile elektroforez sırasında DNA zincirlerinin serbest kalmadığı gözlemlenmiştir.

Elektroforez sonrasında, DNA etidyum bromür ile boyanmakta ve baş ve kuyruktan oluşan bir "comet" (kuyruklu yıldız) görüntüsü elde edilmektedir. DNA kırık içeriyorsa, gevşemiş ve kırılmış DNA fragmanları elektrik yükü kazanarak anoda doğru göç etmekte ve bu da kuyruklu yıldız şeklini oluşturmaktadır. Bu nedenle hasarlı hücreler "COMET" olarak adlandırılmaktadır. DNA hasarını belirlemek amacıyla kuyruk uzunluğu ölçülmekte olup, bu uzunluğun radyasyon dozu ile ilişkilendirildiği ifade edilmektedir. Ancak DNA çift zincir kırıklarını saptamaya yönelik nötral koşullar, tek zincir kırıklarının belirlenmesine izin vermemektedir. Fakat DNA

hasarı oluşturan çoğu ajan tek zincir kırıklarına sebep olmaktadır. Ayrıca nötral koşullarda proteinlerin tam olarak uzaklaştırılmadığı gözlemlenmiştir (Ostling ve ark., 1984).

Mikrojel Elektroforez tekniğinde nötral pH koşullarında gerçekleştirilen lizis işleminde DNA baz çiftleri ayrılmadığı için yalnızca çift zincir kırıkları tespit edilmiştir (Kassie, 2000). Teknik, daha sonra alkali koşullarda 1 saatlik lizis işlemi ile modifiye edilerek DNA çift sarmalının açılması sağlanmış ve böylece alkali koşullarda belirlenebilen hasarlar, DNA çapraz bağları ve tamamlanmamış eksiyon tamir bölgelerinin tespitine olanak tanımıştır (Singh ve ark., 1988).

1. DNA HASARI VE GENETİK TOKSİSİTE

Genetik bilgiyi taşıyan DNA, yapısal olarak kırılabilir bir molekül olup, sürekli olarak çeşitli hasarlara maruz kalır. Bu hasar, DNA'nın kimyasal ve fiziksel yapısındaki değişikliklerle tanımlanabilir. Her ne kadar DNA onarım sistemleri bu hasarları onarmaya çalışsa da, aşırı hasar ya da onarım sistemlerinin yetersiz kaldığı durumlarda DNA üzerindeki bozulmalar, hücre ölümüne kadar varabilecek ciddi etkilere yol açabilir (Ames ve Shigenara, 1992; Kılınç ve Kılınç, 2002; Andican ve Burçak, 2004).

Genotoksisite, DNA moleküllerinin toksik ajanlarla (genotoksinler) etkileşimi sonucu meydana gelen ve gelecekteki nesillere taşınabilecek toksik etkiler olarak tanımlanmaktadır.

1.1. DNA Hasarına Neden Olan Etkenler

1.1.1. Kimyasal Mutajenler

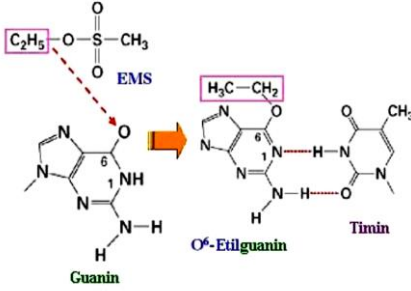
1.1.1.1. Baz Analogları

Pürin veya pirimidin yapılarına benzeyen ve DNA replikasyonu sırasında normal bazların yerine geçerek DNA dizisine katılan kimyasal maddelerdir. Bu maddeler, transisyonel mutasyonlar ve spontan tautomerik dönüşümler oluştururlar.

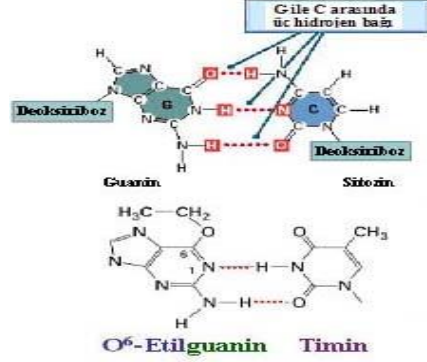
1.1.1.2. DNA Bazlarının Yapısını ve Eşleşme Özelliklerini Değiştiren Kimyasal Maddeler

Nitröz asit, deaminasyon yoluyla hipoksantine dönüşerek mutasyona yol açar. Nitrozoguanidin, metil metansülfonat ve etil metansülfonat gibi bileşikler, bazlarla etkileşerek onlara metil veya etil grubu ekler (Şekil 1). Alkillenen bazlar,

bazsız bölgeler oluşturarak DNA'da rekombinasyona ya da hatalı baz eşleşmesine neden olabilir (Şekil 2).



Şekil 1. Etil metansülfonatın guanin üzerine etil grubu bağlaması



Şekil 2. DNA replikasyonu sırasında bazların yanlış eşleşmesi

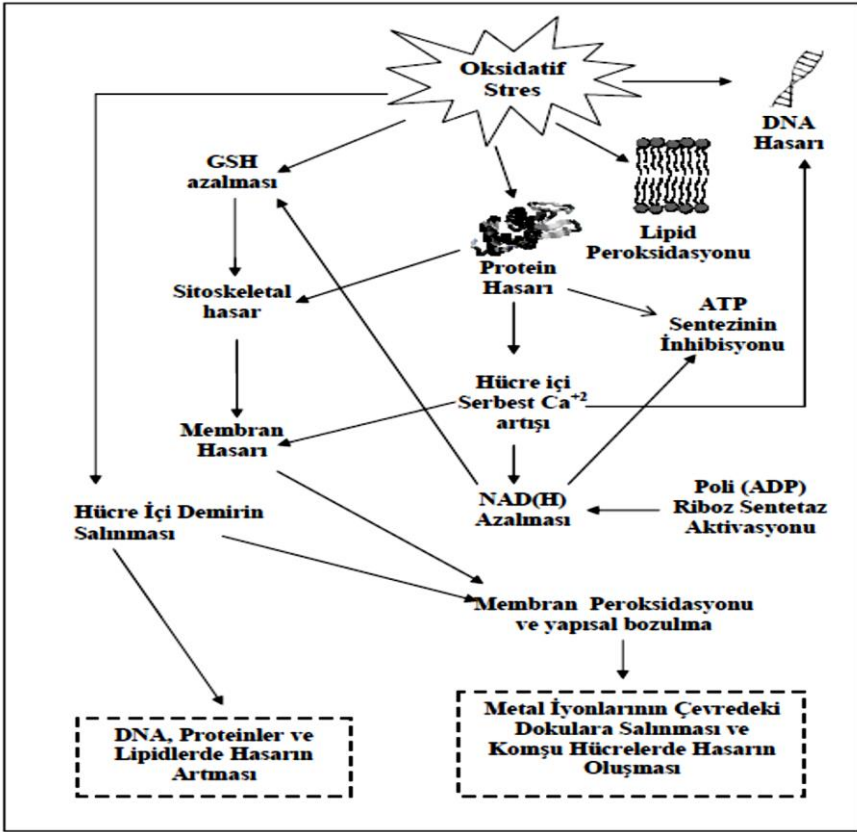
1.1.1.3. İnterkalasyon Etkenleri

DNA çift sarmalının arasına girerek DNA'nın yapısında gerilmeye yol açan ve DNA polimerazının hata yaparak fazla nükleotid eklemesine neden olan moleküllerdir. Sonuç olarak, bu durum çerçeve kayması mutasyonlarına yol açar

1.1.1.4. DNA Yapısını Değiştiren Etkenler

Bu grup, büyük molekülleri (örneğin NAAAF) bazlara bağlayan, çapraz bağlar oluşturan psoralenler ve DNA çift zincir kırıkları meydana getiren peroksit gibi kimyasalları içerir. Bunlar, doğrudan mutasyon yaratmasalar da, mutajenik onarım mekanizmalarını başlatırlar. Oksijen tüketimi ile birlikte, aerobik organizmalarda %1-2 oranında reaktif oksijen metabolitleri (ROM) oluşur. Mitokondriyal elektron taşıma, ksenobiyotik metabolizma ve fagositik aktivasyon gibi biyolojik süreçler ROM üretimini tetikler. Prooksidan ve antioksidan arasındaki dengenin prooksidanlar lehine kayması, hücre içindeki biyomoleküllere zarar verir (Cooke ve ark., 2003; Andican ve Burçak, 2004). Oksidatif stres, serbest radikal üretiminin hücresel lipid peroksidasyonuna yol açtığı bir durumdur ve toksikolojik araştırmaların önemli bir alanıdır (Mercan, 2004).

Serbest radikaller, eşlenmemiş elektronları bulunan moleküller olup, bu elektronlarını diğer moleküllerle paylaşmak amacıyla hızlıca reaksiyona girer. Bir radikalin etkileşimi, antioksidan sistem devreye girene kadar zincirleme bir reaksiyon şeklinde devam eder (Akkus, 1995; Aydılek ve Aksakal, 2003). Serbest radikallerin aşırı üretimi, biyomoleküllerde geniş çaplı hasara yol açar, özellikle lipidler bu radikallere karşı çok hassastır. Serbest radikallerin hücresel hedefleri Şekil 3'te özetlenmiştir (Aruoma, 1991; Mavi, 2006).

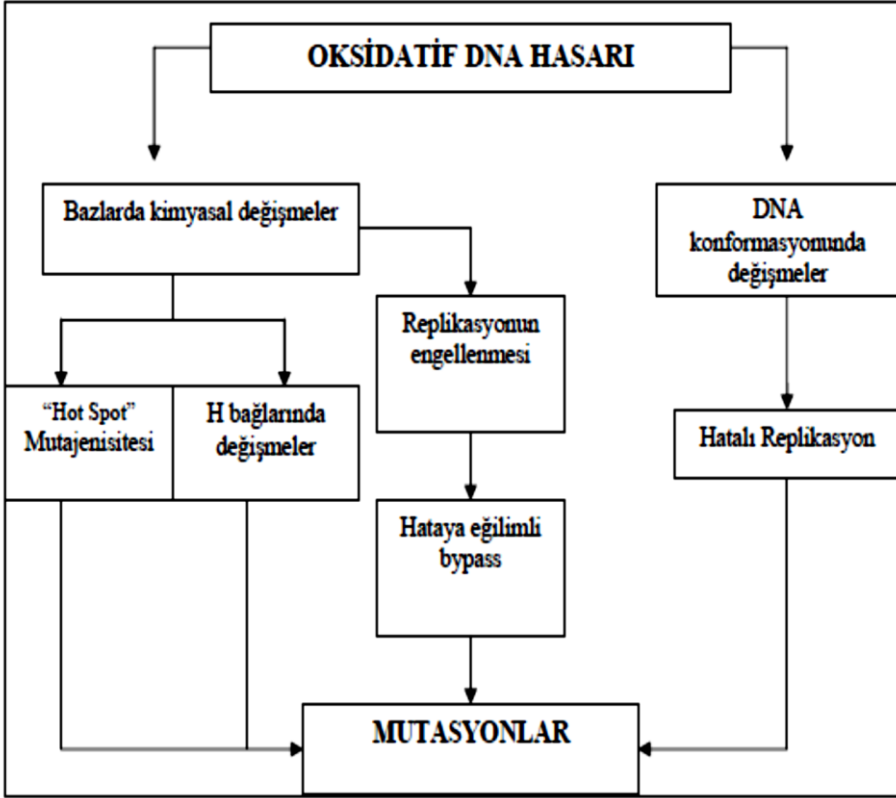


Şekil 3. Oksidatif stresin neden olduğu hücre hasarları

Hidroksil radikali, DNA'nın pürin ve pirimidin bazlarıyla ve deoksiriboz iskeletiyle etkileşerek yapısal hasara yol açar (Dizdaroğlu ve ark., 2002). Oksidatif DNA hasarı sonucu oluşan ürünler ve genetik hasar mekanizmaları, Şekil 4'te yer almaktadır (Willcox ve ark., 2004).

Serbest radikallerin nükleer DNA'ya olan etkileri çok sayıda çalışma ile

ortaya konmuş olsa da, mitokondriyal DNA üzerinde de hasara yol açtıkları gösterilmiştir. DNA'nın nükleer DNA'ya kıyasla daha fazla oksidasyona uğradığını ve bunun, mitokondrilerin yüksek oksijen tüketimi, sınırlı onarım kapasitesi ve histon koruması eksikliği gibi faktörlerle ilgili olduğunu belirtmişlerdir (Inoue ve ark., 2003).

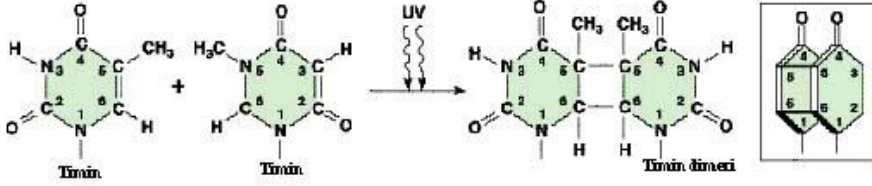


Şekil 4. Oksidatif stres ve mutasyonların oluşumu

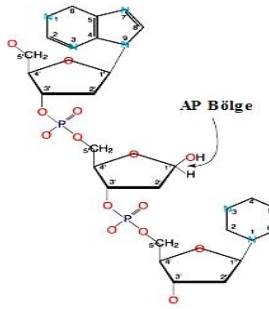
1.1.2. Radyasyon

İyonize radyasyona neden olan X ve Gamma ışınları, farklı biyolojik moleküllerle etkileşerek reaktif iyonlar üretir. Bu iyonlar, DNA'da baz hasarı, zincir kırıkları, kromozom kayıpları ve çapraz bağlanmalar gibi hasarlara yol açarken, DNA tarafından yüksek oranda emilen Ultraviyole (UV) UV-C (~260 nm) ve UV-B ışınları, pirimidin dimerleri oluşturarak replikasyonu ve transkripsiyonu engeller (Şekil 5-6) (Christmann, 2003). Nükleik asit bazlarının UV ışığı absorplaması sonucu kimyasal değişiklikler yani UV hasarı meydana

gelebilmektedir.



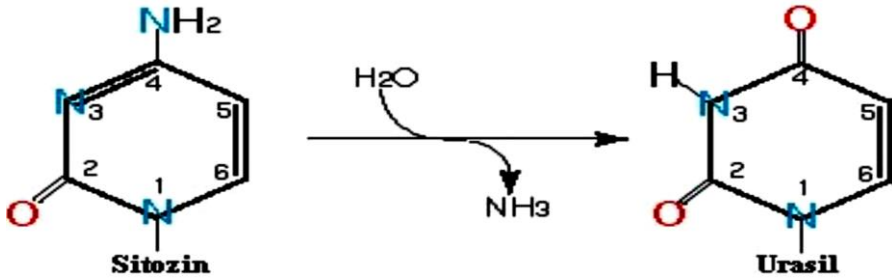
Şekil 5. UV ışını etkisi sonucu timin dimerlerinin oluşumu



Şekil 6. Pürin/pirimidin baz kaybı ile AP (Apürinik/Pirimidinik) bölgelerin oluşumu

1.1.3. Baz Modifikasyonu

Deaminasyon olarak ifade edilen nükleik asitlerdeki primer amino gruplarının stabil olmaması, yapısal değişimlere ve hasara yol açmaktadır (Şekil 7). Aynı zamanda nükleik asitler, kimyasal etkenlerle meydana gelen çok sayıda modifikasyona da duyarlıdır.



Şekil 7. Deaminasyon sonucu sitozinden Urasil oluşumu

1.1.4. Replikasyon Hataları

DNA replikasyonu sırasında hatalı baz eşleşmeleri veya küçük baz giriş/çıkışları meydana gelebilir. DNA polimerazın hata kontrol mekanizmalarına rağmen, replikasyon süreci mükemmel değildir ve hatalar hücrenin tamir sistemleri tarafından düzeltilir (Bütüner, 2006).

1.1.4.1. Zincirler Arası Çapraz Bağlar

İyonize radyasyon, UV ışınları ve psoralen gibi alkilleyici etkenler, zincirler arası çapraz bağlar oluşturarak DNA hasarına yol açar (Bütüner, 2006).

1.1.4.2. DNA-Protein Arası Çapraz Bağlar

DNA topoizomerazlar, enzimatik aktiviteleri sırasında geçici kovalent bağlar kurar ve bu bağlar, alkilleyici etkenler veya radyasyonla stabil hale gelebilir (Bütüner, 2006).

1.1.4.3. Zincir Kırıkları

Tek veya çift zincir kırıkları, nükleazlar, topoizomerazlar, replikasyon çatalı veya onarım işlemleri sırasında oluşabilir. İyonize radyasyon ve bazı kimyasallar da bu kırıklara yol açabilir (Christmann, 2003; Friedberg, 2003).

2. COMET ASSAY TEKNİĞİ

Comet Assay yöntemi, DNA sarmal kırıklarının tespit edilmesinde oldukça hassas, hızlı ve güvenilir bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Fairbairn ve ark., 1995). DNA'daki sarmal kırıkları ölçen teknikler, genellikle bu kırıklara neden olan etkenlerin DNA molekül yapısını küçültmesi ilkesine dayanır. Tek ve çift sarmal kırıkları, kromatin yapısında farklı değişiklikler oluşturabilir. Tek sarmal kırıkları ölçmeye yönelik tekniklerde, çift sarmalın açığa çıkarılması gereklidir.

DNA'nın çift sarmal yapısının çözülmesi ve tek sarmal kırıklarının yanı sıra sadece alkali ortamda açığa çıkan kırıkların saptanması için yüksek pH kullanılır (Fairbairn, 1995). Çeşitli kimyasal maddelerin, DNA'da çift sarmal kırıklara oranla 5 ila 2000 kat daha fazla tek sarmal kırıklarına neden olabileceği göz önüne alındığında, nötral ortamların DNA hasarını belirlemede alkali koşullar kadar duyarlı olmayacağı anlaşılır (Singh ve ark., 1988). Bu yöntem, bugün bazı adımlarda yapılan değişikliklerle yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Kassie ve ark., 2000).

Elektroforez sırasında, DNA'nın negatif yüklü kırık uçları pozitif yüklü anoda doğru göç ederek kuyruklu yıldız benzeri bir görüntü oluşturur. DNA'nın

göç miktarı, kırık sayısına bağlıdır. Kuyruk uzunluğu, DNA'daki hasar derecesi ile birlikte artar, ancak elektroforez koşullarına göre belirli bir noktada maksimuma ulaşır. Düşük hasar seviyelerinde DNA daha çok yayılma eğilimindeyken, kırıkların sayısı arttıkça DNA parçaları kuyruğa doğru göç eder (Fairbairn, 1995).

Floresans yoğunluğunun kuyruktaki ve hücrenin baş kısmındaki kıyaslaması, sarmal kırıklarının miktarına dair bilgi verir. Hasarsız hücrelerde çekirdek yoğun bir parlaklık gösterir, ancak DNA kırıkları olduğunda floresans, çekirdekte anoda doğru yayılır ve kuyrukta yoğunlaşır. Bu nedenle, comet tekniği hasarlı hücrelerde floresansın kuyrukta yoğunlaşmasını temel alarak DNA hasarını kantitatif olarak saptamada önemli parametreler olarak kuyruk momentini, kuyruktaki DNA yüzdesini ve kuyruk uzunluğunu dikkate alır (McKelvey-Martin ve ark., 1993).

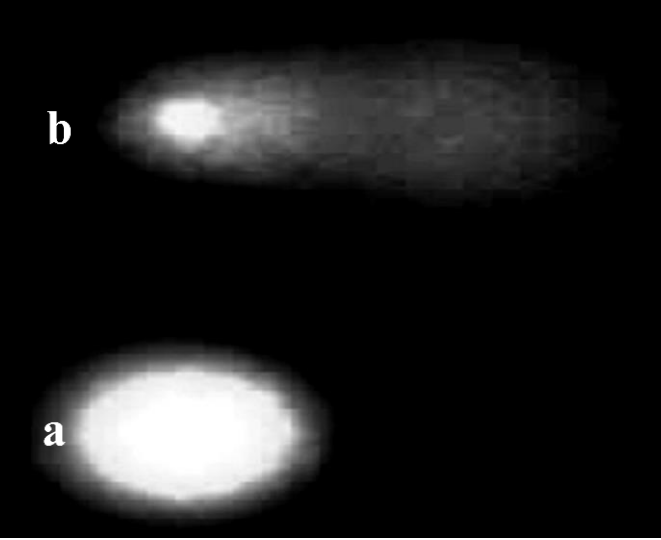
2.1. Comet Assay Tekniğinin Kullanım Alanları

DNA hasarı ve onarımı üzerine yapılan çeşitli deneylerde kullanılan comet assay, genotoksisite çalışmaları ve DNA onarım mekanizmalarının incelenmesinde giderek daha çok tercih edilen bir yöntemdir (Collins ve Harrington, 2002; Cebulska-Wasilewska, 2003; Collins, 2004; Moller, 2006a). Bu yöntem, mutajenik etkiler, herbisitlerin etkileri, bitki özleri ve kanserojen bileşiklerin sitogenetik etkilerini araştırmak amacıyla sıkça uygulanmıştır (Ali ve Cigerci, 2017; Ali ve Cigerci, 2019; Drif ve ar., 2019; Liman ve ark., 2021a; Liman ve ark., 2021b; Fidan ve ark., 2022). Comet assay tekniği, tek hücre süspansiyonları şeklinde hazırlanabilen hemen hemen her ökaryotik hücrede DNA hasarı ve onarımını saptamaktadır. Küçük hacimli örneklerle çalışılabilir ve sonuçlar bir gün içinde elde edilebilir. Bu yöntem, duyarlılık açısından alkali elüsyon gibi diğer uzun DNA analiz yöntemleriyle kıyaslanabilir (Sardas, 1997).

2.2. Uygulama Protokolü

Bu yöntemin uygulama sürecinde iki tür jel modeli vardır: Tek tabakalı jel ve sandviç jeller. Genellikle sandviç jeller tercih edilmektedir. Tek hücreler veya çekirdekçikler, en az bir saat süreyle, pH>10-12 olan bir agarozaya yerleştirilir ve ardından yüksek tuz ile deterjan içeren bir lizis solüsyonunda bekletilir. Elektroforez öncesinde, lamlar DNA sarmalının ayrışması için alkali elektroforez solüsyonunda bekletilir; bu solüsyon, pH>12 ve düşük tuz konsantrasyonunda olmalıdır. DNA göçünü etkilediğinden, elektroforez sırasında standart bir süre ve

voltaj değeri kullanılmalıdır. Elektroforez işlemi sonrasında lamların temizlenmesi için genellikle tris tamponu tercih edilir. Son olarak, DNA bağlayıcı floresan boyalar (etidium bromid, akridin oranj, propidyum iyodit, DAPI gibi) kullanılarak floresan renklendirme yapılır (Singh, 1996; Gichner ve ark., 2006). Hasarsız DNA, elektroforezde hareket ederken bütünlüğünü korur ve kuyruk yapmazken, hasarlı DNA'nın parçalanmış fragmanları moleküler ağırlık ve elektriksel yük farklılıkları nedeniyle elektrik alanında farklı hızlarda ilerler ve kuyruklu bir görünüm ortaya çıkarır (Balajee, 2000) (Şekil 8).



Şekil 8. Normal (a) ve Hasarlı DNA (Comet) (b)

Bu ölçüm tekniğinin uygulama basamakları, laboratuvar koşullarına göre çeşitlilik gösterse de, Tice ve ark. (2000) yöntemin ana aşamalarını hücre izolasyonu, slayt hazırlama, lizis, DNA sarmalının çözülmesi, elektroforez, nötralizasyon, boyama ve değerlendirme olarak sıralamıştır (Şekil 9) (Balajee, 2000).



Şekil 9. Comet assay tekniğinin genel basamakları

2.2.1. Comet Assay Tekniğinde Kullanılabilen Hücre Tipleri

Comet Assay yöntemi, insan, hayvan, bitki hücreleri ve doku kültürü örnekleri gibi pek çok farklı hücre türünü in vitro araştırmalarda kullanabilmektedir. Özellikle bitkilerde doz-yanıt testleri yapılırken, doku kültüründen elde edilen bitki dokularının kullanımı daha verimli sonuçlar sağlamaktadır (Tice ve ark., 2000).

2.2.2. Preparatların Hazırlanması

Preparat hazırlamak için genellikle mikroskop lamaları kullanılır, bu da jel içeriğinin homojen olmasını sağlar. Bu amaçla, 80 µl %1 düşük eriyen agaroz jel (NMP) PBS'de (fosfat tamponlu tuz çözeltisi) hazırlanarak dondurulmuş bir lam üzerine pipetle damlatılır ve bir lamelle kapatılır. Beş dakika 2-4 °C'de

soğutulduktan sonra lamel çıkarılarak ilk agaroz katmanı oluşturulur. Hazırlanan lamalar, ikinci ve üçüncü agaroz katmanları eklenene kadar nemli ortamda saklanabilir (Ostling & Johanson, 1984; Horoz ve ark., 2000; Giovannelli ve ark., 2003).

Daha sonra, PBS'deki (10^6 hücre/ mm^3 içeren) hücre süspansiyonundan 10 μl alınarak, 37 °C'de %0.5 düşük eriyen agaroz (LMP) jel ile karıştırılır. Bu karışım, ilk agaroz katmanının üzerine yayılır ve katılması için tekrar lamelle kapatılır. Son aşamada, aynı yoğunluktaki bir başka LMP agaroz katmanı ince bir tabaka hâlinde eklenir ve lamalar tamamlanır.

2.2.3. Lize

Hücre ve çekirdek zarlarını çözmek için kullanılan lize çözeltisi sayesinde DNA iplikleri agaroz içerisinde serbest bırakılır (Horoz ve ark., 2000; Giovannelli ve ark., 2003). Bu amaçla, agaroz jel içerisine gömülmüş hücrelerin bulunduğu lamalar, yüksek tuz ve deterjan içeren soğuk bir lize çözeltisine (100 mM EDTA- Na_2 , 2.5 M NaCl, 10 mM Tris baz, %1 Triton X-100, %10 DMSO, pH 10) yaklaşık bir saat süreyle batırılır.

2.2.4. DNA'nın Çözülmesi ve Elektroforez

Elektroforezden önce, lamalar 20–30 dakika alkali bir elektroforez tamponunda (1 mM EDTA- Na_2 , 300 mM NaOH, pH 13) inkübe edilerek DNA ipliklerinin çözülmesine olanak tanınır. Tampon soğutulduktan sonra lamalar solüsyona yerleştirilir ve 5–25 °C'de 30 dakika boyunca 300 mA ve 20 V'da elektroforez yapılır (Horoz ve ark., 2000; Giovannelli ve ark., 2003).

2.2.5. Nötralizasyon

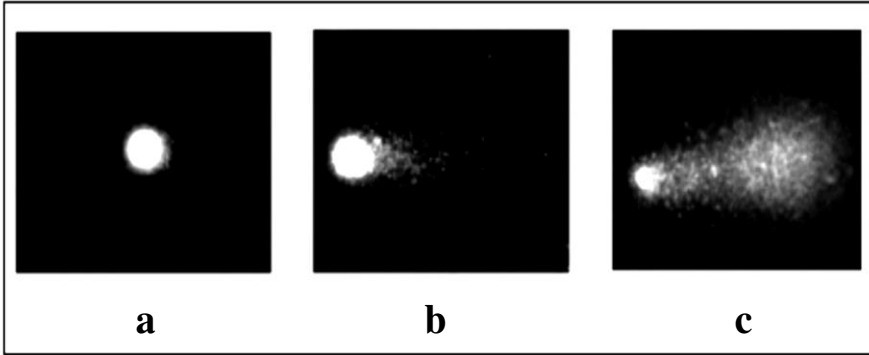
Elektroforezden sonra lamalar, alkali tampon çözeltisini uzaklaştırmak için nötralizasyon tamponu (0.4 M Tris-HCl, pH 7.5) ile üç kez (her yıkama için 3 dakika) yıkanır (Ostling & Johanson, 1984; Horoz ve ark., 2000; Giovannelli ve ark., 2003).

2.2.6. Boyama

Nötralizasyonun ardından, lamalar floresan bir boya olan etidyum bromür (5 $\mu\text{g}/\text{ml}$) ile boyanır ve dört saat içinde değerlendirilir (Koçyiğit ve ark., 2005).

2.2.7. Değerlendirme

Comet şekillerini değerlendirmek ve hasarı belirlemek için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Gelişmiş teknolojik imkanlara sahip olmayan laboratuvarlarda, hasarlı hücreler sayılarak görsel olarak değerlendirilir. Bu değerlendirmelerde, hasarsız hücreler genellikle parlak bir merkez ve daha az yoğun kenarlarla yuvarlak görünür, bu da göç olmadığını gösterir. DNA hasarı başladığında, göç, parça sayısına, DNA iplik kırıklarına ve alkali-labile bölgelerin miktarına göre değişir. Görüntü, düzgün kenarlı iken düzensiz hale gelir ve parçalar çekirdek dışında göç eder. Bu görünüm, "uzama" veya "düşük göç" olarak adlandırılır ve ciddi hasar durumunda daha belirgin bir "comet" şekline dönüşür. Apoptoz ile sonuçlanan ciddi hasarlarda görüntü tamamen bozulur. Kuyruktaki floresan yoğunluğu hasar seviyesine karşılık gelir (Şekil 10) (Ertürk, 2001).



Şekil 10. DNA göçü yok (a), Düşük göç (b) ve yüksek DNA göçü (c)

Değerlendirme yöntemlerinin en basitlerinden biri, hasar derecelerini genellikle dört ya da beş kategoriye ayırarak cometlerin gözle ampirik olarak kaydedilmesidir (Klaude ve ark., 1996). Görsel analizde, hücrelerin göçü sıklıkla kuyruk uzunluklarına göre sınıflandırılarak ayrılabilir.

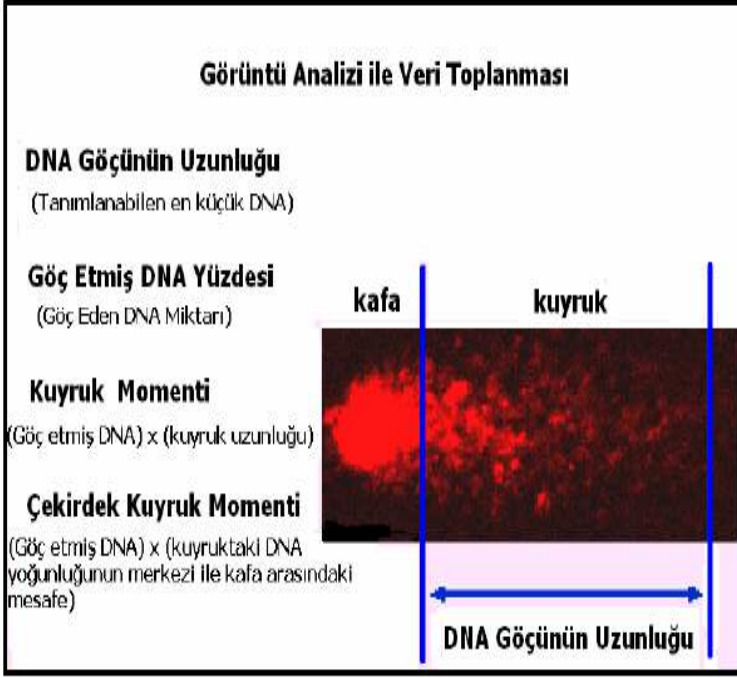
Gözle yapılan değerlendirmelerde hücreler iki ana gruba ayrılır: hasarlı ve hasarsız. Hasarlı hücreler, hasar seviyelerine göre farklı kategorilere bölünebilir. Bazı çalışmalar, hücreleri hasarsız, az hasarlı ve yüksek derecede hasarlı olmak üzere üç kategoriye ayırırken (Kobayashi ve ark., 1995), başka çalışmalarda bu sınıflandırma beş kategoriye çıkarılmıştır. Ayrıca mikroskop okülerlerine yerleştirilen ve mikron seviyesinde ölçüm yapabilen cetveller de kullanılabilir.

Görsel değerlendirme, hızlı bir yöntem olup (5 dakikadan kısa sürede 1000 hücre sayılabilir) bilgisayar yazılımı gerektirmediği için ekonomik ve pratik bir seçenektir (Shigenaga ve Ames, 1991; Sardas ve ark., 1995, 1997).

Comet tekniğiyle DNA hasarını kantitatif olarak değerlendirmede görsel analiz dışında, gelişmiş laboratuvarlarda kamera bağlı bilgisayar destekli Comet Görüntü Analiz Programları kullanılarak daha doğru ve objektif sonuçlar elde edilebilmektedir (Bootsma, 1993). Bu değerlendirmede en yaygın kullanılan parametreler kuyruklu hücrelerin oranı, kuyruktaki DNA yüzdesi, kuyruk uzunluğu ve kuyruk momentidir.

Bir bölgedeki DNA miktarı, o bölgedeki floresan yoğunluğuyla doğru orantılıdır. Bu özellik, dijital görüntüleme sistemlerinin ve analiz yazılımlarının ilerlemesiyle daha hassas ve güvenilir sonuçlar alınmasını sağlamıştır. Hasarlı hücrelerin baş uzunluğu, baş ve kuyruktaki DNA yüzdesi, kuyruk uzunluğu ve kuyruk momenti gibi çeşitli comet parametreleri ölçülebilir. Bunlar arasında en sık kullanılan parametreler kuyruk momenti ve kuyruk uzunluğudur, ancak giderek daha yaygın kullanılan parametre kuyruk DNA yüzdesidir. Çünkü bu parametre, cometlerin görünür kısmını temsil eder ve DNA kırıklarının sıklığı ile doğru orantılıdır. Kuyruk momenti, kuyruk uzunluğunun kuyruktaki toplam DNA yüzdesiyle çarpımı olarak tanımlanır (Şekil 11).

Son yıllarda ise ölçümler, lazer taramalı mikroskop (LSM) teknolojisiyle geliştirilmiş, bu sayede DNA kırıklarındaki farklılıklar kolayca belirlenebilir hale gelmiştir (Kobayashi ve ark., 1995).



Şekil 11. Görüntü analizi ile veri toplanması

Doz-yanıt ilişkisinin daha iyi yansıtılması için kuyruktaki DNA yüzdesinin belirlenmesinde Comet Görüntüleme Analiz Programları veya görsel değerlendirme yöntemleri sıklıkla tercih edilmektedir. Elde edilen verilerin istatistiksel analizinde ise en yaygın olarak kullanılan yöntem, nonparametrik “Kruskal-Wallis tek yönlü sıralı ANOVA” yöntemidir (Olive, 1999; Moller, 2006a, b).

2.3. Comet Tekniğini Etkileyen Faktörler ve Tekniğin Avantajları

Tekniğin uygulama farklılıkları sonuçları etkileyebilir. Örneğin, elektroforez koşulları (süre, voltaj), lyzing çözeltisinin özellikleri (tuz oranı, süre, pH) yöntemin hassasiyetini doğrudan etkileyebilmektedir. Bu yüzden deneylerdeki koşulların standartlaştırılması önem taşır. İn vivo modellerde farklı dokulara uyarlanabilmesi, bu yöntemi yalnızca hızlı bölünen hücrelerde kullanılabilen diğer genotoksisite testlerine göre daha avantajlı kılar. Comet

teknîği, belirli bir doku hasarını belirleme özelliği sayesinde genotoksisite testi olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir (Fairbairn, 1995; Kassie, 2000).

Comet Tekniğinin Başlıca Avantajları

- Düşük seviyedeki hasarı da algılayabilen yüksek hassasiyete sahip bir yöntemdir (Yen ve ark., 2001).
- Az sayıda hücre örneği gerektirdiği için hızlı, basit ve ekonomik bir tekniktir.
- Tüm ökaryotik hücre tiplerine uygulanabilir.
- Az hücre ile uygulanabilen bir testtir.
- Güvenilir ve hassas sonuçlar verir.
- Tek bir hücre düzeyinde detaylı bilgi sağlayabilir.
- Endüstriyel toksikoloji, çevresel toksikoloji, genetik toksikoloji, insan ve bitki biyoizleme, DNA onarımı ve hasar mekanizmalarını inceleyen araştırmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Gichner ve ark., 2004, 2006; Dikilitaş ve ark., 2003, 2009).

3. COMET ASSAY TEKNİĞİNİN HERBOLOJİ ALANINDA UYGULANMASI

Herboloji alanında comet assay tekniği son yıllarda, herboloji alanında yaygınlaşmıştır. Bu yöntem, yabancı otların indikatör bitki olarak kullanımının değerlendirilmesinde, pestisit denemelerinde doz-yanıt çalışmaları için, yabancı otların içerdiği allelokimyasal maddelerin toksik etkilerinin analizinde ve yabancı ot-bitki etkileşimlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, özellikle herbisitlerin neden olduğu DNA hasarı ve mutasyonları tespit etmek için stres faktörleri ve genotoksinlerin bitkiler üzerindeki etkilerini değerlendirmekte de kullanılmaktadır (Gichner ve ark., 2003; Cigerci ve ark., 2022).

Vicia faba L. köklerinin metil metan sülfonat (MMS), etil metan sülfonat (EMS), mitomisin C, sikloheksimid, kadmiyum klorür, potasyum dikromat ve krom klorür gibi kimyasallara uzun süre maruz kalmasının, bitkilerde anlamlı düzeyde DNA hasarına neden olduğu belirlenmiştir (Singh ve ark., 1988).

Nicotiana tabacum L. köklerine EMS uygulandığında yapılan alkali comet assay testinde, EMS'in optimum dozunun bile bitkide mutasyona yol açtığı gözlemlenmiştir. Çalışmada, comet kuyruk momenti ile yapraklardaki mutasyon sıklığı arasında yüksek bir korelasyon olduğu bildirilmiştir (Gichner ve Plewa,

1998).

Allium cepa L. köklerine iyonize radyasyon uygulaması sonrası, kromozom mutasyonları gözlenmiş ve bu mutasyonların alkali comet assay yöntemi ile tespit edilebileceği belirtilmiştir (Singh ve ark., 1988; Liman ve ark., 2021 a,b).

Yakın dönemde, hem tarım alanlarında sorun oluşturan hem de çeşitli tıbbi faydaları olan yabancı ot bitkilerinin genotoksik etkilerini araştırmak için çalışmalar yapılmaktadır. *Celastrus paniculatus* L., *Picrorhiza kurroa* L. ve *Withania somnifera* L. bitkilerinin metanolik ekstraktlarının serbest radikal süpürücü kapasiteleri ile hidrojen peroksit kaynaklı sitotoksikite ve DNA parçalanması üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, *Picrorhiza kurroa* Royle ex Benth. ekstresinin en güçlü etkiye sahip olduğunu göstermiştir ve bu etki, hidrojen peroksit ile yapılan sitotoksikite testleri ile doğrulanmıştır (Russo, 2001).

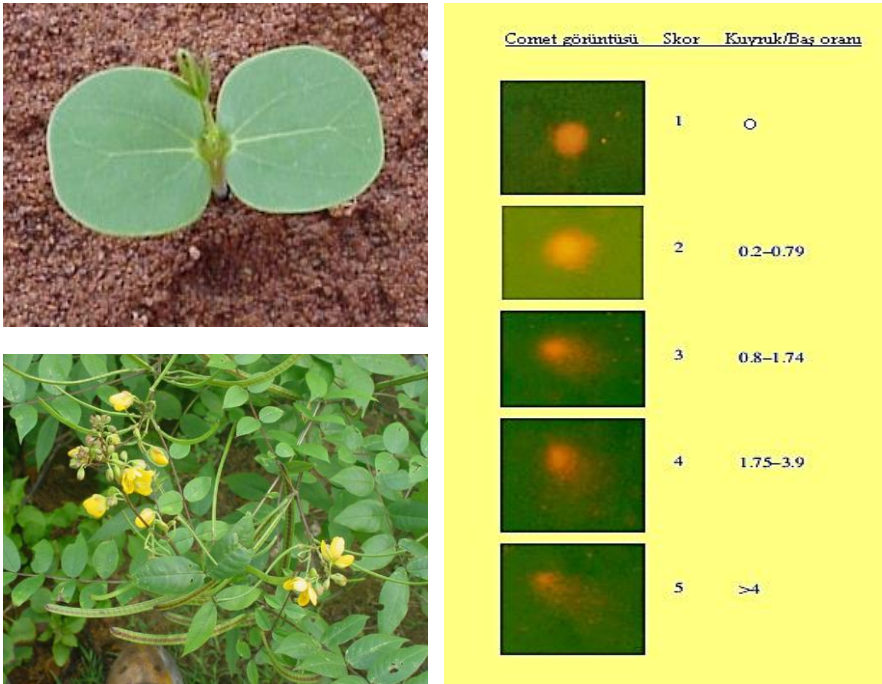
Türkiye’de yetişen bazı bitkilerin sulu ekstraktlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, *Urtica dioica* L. ve *Plantago major* L. sulu ekstraktlarının genotoksik etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, fenolik maddelerden zengin olan etil asetat fraksiyonunun toksik etkisinin düşük olduğu ve negatif kontrolle yakın değerlere sahip olduğu gözlemlenmiştir (Anderson, 1997).

Çizelge 1. Türkiye’de Kullanılan Bitkisel Ürünlerin Genotoksik Etkileri

Bitki Adı	Kuyruk Momenti \pm S.H.
<i>Arctium minus</i> (Hill) Bernh.	9,29 \pm 4,74
<i>Ecballium elatterium</i> (L.) A. Rich.	9,11 \pm 6,04
<i>Momordica charantia</i> L.	6,12 \pm 1,35
<i>Plantago majör</i> L.	13,73 \pm 7,46
<i>Urtica dioica</i> L.	22,09 \pm 1,23
<i>Viscum albüm</i> L.	8,03 \pm 2,82
<i>Salvia triloba</i> L.	13,06 \pm 4,54
<i>Euphorbia rigida</i> M.Bieb.	10,38 \pm 0,94
H ₂ O ₂ (+) Kontrol	13,18 \pm 1,45
DMSO (-) Kontrol	1,83 \pm 0,80

Prunus persica L. çiçeklerinin alkollü ekstralarının UV kaynaklı DNA harabiyetini ve kanserojen etkilerini koruyucu ve önleyici olarak bulunduğu bildirilmiştir (Heo, 2001). *Solanum nigrum* L. ham meyve ekstralarının doza bağlı olarak sitotoksosite gösterdiği, hidrojen peroksit muamelesine oranla 1.7 kat daha fazla DNA hasarına yol açtığı, bu etkinin kuyruk momenti parametresiyle belirlendiği ifade edilmiştir (Yen, 2001).

Cassia occidentalis L. bitkisinin doğal koşullarda yetişen yabani popülasyonunun yapraklarındaki As (1), Co (2), Cr (3), Cu (4), Ni (5) birikimi ve bu ağır metallerin oluşturduğu DNA hasarı üzerine yapılan çalışmada en yüksek hasarın Ni metali tarafından meydana geldiği bildirilmiştir (Love ve ark., 2009).



Şekil 12. *Cassia occidentalis* Görüntüsü ve Comet Skorları

Arabidopsis thaliana (L.) Heynh., *Convolvulus arvensis* L., *Bellis perennis* L., *U. dioica*, *Lamium album* L., *Chenopodium rubrum* L., *P. media*, *Poa annua* L., *Taraxacum officinale* F.H. Wigg ve *Agropyron repens* (L.) P. Beauv gibi yabancı otlarına yabancı otlara, 2 ila 10 mM/hücre aralığındaki beş farklı konsantrasyonda etil metan sülfonat uygulandığında, doz arttıkça baş çapında azalma ve kuyruk momentinde artış gözlemlenmiştir. Bu değişimlerin çalışılan

tüm türlerde DNA hasarını temsil ettiği bildirilmiştir (Gichner, 2002).

Yapılan tüm araştırmalar, bitki sistemlerinde DNA hasarını belirlemek için comet assay tekniğinin güvenilir ve doğru sonuçlar sağladığını desteklemektedir (Koppen ve Verschaeve, 1996; Gichner & Mühlfeldova 2002; Gichner ve ark., 2003; 2006).

SONUÇ

Canlı popülasyonlarının genetik bütünlüğü, endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu kimyasal ve fiziksel genotoksinlere maruz kalma, ksenobiyotiklerin toksik etkileri, ekolojik değişiklikler ve çeşitli stres faktörleri nedeniyle giderek daha fazla baskı altına girmektedir. DNA onarım mekanizmasının yetersiz kalabileceği ciddi DNA hasarlarının tespiti için, hızlı, basit ve hassas bir ölçüm yöntemi olarak comet assay tekniği yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Özellikle herboloji alanında, yabancı otlara karşı herbisit kullanımını azaltma ve kimyasal mücadelenin alternatif yollarını geliştirme stratejilerine katkı sağlayacağı ve kullanımının daha da yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akkuş, İ. (1995). *Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkileri*. Mimoza Yayınları, 38(5), 1-123.
- Ali, M. M. & Ciğerci, I. H. (2017). Anti-cancerous efficacy of alcoholic and aqueous extracts from an endemic plant *Thermopsis turcica* on liver carcinoma. *British Journal of Pharmaceutical Research*, 16, 1-5.
- Ali, M. M. & Ciğerci, I. H. (2019). Genotoxic evaluation of an endemic plant *Thermopsis turcica* extracts on liver cancer cell line. *Pakistan Journal of Zoology*, 51(1), 355-357.
- Ames, B. N. & Shigenara, M. K. (1992). DNA damage by endogenous oxidants and mitogenesis as causes of aging and cancer. In J. G. Scandalios (Ed.), *Molecular biology of free radical scavenging systems* (pp. 1-21). Cold Spring Harbor Laboratory Press.
- Anderson, D., Başaran, N., Dobrzynska, M. M., Başaran, A. A. & Yu, T. W. (1997). Teratogenesis, carcinogenesis, and mutagenesis, 17, 45-58.
- Andican, G. & Burçak, G. (2004). Oksidatif DNA hasarı ve HPLC ile analizi. II. *Ulusal HPLC ve Diğer Separasyon Teknikleri Sempozyumu Özet Kitabı* (p. 41). Ankara.
- Aruoma, O. I., Kauai, H. & Halloween, B. (1991). Oxygen free radicals and human disease. *JR Soc Health*, 111(5), 172-177.
- Aydilek, N. & Aksakal, M. (2003). Testosteronun tavşanlarda karaciğer antioksidan sistemi üzerine etkisi. *YYÜ Vet Fak Derg*, 14(2), 22-25.
- Balajee, A. S. & Bohr, V. A. (2000). Genomic heterogeneity of nucleotide excision repair. *Gene*, 250(1-2), 15-30.
- Beranek, D. T. (1990). Distribution of methyl and ethyl adducts following alkylation with monofunctional alkylating agents. *Mutat Res*, 231(1), 11-30.
- Bootsma, D. & Hoeijmakers, J. H. (1993). DNA repair: Engagement with transcription. *Nature*, 363(6425), 114-115.
- Bütüner, D. B. & Kantarcı, G. (2006). Mutasyon, DNA hasarı, onarım mekanizmaları ve kanserle ilişkisi. *İzmir Ankara Ecz. Fak. Derg*, 35(2), 149-170.
- Cebulska-Wasilewska, A. (2003). Response to challenging dose of X-rays as a predictive assay for molecular epidemiology. *Mutat Res*, 544, 289-297.

- Christmann, M., Tomicic, M. T., Roos, W. P. & Kaina, B. (2003). Mechanisms of human DNA repair: An update. *Toxicology*, 193(1-2), 3-34.
- Çiğerci, İ. H., Taşcan, T. & Ali, M. M. (2022). Genotoxic assessment of oxadiazon and pendimethalin herbicides on *Eisenia hortensis* by comet and micronucleus tests. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 59(2).
- Collins, A. R., Dobson, V. L., Duinska, M., Kennedy, G. & Atina, R. (1997). Mutation research: Fundamental and molecular mechanisms of mutagenesis, 375(2), 183-193.
- Collins, A. R. (2004). The comet assay: Principles, applications, and limitations. *Methods Mol Biol*, 203, 163-177.
- Collins, A. R. & Harrington, V. (2002). Repair of oxidative DNA damage: Assessing its contribution to cancer prevention. *Mutagenesis*, 17, 489-493.
- Cooke, S. J., Steinmetz, J., Degner, J. F., Grant, E. C. & Philipp, D. P. (2003). Metabolic fright responses of different-sized largemouth bass (*Micropterus salmoides*) to two avian predators show variations in nonlethal energetic costs. *Canadian Journal of Zoology*, 81, 699-709.
- Dikilitas, M. (2003). Effect of salinity & its interactions with *Verticillium albo-atrum* on the disease development in tomato (*Lycopersicon esculentum*) and lucerne (*Medicago sativa* & *M. media*) plants. Ph. D. Thesis, University of Wales, Swansea, 148.
- Dikilitas, M., Kocuyigit, A. & Yigit, F. (2009). A molecular-based fast method to determine the extent of DNA damages in higher plants and fungi. *African Journal of Biotechnology*, 8(14), 3118-3127.
- Dizdaroglu, M., Jaruga, P., Birincioglu, M. & Rodriguez, H. (2002). Free radical-induced damage to DNA: Mechanisms and measurement. *Free Rad. Biol. Med.*, 32, 1102-1115.
- Drif, F., Abdennour, C., Çiğerci, I. H., Ali, M. M. & Mansouri, O. (2019). Preliminary assessment of stress and genotoxicity biomarkers in bivalve molluscs from the Gulf of Annaba, Algeria. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 102, 555-559.
- Ertürk, Ş. (2001). Sevofloranın DNA hasarı üzerine etkilerinin benign ve malign olgularda comet assay yöntemi ile değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Anesteziyoloji ve Reanimasyon Anabilim Dalı, 45.

- Fairbairn, D. W., Olive, P. L. & O'Neill, K. L. (1995). The comet assay: A comprehensive review. *Mutation Res*, 339, 37-59.
- Fenech, M. (1993). The cytokinesis-block micronucleus technique: A detailed description of the method and its application to genotoxicity studies in human populations. *Mutat Res*, 285, 35-44.
- Fidan, M., Ali, M. M., Erez, M. E., Ciğerci, I. H., Özdemir, S. & Şen, F. (2022). Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and protective effects of truffles. *Analytical Biochemistry*, 641, 114566.
- Friedberg, E. C. (2003). DNA damage and repair. *Nature*, 421(6921), 436-440.
- Gichner, T. & Plewa, M. J. (1998). Induction of somatic DNA damage as measured by single cell gel electrophoresis and point mutation in leaves of tobacco plants. *Mutation Research*, 401, 143-152.
- Gichner, T. & Mühlfeldova, Z. (2002). Induced DNA damage measured by the comet assay in 10 weed species. *Biol. Plant*, 45, 509-516.
- Gichner, T., Patkova, Z. & Kim, J. K. (2003). DNA damage measured by the comet assay in eight agronomic plants. *Biol. Plant*, 47, 185-188.
- Gichner, T., Patkova, Z., Szakova, J. & Demnerova, K. (2004). Cadmium induces DNA damage in tobacco roots, but no DNA damage, somatic mutations or homologous recombinations in tobacco leaves. *Mutation Research*, 559, 49-57.
- Gichner, T., Mukherjee, A. & Veleminsky, J. (2006). DNA staining with the fluorochromes EtBr, DAPI, and YOYO-1 in the comet assay with tobacco plants after treatment with ethyl methanesulphonate, hyperthermia, and DNase-I. *Mutation Research*, 605, 17-21.
- Gichner, T., Patkova, Z., Szakova, J. & Demnerova, K. (2006). Toxicity and DNA damage in tobacco plants growing on soil polluted with heavy metals. *Ecotox. Environ. Safe.*, 65, 420-426.
- Giovannelli, L., Pitozzi, V., Riolo, S. & Dolara, P. (2003). Measurement of DNA breaks and oxidative damage in polymorphonuclear and mononuclear white blood cells: A novel approach using the comet assay. *Mutation Research*, 538, 71-80.
- Heo, M. Y., Kim, S. H., Yang, H. E., Lee, S. H., Jo, B. K. & Kim, H. P. (2001). *Mutation Research*, 496(1-2), 47-59.
- Horoz, M., Bolukbas, C., Bolukbas, F., Kocyigit, A., Aslan, M., Koylu, A. O., Gümüş, M., Çelik, H. & Koksall, M. (2000). Assessment of peripheral

- DNA damage by alkaline comet assay in maintenance hemodialysis subjects with hepatitis C infection. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 596(1-2), 137-142.
- Inoue, M., Sato, E. F., Nishikawa, M., Park, A. M., Kira, Y., Imada, I. & Utsumi, K. (2003). Mitochondrial generation of reactive oxygen species and its role in aerobic life. *Current Medicinal Chemistry*, 10, 2495-2505.
- Kassie, F., Parzefall, W. & Knasmüller, S. (2000). Single cell gel electrophoresis assay: A new technique for human biomonitoring studies. *Mutation Research*, 463, 13-31.
- Kılınç, K. & Kılınç, A. (2002). Oksijen toksisitesinin aracı molekülleri olarak oksijen radikalleri. *Hacettepe Tıp Dergisi*, 33(2), 110-118.
- Klaude, M., Eriksson, S., Nygren, J. & Ahnström, G. (1996). *Mutation Research/DNA Repair*, 363(2), 89-96.
- Kobayashi, H., Sugiyama, C., Morikava, Y., Hayashi, M. & Sofuni, T. (1995). A comparison between manual microscopic analysis and computerized image analysis in the single cell gel electrophoresis. *MMS Communications*, 3(2), 103-115.
- Koçyiğit, A., Keles, H., Selek, S., Guzel, S., Celik, H. & Erel, O. (2005). Increased DNA damage and oxidative stress in patients with cutaneous leishmaniasis. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 585(1-2), 71-78.
- Liman, R., Başbuğ, B., Ali, M. M., Acikbas, Y. & Ciğerci, I. H. (2021a). Cytotoxic and genotoxic assessment of tungsten oxide nanoparticles in *Allium cepa* cells by Allium anaphase and comet assays. *Journal of Applied Genetics*, 62, 85-92.
- Liman, R., Ali, M. M., Ciğerci, I. H., İstifli, E. S. & Sarıkürkçü, C. (2021b). Cytotoxic and genotoxic evaluation of copper oxychloride through Allium test and molecular docking studies. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 44998-45008.
- Love, A., Tandon, R., Banerjee, B. D. & Babu, C. R. (2009). Comparative study on elemental composition and DNA damage in leaves of a weedy plant species, *Cassia occidentalis*, growing wild on weathered fly ash and soil. *Ecotoxicology*, 18, 791-801.

- Mavi, A. (2006). İnsan eritrosit ve lökositlerinden süperoksit dismutaz enziminin saflaştırılması ve bazı ilaçların enzim üzerine etkilerinin incelenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum, 78.
- McKelvey-Martin, V. J., Gren, M. H., Schmezer, P., Pool-Zobel, B. L., De Meo, M. P. & Collins, A. (1993). The single cell gel electrophoresis assay (comet assay): A European review. *Mutation Research*, 288, 47-63.
- Mercan, U. (2004). Toksikolojide serbest radikallerin önemi. *YYU Vet Fak Derg.*, 15(1-2), 91-96.
- Moller, P. (2006a). Assessment of reference values for DNA damage detected by the comet assay in human blood cell DNA. *Mutation Research*, 612, 84-104.
- Moller, P. (2006b). The alkaline comet assay: Towards validation in biomonitoring of DNA damaging exposures. *Basic and Clinical Pharmacology and Toxicology*, 98, 336-345.
- Olive, P. L. (1999). DNA damage and repair in individual cells: Applications of the comet assay in radiobiology. *International Journal of Radiation Biology*, 75, 395-405.
- Ostling, O. & Johanson, K. J. (1984). Microelectrophoretic study of radiation-induced DNA damage in individual mammalian cells. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 123, 291-298.
- Russo, A., Izzo, A. A., Cardile, V., Borrelli, F. & Vanella, A. (2001). *Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology*, 8(2), 125-132.
- Sardas, S., Walker, D., Akyol, D. & Karakaya, A. E. (1995). Assessment of smoking-induced DNA damage in lymphocytes of smoking mothers of newborn infants using the alkaline single-cell gel electrophoresis technique. *Mutation Research*, 335, 213-217.
- Sardas, S., Aygun, N. & Karakaya, A. E. (1997). Genotoxicity studies on professional hair colorists exposed to oxidation hair dyes. *Mutation Research*, 27, 153-161.
- Shigenaga, M. K. & Ames, B. N. (1991). Assays for 8-hydroxy-2'-deoxyguanosine: A biomarker of in vivo oxidative DNA damage. *Free Radical Biology and Medicine*, 10, 211-216.

- Singh, N. P., McCoy, M. T., Tice, R. R. & Schneider, E. L. (1988). A simple technique for quantitation of low levels of DNA damage in individual cells. *Experimental Cell Research*, 175, 184-191.
- Singh, N. P. (1996). Microgel electrophoresis of DNA from individual cells: Principles and methodology. In: G. P. Pfeifer (Ed.), *Technologies for Detection of DNA Damage and Mutations* (pp. 3-24). Plenum Press.
- Tice, R. R., Agurell, E., Anderson, D., Burlinson, B., Hartmann, A. & Kobayashi, H. (2000). The single cell gel/comet assay: Guidelines for in vitro and in vivo genetic toxicology testing. *Environmental and Molecular Mutagenesis*, 35, 206-221.
- Willcox, J. K., Sarah, L. A. & George, L. C. (2004). Antioxidants and prevention of chronic disease. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4), 275-295.
- Yen, G. C., Chen, H. Y. & Peng, H. H. (2001). *Food and Chemical Toxicology: An International Journal Published for the British Industrial Biological Research Association*, 39(11), 1045-1053.

BÖLÜM 4

BİBER TARIMINDA ETKİLİ HERBİSİTLER VE DOZ DEĞERLENDİRMESİ: AMASYA UYGULAMA ÖRNEĞİ

MSc. Ebru Gül KARABOYUN¹

Doç. Dr. Emine KAYA ALTOP²

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitki Koruma ABD
ebrukaraboyunn@outlook.com (Orcid ID: 0000-0001-7097-0094)

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü
kayae@omu.edu.tr (Orcid ID: 0000-0002-0987-9352)

GİRİŞ

Eski çağlardan günümüze, insanlar sağlıklı bir yaşam sürebilmek için doğada bulunan çeşitli yabancı bitkilerden farklı şekillerde faydalanmışlardır. Bu bitkilerden beslenme amacıyla yararlanılan türler zamanla kültüre alınarak günümüzde tarımı yapılan sebzelerin temelini oluşturmuştur (Anonim, 2020).

Türkiye, Çin, Hindistan ve ABD ile birlikte dünya genelinde en çok sebze üreten ülkeler arasında yer almakta olup, ekolojik yapısının çeşitliliği sayesinde sebze üretimi ülkenin farklı bölgelerine yayılmış durumdadır. Ülkemizde sebze üretimi her yıl artış göstermekte ve 2020 yılı itibarıyla bir önceki yıla kıyasla %0,3 oranında artarak yaklaşık 31,2 milyon tona ulaşmıştır. Önemli sebze türlerinde de benzer artışlar gözlenmiş olup, domateste %2,8, kuru soğanda %3,6 ve salçalık kopya biberde %4,6 oranında üretim artışı kaydedilmiştir (TÜİK, 2020).

Türkiye’de sebze türleri arasında en çok üretilen grup, toplam üretimin %79’unu oluşturan meyvesi yenen sebzelerden oluşmaktadır. Meyvesi yenen sebzeleri %11 ile soğansı, yumru ve kök sebzeler; %5 ile yaprağı yenen sebzeler ve %2 oranıyla baklagiller izlemektedir. Meyvesi yenen sebzeler içinde ise en fazla üretilen türler hıyar, sakız kabağı, domates ve biberdir (Yanmaz ve ark., 2020).

Biber (*Capsicum annuum* L.), dünya genelinde yaygın olarak tüketilen ve yetiştirilen önemli bir sebze türüdür. İlk olarak M.Ö. 7500 yıllarında yetiştirildiği bilinen biber, Amerika kıtasında kültüre alınan ilk bitkilerden biridir (McLeod ve ark., 1983). Solanaceae familyasının bir üyesi olan bu bitki, Magnoliopsida sınıfına ve Solanales takımına aittir. *Capsicum* türleri, tropik ve subtropik iklimlerde olduğu kadar ılıman iklimlerde de yetiştirilmeye uygundur (Eşiyok, 2012). Biber yetiştiriciliği; açık alanlarda ve örtü altında, tüketici, üretici ve işleme endüstrisi açısından büyük öneme sahiptir (Duman ve ark., 2002; Köksal ve ark., 2017). Biberin kökeninin Orta Amerika olduğu kabul edilmekteyse de, bazı türlerinin kökenleri farklı dağılımlar göstermektedir (McLeod ve ark., 1983).

Türkiye, Çin, Hindistan ve ABD ile birlikte dünya genelinde en çok sebze üreten ülkeler arasında yer almakta olup, ekolojik yapısının çeşitliliği sayesinde sebze üretimi ülkenin farklı bölgelerine yayılmış durumdadır. Ülkemizde sebze üretimi her yıl artış göstermekte olup, 2020 yılı itibarıyla bir önceki yıla kıyasla %0,3 oranında artarak yaklaşık 31,2 milyon tona ulaşmıştır.

Önemli sebze türlerinde de benzer artışlar gözlenmiş olup, domateste %2,8, kuru soğanda %3,6 ve salçalık kapyra biberde %4,6 oranında üretim artışı kaydedilmiştir (TÜİK, 2020).

Biber *Capsicum* cinsine ait 43 tür arasında ticari olarak en yaygın yetiştirilen türdür. Ekonomik açıdan önemli olan diğer türler, hastalık ve zararlılara dayanıklılık genlerinin kaynağı olarak kullanılır (Taş, 2020). Biberin taze olarak tüketilmesinin yanı sıra kızartılarak, dolmalık olarak veya salça ve turşu yapılarak da değerlendirilir. Bölgesel olarak farklı türleri toz biber formunda yemeklerde kullanılır. Ayrıca, acı biberlerden elde edilen biber suyu sanayide geniş bir kullanım alanına sahiptir (Vural ve ark., 2000).

Sebze tarımı hem ülkemizde hem de dünya genelinde büyük bir öneme sahiptir. Bazı sebzeler kolay yetiştirilebilmesi, bazılarının ekonomik değeri yüksek olması ve bazılarının besin değerinin yüksekliği nedeniyle tarımda ön plana çıkmaktadır. Biber yetiştiriciliğinde ise verim ve kaliteyi etkileyen birçok faktör bulunmaktadır ve bunlar arasında yabancı otların neden olduğu verim kayıpları önemli bir yer tutmaktadır (Anonim, 2020b).

Yabancı otlar, üstün rekabet yetenekleri nedeniyle ürün verimini düşürebilir. Tarla bitkilerinde yapılan bir çalışmada, düşük dozlu herbisitlerin yabancı ot kontrolünde etkili olduğu ve azaltılmış herbisit dozlarının yabancı ot yönetimi için uygun bir strateji olduğu belirlenmiştir (Blackshaw ve ark., 2006). Benzer şekilde, çevresel koşullara göre herbisit dozlarının hassas ayarlanmasının verim kayıplarını azaltabileceği bildirilmektedir (Kudsk ve Streibig, 2003). Biber bitkisi, geniş sıra aralıklarıyla dikildiği için yabancı otlara karşı zayıf bir rakiptir, bu durum yabancı ot istilasını kolaylaştırır (Hajebi ve ark., 2015).

Biber tarlalarında yabancı ot sorunlarını minimuma indirmek, üretim verimliliğini artırmak için etkili bir yabancı ot mücadelesi gereklidir. Kahramanmaraş'ta yapılan bir çalışmada, kırmızı biber tarlalarında en yaygın yabancı ot türleri belirlenmiştir. Verim kaybı için kritik dönemler hesaplanmış ve üretimde sürdürülebilirlik adına yabancı ot kontrol stratejileri önerilmiştir (Pamukoğlu, 2010). Kırmızı biber tarlalarında yapılan araştırmalarda; topalak (*Cyperus rotundus*), pıtrak (*Xanthium strumarium*) gibi yabancı ot türlerinin verim kaybına yol açtığını ve bu türlerin mücadele dönemlerinin çimlenme ile hasat arasındaki kritik sürede kontrol edilmesi gerektiğini tespit edilmiştir (Tursun ve ark., 2012).

Yabancı otlarla mücadelede, bitkisel hastalık ve zararlılarda olduğu gibi kimyasal yöntemlerin yanı sıra kültürel, fiziksel, mekanik ve biyolojik yöntemler de kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemler çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Kimyasal mücadele, diğer yöntemlere kıyasla daha kısa sürede etki göstermesi, bazı ülkelerde daha ekonomik olması ve kolay uygulanabilirliği nedeniyle daha yaygın olarak tercih edilmektedir (Zoschke, 1994). Herbisitlerin etkinliği ise ekolojik koşullar ve sorun yaratan yabancı ot türlerine bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Medd ve ark., 2001). Ayrıca, kültür bitkilerinin rekabet gücü de herbisitlerin etkinliğinde önemli bir faktördür (Thakral ve ark., 1989). Tarımda yüksek verim elde etmek, herbisitlere sıkı bir şekilde bağlıdır çünkü bunlar, yabancı ot yönetim uygulamalarının önemli ve tamamlayıcı bir bileşenini oluşturur. Büyük alanlarda yeterli yabancı ot kontrolü sağlamak için, yabancı ot türleri, yabancı ot yoğunlukları, büyüme evreleri ve çevresel koşullar dikkate alınarak en etkili herbisit dozlarının belirlenmesi önerilmektedir (Zhang ve ark., 2015).

Bazı herbisitler, içeriklerinde bulunan bileşikler nedeniyle yabancı otlara önemli zararlar verirken, diğerleri daha düşük seviyelerde zarar verir. Bu sorunlar, ekili üründe fitotoksisite, toprakta uygulanan herbisitlerin bir sonraki ürüne zarar vermesi, ürünlerde kalıntı, çevre kirliliği ve ürünün büyüme ve veriminde zayıflama şeklinde kendini göstermektedir (Uygur ve ark., 1984). Fotosentezi etkileyen herbisitlerin ruhsatlı dozlarını azaltma olasılığını değerlendiren bir çalışmada, metribuzin ve fenmedipham gibi herbisitler, biber alanlarında yaygın olarak bulunan kırlangıçotu (*Chenopodium album* L.), akşamsefası (*Polygonum persicaria* L.) ve kara patlıcan (*Solanum nigrum* L.) gibi yabancı otlar üzerinde beş farklı büyüme evresinde incelenmiştir. Çalışma, yabancı otların büyüme evrelerinin herbisit dozunu önemli ölçüde etkilediğini ve yabancı otlar geliştikçe herbisit dozunun artırılması gerektiğini ortaya koymuştur (Ketel & Lotz, 1997).

Sharma ve ark. (1988) tarafından yapılan bir çalışmada, fluchlorelin herbisidinin 0.48 ai kg/ha ve 0.96 ai kg/ha dozları, tohum ekiminden 25 gün sonra yapılan tek bir işleme ile biberdeki yabancı ot kontrolünün en etkili yöntemi olarak bulunmuştur. Ayrıca, en yüksek yabancı ot popülasyonu azalması, 1.44 ai kg/ha fluchlorelin dozuyla gözlemlenmiştir. Meyve verimi için en yüksek verim, 0.48 ai kg/ha fluchlorelin artı bir işleme ile elde edilmiştir ve bitki gelişim özellikleri de meyve verimine benzer bir eğilim göstermiştir.

Başka bir çalışmada, metolaklor ile metribuzin kombinasyonu 1.5+0.25 kg ai/ha ve pendimethalin ile linuron kombinasyonu 1.5+0.75 kg ai/ha dozlarında işleme ve işleme yapılmadan test edilmiştir. Sonuçlar, oksadiazon, alaklor ve linuron gibi herbisitlerin 0.75+1.5 kg ai/ha dozları ile metolaklor+metobromuron kombinasyonunun 1.25+1.25 kg ai/ha dozlarının, işleme ile birlikte etkin yabancı ot kontrolü sağlamak için kullanılabileceğini göstermiştir. Çalışma, ayrıca, kuru sezonda herbisitlerin işleme ile birleştirilmesinin en yüksek biber verimine yol açtığını belirtmiştir (Adigun ve ark., 1991).

2007 yılında kuru biber üretiminde yabancı ot kontrolü üzerine yapılan bir çalışma, yabancı ot kontrolünün yetersiz olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma, çıkış öncesi ve çıkış sonrası herbisitlerin etkinliğini ve farklı yabancı ot kontrol yöntemlerinin kâr marjlarını değerlendirmiştir. 2004 yılında trifluralin, mekanik ot temizliğinden daha az etkili olmuş ancak mekanik ot temizliğine göre daha fazla yabancı ot yoğunluğu azaltmıştır. 2005 yılında ise oksiflorfen uygulaması, yabancı ot biyokütlesini daha düşük tutmuş ancak mekanik ot temizliği ile benzer sonuçlar vermiş ve en yüksek pazarlanabilir biber verimi, oksiflorfen ve sulama ile elde edilmiştir (Amador ve ark., 2007).

Metribuzin'in azaltılmış dozlarının yaygın olarak görülen *C. album* üzerindeki etkisini değerlendiren çalışmalarda, metribuzinin, *C. album* üzerinde fotosentezi tamamen durdurduğu ve dört yaprak evresinde 1 µM veya daha düşük, sekiz yaprak evresinde ise 1-5 µM konsantrasyonlarında etkili olduğu gözlemlenmiştir. Fotosentez inhibe edici herbisitlere dayalı yeni bir yabancı ot yönetim stratejisi önerilmiş ve bu strateji, yabancı otların yapraklarındaki kloroplast sayısına göre gerekli herbisit dozlarını tahmin etmek için kloroplastları kullanmayı amaçlamıştır (Ketel ve ark., 1996).

Biber yetiştiriciliğinde yabancı ot mücadelesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Organik yetiştiricilikte fiğ, çavdar, yulaf gibi örtücü bitkilerin yabancı ot kontrolünde etkili olduğu belirlenmiştir (Işık ve ark., 2008). Diğer çalışmalarda ise, solarizasyon ve basamid kombinasyonunun yabancı ot yoğunluğunu düşürmede etkili bir yöntem olduğu görülmüştür (Yücel ve ark., 2001). Antalya'da yapılan bir araştırmada, kimyasal mücadele ve entegre mücadele yöntemleri incelenmiş; çiftçilerin çoğunun kimyasal yöntemleri tercih ettiği ancak çevresel etkileri göz önüne almadan bu uygulamaları yaptığı tespit edilmiştir (Yanar ve ark., 2018). Biber, patlıcan ve domates

yetiştiriciliğinde siyah plastik malç kullanılarak yapılan çalışmalar, yabancı ot yoğunluğunu azaltmakta başarılı olmuş, aynı zamanda toprak nemi ve sıcaklığını koruduğu görülmüştür (Dewey ve ark., 1997). Dolmalık biberde ise herbisit ve elle yolma yöntemlerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, herbisitlerin verim düşüşüne yol açtığı, ancak elle yolmanın maliyet etkin bir çözüm sunduğu belirlenmiştir (Lanini & Le Strange, 1994). Yabancı otlar, sebze üretiminde %70-80 oranında verim kayıplarına neden olabilecek düzeyde sorun teşkil etmektedir. Tek bir yöntemle bağımlılık, yabancı ot florasında değişimlere, herbisit dayanıklılığının artmasına ve çok yıllık ot türlerinin ortaya çıkmasına yol açabilir. Bu nedenle entegre yabancı ot yönetimi, çevreye zarar vermeden, yabancı ot popülasyonlarını ekonomik eşik seviyesinin altında tutarak sürdürülebilir bir çözüm olarak görülmektedir (Chacko, 2021).

Yabancı otlarla mücadelede maliyetleri düşürmek ve çevreye verilen zararı azaltmak için en önemli yöntemlerden biri, herbisitlerin en etkili ve minimum dozlarda kullanılmasıdır. Herbisitlerin içerdikleri bileşenler nedeniyle bazı yabancı otlar üzerinde yüksek düzeyde zarar verici etkiler yaratırken, bazı kültür bitkilerinde ise fitotoksositeye neden olabilmektedir. Bu durum, kültür bitkisinde gelişim geriliği ve verim kaybına, çevresel kirlilik riskine ve ürünlerde kalıntıya yol açabilmektedir (Uygur ve ark., 2011).

Çalışmanın Amacı ve Yöntemleri

Bu çalışmada, Amasya bölgesinde biber yetiştiriciliğinde önemli verim kayıplarına neden olan yabancı otlara karşı kullanılan çeşitli mücadele yöntemleri incelenmiş ve bu yöntemlerin kombinasyonları değerlendirilmiştir. Amasya'nın ekolojik ve iklim koşullarında, Solanaceae familyasına ait bitkilerde sorun yaratan yabancı otlara karşı mücadelede kullanılabilecek herbisitler seçilmiştir. Çalışmada ekim öncesi pendimetalin, çıkış sonrası ise metribuzin ve quizalofop-p-ethyl aktif maddelerinin farklı formülasyonları ve dozları denenmiştir.

Bu araştırmanın temel amaçları şu şekilde özetlenebilir:

- Amasya bölgesinde biber yetiştiriciliği yapılan alanlarda sorun yaratan yabancı ot türlerini tespit etmek ve popülasyon yoğunluğunu belirlemek,

- Amasya bölgesinde biber yetiştiriciliği yapılan alanlarda yabancı ot popülasyonunu en düşük seviyeye indirecek herbisitlerin seçilmesi ve uygulanması,
- Yabancı otlara karşı fitotoksisite yaratmayacak etkin herbisitlerin ve minimum dozlarının belirlenmesidir.

Bu bölümde ele alınan konu ve yöntemler, Amasya'da biber yetiştiriciliğinde yabancı ot mücadelesinde etkin stratejilerin geliştirilmesine katkı sağlayacak şekilde ele alınmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Deneme Alanları

Çalışmanın yürütüldüğü Amasya ili Orta Karadeniz bölgesinde yer almakta olup denemelerin kurulduğu Eraslan (Lokasyon 1) ve Büyük Kızılca köyleri (Lokasyon 2), 34° 57' - 36° 31' doğu boylamları ile 41° 04' - 40° 16' kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çalışmada kullanılan deneme alanları, bölgedeki sebze üretimine uygun olup, Suluova ilçesine bağlıdır.

2.2. Deneme Alanlarının İklim Verileri

Meteoroloji verilere göre, Amasya merkezde yıllık ortalama yağış miktarı 463,7 mm, sıcaklık ise ortalama 13,5 °C'dir. Temmuz ve ağustos ayları en kurak dönemler olup, ilkbahar en fazla yağış alan mevsimdir. Yıllık ortalama donlu gün sayısı 50'dir. Denemenin gerçekleştiği 2020 yılı Temmuz-Ağustos döneminde deneme alanlarındaki sıcaklık ve yağış verileri, uzun yıllar ortalamalarıyla karşılaştırılmıştır. Temmuz 2020'de ortalama sıcaklık 23,8°C ile uzun yıllar ortalamasının üzerindeyken, Ağustos 2020'de sıcaklık değeri 22,9°C olarak kaydedilmiştir. Yağışlarda uzun yıllar ortalamasına göre %13,2, geçen yıla göre ise %3,8 azalma gözlenmiştir.

2.3. Deneme Alanlarının Toprak Özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü lokasyonlardan alınan toprak örnekleri, Amasya Üniversitesi Merkez Araştırma Uygulama Laboratuvarında analiz edilmiştir. Her iki lokasyonda da toprak killi yapıdadır, tuzsuzdur ve organik madde oranı orta-iyi düzeydedir. Potasyum miktarı yeterli, fosfor miktarı ise düşüktür. pH değeri her iki lokasyonda da hafif alkali olup, Lokasyon 1'de kireç oranı %15,93 iken, Lokasyon 2'de %2,3 olarak ölçülmüştür.

2.4. Kullanılan Biber Çeşidi: Sera Demre

Denemelerde kullanılan "Sera Demre" biber çeşidinin özellikleri şu şekildedir:

- Bitki boyu 70-75 cm olup, çok dallıdır.
- Meyve uzunluğu 18-22 cm, kalın, etli ve konik şeklindedir.
- Sofralık ve turşuluk olarak değerlendirilebilir.
- Fide dikiminden yaklaşık 50-55 gün sonra hasat olgunluğuna ulaşır ve dekardan 3,5-4 ton verim alınabilir.

2.5. Kullanılan Herbisitler

Çalışma kapsamında biber yetiştiriciliğinde yabancı ot mücadelesine uygun herbisitlerin seçimi ve dozlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemelerde üç farklı herbisit uygulanmış olup, herbisitlerin özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan herbisitler ve dozları (Çizelge 2), Türkiye'de benzer bitkilerde önerilen seviyelere göre belirlenmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan herbisitler ilişkin bilgiler

Ticari İsmi	Aktif Madde Adı Miktarı	Etki Mekanizması	Kimyasal Grubu	Hrac Gurubu
Stomp Extra CS	Pendimethalin 450 g/l	Protein sentezi engelleyici	Dinitroaniline	K1
Senkron WP	Metribuzin 70 g/l	Fotosentezi engelleyici	Triazinone	C1
Tokta Süper EC	Quizalofop- P- ethyl %50	ACCCase enzim engelleyici	Fenoksi bileşikleri	A1

Çizelge 2. Denemelerde kullanılan herbisitler ve dozları (ml-g/da)

Etkili Madde ve Kısaltmaları	Uygulama Dozu (ml- g/da)
X/2 Pendimethalin (B)	225
X/2 Pendimethalin+X Quazilofop- p- ethyl (B+ E)	225+ 100
X/2 Pendimethalin+ X Metribuzin (B+ F)	225+ 70
X/2Pendimethalin+X Quazilofop-p-ethyl+ X Metribuzin (B+ E+ F)	225+ 100+ 70
X Pendimethalin (C)	450
X Pendimethalin+ X Quazilofop- P- ethyl (C+ E)	450+ 100
X Pendimethalin+ X Metribuzin (C+ F)	450+ 70
X Pendimethalin+ X Quazilofop- P- ethyl+ X Metribuzin (C+ E+ F)	450+ 100+ 70
2X Pendimethalin (D)	900
2X Pendimethalin+ X Quazilofop- P- ethyl (D+ E)	900+ 100
2x Pend+ X Metribuzin (D+ F)	900+ 70
2x Pend+ X Quazilofop- P- ethyl+ X Metribuzin (D+ E+ F)	900+ 100+ 70
X/2 Quazilofop- P- ethyl (H)	50
X/2 Quazilofop- P- ethyl+ X/2 Metribuzin (H+ L)	50+ 35
X Quazilofop- P- ethyl (E)	100
X Quazilofop- P- ethyl+X Metribuzin (E+ F)	100+ 70
2X Quazilofop- P- ethyl (I)	200
2X Quazilofop- P- ethyl+ 2X Metribuzin (I+ M)	200+ 140
X/2 Metribuzin (L)	35
X Metribuzin (F)	70
2X Metribuzin (M)	140

2.6. Yabancı Ot Türlerinin Belirlenmesi ve Yoğunlukları

Denemelerde, her iki lokasyonda çıkış öncesi ve çıkış sonrası herbisit uygulamaları gerçekleştirilmiş, 7, 14, 28 ve 56. günlerde yabancı ot sayımları yapılmıştır. Belirlenen türler, Davis (1965-1989)'ın Flora of Turkey kaynağından yararlanılarak teşhis edilmiştir. Yabancı ot türlerinin yoğunluk ve kaplama alanı verileri formüllerle hesaplanmıştır (Odum, 1983; Uygur, 1985).

Rastlama sıklığı (%)= (R.S)= (n/m)x 100

R. S= Rastlanma sıklığı (%)

n= Her türün bulunduğu ölçüm sayısı

m= Yapılan toplam ölçüm sayısı

Kaplama alanı G.K.A. (%)= T.K.A./m

G.K.A.: Genel kaplama alanı

T.K.A.: Herhangi bir yabancı ot türünün toprak yüzeyini kapladığı ortalama değer

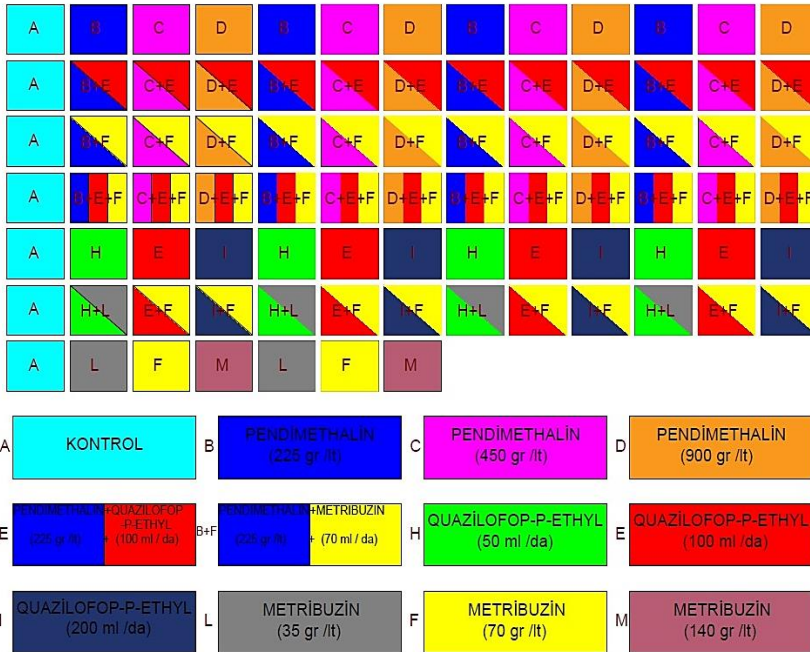
m: Toplam örnekleme sayısı

2.7. Herbisitlerin Yabancı Ot Türlerine Etkileri

Lokasyon 1 ve Lokasyon 2’de uygulanan herbisitlerin yabancı otlara karşı etkinliği, doz ve kombinasyonlarla analiz edilmiştir. Çıkış öncesi herbisitler dikimden bir gün önce uygulanmış, çıkış sonrası herbisitler ise yabancı otların 2-4 yapraklı dönemlerinde 1’er defa uygulanmıştır.

2.8. Deneme Deseni ve Parsel Boyutları

Denemeler her iki lokasyonda dört tekrarlı olarak planlanmış olup, parseller 20 m² (4x5 m) olarak düzenlenmiştir. Parseller arasında 0,5 m boşluk bırakılarak şerit bantla çevrelenmiştir. Toplamda 82 parsel, 16 kontrol ve 66 uygulama parseli olarak oluşturulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Deneme deseni ve parsel boyutları

(A= Kontrol; B= Pendimethalin (225ml/da); B+ E= Pendimethalin (225 ml/da) +quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); B+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+

metribuzin (70 g/da); B+ E+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da) +metribuzin (70 g/da); C= Pendimethalin (450 ml/da); C+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da);C+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da) + metribuzin (70 g/da); D= Pendimethalin (450 ml/da);D+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); D+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da);D+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); H= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da);H+ L= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da)+ metribuzin (35g/da); E= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); E+ F= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); I= quazilofop- P- ethyl (200 ml/da); I+ M= quazilofop- P- ethyl (200 ml/da)+ metribuzin (140 g/da); L= metribuzin (35 g/da); F= metribuzin (70 g/da); M= metribuzin (140 g/da)).

2.9. Herbisitlerin Biber Verimine Etkisi

Denemeler sonunda biber bitkilerinin verimi, fizyolojik olgunluk döneminde elle hasat edilerek değerlendirilmiştir. Hasat edilen biberler tartılarak herbisitlerin verime etkisi analiz edilmiştir.

2.10. Veri Analizi ve İstatistiksel Değerlendirme

Elde edilen veriler, SPSS 28 paket programında analiz edilmiştir. Herbisit uygulamalarının yabancı ot kontrolü ve verime etkisi, DUNCAN çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirilmiş olup, anlamlı farklılıklar 0.05 düzeyinde belirlenmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Lokasyonlarda Görülen Yabancı Ot Türleri

Biber bitkisi üzerinde yapılan herbisit uygulamaları sonucunda, 7., 14., 28. ve 56. günlerde yabancı ot sayımları gerçekleştirilmiştir. Çıkış öncesi herbisit uygulamasının yapıldığı 7. ve 14. günlerde yabancı ot varlığı daha az gözlenirken, 28. ve 56. günlerde farklı familyalara ait yabancı ot türlerinin yoğunlaştığı belirlenmiştir. En fazla görülen yabancı ot türleri; domuz pıtrağı (*Xanthium strumarium* L.), zincir pıtrağı (*Xanthium spinosum* L.), semizotu (*Portulaca oleracea* L.), sirken (*Chenopodium album* L.), fiğ (*Vicia sativa* L.), ayrık otu (*Agropyron repens* L.), arpa (*Hordeum* spp.), tarla sarmaşığı

(*Convolvulus arvensis* L.), horozibiği (*Amarantus spp.*), bambul otu (*Heliotropium europaeum* L.) ve şeytan elması (*Datura stramonium* L.) olarak tespit edilmiştir.

3.2. Populasyon Ölçümlerinin Değerlendirilmesi

3.2.1. Lokasyon 1'de Görülen Yabancı Ot Türlerinin Rastlanma Sıklığı ve Kaplama Alanları

Yabancı ot türlerinin rastlanma sıklığı ve kaplama alanı bakımından herbisit uygulanan parseller ile kontrol parselleri arasında yapılan karşılaştırmalara en yüksek yabancı ot yoğunluğu kontrol parsellerinden elde edilmiştir.

7. Gün: Kontrol parsellerinde en yüksek rastlanma sıklığı %71,42 ile *P. oleracea* olurken, kaplama alanı bakımından en yüksek değer %2,28 ile *A. repens* türünde gözlenmiştir. Herbisit uygulanan alanlarda ise en fazla rastlanılan tür *P. oleracea* olup, en geniş kaplama alanına *P. oleracea* sahip olmuştur (Çizelge 3).

14. Gün: Kontrol parsellerinde en sık görülen yabancı ot türleri *P. oleracea*, *X. strumarium*, *C. album* ve *C. arvensis* olmuştur. Uygulama yapılan parsellerde ise rastlanma sıklığı açısından *P. oleracea* ve *A. repens* öne çıkmaktadır. Kaplama alanları incelendiğinde yine *P. oleracea* en geniş alana sahip olup, onu *A. repens* takip etmektedir (Çizelge 4).

28. Gün: Bu aşamada da kontrol parsellerinde rastlanma sıklığı bir önceki sayımlara benzer şekilde tespit edilmiştir. En sık rastlanılan türler *P. oleracea*, *X. strumarium* ve *A. repens* olurken, kaplama alanı en geniş olan tür yine *A. repens* olmuştur. Uygulama yapılan parsellerde ise *A. repens* en sık görülen tür, *P. oleracea* ise en geniş kaplama alanına sahip olmuştur (Çizelge 5).

56. Gün: Kontrol parsellerinde en fazla görülen türler *P. oleracea*, *X. strumarium*, *C. album*, *A. repens* ve *C. arvensis* olmuştur. Uygulama yapılan parsellerde ise rastlanma sıklığı açısından *A. repens* ve *P. oleracea* ilk sırada yer almaktadır. Bu türleri sırasıyla *X. strumarium*, *C. arvensis*, *H. vulgare*, *C. album* ve *V. sativa* izlemektedir. Kaplama alanı açısından ise kontrol parsellerinde en geniş alana *A. repens* sahiptir. Kaplama alanları karşılaştırıldığında, uygulama yapılan alanlarda kontrol parsellerine göre daha düşük değerler kaydedilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 3. Muamele sonrası 7. gündeki yabancıl otların rastlanma sıklığı ve kaplama alanları

Yabancı Ot	X. strumarium		X. ypsilon		Paleracea		C. albun		F. sativa		A. repens		H. vulgare		C. arvensis		A. retroflexus		H. pennin		D. stramonium	
	7. gün	R.S (%)	7. gün	R.S (%)	7. gün	R.S (%)	7. gün	R.S (%)	7. gün	R.S (%)	7. gün	R.S (%)	7. gün	R.S (%)	7. gün	R.S (%)	7. gün	R.S (%)	7. gün	R.S (%)	7. gün	R.S (%)
Uygunlama	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)
A	53,57	0,09	0	0	71,42	0,311	64,28	0,39	17,85	0,03	53,57	2,28	46,42	0,6	60,71	0,45	0	0	0	0	21,42	0,06
B	0	0	0	0	25	0,13	6,25	0	0	0	6,25	0,01	0	0	12,5	0,08	0	0	0	0	0	0
B+E	0	0	0	0	25	0,34	0	0,04	0	0,01	0	0,16	0	0,05	18,75	0,19	0	0,02	0	0,04	6,25	0
B+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0
B+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0,01	6,25	0	0	0	0	0	0	0	6,25	0	0	0	0	0	0	0
C+E	0	0	0	0	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	6,25	0	0	0,04	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E	0	0	0	0	6,25	0	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0,04	0	0	0	0	0	0
D+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	12,5	0,05	0	0	0	1	25	0,08	25	0,07	25	0,21	25	0,17	25	0,08	25	0,07	25	0,07	25	0,05
H+L	12,5	0,03	0	0	0	0	25	0,07	0	0	12,5	0,03	0	0	12,5	0	0	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	25	0,53	12,5	0	0	0	12,5	0,03	0	0	0	0	0	0,03	0	0	0	0
E+F	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	25	0,16	0	0	12,5	0,05	0	0	0	0	12,5	0	25	0,05	25	0,08	0	0
I+M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	0	0	0	0	7,14	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	7,24	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A= Kontrol; B= Pendimethalin (225ml/da); B+ E= Pendimethalin (225 ml/da) +quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); B+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); B+ E+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da) +metribuzin (70 g/da); C= Pendimethalin (450 ml/da); C+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); C+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da) + metribuzin (70 g/da); D= Pendimethalin (450 ml/da);D+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); D+ F= Pendimethalin(450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da);D+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); H= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da);H+ L= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da)+ metribuzin (35g/da); E= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); E+ F= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); I= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); I+ M= quazilofop- P- ethyl (200 ml/da)+ metribuzin (140 g/da); L= metribuzin (35 g/da); F= metribuzin (70 g/da); M= metribuzin (140 g/da)).

Çizelge 4. Muamele sonrası 14. gündeki yabanc otların rastlanma sıklığı ve kaplama alanları

Yabancı Ot Gün	<i>X. strumarium</i>		<i>X. sibiricum</i>		<i>P. oleracea</i>		<i>C. albus</i>		<i>V. sativa</i>		<i>A. repens</i>		<i>H. vulgare</i>		<i>C. arvensis</i>		<i>A. retrofractus</i>		<i>H. europaeum</i>		<i>D. stramonium</i>	
	14. gün	K.A (%)	14. gün	K.A (%)	14. gün	K.A (%)	14. gün	K.A (%)	14. gün	K.A (%)	14. gün	K.A (%)	14. gün	K.A (%)	14. gün	K.A (%)	14. gün	K.A (%)	14. gün	K.A (%)	14. gün	K.A (%)
Uygunluk	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)	R.S (%)	K.A (%)
A	67,85	0,14	0	0	1,42	67,85	0,43	12,5	0,05	21,42	0,03	2,33	57,14	1,12	64,28	0,67	17,85	0,14	25	0,23	23,75	0,26
B	18,75	0,05	6,25	0,02	25	0,33	12,5	0,05	0	0	0	25	18,75	0,13	25	0,21	6,25	0	0	0	6,25	0
B+E	62,5	0,01	6,25	0	25	0,34	12,5	0,04	6,25	0,01	0	25	0,16	12,5	0,05	25	0,19	6,25	0,02	12,5	0,04	0
B+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0,08	6,25	0	6,25	0	0	0	0	0	0
B+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	12,5	0	12,5	0,1	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+E	62,5	0	6,25	0	18,75	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,5	0	18,75	0	0	0	0	0	0	0
C+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E	62,5	0	0	0	12,5	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	6,25	0,02	0	0	0	0	0	0
D+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	25	0,21	0	0	25	1,46	25	0,21	25	0,07	25	0,71	25	0,35	25	0,25	25	0,21	25	0,17	25	0,12
H+L	12,5	0	0	0	25	0,21	12,5	0,07	12,5	0,03	25	0,23	12,5	0,08	12,5	0,05	25	0,14	0	0	25	0,05
E	25	0,05	12,5	0	25	1,51	25	0,19	25	0	25	0,33	25	0,16	25	0,08	25	0,14	25	0,08	25	0,08
E+F	0	0	0	0	25	0,12	0	0	0	0	25	0,25	12,5	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	25	0,46	25	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0,1	25	0,16	12,5	0
F+M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	14,28	0	0	0,5	14,28	0,3	14,28	0,08	7,14	0	14,28	0,17	14,28	0,08	14,28	0,16	14,28	0,12	7,14	0	0	0
F	0	0	0	0	7,14	0	0	0	0	0	7,14	0,08	0	0,07	7,14	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Kontrol; B= Pendimethalin (225ml/da); B+ E= Pendimethalin (225 ml/da) +quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); B+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); B+ E+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da) +metribuzin (70 g/da); C= Pendimethalin (450 ml/da); C+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da) + metribuzin (70 g/da); D= Pendimethalin (450 ml/da); D+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); D+ F= Pendimethalin(450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da);D+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P-ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); H= quazilofop-P- ethyl (50 ml/da);H+ L= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da)+ metribuzin (35 g/da); E= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); E+ F= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); H+ L= quazilofop- P-ethyl (200 ml/da)+ metribuzin (140 g/da); L= metribuzin (35 g/da); F= metribuzin (70 g/da); M= metribuzin (140 g/da)).

Çizelge 5. Muamele sonrası 28. gündeki yabancılardan rastlanma sıklığı ve kaplama alanları

Yabancı Ot	X.stramonium		P.oleracea		C.album		V.sativa		A.repens		H.vulgare		C.arvensis		Amarantus spp.		H.entropium		D.stramonium	
	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)
Uygunluk	0,37	0,04	2,39	0,81	0,09	5,01	1,18	60,71	1,18	71,42	0,84	0,32	35,71	0,29	35,71	0,31	0,29	0,29	0,29	0,29
A	18,75	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B	18,75	0,04	6,25	12,5	0,06	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B+E	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B+F	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	12,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+E	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	25	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H+L	25	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	25	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I	25	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I+M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	14,28	0,07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A= Kontrol; B= Pendimethalin (225 ml/da); B+ E= Pendimethalin (225 ml/da) +quazilofop-P- ethyl (100 ml/da); B+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); B+ E+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C= Pendimethalin (450 ml/da); C+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da); C+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D= Pendimethalin (450 ml/da); D+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da); D+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); E= quazilofop-P- ethyl (100 ml/da); E+ F= quazilofop-P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); H+ L= quazilofop-P- ethyl (50 ml/da)+ metribuzin (35 g/da); I= quazilofop-P- ethyl (100 ml/da); I+ M= quazilofop-P- ethyl (200 ml/da)+ metribuzin (140 g/da); L= metribuzin (35 g/da); F= metribuzin (70 g/da); M= metribuzin (140 g/da).

Çizelge 6. Muamele sonrası 56. gündeki yabancı otların rastlanma sıklığı ve kaplama alanları

Yabancı Ot	<i>X. strumarium</i>	<i>X. sphiossum</i>	<i>P.oleracea</i>	<i>C. album</i>	<i>V. sativa</i>	<i>A. repens</i>	<i>H. vulgare</i>	<i>C. arvensis</i>	<i>A. retroflexus</i>	<i>H. entropium</i>
Gün	56. gün	56. gün	56. gün	56. gün	56. gün	56. gün	56. gün	56. gün	56. gün	56. gün
Uygunlama	R.S (%) K.A (%)	R.S (%) K.A (%)	R.S (%) K.A (%)	R.S (%) K.A (%)	R.S (%) K.A (%)	R.S (%) K.A (%)	R.S (%) K.A (%)	R.S (%) K.A (%)	R.S (%) K.A (%)	R.S (%) K.A (%)
A	85,71 0,67	42,85 0,07	85,71 4,5	85,71 0,65	32,14 0,25	78,57 8,71	71,42 1,81	75 1,43	53,57 0,43	42,85 0,31
B	18,75 0,17	12,5 0,01	25 0,61	18,75 0,17	6,25 0	25 0,38	25 0,32	25 0,33	25 0,14	18,75 0,02
B+E	18,75 0,11	0	25 0,59	25 0,16	25 0,03	25 0,37	25 0,26	25 0,27	25 0,09	C
B+F	0	0	0	0	0	25 0,37	25 0,18	25 0,26	6,25 0	0
B+E+F	0	0	18,75 0,08	0	0	25 0,21	0	0,06 25	0,21 12,5	0,02 0
C	12,5 0,02	6,25 0	18,75 0,11	6,25 0,01	0	25 0,16	18,75 0,08	6,25 0,01	0	0
C+E	6,25 0	0	25 0,11	12,5 0,02	0	18,75 0,08	18,75 0,08	25 0,16	12,5 0,1	0
C+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	12,5 0	6,25 0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	25 0,3	0	25 2,75	25 0,3	25 0,17	25 2,05	25 0,66	25 0,26	25 0,41	25 0,16
H+L	25 0,08	0	25 0,71	25 0,14	25 0,1	25 0,12	25 0,07	25 0,14	25 0,19	12,5 0,03
E	25 0,1	12,5 0,03	25 2,58	25 0,28	25 0,08	25 0,8	25 0,39	25 0,32	25 0,16	25 0,28
E+F	25 0,07	0	25 0,1	0	0	25 0,67	25 0,35	12,5 0,03	25 0,07	0
I	25 0,26	0	25 2,4	25 0,33	12,5 0,04	0	12,5 0,02	25 0,23	25 0,21	25 0,23
I+M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	14,28 0,17	0	14,28 0,46	14,28 0,17	14,28 0	14,28 0,42	14,28 0,26	14,28 0,16	14,28 0,21	14,28 0
F	0	0	14,28 0,07	14,28 0	0	14,28 0,1	14,28 0	14,28 0,08	14,28 0,07	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A= Kontrol; B= Pendimethalin (225 ml/da); B+ E= Pendimethalin (225 ml/da)+quazilofop-P- ethyl (100 ml/da); B+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); B+ E+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da)+metribuzin (70 g/da); C= Pendimethalin (450 ml/da); C+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da); C+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D= Pendimethalin (450 ml/da); D+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da); D+ F= Pendimethalin(450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop-P-ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); H= quazilofop-P- ethyl (50 ml/da); H+ L= quazilofop-P- ethyl (50 ml/da)+ metribuzin (35 g/da); E= quazilofop-P- ethyl (100 ml/da); E+ F= quazilofop-P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); I= quazilofop-P-ethyl (200 ml/da); I+ M= quazilofop-P- ethyl (200 ml/da)+ metribuzin (140 g/da); L= metribuzin (35 g/da); F= metribuzin (70 g/da); M= metribuzin (140 g/da)).

3.2.2. Lokasyon 2’de Görülen Yabancı Ot Türlerinin Rastlanma Sıklığı ve Kaplama Alanları

Lokasyon 2’de yapılan sayımlarda, kontrol parsellerinde yabancı ot türlerinin yoğunluğunun daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

7. Gün: Kontrol parsellerinde rastlanma sıklığı bakımından %89,28 ile en fazla görülen tür *P. oleracea*, kaplama alanı açısından ise en yüksek değere %0,93 ile *A. repens* sahiptir. Herbisit uygulanan alanlarda en fazla rastlanan tür yine *P. oleracea* olurken, kaplama alanında en geniş alan *A. repens*’e aittir (Çizelge 7).

14. Gün: Herbisit uygulanan alanlarda en fazla görülen tür, pendimethalin (B) (225 ml/da) uygulamasıyla *P. oleracea* olmuştur. Ayrıca, *A. repens* en yüksek kaplama alanına sahip tür olarak kaydedilmiştir (Çizelge 8).

28. Gün: Bu aşamada da kontrol parsellerindeki rastlanma sıklığı, Lokasyon 1’de olduğu gibi daha yüksek bulunmuştur. Kontrol parsellerinde en fazla rastlanan türler *P. oleracea*, *X. strumarium* ve *A. repens* olurken, kaplama alanı açısından en geniş alana sahip olan tür *P. oleracea* olmuştur (Çizelge 9).

56. Gün: Kontrol parsellerinde en fazla rastlanan tür, birinci lokasyondaki gibi *P. oleracea* olmuştur. Bu türü, *X. strumarium*, *C. album*, *A. repens* ve *C. arvensis* takip etmektedir. Uygulama yapılan parsellerde ise rastlanma sıklığı ve kaplama alanı bakımından *P. oleracea* ilk sırada yer alırken, onu *A. repens* ve *X. strumarium* izlemektedir (Çizelge 10).

Çizelge 7. Muamele sonrası 7. gündeki yabancıl otların rastlanma sıklığı ve kaplama alanları

Yabancı Ot Gün	<i>X. stramonium</i>		<i>P. oleracea</i>		<i>C. albanus</i>		<i>V. sativa</i>		<i>A. repens</i>		<i>H. vulgare</i>		<i>C. arvensis</i>		<i>A. retroflexus</i>		<i>H. eriospermum</i>		<i>D. stramonium</i>			
	RS (%)	KA (%)	RS (%)	KA (%)	RS (%)	KA (%)	RS (%)	KA (%)	RS (%)	KA (%)	RS (%)	KA (%)	RS (%)	KA (%)	RS (%)	KA (%)	RS (%)	KA (%)	RS (%)	KA (%)		
A	50	0,03	0	0	89,28	0,68	53,57	0,4	14,28	0	53,57	0,93	46,42	0,34	67,8	0,42	7	0,06	0	0	17,85	0,01
B	0	0	0	0	31,25	0,16	6,25	0,05	0	6,25	0,11	0	0,95	25	0,18	6,25	0,03	0	0	0	0	0,01
B+E	0	0	0	0	25	0,11	0	0,02	0	0	0,06	0	0	25	0,02	6,25	0	0	0	0	6,25	0
B+F	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	25	0,04	25	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0
B+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0	0,01	6,25	0	0	0	0,03	6,25	0	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0
C+E	0	0	0	0	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0	0	6,25	0	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E	6,25	0	0	0	6,25	0,04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	6,25	0,03	0	0	0	0,76	25	0,05	25	0	25	0,1	25	0	31,25	0	31,25	0,03	18,75	0,1	12,5	0,07
H+L	6,25	0,03	0	0	0	0	18,75	0,03	0	0	0,17	0	0,07	18,75	0,07	6,25	0,07	0	0	0	0	0
E	0	0	0	0	31,25	0,69	0	0,12	12,5	0,07	0	0,07	0	0	0	0	0	0,05	0	0,08	0	0
E+F	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18,75	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	31,25	0,42	0	0,08	6,25	0	0	0	0	6,25	0	25	0,05	18,75	0,08	0	0	0
I+M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	7,24	0	0	0	7,24	0,07	0	0	0	14,28	0,37	14,28	0,17	0	0	0	0	0	0	7,24	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7,14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A= Kontrol; B= Pendimethalin (225ml/da); B+ E= Pendimethalin (225 ml/da) +quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); B+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); B+ E+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C= Pendimethalin (450 ml/da); C+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D= Pendimethalin (450 ml/da); D+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); D+ F= Pendimethalin(450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da);D+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P-ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); H= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da);H+ L= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da)+ metribuzin (35 g/da); E= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); E+ F= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); I= quazilofop- P-ethyl (200 ml/da)+ metribuzin (140 g/da); I+ M= quazilofop- P- ethyl (200 ml/da)+ metribuzin (35 g/da); L= metribuzin (140 g/da); F= metribuzin (70 g/da); M= metribuzin (140 g/da)).

Çizelge 8. Muamele sonrası 14. gündeki yabancılara rastlanma sıklığı ve kaplama alanları

Yabancı Ot	<i>X. strumarum</i>		<i>X. spinosum</i>		<i>P. oleracea</i>		<i>C. albus</i>		<i>V. sativa</i>		<i>A. repens</i>		<i>E. vulgare</i>		<i>C. arvensis</i>		<i>A. retroflexus</i>		<i>H. europaeum</i>		<i>D. stramonium</i>	
	14. gün	R.S (%)	14. gün	R.S (%)	14. gün	R.S (%)	14. gün	R.S (%)	14. gün	R.S (%)	14. gün	R.S (%)	14. gün	R.S (%)	14. gün	R.S (%)	14. gün	R.S (%)	14. gün	R.S (%)	14. gün	R.S (%)
A	0	0,02	2,25	0	10,5	0,5	1,5	0,2	0	0	4,25	0,1	55,57	0,67	71,42	0,53	0	0,12	0	0,26	35,71	0,18
B	0	0,06	6,25	0,01	31,25	0,35	12,5	0,08	0	0,01	18,75	0,39	12,5	0,12	25	0,2	6,25	0,06	0	0,02	0	0
B+E	0	0,06	0	0	25	0,28	6,25	0,03	6,25	0	12,5	0,32	6,25	0,15	25	0,04	12,5	0,03	0	0	0	0
B+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0,13	25	0,05	6,25	0,02	12,5	0,03	0	0	0	0	0
B+E+F	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0,14	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	0	0	0	0	0,08	6,25	0	0	0	0	0,08	0	0,05	6	0,02	0	0,02	0	0	0	0	0
C+E	0	0,03	6,25	0	12,5	0,08	0	0	0	12,5	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	6,25	0
C+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,25	0	12,5	0	0	0	0	0	0	0
C+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E	6,25	0	0	0	6,25	0,02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	18,75	0,14	0	0	18,75	1,41	25	0,12	25	0,05	25	0,55	25	0,1	31,25	0,08	31,25	0,12	12,5	0,17	18,75	0,07
H+L	6,25	0,05	0	0	31,25	0,3	12,5	0,08	6,25	0	6,25	0,26	12	0,08	18,75	0,08	25	0,12	0	0,03	18,75	0
E	18,5	0	6,25	0	31,25	1,48	31,25	0,23	37,5	0,05	25	0,3	25	0,12	25	0,07	25	0,1	25	0,14	18,75	0
E+F	0	0	0	0	31,25	0,08	0	0	0	0	18,75	0,23	12	0,08	6,25	0	0	0	0	0	0	0
I	0	0	0	0	31,25	0,6	18,75	0,17	12,5	0,05	0	0	0	0	12,5	0,08	31,25	0,14	25	0	0	0
I+M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	14,28	0,05	0	0	14,28	0,33	14,28	0,08	0	0	14,28	0,53	14,28	0,26	14,28	0,03	14,28	0,19	7,24	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,28	0,07	7,14	0	7,14	0	7,14	0	7,14	0	0	0	7,14
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A= Kontrol; B= Pendimethalin (225ml/da); B+ E= Pendimethalin (225 ml/da) +quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); B+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); B+ E+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C= Pendimethalin (450 ml/da); C+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); C+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D= Pendimethalin (450 ml/da); D+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); D+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); H+ L= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da)+ metribuzin (35 g/da); E= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); E+ F= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); H+ L= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da)+ metribuzin (35 g/da); I+ M= quazilofop- P- ethyl (200 ml/da)+ metribuzin (140 g/da); L= metribuzin (35 g/da); F= metribuzin (70 g/da); M= metribuzin (140 g/da)).

Çizelge 9. Muamele sonrası 28. gündeki yabanc otların rastlanma sıklığı ve kaplama alanları

Yabancı Ot Gün	<i>X. strumarium</i>		<i>X. spinosum</i>		<i>P. oleracea</i>		<i>C. album</i>		<i>V. sativa</i>		<i>A. repens</i>		<i>H. vulgare</i>		<i>C. arvensis</i>		<i>A. retroflexus</i>		<i>Hemipogonum</i>		<i>Dactyloctenium</i>				
	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	28. gün	R.S (%)	
Uygunlama																									
A	71,4	0,32	17,8	0,06	100	2,59	67,8	0,54	25	0,1	25	0,76	57,14	0,82	78,57	0,62	17,85	0,34	17,85	0,14	42,85	0,17			
B	12,5	0,08	12,5	0	31,25	0,88	12,5	0,13	6,25	0,07	25	0,75	25	0,25	25	0,31	25	0,08	6,25	0,05	6,25	0			
B+E	6,25	0,11	6,25	0	25	0,59	12,5	0,08	6,25	0,02	25	0,76	25	0,31	25	0,09	25	0,09	18,75	0,05	18,75	0			
B+F	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0,23	25	0,08	25	0,12	12,5	0,05	0	0	0	0			
B+E+F	0	0	0	0	6,25	0	0	0	6,25	0	18,8	0,27	6,25	0,13	0	0,08	0	0,05	0	0	0	0	0		
C	6,25	0	0	0	0	0,11	0	0,04	0	0	12,5	0,11	12,5	0,05	6,25	0,05	0	0,08	0	0	0	0	0		
C+E	6,25	0,09	0	0	12,5	0,11	6,25	0	0	0	12,5	0,11	18,75	0	18,75	0	12,5	0	0	0	0	0	0		
C+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
C+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
D+E	6,25	0,03	0	0	0,06	6,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
D+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
D+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
H	18,5	0,1	6,25	0,07	25	1,32	25	0,14	25	0,07	25	0,8	25	0,32	31,25	0,1	31,25	0,21	18,75	0,12	18,75	0			
H+L	18,75	0	0	0	31,25	0,44	18,75	0,26	12,5	0,08	25	0,53	18,75	0,26	25	0,17	25	0,08	18,75	0	18,75	0			
E	18,75	0,08	0	0	37,5	1,8	31,25	0,26	37,5	0,1	25	0,44	25	0,14	31,25	0,12	31,25	0,16	25	0,19	18,75	0,07			
E+F	0	0	0	0	31,25	0,1	0	0	0	0	31,3	0,32	25	0,25	12,5	0	31,25	0,03	0	0	0	0			
I	31,25	0,1	0	0	31,25	1,07	25	0,19	6,25	0,03	0	0	6,25	0	18,75	0,12	31,25	0,17	25	0,28	6,25	0,12			
I+M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
L	14,28	0,05	0	0	14,28	0,62	14,28	0,14	0	0	14,3	0,62	14,28	0,33	14,28	0,17	14,28	0,21	7,24	0,03	0	0			
F	14,28	0,03	0	0	7,14	0,08	0	0	0	0	14,3	0,16	7,14	0,08	7,14	0	14,28	0,03	0	0	0	0			
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

A= Kontrol; B= Pendimethalin (225ml/da); B+ E= Pendimethalin (225 ml/da) +quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); B+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); B+ E+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da) +metribuzin (70 g/da); C= Pendimethalin (450 ml/da); C+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); C+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D= Pendimethalin (450 ml/da); D+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); E= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); E+ F= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); E+ F= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); E+ F= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); F= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); I= quazilofop- P-ethyl (200 ml/da); I+ M= quazilofop- P- ethyl (200 ml/da)+ metribuzin (140 g/da); L= metribuzin (35 g/da); F= metribuzin (70 g/da); M= metribuzin (140 g/da)).

Çizelge 10. Muamele sonrası 56. gündeki yabancı otların rastlanma sıklığı ve kaplama alanları

Yabancı Ot Gün	<i>X. stramonium</i>		<i>C. album</i>		<i>F. sativa</i>		<i>A. repens</i>		<i>H. vulgare</i>		<i>C. arvensis</i>		<i>A. retroflexus</i>		<i>H. europaeum</i>		<i>D. stramonium</i>							
	56. gün R.S (%)	56. gün K.A (%)	56. gün R.S (%)	56. gün K.A (%)	56. gün R.S (%)	56. gün K.A (%)	56. gün R.S (%)	56. gün K.A (%)	56. gün R.S (%)	56. gün K.A (%)	56. gün R.S (%)	56. gün K.A (%)	56. gün R.S (%)	56. gün K.A (%)	56. gün R.S (%)	56. gün K.A (%)	56. gün R.S (%)	56. gün K.A (%)						
Uygulama																								
A	75	0.39	25	0.1	100	6.34	75	0.39	32.14	0.12	75	4.57	71.42	0.82	89.28	1.43	32.14	0.43	32.14	0.34	50	0.26		
B	12.5	0.17	12.5	0.03	31.25	1.1	12.5	0.23	12.5	0.1	25	0.96	25	0.34	25	0.45	25	0.11	25	0.11	18.75	0.13	6.25	0.06
B+E	6.25	0.15	0	0.03	25	0.82	25	0.11	12.5	0.04	25	1.19	25	0.28	25	0.11	25	0.11	25	0.11	18.75	0.13	6.25	0
B+F	6.25	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0.44	25	0.23	25	0.26	6.25	0.1	0	0	0	0	0
B+E+F	0	0.02	0	0	25	0	0	0	0	0	0	18.75	0.27	6.25	0.13	0	0.08	0	0.05	0	0	0	0	0
C	6.25	0	0	0	0	0.19	6.25	0.02	0	0	0	6.25	0.34	0	0.23	6.25	0.06	0	0.12	0	0	0	0	0
C+E	6.25	0.19	0	0	18.75	0.24	6.25	0.07	0	0	12.5	0.31	18.75	0.1	18.75	0.03	12.5	0.08	0	0	0	0	0	0
C+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	6.25	0	6.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E	6.25	0.02	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D+E+F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H	18.75	0.33	6.25	0.07	25	3	25	0.21	25	0.07	25	1.42	25	0.58	31.25	0.21	31.25	0.14	25	0.17	18.75	0	0	0
H+L	18.75	0.16	6.25	0	37.5	1.41	25	0.35	18.75	0.12	25	0.44	25	0.25	25	0.25	31.25	0.23	25	0	18.75	0	0	0.1
E	18.75	0.17	12.5	0.03	37.5	2.33	31.25	0.28	37.5	0.19	25	0.62	25	0.32	31.25	0.19	31.25	0.17	25	0.17	18.75	0	0	0.1
E+F	18.75	0.05	0	0	31.25	0.16	0	0	0	0	31.25	0.6	25	0.14	18.75	0	31.25	0.03	0	0	0	0	0	0
I	31.25	0.21	0	0	31.25	2.08	25	0.28	12.5	0.14	0	0	6.25	0	25	0.16	31.25	0.16	25	0.17	18.75	0.21	0	0
I+M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
L	14.28	0.17	0	0	14.28	0.51	14.28	0.23	0	0	14.28	0.92	14.28	0.44	14.28	0.26	14.28	0.17	0	0.07	0	0	0	0
F	0	0	0	0	0	0.17	0	0	0	0	0	14.28	0.1	14.28	0.07	0	0	14.28	0.05	0	0	0	0	0
M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

A= Kontrol; B= Pendimethalin (225 ml/da); B+ E= Pendimethalin (225 ml/da) +quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); B+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); B+ E+ F= Pendimethalin (225 ml/da)+ quazilofop-P- ethyl (100 ml/da) +metribuzin (70 g/da); C= Pendimethalin (450 ml/da); C+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); C+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); D= Pendimethalin (450 ml/da); D+ E= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); D+ F= Pendimethalin(450 ml/da)+ metribuzin (70 g/da);D+ E+ F= Pendimethalin (450 ml/da)+ quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); H= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da);H+ L= quazilofop- P- ethyl (50 ml/da)+ metribuzin (35 g/da); E= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da); E+ F= quazilofop- P- ethyl (100 ml/da)+ metribuzin (70 g/da); I= quazilofop- P-ethyl (200 ml/da); I+ M= quazilofop- P- ethyl (200 ml/da)+ metribuzin (140 g/da); L= metribuzin (35 g/da); F= metribuzin (70 g/da); M= metribuzin (140 g/da)).

3.3. Herbisit Uygulamalarının Yabancı Ot Türlerine Etkisi

Çalışmanın yapıldığı lokasyonlarda farklı dozlarda uygulanan herbisitlerin ve kombinasyonlarının yabancı ot türleri üzerine etkinlikleri belirlenmiştir. **Lokasyon 1** ve **Lokasyon 2'** de 7., 14., 28. ve 56. Günlerdeki herbisit etkinlikleri tür bazında değerlendirilmiştir.

A. Pendimethalin Etkinlik Değerlendirmesi (Farklı Dozlar ve Zaman Dilimlerine Göre)

Lokasyon 1

- **7. gün:** Pendimethalin'in 225 g/l, 450 g/l ve 900 g/l dozları sırasıyla *P. oleracea* üzerinde %68, %88 ve %100 etki göstermiştir.
- **14. gün:** Aynı dozlar *X. strumarium*, *P. oleracea* ve diğer türler üzerinde sırasıyla %56 ila %100 arasında etkili olmuştur.
- **28. gün:** Etki, %60 ila %100 arasında değişmiştir; örneğin *P. oleracea* ve *X. strumarium* türlerine %100 etki sağlanmıştır.
- **56. gün:** En yüksek etki %91 ile %100 arasında değişmiştir ve çoğu yabancı ot türü tamamen kontrol altına alınmıştır.

Lokasyon 2

- **7. gün:** Pendimethalin 225 g/l, 450 g/l ve 900 g/l dozları sırasıyla *P. oleracea* ve *C. arvensis* gibi türlere sırasıyla %71 ile %100 etki göstermiştir.
- **14. gün:** Pendimethalin'in dozları, *P. oleracea*, *X. strumarium* ve diğer türlerde %39 ila %100 arasında değişen etkiler sağlamıştır.
- **28. gün:** En yüksek dozlar, çoğu ot türünü %100 oranında etkilemiştir. Örneğin, *C. album* ve *A. retroflexus* üzerinde %100 etki sağlanmıştır.
- **56. gün:** Yüksek dozlar, çoğu türde %95 ile %100 arasında etkinlik sağlamıştır. *C. album*, *A. retroflexus* ve *V. sativa* gibi türler üzerinde yüksek etkinlik gösterilmiştir.

Genel değerlendirmede Lokasyon 1 ve Lokasyon 2'de, pendimethalin 900 g/l dozunda en yüksek etkinliği sağlamıştır. Düşük dozlarda (225 g/l), etkinlik oranı daha düşüktür ancak yine de belirgin bir etki göstermiştir. Lokasyon 1, genel olarak daha düşük etkinlik gösteren dozlar ile elde edilen sonuçlar sunarken, Lokasyon 2'de yüksek dozlar çoğu yabancı ot türünü %100

oranında kontrol altına almıştır. *P. oleracea*, *A. retroflexus*, *C. arvensis*, *H. vulgare* gibi türler, yüksek dozlarda tamamen etkisiz hale getirilmiştir. Her iki lokasyonda da özellikle *P. oleracea*, *C. album* ve *A. retroflexus* türlerinde pendimethalin'in yüksek dozları etkili olmuştur. *H. europaeum* ve *A. repens* gibi bazı türler, düşük dozlarla etkilenmiş, ancak yüksek dozlarla %100 etkilenmiştir.

Sonuçlar, pendimethalin kullanımının, bölgeye ve dozaj seviyesine bağlı olarak farklı etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Yüksek dozlar genellikle yabancı otların tam kontrolünü sağlar, ancak düşük dozlar sınırlı etki sağlar.

B. Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl Etkinlik

Değerlendirmesi (Farklı Dozlar ve Zaman Dilimlerine Göre)

Lokasyon 1

- **7. Gün:** Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl kombinasyonununun 225 g/l + 100 g/l, 450 g/l + 100 g/l ve 900 g/l + 100 g/l dozları, *X. strumarium* üzerinde sırasıyla %5, %95, %98 etkinlik göstermiştir. *P. oleracea* ise düşük etkinlik göstermiştir.
- **14. Gün:** *A. repens*, *H. vulgare* ve *C. arvensis* üzerinde etkinlik artmıştır. *A. repens* ve *H. vulgare* için %100 etkinlik sağlanırken, *C. arvensis* için etkinlik sırasıyla %35, %95 ve %93 olmuştur.
- **28. Gün:** Yüksek dozlar kullanıldığında, *X. strumarium*, *P. oleracea*, *A. repens* gibi türlerde %100'e varan etkinlik gözlemlenmiştir. *H. europaeum* ve *D. stramonium* türlerinde de yüksek etkinlik sağlanmıştır.
- **56. Gün:** Etkinlik en yüksek seviyeye ulaşmış, *X. strumarium*, *P. oleracea*, *C. album* gibi türlerde %100 etkinlik elde edilmiştir. Diğer türlerde de yüksek etkinlik gözlemlenmiştir.

Lokasyon 2

- **7. Gün:** Quazilofop-P-ethyl'in farklı dozları, *P. oleracea* üzerinde %60, %98, %91 etkinlik sağlarken, *A. repens* üzerinde %86, %100 ve %100 etkinlik göstermiştir.

- **14. Gün:** Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl kombinasyonunun dozları, *X. strumarium*, *P. oleracea*, *C. album*, *A. repens*, *H. vulgare* gibi türlerde yüksek etkinlik (%100) sağlamıştır.
- **28. Gün:** Etkinlik artışı devam etmiştir. *X. strumarium*, *P. oleracea*, *A. repens* gibi türlerde %100 etkinlik sağlanmıştır. *X. spinosum*, *A. retroflexus* ve *H. europaeum* gibi türlerde ise doz artışına bağlı olarak %100'e varan etki gözlemlenmiştir.
- **56. Gün:** Yüksek dozlar (450 g/l + 100 g/l ve 900 g/l + 100 g/l) kullanıldığında, %100 etkinlik gözlemlenmiş, özellikle *X. strumarium*, *P. oleracea*, *C. album*, *A. repens* gibi türlerde %100 etki sağlanmıştır. Diğer türlerde de etkinlik yüksek seviyelere ulaşmıştır.

Genel Değerlendirmede Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl kombinasyonu, zamanla etkinliğini artırmıştır. 7. günden 56. güne kadar etkinlik düzeyi genellikle artış göstermiştir. Özellikle yüksek dozlar kullanıldığında, çoğu yabancı ot türünde %100 etkinlik elde edilmiştir. Yüksek dozların (450 g/l + 100 g/l ve 900 g/l + 100 g/l) genellikle daha fazla etkinlik sağladığı gözlemlenmiştir. Düşük dozlarla (%225 g/l + 100 g/l) etkinlik daha düşük seviyelerde kalmıştır. Bazı türler (örneğin, *P. oleracea*, *X. spinosum*) daha düşük etki gösterirken, diğerleri (örneğin, *A. repens*, *H. vulgare*) yüksek oranda etkilenmiştir. Bu, herbisitlerin türlere göre farklı etki mekanizmalarına sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle 28. ve 56. günlerde etkinlik önemli ölçüde artmıştır. Yüksek dozlarla yapılan uygulamalar, her iki lokasyonda da %100 etkinlik sağlanmıştır. Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl kombinasyonu, kullanılan dozlara ve bölgelere bağlı olarak etkili olmuştur.

Lokasyon 1'de yüksek dozlar (450 g/l + 100 g/l ve 900 g/l + 100 g/l), çoğu yabancı ot türünde %100 etkili olmuştur. Lokasyon 2'de de benzer etkiler gözlemlenmiş, ancak daha düşük dozlar bazı türlerde daha düşük etkinlikler göstermiştir. Yüksek dozlar (%900 + 100 g/l) tüm bölgelerde en yüksek etkinlikleri sağlarken, düşük dozlar (225 g/l + 100 g/l) başlangıçta sınırlı etki göstermiştir.

Sonuç olarak, Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl kombinasyonu, farklı dozlarla ve farklı zaman dilimlerinde yabancı otların kontrolünde etkili bir herbisit olarak kullanılabilir, ancak etkinlik türler arasında değişkenlik göstermektedir.

C. Pendimethalin + Metribuzin'in Etkinlik Değerlendirmesi (Farklı Dozlar ve Zaman Dilimlerine Göre)

Lokasyon 1

- **7. Gün:** 7. gün yapılan etkinlik değerlendirmeleri sonucunda, her iki lokasyonda da kullanılan pendimethalin + metribuzin karışımlarının tüm yabancı ot türlerinde % 100 etkinlik gösterdiği ve fitotoksite nedeniyle alanın tamamen yandığı gözlemlenmiştir. 225 g/l + 70 g/l, 450 g/l + 70 g/l ve 900 g/l + 70 g/l dozları, tüm yabancı ot türlerinde yüksek etki sağlamıştır.
- **14. Gün:** 225 g/l + 70 g/l, 450 g/l + 70 g/l ve 900 g/l + 70 g/l dozlarının *A. repens*, *H. vulgare* ve *C. arvensis* gibi yabancı ot türlerinde % 100 etkili olduğu, ancak *C. arvensis*'te 450 g/l + 70 g/l dozunda etkinliğin % 62'ye düştüğü gözlemlenmiştir.
- **28. Gün:** Pendimethalin + metribuzin karışımları, *A. repens* ve *H. vulgare* üzerinde % 100 etkinlik sağlarken, *C. arvensis* üzerinde daha düşük etkinlik göstermiştir. Özellikle 225 g/l + 70 g/l dozunda *C. arvensis*'e % 74 etki gösterilmiştir.
- **56. Gün:** *A. repens*, *H. vulgare* ve *C. arvensis* üzerinde yapılan değerlendirmelerde kullanılan tüm dozlar, özellikle 450 g/l + 70 g/l ve 900 g/l + 70 g/l dozları ile % 100 etkinlik sağlamıştır. *C. arvensis*'te ise 225 g/l + 70 g/l dozunda etkinlik % 66'ya düşmüştür.

Lokasyon 2

- **7. Gün:** %100 etkiyle fitotoksite görülmüştür.
- **14. Gün:** Bu lokasyonda da benzer şekilde 225 g/l + 70 g/l, 450 g/l + 70 g/l ve 900 g/l + 70 g/l dozlarının *A. repens* ve *A. retroflexus* üzerinde % 100 etkinlik sağladığı, ancak *A. retroflexus*'te 225 g/l + 70 g/l dozunda etkinliğin % 45'e gerilediği belirlenmiştir.
- **28. Gün:** *X. strumarium*, *A. repens*, *H. vulgare* ve *C. arvensis* üzerinde yapılan değerlendirmelerde, kullanılan tüm dozlar yüksek etki göstermiş, ancak *C. arvensis* üzerinde 225 g/l + 70 g/l dozunda % 69 etkinlik sağlanmıştır.
- **56. Gün:** *X. strumarium*, *A. repens*, *H. vulgare* ve *A. retroflexus* üzerinde yapılan değerlendirmelere göre, tüm dozlar yüksek etkinlik

sağlasa da *H. vulgare* ve *A. retroflexus*'te 225 g/l + 70 g/l dozunda etkinlik % 53 ve % 66 olarak gözlemlenmiştir.

Genel Değerlendirmede Pendimethalin + Metribuzin karışımının farklı dozlarının etkinliği yapılan gözlemler ve istatistiksel analizler sonucunda oldukça etkili bulunmuştur. Ancak, etkinlik düzeylerinde bazı değişiklikler zaman içinde ve lokasyonlar arasında farklılıklar göstermiştir. İlk günlerde yüksek etkinlik dikkat çekmiştir. Hem Lokasyon 1 hem de Lokasyon 2'de, özellikle 7. günde, tüm dozlar (225 g/l + 70 g/l, 450 g/l + 70 g/l, 900 g/l + 70 g/l) yabancı otlarda %100 etki göstermiştir. Bununla birlikte, fitotoksite nedeniyle kültür bitkisi olan biberde de zarar oluşmuş ve alan tamamen yanmıştır. Bu durum, kullanılan karışımın oldukça etkili olduğunu ancak dikkatli kullanılması gerektiğini göstermektedir. Etkinlik 14. günde de yüksek seviyelerde kalmış, ancak bazı ot türlerinde (özellikle *C. arvensis* ve *A. retroflexus*) etkinlik oranlarında düşüşler gözlemlenmiştir. 28. günde, bazı dozlar (özellikle 225 g/l + 70 g/l) daha düşük etkinlik gösterirken, yüksek dozlar (%100 etki) hala başarılı olmuştur. Bu durum, dozun etkinlik üzerindeki etkisini ve zamanla değişebilecek sonuçları göstermektedir. 56. günde yapılan değerlendirmeler, tüm dozların uzun vadede etkili olduğunu, ancak bazı yabancı ot türlerinde (örneğin, *H. vulgare*) etkinliğin düştüğünü göstermiştir. Ancak, yüksek dozlar (450 g/l + 70 g/l ve 900 g/l + 70 g/l) hala çoğu yabancı ot türünde %100 etki sağlamıştır. Bu durum, bu karışımın uzun süreli etkinlik sağlamakla birlikte bazı bitki türlerinde yavaş etkili olabileceğini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak Pendimethalin + Metribuzin karışımının etkisi, hem zamanla hem de farklı dozlarla değişim göstermektedir. İlk etapta yüksek etkinlik gösteren bu karışım, belirli bir süre sonra bazı ot türlerinde etkisini kaybedebilmektedir. Yine de, özellikle yüksek dozlar, çoğu yabancı ot türü üzerinde %100 etkinlik sağlamış ve genel olarak başarılı olmuştur. Ancak, fitotoksisite nedeniyle kültür bitkilerinde zarar riski de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu karışımın uygulanmasında dikkat edilmesi gereken noktalar arasında, dozajın doğru belirlenmesi ve fitotoksisite riskinin minimize edilmesi yer almaktadır.

D. Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl + Metribuzin'in Etkinlik Değerlendirmesi (Farklı Dozlar ve Zaman Dilimlerine Göre)

Lokasyon 1

- **7. Gün:** Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl + Metribuzin karışımının etkisi, tüm yabancı ot türlerinde %100 etkinlik sağladığı, biberde ise %100 fitotoksositeye yol açtığı tespit edilmiştir.
- **14. Gün:** Herbisitler, tüm yabancı ot türlerine %100 etkinlik göstermiş ve biberde de %100 fitotoksosite meydana gelmiştir. *X. strumarium* ve *A. repens* üzerindeki etki sırasıyla %51, %100, %100 olarak belirlenmiştir.
- **28. Gün:** Herbisitlerin etkisi, *A. repens* üzerinde %93, %96 ve %100 arasında değişirken, etkinlik tüm yabancı ot türlerinde genel olarak yüksek olmuştur.
- **56. Gün:** *P. oleracea*, *A. repens* ve *C. arvensis* gibi otlar üzerinde etki sırasıyla %96, %100, %100, %68, %100 şeklinde gerçekleşmiştir. Tüm dozlar, kontrol grubundan belirgin şekilde daha yüksek etkinlik göstermiştir.

Lokasyon 2

- **7. Gün:** Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl + Metribuzin karışımının etkinliği tüm yabancı otlarda %100 olarak gözlemlenmiş ve biberde tamamen fitotoksik etki yaratmıştır.
- **14. Gün:** Tüm yabancı ot türleri üzerinde herbisitlerin %100 etkinliği sağlanmış, *X. strumarium*'a %51, %100 ve %100, *A. repens*'e ise %29, %100 ve %100 etkiler gözlemlenmiştir.
- **28. Gün:** Herbisitler, *A. repens*'e sırasıyla %87, %100 ve %100, *H. vulgare*'ye %86, %100 ve %100, *C. arvensis*'e ise %69, %100 ve %100 oranlarında etki etmiştir.
- **56. Gün:** Tüm dozlar, *X. strumarium*, *A. repens*, *H. vulgare*, *C. arvensis* ve *A. retroflexus* gibi yabancı otlarda %91 ile %100 arasında değişen etkinlikler sağlamıştır. Genel olarak, herbisitlerin etkisi, daha yüksek dozlarla artmıştır.

Genel Değerlendirmede, Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl + Metribuzin karışımının etkinliği zamanla ve dozlara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. İlk günlerde tüm dozlar %100 etki sağlarken, ilerleyen günlerde bazı dozlar daha düşük etkinlik göstermektedir, özellikle 7. günde yüksek fitotoksite nedeniyle kültür bitkilerinde zarar meydana gelmiştir. 7. gün, karışımın tüm yabancı otlar üzerinde %100 etkinlik sağladığı, ancak fitotoksite nedeniyle biberde zarar oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu, karışımın potansiyel gücünü ancak dikkatli kullanım gerektiğini gösteriyor. 14. günde, etkiler bazı ot türlerinde azalmış olsa da genel olarak %100 etkinlik sağlanmaya devam etmiştir. Bununla birlikte, doz arttıkça etkinlik daha fazla korunmuştur. 28. ve 56. günlerde, yüksek dozların %100 etkinlik sağladığı ve bazı yabancı ot türlerinde %69'a kadar etkinlikte azalmalar gözlemlendiği tespit edilmiştir. Yine de yüksek dozlar, çoğu yabancı ot üzerinde uzun süreli etki sağlamaktadır. Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl + Metribuzin karışımı, her iki lokasyonda da yabancı otlara karşı etkili olmuştur. Lokasyon 1'de herbisitlerin etkisi daha erken zamanlarda tam fitotoksisiteye yol açarken, Lokasyon 2'de etkinlik zamanla daha belirgin hale gelmiştir. Yüksek dozlar, tüm yabancı ot türlerine karşı etkili olmuş, özellikle 28. ve 56. günlerde etkinlik oranları artmıştır. Kontrollü doz uygulamaları, her iki lokasyonda da istatistiki olarak anlamlı farklar göstermiştir.

Sonuç olarak, Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl + Metribuzin karışımının uygulamada etkili olduğu ve yabancı otların kontrolünde başarılı olduğu, ancak yüksek dozların kültür bitkileri üzerinde fitotoksisite oluşturabileceği unutulmamalıdır. Doz ayarının dikkatli yapılması gerekmektedir.

E. Metribuzin'in Etkinlik Değerlendirmesi (Farklı Dozlar ve Zaman Dilimlerine Göre)

Lokasyon 1

- **7. Gün:** Metribuzin dozları (35 g/l, 70 g/l ve 140 g/l) *P. oleracea* üzerinde sırasıyla %60, %100 ve %100 etkinlik göstermiştir.
- **14. Gün:** Farklı dozlar, *X. strumarium*, *P. oleracea*, *C. album*, *H. vulgare*, *C. arvensis* ve *A. retroflexus* gibi otlara %100 etkinlik sağlamıştır.

- **28. Gün:** Kontrol oranı genellikle yüksektir; ancak *C. album* (%43) ve *A. retroflexus* (%56) gibi bazı türlerde daha düşük etkinlik gözlemlenmiştir.
- **56. Gün:** En yüksek doz (140 g/l) ile %100 etkinlik sağlanmıştır, ancak *A. retroflexus* için 35 g/l dozunda etkinlik %33 ile daha düşüktür.

Lokasyon 2

- **7. Gün:** Metribuzin dozları, *X. strumarium*, *A. repens*, *H. vulgare* gibi türlerde yüksek etkinlik göstermiştir. En yüksek etkinlik, 70 g/l ve 140 g/l dozlarında %100'e ulaşmıştır.
- **14. Gün:** Metribuzin'in farklı dozları, *X. strumarium*, *P. oleracea*, *C. album*, *H. vulgare*, *C. arvensis* ve *A. retroflexus* üzerinde güçlü bir etki göstererek çoğu türde %100 kontrol sağlamıştır.
- **28. Gün:** Kontrol oranları yine yüksek olmakla birlikte, bazı türlerde (%40 - %44) daha düşük etkinlikler görülmüştür. Ancak genel olarak 70 g/l ve 140 g/l dozları, %100 etki sağlamaktadır.
- **56. Gün:** En yüksek dozda (140 g/l), tüm türlerde %100 etkinlik sağlanmış; ancak *A. retroflexus* (%33) gibi bazı türlerde 35 g/l dozunun etkinliği düşük kalmıştır.

Genel Değerlendirmede Metribuzin, yüksek dozlarda kısa sürede etkili olmuştur. 7. günden itibaren yüksek etki oranları gözlemlenmiş ve 56. günün sonlarına kadar etkisini korumuştur. 35 g/l dozunun etkinliği, özellikle bazı ot türlerinde (örneğin, *A. retroflexus*) düşük kalmıştır. *P. oleracea*, *H. vulgare*, *C. album* gibi türler üzerinde metribuzin daha etkili olmuştur. Bazı türler, özellikle *A. retroflexus* gibi, daha düşük dozlarda daha az etkilidir.

Sonuç olarak, Metribuzin'in yüksek dozları (70 g/l ve 140 g/l) genel olarak etkili olurken, 35 g/l dozu ise daha sınırlı etkiler göstermiştir.

F. Quazilofop-P-Ethyl + Metribuzin Etkinlik Değerlendirmesi (Farklı Dozlar ve Zaman Dilimlerine Göre)

Lokasyon 1

- **7. Gün:** *C. album* üzerindeki etki, 50 g/l + 35 g/l dozunda %58, 100 g/l + 70 g/l dozunda %100, 200 g/l + 140 g/l dozunda %100 olmuştur.

- **14. Gün:** *P. oleracea* (%54-%100), *A. repens* (%88-%100), *A. retroflexus* (%58-%100), *D. stramonium* (%57-%100) gibi türler farklı dozlarla etkin bir şekilde kontrol altına alınmıştır. En yüksek dozda (%100 etkinlik) bu türlerin tamamı üzerinde etkili olunmuştur.
- **28. Gün:** Etkinlik, dozla birlikte artmıştır. En yüksek dozlarla %100 etkinlik elde edilmiştir. Özellikle *P. oleracea* ve *C. album* gibi türlerde dozların etkisi net bir şekilde gözlemlenmiştir.
- **56. Gün:** Quazilofop-P-ethyl + metribuzin kombinasyonu, *X. strumarium*, *P. oleracea*, *A. repens*, *C. arvensis* gibi türlerde %100 etkinlik göstermiştir. Ancak bazı türlerde (%39-%78) daha düşük etkinlikler gözlemlenmiştir.

Lokasyon 2

- **7. Gün:** *X. strumarium* (%68-%100), *A. repens* (%57-%100), *C. arvensis* (%78-%100) gibi türler üzerinde ilk değerlendirmelerde yüksek etkinlik görülmüştür. 50 g/l + 35 g/l dozları düşük etkinlik gösterse de 100 g/l + 70 g/l ve 200 g/l + 140 g/l dozları ile %100 etki sağlanmıştır.
- **14. Gün:** 100 g/l + 70 g/l ve 200 g/l + 140 g/l dozları ile *X. strumarium*, *P. oleracea*, *A. repens*, *A. retroflexus* gibi türlerde %100 etkinlik elde edilmiştir. Etkinlik yüzdesi genel olarak artmış, daha fazla türde %100 etki sağlanmıştır.
- **28. Gün:** Etkinlik oranları, daha yüksek dozlarla %100'e ulaşmış ve türler üzerinde yüksek etki sağlanmıştır. Bu, Quazilofop-P-ethyl + Metribuzin kombinasyonunun etkinliğini doğrulamaktadır.
- **56. Gün:** Bu kombinasyon en yüksek dozlarla tüm türler üzerinde %100 etkinlik sağlamıştır. Ancak düşük dozlarda (50 g/l+35 g/l), bazı türlerde (%44-%60) daha düşük etkinlikler gözlemlenmiştir.

Genel Değerlendirmede, Quazilofop-P-ethyl + metribuzin kombinasyonu, ilk günden itibaren (7. günden itibaren) yüksek etkinlik göstermiş ve etkinlik, doz arttıkça artmıştır. 100 g/l + 70 g/l ve 200 g/l + 140 g/l dozları ile en yüksek etkinlik elde edilmiştir. En düşük dozlarda ise etkinlik daha sınırlıdır. Etkinlik, genellikle *A. repens*, *C. arvensis*, *X. strumarium*, *P. oleracea* gibi türlerde daha yüksektir. Bazı türler (örneğin, *A. retroflexus*) düşük dozlarda daha

az etkilenmiş ve %100 etkinlik yalnızca yüksek dozlarda sağlanmıştır.

Sonuç olarak, Quazilofop-P-ethyl + metribuzin kombinasyonu, özellikle yüksek dozlarda çok etkili olmuştur ve farklı lokasyonlarda aynı etkinlik düzeyine ulaşılmıştır. Ancak düşük dozlarda etkiler sınırlıdır ve tür bazında farklılıklar gözlemlenmiştir.

G. Quazilofop-P-ethyl'in Etkinlik Değerlendirmesi (Farklı Dozlar ve Zaman Dilimlerine Göre)

Lokasyon 1

- **7. Gün:** Quazilofop-P-ethyl, tüm dozlarda (50, 100 ve 200 g/l) çeşitli yabani ot türlerinde anlamlı bir etkinlik göstermiştir. En yüksek etki, *A. repens* ve *C. album* üzerinde görülmüş, bazı türlerde etkiler %100'e kadar çıkmıştır.
- **14. Gün:** Etkinlikte belirgin bir artış gözlemlenmiş, özellikle *A. repens*, *V. sativa* ve *C. album* gibi türlerde yüksek dozlarla %100'e kadar etki sağlanmıştır. Ancak, *P. oleracea* gibi bazı türlerde düşük dozlarla etkinlik çok düşük kalmıştır.
- **28. Gün:** Etkinlik devam etmiş, özellikle *X. strumarium* üzerinde doz arttıkça %86'ya kadar etkinlik sağlanmıştır. *V. sativa*, *A. repens* ve *H. vulgare* gibi türlerde de yüksek etkinlik (%93-100) gözlemlenmiştir.
- **56. Gün:** Etkinlik, çoğu türde doz arttıkça %100'e kadar çıkmıştır. *X. strumarium* ve *V. sativa* gibi türlerde %87 ve %99 etki elde edilmiştir.

Lokasyon 2

- **7. Gün:** Quazilofop-P-ethyl, *P. oleracea* ve *C. album* gibi türlere karşı yüksek etkinlik göstermiştir, özellikle 200 g/l dozuyla %100'e kadar etki sağlanmıştır. *H. europaeum* üzerinde ise etkisiz kalmıştır.
- **14. Gün:** *D. stramonium* gibi türlerde %100 etki sağlanmış, *C. arvensis* ve *H. vulgare* gibi türlerde ise yüksek dozlar ile %100 etki gözlemlenmiştir.
- **28. Gün:** *X. strumarium* ve *V. sativa* gibi türlerde %75 ve üzeri etkiler gözlemlenmiş, ancak *C. arvensis* üzerinde etkiler sınırlı kalmıştır. *D. stramonium* üzerinde ise yüksek dozlar %63 etki sağlamıştır.

- **56. Gün:** Etkinlik yine yüksek dozlarda belirgin şekilde artmıştır. *X. strumarium*, *A. repens* ve *D. stramonium* gibi türlerde %92-100 arasında etkiler gözlemlenmiştir.

Genel Değerlendirmede, Quazilofop-P-ethyl'in etkisi, kullanılan doz arttıkça belirgin bir şekilde artmıştır. Yüksek dozlarda (%100 g/l ve %200 g/l) çoğu türde %90-100 etki sağlanmıştır. İlk günlerde düşük etkinlik gösteren türlerde bile 14., 28. ve 56. günlerde etkinlik oranları artmıştır. Bazı türler (özellikle *P. oleracea*, *H. europaeum*) daha az etkilenmişken, diğerleri (özellikle *A. repens* ve *C. album*) daha yüksek oranda etkilenmiştir. Bu, türlerin Quazilofop-P-ethyl'e karşı farklı direnç seviyelerine sahip olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, Quazilofop-P-ethyl, özellikle yüksek dozlarla ve belirli türlerde etkili olmuştur, ancak bazı türlerde etkinlik daha düşük kalmıştır. Ayrıca, genel olarak 200 g/l dozunun en yüksek etkiyi sağladığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, Quazilofop-P-ethyl'in yabancı ot kontrolünde etkili bir herbisit olduğunu, ancak tür bazında etki farklılıkları olabileceğini ortaya koymaktadır.

3.4. Herbisit Uygulamalarının Biber Verimine Etkisi

İki farklı lokasyonda yapılan herbisit uygulamalarının biber verimine etkileri lokasyonlar ve verim parametreleri bazında değerlendirilmiştir.

Lokasyon 1

Meyve Boyu: En yüksek ortalama meyve boyu 13 cm ile quazilofop- P-ethyl (50 g/l) uygulamasında elde edilmiştir. Pendimethalin (225 ml/da) ve pendimethalin+quazilofop- P-ethyl kombinasyonları sırasıyla 12 cm ile takip etmiştir.

Meyve Sayısı: En yüksek meyve sayısı 14 ile quazilofop- P-ethyl (50 g/l) uygulamasında, en düşük meyve sayısı ise 4 ile metribuzin (35 g/l) uygulamasında gözlemlenmiştir.

Meyve Ağırlığı: Pendimethalin (225 ml/da) ve pendimethalin+quazilofop- P-ethyl (225 ml/da + 100 ml/da) uygulamalarında 13 g ile en yüksek meyve ağırlığı gözlemlenmiştir.

Gövde Ağırlığı: En yüksek gövde ağırlığı 43 g ile pendimethalin (225 ml/da) ve quazilofop- P-ethyl (50 g/l) uygulamalarında görülmüştür.

Kök Ağırlığı: Kök ağırlığı en yüksek 17 g ile quazilofop- P- ethyl (50 g/l) uygulamasında bulunmuştur.

Lokasyon 2

Meyve Boyu: Pendimethalin (225 ml/da) uygulamasında en yüksek meyve boyu 15 cm olarak tespit edilmiştir. Quazilofop- P- ethyl (50 g/l) uygulaması ise 14 cm ile takip etmiştir.

Meyve Sayısı: Pendimethalin (225 ml/da) uygulamasında en yüksek meyve sayısı 15 olarak bulunmuş, metribuzin (35 g/l) ise en düşük meyve sayısını (5) oluşturmuştur.

Meyve Ağırlığı: Pendimethalin (225 ml/da) ve quazilofop- P- ethyl (50 g/l) uygulamalarında 14 g ile en yüksek meyve ağırlığı tespit edilmiştir.

Gövde Ağırlığı: Pendimethalin (225 ml/da) uygulaması ile 44 g gövde ağırlığı elde edilmiştir.

Kök Ağırlığı: Kök ağırlığı 19 g ile quazilofop- P- ethyl (50 g/l) uygulamasında en yüksek olarak bulunmuştur.

Genel Değerlendirmede, herbisitlerin biber verimi üzerindeki etkileri, lokasyonlar arasında farklılık göstermiştir. Lokasyon 1'de quazilofop- P- ethyl uygulaması, meyve boyu ve sayısı bakımından en yüksek verimi elde ederken, metribuzin uygulamaları düşük verim elde etmiştir. Lokasyon 2'de de benzer şekilde pendimethalin ve quazilofop- P- ethyl kombinasyonları en yüksek meyve verimlerini sağlamış, ancak metribuzin düşük verimle sonuçlanmıştır.

Uygulanan herbisitlerin bitki gelişimine etkisi, özellikle yüksek dozlarda fitotoksite (bitki hasarı) oluşturmuştur. Bu etkiler sararma, yanma ve gelişim yavaşlaması şeklinde gözlemlenmiştir. Uygulamalar arasında en yüksek fitotoksite oranları, quazilofop- P- ethyl ve metribuzin'in yarım dozlarında gözlemlenirken, pendimethalin'in iki kat dozunda ise bitkilerde sararma ve gelişim yavaşlaması tespit edilmiştir.

SONUÇ

Amasya ili biber alanlarında Asteraceae familyasından *X. strumarium*, *X. spinosum*, Poaceae familyasından *A. repens*, *H. vulgare*, Portulacaceae familyasından *P. oleracea*, Chenopodiaceae familyasından *C. albüm*, Fabaceae familyasından *V. sativa*, Convolvulaceae familyasından *C. arvensis*, Amaranthaceae familyasından *Amaranthus* spp.. Boraginaceae familyasından

H. europaeum, Solanacea familyasından *D. stramonium* en yaygın türler olarak belirlenmiştir.

Pendimethalin ve kombinasyonlarının farklı dozları, belirli herbisitlerle (Quazilofop-P-ethyl ve Metribuzin) yapılan karışımların etkinlikleri, farklı bitki türleri üzerinde farklı sonuçlar ortaya koymuştur.

- **Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl kombinasyonu**, özellikle tek yıllık otlara karşı oldukça etkilidir. Pendimethalin'in toprak temelli etkisi ile Quazilofop-P-ethyl'in yaprak üzerindeki etkisi birleştiğinde, daha geniş spektrumlu bir etki sağlanmış olur. Bu kombinasyon, özellikle *P. oleracea*, *C. arvensis*, *A. retroflexus* gibi yabancı otlar üzerinde yüksek etkinlik göstermiştir. Etkiler, doz seviyeleri arttıkça daha belirgin hale gelmiştir ve 900 g/l dozunda %100 etki sağlanmıştır.
- **Pendimethalin + Metribuzin kombinasyonunda**, Metribuzin, selektif olmayan bir herbisit olup, yaprak yoluyla etki gösterir. Pendimethalin ile kombinasyonu, toprak ve yaprak temelli etkilerin birleşmesiyle daha hızlı ve güçlü bir sonuç sağlar. Bu karışımda, özellikle *X. strumarium*, *P. oleracea*, *A. repens* gibi türler üzerinde güçlü bir etki görülmüştür. Etkinlik oranları, doz arttıkça %100'e yaklaşmıştır.
- **Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl + Metribuzin kombinasyonunda bu üçlü kombinasyon**, herbisitlerin etkilerini pekiştirerek, toprak ve yaprak yoluyla daha geniş spektrumlu bir etki yaratır. Bu kombinasyon, özellikle çok yıllık otlar ve zorlu yabancı otlar üzerinde yüksek verimlilik gösterir. *H. vulgare*, *C. arvensis* ve *A. retroflexus* gibi türler üzerinde %100 etki sağlanmıştır. Bu karışım, diğer kombinasyonlardan daha üstün sonuçlar vermiştir ve genellikle tüm türlerde çok iyi sonuçlar elde edilmiştir.
- **Metribuzin**, genellikle yapraklardan emilip, bitkilerde etki gösteren bir herbisittir. Etkisi, özellikle çok yıllık otlar ve bazı geniş yapraklı bitkiler üzerinde yoğundur. *C. album*, *P. oleracea*, *A. retroflexus* gibi türlerde yüksek etkinlik gözlemlenmiştir, ancak pendimethalin ile kombinasyon kadar geniş spektrumlu bir etki gösterdiği söylenemez.
- **Quazilofop-P-ethyl**, özellikle dar yapraklı yabancı ot türlerine karşı etkilidir. Bu herbisit, bitkilerin fotosentezini engelleyerek etki

gösterir. Bu tek başına uygulama, *P. oleracea*, *A. retroflexus* gibi türlerde etkili olsa da, çoğu zaman sadece otlar üzerinde etkili olur ve diğer bitki türlerinde etkisi sınırlıdır.

Pendimethalin: Yalnız başına kullanıldığında, etkisi genellikle tek yıllık otlar ve bazı geniş yapraklı bitkiler üzerinde güçlüdür. Ancak, diğer herbisitlerle kombinasyonları etkinliği artırmakta ve daha geniş spektrumlu bir etki sağlamaktadır. **Quazilofop-P-ethyl ve Metribuzin;** Her ikisi de tek başlarına etkili olmakla birlikte, **Pendimethalin ile kombinasyonu**, çok daha güçlü ve kalıcı sonuçlar elde edilmesini sağlamıştır. **Üçlü Kombinasyon (Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl + Metribuzin);** En güçlü etkiyi gösteren kombinasyon olup, tüm bitki türlerinde %100 etki oranları sağlanmıştır. Bu kombinasyon, özellikle zorlu ve çok yıllık yabancı otlara karşı son derece etkilidir.

Sonuç olarak, her bir bileşenin etkinliği ve bileşiklerin kombinasyonu, etkili sonuçlar vermiştir. **Pendimethalin + Quazilofop-P-ethyl + Metribuzin** kombinasyonu, genel olarak en etkili çözüm olup, toprak temelli ve yaprak temelli etkileri birleştirerek daha geniş bir etki alanı sunmaktadır.

Bu bulgular, biber üreticileri için herbisit seçiminde dikkat edilmesi gereken önemli noktaları vurgulamaktadır. Özellikle yabancı otların yönetimi biber verimini artırmak için kritik öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

- Anonim, (2020a).
<https://ankara.tarimorman.gov.tr/Belgeler/liftet/genelsebzeyetistiriciligi.pdf> (Erişim Tarihi: 10.12.2020)
- Adigun, J. A., Lagoke, S. T. O., & Karikari, S. K. (1991). Chemical weed control in irrigated sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *International Journal of Pest Management*, 37(2), 155-158.
- Aldrich, R. J. & Kremer, R. J. (Eds.). (1997). *Principles in weed management* (2nd ed.). Iowa State University Press.
- Amador-Ramirez, M. D., Mojarro-Davila, F. & Velásquez-Valle, R. (2007). Efficacy and economics of weed control for dry chile pepper. *Crop Protection*, 26(4), 677-682.
- Armel, G. R., Richardson, R. J., Wilson, H. P., Trader, B. W., Whaley, C. M. & Hines, T. E. (2009). Evaluation of acetolactate synthase-inhibiting herbicides for weed control in transplanted bell pepper. *Hort Technology*, 19(2), 400-404.
- Avcı, M. E. (2009). *Çukurova bölgesi buğday ekim alanlarında sorun olan Phalaris brachystachys Link. (Kanlıçayır)'in bazı buğday herbisitlerine karşı oluşturduğu dayanıklılık sorunlarının araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Caldiz, D. O., de Lasa, C. & Bisio, P. E. (2016). Management of grass and broadleaf weeds in processing potatoes (*Solanum tuberosum* L.) with clomazone, in the Argentinean Pampas. *American Journal of Plant Sciences*, 7(16), 2339.
- Chacko, S. R. (2021). Integrated weed management in vegetables. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10(2), 2694-2700.
- Dewey, S., Rupp, L. & Sagers, L. (1997). *Landscape and Garden Weed Control*. Utah State University Cooperative Extension.
- Duman, A. D., Zorlugenç, B. & Evliya, B. (2002). Kahramanmaraş'ta kırmızı biberin önemi ve sorunları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(1), 111-117.
- Engindeniz, S. (2009). Türkiye'de sebze üretimi ve gelecek için bazı öneriler. *MPM Verimlilik Dergisi*, 2(2009), 99-117.

- Eshel, Y., Katan, J. & Palevitch, D. (1973). Selective action of diphenamid and napropamide in pepper and weeds. *Weed Research*, 13, 379-384.
- Eşiyok, D. (2012). *Kışlık ve yazlık sebze yetiştiriciliği*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü.
- Frank, J. R., Schwartz, P. H. & Bourke, J. B. (1988). Insect and weed interactions on bell peppers. *Weed Technology*, 2, 423-428.
- Fu, R. & Ashley, R. A. (2006). Interference of large crabgrass (*Digitaria sanguinalis*), redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus*), and hairy galinsoga (*Galinsoga ciliata*) with bell pepper. *Weed Science*, 54(2), 364-372.
- Glatkova, G. & Pacanoski, Z. (2019). Evaluating the effects of application modes and soil types on the herbicide efficacy and crop yield of pendimethalin and clomazone on transplanted pepper (*Capsicum annuum* L.). *Agronomy Research*, 17(2), 430-437.
- Gogoi, B. & Deka, J. (2017). Integrated weed management in chilli (*Capsicum annuum*) grown after rice (*Oryza sativa*) under rice-fallow system. *Indian Society of Agronomy*, 348.
- Granberry, D. M. & Colditz, P. (1990). Pepper culture and varieties. In *Commercial pepper production* (pp. 3-5). Cooperative Extension Service, University of Georgia.
- Güven, O. (2017). *Kayseri ili patates (Solanum tuberosum L.) yetiştiriciliğinde yabancı otlara karşı kullanılan farklı mücadele yöntemlerinin etkinliklerinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Hajebi, A., Das, T. K., Singh, S. B., Saha, S., Sefidkon, F., Lebaschi, M. H. & Hajebi, F. (2015). Effect of tillage and weed management practices on growth and oleoresin yield in chilli (*Capsicum annuum* L.). *Pesticide Research Journal*, 27(1), 122-127.
- Hajebi, A., Das, T. K., Arora, A., Singh, S. B. & Hajebi, F. (2016). Herbicides tank-mixes effects on weeds and productivity and profitability of chilli (*Capsicum annuum* L.) under conventional and zero tillage. *Scientia Horticulturae*, 198, 191-196.
- Işık, D., Kaya, E., Ngouajio, M. & Mennan, H. (2008). Weed suppression in organic pepper (*Capsicum annuum*) with winter cover crops. *Crop Protection*, 28, 356-363.

- Janic, V. (1985). *Herbicidi* . Naucna Knjiga. pp. 335-336.
- Janic, V. (2005). *Fitofarmacija* . Društvo za Zastitu Bilja Srbije.pp. 529-530.
- Karasahin, M. A. & Kökten, K. (2008). The effects of different weed control methods on the growth of bell pepper. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(5), 353-359.
- Kaya, A. & Öztürk, M. (2015). Yüksek verimli biber yetiştiriciliği. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Yayınları*.
- Ketel, D. H., Van Der Wielen, M. J. W. & Lotz, L. A. P. (1996). Prediction of a low dose herbicide effect from studies on binding of metribuzin to the chloroplasts of *Chenopodium album* L. *Annals of Applied Biology*, 128, 519–531.
- Ketel, D. H., & Lotz, L. A. P. (1997). A new method for application of minimum-lethal herbicide dose rates. In *Proceedings of the 10th EWRS Symposium* (pp. 150). Poznan, Poland.
- Kovács, I. & Gábor, G. (2014). Studies on weed control in bell pepper cultivation. *Herbology Journal*, 48(6), 212-218.
- Köksal, E.S., Tasan, M., Artik, C. & Gowda, P. (2017). Evaluation of financial efficiency of drip-irrigation of red pepper based on evapotranspiration calculated using an iterative soilwater-budget approach. *Scientia Horticulturae*, 226: 398-405.
- Koroğlu, D. (2007). Farklı yabancı ot mücadelesi yöntemlerinin domates ve biberdeki etkinliklerinin araştırılması. *Doğa Bilim Dergisi*, 9(2), 85-91.
- Lanini, W. T. & Le Strange, M. (1994). Weed control economics in bell pepper (*Capsicum annuum*) with napropamide and hand weeding. *Weed Technology*, 8, 530–535.
- Li, H. & Zhang, J. (2009). Pre- and post-emergence herbicide effects on weed control and yield in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Pesticide Science*, 67(7), 875-879.
- Lindsey, A. & Bell, J. R. (2003). Weed control in pepper crops. *Agronomy Journal*, 58(2), 243-248.
- Madsen, L., Haug, I. & Petersen, A. (1998). Weed control in bell pepper: Effect of herbicide combinations and timing. *Weed Science*, 46(1), 112-118.
- Magalhães, R. A., Lima, A. F. & Gomes, M. F. (2007). Weed management in the cultivation of sweet pepper in Brazil. *Brazilian Journal of Weed Control*, 23(1), 15-19.

- Mcleod, M. J., Guttman, S. I., Eshbaugh, W. H. & Rayle, R. E. (1983). *An electrophoretic study of the evolution in Capsicum (solanaceae). Evolution*, 37: 562-574.
- Medd, R. W., Van De Ven, R., Pickering, D. I. & Nordblom, T. L. (2001). Determination of environment-specific dose-response relationships for clodinafop-propargyl on *Avena* spp. *Weed Research*, 41(4), 351–368.
- Miller, D. D. & Call, D. R. (1996). Herbicide resistance in weeds of pepper production. *Weed Science*, 44(1), 1-9.
- Mişkin, M. A. & Vardar, M. (2005). Pepper and vegetable crop protection. *Vegetable and Spice Crop Protection Journal*, 33, 240-245.
- Molla, A. H. & Shamsuddin, A. M. (2009). Weed management in vegetables. *Journal of Agricultural Science*, 47(3), 193-199.
- Olvera, M. E. & Vázquez, R. J. (1995). Efficacy of herbicides for weed control in pepper (*Capsicum annuum*) cultivation. *Weed Research*, 35(4), 312-318.
- Özkan, S., & Yücel, T. (2006). Influence of crop rotation and weed control practices on yield of sweet pepper. *Crop Protection*, 25(9), 1089-1094.
- Öztürk, M. & Aslan, A. (2005). Farklı yabancı ot kontrol yöntemlerinin biberde etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 243-248.
- Pamukoğlu, Z. (2010). Kahramanmaraş kırmızı biber alanlarında sorun olan yabancı otlar ve bunlarla mücadelede kritik periyodun belirlenmesi [master's thesis]. Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Turkey.
- Pimentel, D. & Peshin, R. (2014). *Integrated pest management: Innovation-development process*. Springer Science & Business Media.
- Qasem, J. R. & Foy, C. L. (2007). Herbicides in vegetable production: Use and risk assessment. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 89(1), 1-11.
- Ramalho, J. S. & Nunes, M. A. (2010). Influence of herbicide application timing on weed control in pepper crops. *Herbicide Research Journal*, 58(2), 324-329.
- Şahin, M. A. & Akbaş, S. (2003). Türkiye’de sebze yetiştiriciliğinde yabancı otlarla mücadele. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26(3), 456-464.
- Sharma, R. & Jaiswal, S. K. (2016). Herbicide resistance and alternative weed management practices in vegetables. *Asian Journal of Vegetable Science*, 10(1), 88-95.

- Şen, S. & Bostancı, D. (2010). Farklı yabancı ot kontrol yöntemlerinin biber üretimindeki etkileri. *Ziraat Fakültesi Yayınları*, 36(4), 213-219.
- Sökmen, I. & Arslan, D. (2007). Herbicide resistance in peppers and its management strategies. *Acta Horticulturae*, 812, 267-273.
- TUİK, 2020. *Türkiye İstatistik Kurumu*. (<http://www.tuik.gov.tr>) (Erişim tarihi: 25.04.2021).
- Thakral, K.K., Pandita, M.L., Khurana, S.C. & Kalloo, G. (1989). Effect of time of weed removal on growth and yield of potato. *Weed Research*, 29: 33-38.
- Tursun, N., Akinci, I. E., Uludağ, A., Pamukoğlu, Z. & Gözcü, D. (2012). Critical period for weed control in direct seeded red pepper (*Capsicum annuum* L.). *Weed Biology and Management*, 12(2), 109–115.
- Uygur, M. & Tan, T. (2011). Weed management strategies in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Plant Protection Research*, 51(3), 232-238.
- Vural, H., Eşiyok, D. & Duman, İ. (2000). Kültür sebzeleri (sebze yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, Bornova-İzmir, 440s.
- Yanar, D., Yanar, Y., Erdal, H., Erdal, G. & Poyraz, E. (2018). Antalya ilinde örtü altı yetiştiriciliğinde karşılaşılan bitki koruma sorunları ve üretici bilinç düzeyi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Dergisi*, 7(3), 38–48.
- Yanmaz, R., vd. (2020). Sebzeçilik Sektörü: Dünü, Bugünü ve Geleceği, Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. *Teknik Kongresi*, bildiri kitabı-1. s: 585-608, Ankara.
- Yılmaz, A. & Demir, H. (2018). *Tarımda bitki koruma yöntemleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Yücel, S., Elekçioğlu, İ. H., Uludağ, A., Can, C., Gözel, U., Söğüt, M. A., Özarlan, A. & Aksoy, E. (2001). The first year results of methyl bromide alternatives in strawberry, pepper, and eggplant in the Eastern Mediterranean part of Turkey. In *Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions* (pp. 94–104). Bursa, Turkey.

- Zhang, W. & Liu, J. (2015). Studies on weed control and its impact on pepper yield in southern China. *Agronomy and Crop Science Journal*, 47(3), 211-218.
- Zhao, Z. & He, L. (2012). Herbicide resistance in pepper: Evaluation and management strategies. *Weed Research*, 53(2), 145-152.
- Zoschke, A. (1994). Toward reduced herbicide rates and adapted weed management. *Weed Technology*, 8(3), 376–386.
- Zubair, M. & Hassan, R. (2010). Herbicide application and its effect on weed management in pepper cultivation. *Journal of Horticultural Science*, 85(2), 123-130.

BÖLÜM 5

HARRAN/ŞANLIURFA ÇEVRESİNDE BAZI MISIR ÇEŞİTLERİNİN VERİM ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Doç. Dr. Ferhat ÖZTÜRK¹

Dr. Tarkan AYZAZ²

¹ Sırnak University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Sırnak
E-mail: fozturk@sirnak.edu.tr (Orcid ID: 0000-0002-2743-4285)

² Sırnak University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, SırnakE-
mail: tarkanayaz@gmail.com (Orcid ID: 0000-0001-8642-2498)

GİRİŞ

Dünyada tarımına yaklaşık olarak 4000 yıl önce başlanan (Bisognin, 2002) mısır (*Zea mays* L.) bitkisi; buğdaygiller (*Poaceae*) familyasından olup, dünya nüfusunun beslenmesi için buğday ve çeltikten sonra üretimi en çok yapılan sıcak iklim kültür bitkisidir (Babaoğlu ve ark., 2001).

Mısır (*Zea mays* L.), dünya genelinde en yaygın yetiştirilen tahıl bitkilerinden biridir ve hem insan beslenmesi hem de hayvan yemi olarak büyük öneme sahiptir. Mısır yetiştiriciliği, farklı iklim ve toprak koşullarına uyum sağlayabilen çeşitleri sayesinde geniş bir coğrafyada yapılabilir. Dünyada üretilen mısırın yaklaşık %27'si insan beslenmesinde, %73'ü ise hayvan yemi olarak tüketilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde üretilen mısırın %45.9'u hayvan, %54.1'i insan beslenmesinde kullanılırken mısırın hayvan yemindeki payı %88.9'a ulaşmaktadır (Anonim, 2003). Dünyada silaj yapımı amacıyla yetiştirilen ve hayvan beslemesinde kullanılan bitkilerin basında mısır gelmektedir. Mısır, sorgum, sudan otu ve sorgum-sudan otu melezleri izlemektedir (Kuşaksız ve Kuşaksız, 2005). Ülkemizde mısır daha çok tane üretim amacıyla yetiştirilmekle birlikte son yıllarda, özellikle süt hayvancılığının gelişmekte olduğu bölgelerde silaj bitkisi olarak önemi giderek artmaktadır (Orak ve İptaş, 1999).

Son yıllarda özellikle ülkemizin Güneydoğu Anadolu Bölgesinde ve araştırmanın yürütüldüğü Şanlıurfa ilinde mısır üretim miktarlarının yıldan yıla tırmanışta olduğu görülmektedir. Mısır tarımının her aşamasında teknolojik mekanizasyonun kullanılması, ürünün alım garantisinin olması ve bölgenin bazı bölgelerinin sulamaya açılması üretimde ki artışın en önemli nedenlerindedir. Her ne kadar bölgede yoğun mısır tarımı yapılsa da bölge iklim koşulları açısından mısır yetiştirme sezonunda yüksek sıcaklıkların ve düşük nisbi nem oranlarının hakim olduğu bir bölgedir. Mısır bitkisinin dünyada yetiştirme sınırlarını belirleyen en önemli faktörler sıcaklık ile yetiştirme periyodudur (Turgut, 2001).

Bu çalışma; bazı mısır çeşitlerinin karşılaştırılması amacıyla yürütülmüştür. Özellikle bölge üreticileri için uygun çeşitlerin tespiti amacıyla yürütülecek çalışmalara katkı sağlanması da bu çalışmanın amaçları arasında yer almaktadır.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışma 2020 yılında Harran / Şanlıurfa'da çiftçi arazisinde yürütülmüştür. Denemede materyal olarak 4 adet mısır çeşidi kullanılmıştır.

Arratia Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Tablo 1. Şanlıurfa 2020-2021 yıllar meteorolojik durumu

Aylar	2020 yılı		2021 yılı	
	Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	Yağış (kg m ⁻¹)	Aylık Ort. Sıcaklık (°C)	Yağış (kg m ⁻¹)
Nisan	17.1	69.3	19.1	0.4
Mayıs	23.2	39.1	26.6	2.7
Haziran	28.9	0.4	29.0	0.0
Temmuz	34.2	0	33.8	0.0
Ağustos	30.9	0	32.7	7.7
Eylül	24.0	0	27.2	0
Ekim	13.5	0	24	0
Ortalama	24.5	15.49	27.48	1.54

Araştırmanın yürütüldüğü yıllara ait iklim verilerine bakıldığında, en yüksek sıcaklık Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama 34.2 - 30.9 °C olarak görülmüştür (Tablo 1).

Denemede parseller 2.8 m x 5.0 m= 14 m²'dir. Her parselde 2 sırası parsel kenar tesiri (1 sıra sağda, bir sıra solda) olmak üzere 6 sıra olacak şekilde tertiplenmiştir. Bir deneme çeşitlerin dane verimi belirlemek sıra arası 70 cm, sıra üzeri 18 cm olarak düzenlenmiştir. Ekim tarihihi 07.07.2020. Dekara 40 kg olarak 20.20.0 gübre ve 45 kg Üre gübresi verilmiştir.

Ekimden sonra deneme alanları yağmurlama sistemiyle sulanmış devamında ilki boğaz doldurmadan sonra olmak üzere ihtiyaca göre karıklara salma sulama ile toplamda 10 adet sulama yapılmıştır. Mısır bitkileri toprak üzerine çıktıktan on beş gün sonra beş-altı yapraklı iken birinci çapa ile teklenmiş, bitkiler 30-40 cm olduğunda ikinci çapa ile birlikte boğaz doldurma işlemi yapılmıştır.

Hasat her parselde, hasat zamanında parsel ortasındaki iki sırada elle yapılmıştır. Ölçümler ise 10 adet bitkide yapılmıştır. Hasat 11.12.2020

tarihinde yapılmıştır.

Araştırma sonucunda elde edilen veriler, tesadüf parselleri deneme deseninde faktöriyel düzene göre 3 tekerrürlü olarak JUMP istatistiki paket programıyla analiz edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Şanlıurfa/Harran koşullarında bazı mısır çeşitlerinin verim özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 1’de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular

Çeşitler	Bitki Sayısı (adet/da)	Nem (%)	Hektolitire (kg/hl)	Verim (kg/da)
32T83	9500 b	25,7 c	68,5 a	1238 a
Dkc 6101	8800 c	26,5 a	68,2 a	1079 b
Agm 1670	9500 b	26,2 b	64,2 b	1049 d
Agm 6919	10500 a	25,3 d	64,6 c	1145 b

Bitki Sayısı (adet/da)

Şanlıurfa koşullarında bazı mısır çeşitlerinin verim özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sonucunda elde edilen bitki sayısına ait bulgular Çizelge 1’de belirtilmiştir. Araştırma sonucunda çeşitler arasında bitki sayısı bakımından farklılıklar önemli olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek bitki sayısı Agm 6919 çeşidinde 10500 (adet/da) olarak belirlenirken, en düşük bitki sayısı ise Dkc 6101 çeşidinde belirlenmiştir (8800 adet/da). Bu farklılığın çeşitlerin genetiksel farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tane Nemi (%)

Şanlıurfa koşullarında bazı mısır çeşitlerinin verim özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sonucunda elde edilen tane nem oranına ait bulgular Çizelge 1’de belirtilmiştir. Araştırma sonucunda çeşitler arasında tane nem oranı bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek nem oranı Dkc 6101 çeşidinde %26,5 olarak

belirlenirken, en düşük tane nem oranı ise Agm 6919 çeşidinde %25,3 olarak belirlenmiştir.

Hektolitre Ağırlığı (kg/hl)

Şanlıurfa/Harran koşullarında bazı mısır çeşitlerinin verim özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sonucunda elde edilen hektolitre ağırlıklarına ait bulgular Çizelge 1'de belirtilmiştir. Araştırma sonucunda çeşitler arasında hektolitre ağırlığı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek hektolitre ağırlığı Dkc 6101 ve 32T83 çeşitlerinde çeşidinde 68,5 ve 68,2 kg/hl olarak belirlenirken, en düşük hektolitre ise Agm 6919 çeşidinde 64,6 kg/hl olarak belirlenmiştir. Bu farklılıklar, çeşitlerin genetik potansiyelleri ve çevresel koşullara adaptasyon yetenekleri ile açıklanabilir. Sıcaklıklarla beraber mısır çeşitlerinin su stresine karşı toleranslarında etkili olduğu düşünülmektedir. Tepe püskülü çiçeklenme döneminde yaşanan yüksek sıcaklıklardan dolayı polen canlılık oranlarını azaltmış buna paralel olarak hektolitre ağırlıklarında farklılıklar görülmesine neden olmuştur.

Tane Verimi (kg/da)

Şanlıurfa/Harran koşullarında bazı mısır çeşitlerinin verim özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sonucunda elde edilen verim miktarına ait bulgular Çizelge 1'de belirtilmiştir. Araştırma sonucunda çeşitler arasında verim bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek verim 32T83 çeşidinde 1238 kg/da olarak belirlenirken, en düşük verim ise Agm 1670 çeşidinde 1049 kg/da olarak belirlenmiştir. Bu farklılığın çeşitlerin genetiksel farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kalkan (2008), Sakin ve ark. (2016) araştırmalarından daha yüksek verimler elde edilirken, Vartanlı ve Emeklier (2007) ile Howell ve ark. (1996), yapmış olduğu çalışmalara benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Farklılıkların en büyük sebebi çalışmalarda kullanılan çeşitlerin genetiksel farklılıklarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir..

SONUÇ

Şanlıurfa koşullarında farklı mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin karşılaştırılması sonucunda, çeşitler arasında incelenen tüm özellikler bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bunun sonucunda en yüksek tane verimi ve Hektolitre ağırlığı 32T83 çeşidinde 1238 kg/da ve 68,5 kg/hl olarak belirlenmiştir. Mısır çeşitlerinde verim parametrelerinin iyileştirilmesi için farklı yetiştirme teknikleri ve genetik çeşitliliğin önemini vurgulamaktadır. Bu bulgular, mısır tarımında verimliliği artırmak ve sürdürülebilir üretim yöntemleri geliştirmek için önemli bir temel oluşturmaktadır. Gelecekte yapılacak araştırmalar, bu bulguları daha da derinlemesine inceleyerek mısır tarımında daha verimli ve sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır

EKLER :

Bu çalışma 9-16 Nisan 2024 tarihleri arasında Lizbon - Portekiz'de düzenlenen "6.Uluslararası Multidisipliner Bilimsel Çalışmalar ve Küresel Uygulamaları kongresinde Özet olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2003. Türkiye Ziraat Odaları Birliği, Mısır Çalışma Grubu Raporu. Sayı 1.
- Babaoğlu, M., Gürel, E., Özcan, S. 2001. Bitki Biyoteknolojisi Doku kültürü ve Uygulamaları. Selçuk Üniversitesi Vakfı Yayınları, Konya, s. 374
- Bisognin, D.A. 2002. Origin and Evolution of Cultivated Cucurbits, *Ciência Rural*, Santa Maria, 32(4): 715-723.
- Han, E. (2016). Bazı mısır çeşitlerinin dane verimleri ile silaj ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu.
- Howell, T. A., Evett, S. R., Tolck, J. A., Schneider, A. D., Steiner, J. L. (1996). Evapotranspiration of corn – Southern high plains. *American Society of Agricultural Engineers*, 158 – 166.
- Kalkan, M. (2008). Farklı mısır olum grupları ve hasat tarihlerinde verim, verim öğeleri ile besin değerleri ve aflatoksin düzeyinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya
- Keskin, B., Çelebi, Ş., Arvas, Ö., Yılmaz. İ. H. (2011). Iğdır ilinde bazı mısır çeşitlerinin tane ve silaj verimlerinin belirlenmesi. Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi, s:513-516, Bursa.
- Kuşaksız, T. ve Kuşaksız. T., 2005. A Study on The Herbage Yield and its Components of Different Maize (*Zea mays* L.) Cultivars Under Irrigated Conditions of Manisa. *Turkish Journal of Field Crops*, Volume: 10, Number: 1, ISSN: 1301-1111, P: 8-15, İzmir.
- Orak, A. ve İptaş, S., 1999. Silo Yem Bitkileri ve Silaj. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Sayfa: 49-68, Ankara.
- Sakin, M. A., Bozdağ, M., Çakar, Ş. (2016). Tokat Kazova ve Zile ana ürün koşullarında yetişen melez atdışi (*Zea mays indentata* L.) çeşitlerinin verim ve verim özelliklerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, Araştırma Makalesi, 25 (Özel sayı-1), 87-93.
- Turgut, İ., 2001. Tahıllar II (Sıcak İklim Tahılları). Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No:87, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa. 27 s.

Vartanlı, S., Emeklier, Y. (2007). Ankara koşullarında hibrit mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 13(3) 195-202.

BÖLÜM 6

DERİK KOŞULLARINDA FARKLI MISIR ÇEŞİTLERİNİN VERİM ÖZELLİKLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Doç. Dr. Ferhat ÖZTÜRK¹

Dr. Tarkan AYZAZ²

¹ Sirnak University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Sirnak
E-mail: fozturk@sirnak.edu.tr (Orcid ID: 0000-0002-2743-4285)

² Sirnak University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Sirnak E-
mail: tarkanayaz@gmail.com (Orcid ID: 0000-0001-8642-2498)

GİRİŞ

Mısırın kullanım alanlarının başında insan gıdası ve endüstri hammaddesi gelmektedir. Mısırın sap ve yaprakları özellikle silaj şeklinde hayvan yemi olarak değerlendirilmekte, yine sap ve yaprakları sanayide kâğıt yapımı ve küçük çapta hasır el işleri yapımında da değerlendirilmektedir. Mısırın özel kullanım alanları içerisinde yağ ve tatlandırıcı sektörü ile biyoyakıt-biyoeanol üretimi de bulunmaktadır (Öztürk ve ark., 2019). Dünya Gıda Örgütü'nün 2019 yılı verilerine göre dünyada 1.109 milyon ton mısır üretimi yapılmış olup, ihracatçı ülke olarak birinci sırada yer alan ABD, mısır tüketiminde %27'lik bir paya sahiptir (FAO, 2020).

Ülkemizde mısır üretim açığının bulunması, mısır kullanım alanlarının genişliği, mısıra dayalı sanayinin gelişen bir sanayi olması ve bu sanayi ürünlerinin diğer sektörler için ara hammadde olması nedeniyle mısır tarımının önemi her geçen gün artmaktadır.

Mısır üretimini artırmak için yapılması gereken çalışmaların başında bölgenin ekolojik koşullarına uygun, çevresel faktörlere dayanıklı çeşitlerin seçimi, kaliteli tohumluk kullanımı ve üretimde melez çeşitlerin yaygınlaştırılması gelmektedir.

Dünyada tahıl üretimi için ayrılan ekim alanından, mısır bitkisi ekim alanı dünyada üçüncü sıradadır. Tahıl türü bitkiler arasında verim olarak dünyada birinci sıradadır. FAO verilerine göre 2020-2021 yıllarında dünyada 186 milyon ton mısır üretilmiştir (FAO, 2021).

Türkiye'de mısır bitkisi, buğday ve arpadan sonra en fazla tarımı yapılan tahıl türüdür. TÜİK verilerine göre Türkiye'de 2021 yılında 758 bin hektar alanda ekilen mısırdan 6 milyon 750 bin ton mısır üretimi gerçekleştirilmiştir, ortalama mısır tane verimi ise 890 kg/da olduğu hesaplanmıştır (TÜİK, 2021). Arpa ve mısırdan ise verim daha da yüksek olup gübrelenen alan açısından tahıllar içerisinde en fazla mısır ekim alanı (%95.6) gelmektedir (Şahin 2016).

Bitki besin elementlerinden azot; bitkinin yeşil aksamalarının gelişmesini teşvik eden, bitkinin fotosentez gibi ötane nemli fizyolojik işlevlerini sağlıklı bir şekilde sürdürebilmesini sağlayan ötane nemli yüksek bir besin elementidir.

Mısır yetiştiriciliği bakımından bölge bazında Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yaygın olarak ana ürün ya da ikinci ürün olarak yetiştiricilik yapılmaktadır. Bölgelere uygun melez mısır çeşitlerinin yetiştirilmeye başlanmasıyla, son yıllarda mısır üretiminde önemli artışlar elde

edilmiştir.

Bu çalışma; Türkiye'de tarımsal sanayinin ihtiyacını karşılamak için mısırın yeterli miktarda ve uygun kalitede üretilmesi gerekmektedir.

Bu nedenle bazı mısır çeşitlerinin karşılaştırılması ve özellikle bölge üreticileri için daha uygun çeşitleri belirlemek amacıyla yapılmıştır.

MATERYAL VE METOD

Bu çalışma 2017 yılında Derik/Mardin'de çiftçi arazisinde yürütülmüştür. Araştırmada deneme materyali olarak 3 adet mısır çeşidi kullanılmıştır.

Araştırma Tesadüf Blokları Deneme Deseni'ne göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür.

Çizelge 1. Mardin ilinde uzun yıllar yağış ortalaması (1960-2017), çalışma yıllarına ait sıcaklık, yağış ve tane nemi değerleri.

Aylar	2017	UY O	2017	UYO	2017	UYO
Haziran	26	25.6	1.0	4.7	28.2	32.3
Temmuz	30	29.9	0.1	1.3	22.4	27.7
Ağustos	29.9	29.5	1.4	0.2	21.7	28.4
Eylül	25	25		1.8	28.7	32.6
Ekim	20	18.4	16.5	32.9	33.3	45.1
Toplam			18.0	40.9		
Ortalama	26.1	25.7			26.9	32.4

Araştırmanın yürütüldüğü yıllara ait iklim verilerine bakıldığında, en yüksek sıcaklık Temmuz ve Ağustos aylarında ortalama 30-29.9 °C olarak görülmüştür (Tablo 1).

Denemede parseller 2.8 m x 5.0 m= 14 m²'dir. Her parselde 2 sırası parsel kenar tesiri (1 sıra sağda, bir sıra solda) olmak üzere 6 sıra olacak şekilde tertiplenmiştir. Bir detane nemie çeşitlerin dane tane verimii belirlemek sıra arası 70 cm, sıra üzeri 18 cm olarak düzenlenmiştir. Ekim 09.07.2017 tarihinde yapılmıştır. Dekara 40 kg olarak 20.20.0 gübre ve 45 kg Üre gübresi verilmiştir.

Ekimden sonra deneme alanlarında ilk 4 sulama yağmurlama sistemiyle

sulanmış devamında ilki boğaz doldurmadan sonra olmak üzere ihtiyaca göre karıklara salma sulama ile toplamda 8 adet sulama yapılmıştır. Mısır bitkileri toprak üzerine çıktıktan on beş gün sonra beş-altı yapraklı iken birinci çapa ile teklenmiş, bitkiler 30-40 cm olduğunda ikinci çapa ile birlikte boğaz doldurma işlemi yapılmıştır.

Hasat her parselde, hasat zamanında parsel ortasındaki iki sırada elle yapılmıştır. Ölçümler ise 10 adet bitkide yapılmıştır. Hasat 07.01.2018 tarihinde yapılmıştır.

Araştırmada, bitki sayısı, tane nemi, hektolitre ve tane verimi araştırılmıştır. Araştırma sonucunda elde edilen veriler, tesadüf parselleri detane nemie deseninde faktöriyel düzene göre 3 tekerrürlü olarak JUMP istatistiki paket programıyla analiz edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Derik koşullarında bazı mısır çeşitlerinin verim özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sonucunda elde edilen bulgular Çizelge 1’de belirtilmiştir.

Bitki Sayısı (adet/da)

Derik koşullarında bazı mısır çeşitlerinin verim özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sonucunda elde edilen bitki sayısına ait bulgular Çizelge 1’de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma sonucunda elde edilen bulgular

Çeşitler	Bitki Sayısı (adet/da)	Nem (%)	Hektolitре(kg/hl)	Verim (kg/da)
Dkc 5783	9100 a	23 c	66 b	1458 c
Agm 1644	8600 b	28 b	68 a	1487 a
32T83	8000 c	29 a	61 c	1475 b

Araştırma sonucunda çeşitler arasında bitki sayısı bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek bitki sayısı Dkc 5783 çeşidinde 9100 (adet/da) olarak belirlenirken, en düşük bitki sayısı ise 32T83

çeşidinde 8000 adet/da olarak belirlenmiştir. Bu farklılığın çeşitlerin genetiksel farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tane nemi (%)

Derik koşullarında bazı mısır çeşitlerinin verim özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sonucunda elde edilen tane nemi oranına ait bulgular Çizelge 1’de belirtilmiştir. Araştırma sonucunda çeşitler arasında tane nemi oranı bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek tane nemi oranı 32T83 çeşidinde %29 olarak belirlenirken, en düşük tane nemi oranı ise Dkc 5783 çeşidinde %23 olarak belirlenmiştir. Özmen (2008) hasatta tane tane nemi yönünden genotip x çevre interaksiyonunun önemli olduğunu bildirmiştir.

Hektolitre Ağırlığı (kg/hl)

Derik koşullarında bazı mısır çeşitlerinin verim özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sonucunda elde edilen hektolitre ağırlığına ait bulgular Çizelge 1’de belirtilmiştir. Araştırma sonucunda çeşitler arasında hektolitre ağırlığı bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek hektolitre ağırlığı Agm 1644 68 kg/hl olarak belirlenirken, en düşük hektolitre ağırlığı ise 32T83 çeşidinde 61 kg/hl olarak belirlenmiştir. Hektolitre önemli bir kalite unsurudur. Koç (2020), çalışmasında hektolitre ağırlığını ortalama 75 kg/hl ve mısır çeşidi yönünden istatistiksel olarak önemli bularak çalışmamızla yakın düzeyde veriler elde etmiştir. Akan, (2017), farklı mısır çeşitlerinde yaptıkları çalışmada hektolitre özelliğinin çeşitler üzerinde etkisinin önemsiz olduğunu belirtmiştir. Babaoğlu (2003), Tekkanat ve Soylu (2005), Özmen (2008), çalışmasında 74,7- 78,7 kg/hl değerleri ile bulgularımıza yakın değerler elde edip ve hektolitre ağırlığında genotip x çevre interaksiyonunun önemli olduğunu bildirmiştir.

Bu farklılığın çeşitlerin genetiksel farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sıcaklıklarla beraber mısır çeşitlerinin su stresine karşı toleransları da etkili olduğu düşünülmektedir. Tepe püskülü çiçeklenme döneminde yaşanan yüksek sıcaklıklardan dolayı polen canlılık oranlarını azaltmış buna paralel olarak hektolitre ağırlıklarında farklılıklar görülmesine neden olmaktadır.

Tane verimi (kg/da)

Derik koşullarında bazı mısır çeşitlerinin verim özelliklerinin karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sonucunda elde edilen tane verimi miktarına ait bulgular Çizelge 1’de belirtilmiştir. Araştırma sonucunda çeşitler arasında tane verimi bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek tane verimi Agm 1644 çeşidinde 1487 kg/da olarak belirlenirken, en düşük tane verimi ise Dkc 5783 çeşidinde 1458 kg/da olarak belirlenmiştir. Tane tane veriminde, bitkinin dışarıdan verilebilen ihtiyaç duyduğu besin maddelerinin sağlanmasının yanında sulama ve bakım işlemlerinin zamanında ve doğru yapılmasının etkisi oldukça önemlidir. Bunun yanısıra bitkinin yetiştirildiği çevre koşulları, uygun hava sıcaklığı ve tane nemi tane verimine etki etmektedir. Tane verimi ile ilgili olarak elde edilen sonuçların birbirinden farklı olması çalışmalarda kullanılan çeşidin genetik yapısından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Çakır 1996, tane verimini 925.5-1502 kg da⁻¹, Konuşkan ve ark. (2015), 1378-1218 kg da⁻¹ arasında tespit etmiştir. Keskin ve ark. (2011), Han (2016), Sakin ve ark. (2016) araştırmalarından daha düşük tane verimi elde edilmiştir.

Farklılıkların en büyük sebebi çalışmalarda kullanılan çeşitlerin genetiksel farklılıklarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bunun yanında yapılan gübreleme, çapalama, ilaçlama gibi kültürel işlemlerdeki farklılık mısır gibi C4 bitkisinde tane verimi ve diğer unsurları yüksek oranda etkilemektedir.

SONUÇ

Derik koşullarında farklı mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin karşılaştırılması sonucunda, çeşitler arasında incelenen tüm özellikler bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bunun sonucunda en yüksek tane verimi ve hektolitre ağırlığı değerleri Agm 1644 çeşidinde 1487kg/da ve 68 kg/hl olarak belirlenmiştir.

EKLER :

Bu çalışma 9-16 Nisan 2024 tarihleri arasında Lizbon - Portekiz’de düzenlenen "6.Uluslararası Multidisipliner Bilimsel Çalışmalar ve Küresel Uygulamaları kongresinde Özet olarak sunulmuştur.

KAYNAKLAR

- Akan, S. (2017). *Muş ili ekolojik şartlarına uygun tane mısır (Zea mays L.) çeşitlerinin belirlenmesi*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Bingöl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Bingöl.
- Babaoğlu M 2003. Farklı Kökenli Mısır (Zea mays L.) Genotiplerinin Çeşitli Agronomik Ve Kalite Karakterleri Bakımından Karşılaştırmalı Olarak Değerlendirilmesi. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD Yüksek Lisans Tezi. 108
- FAO, 2021. Mısır Üretim Raporu.
- FAO. (2020). FAO Statistics Division. Food and Agriculture Organization of The United Nations. <http://faostat.fao.org/site/575/Desktop/Default.aspx?pageID=567#ancor>. Erişim tarihi: 30 Haziran 2020.
- Han, E. (2016). Bazı mısır çeşitlerinin dane tane verimleri ile silaj ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu.
- Keskin, B., Çelebi, Ş., Arvas, Ö., Yılmaz. İ. H. (2011). Iğdır ilinde bazı mısır çeşitlerinin tane ve silaj tane verimlerinin belirlenmesi. Türkiye 9. Tarla Bitkileri Kongresi, s:513-516, Bursa.
- Konuşkan, Ö., Atış, İ., & Gözübenli. H., (2015). Hatay amik ovası ana ürün koşullarında bazı atdışi mısır çeşitlerinin verim ve verimle ilişkili özellikleri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 1-6.
- Öztürk, Y., Özata, E., Erdal, Ş., & Pamukçu, M. (2019). Türkiye’de özel mısır tiplerinin kullanımı ve geleceği. *Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 75-90.
- Şahin, G. (2016). Türkiye’de Gübre Kullanım Durumu ve Gübreleme Konusunda Yaşanan Problemler. *Tarım Ekonomisi Dergisi* 22(1), 19-32.
- Özmen İ 2008. Bazı Melez Mısır Çeşit Ve Genotiplerinin Değişik Ekim Bölgelerindeki Adaptasyon ve Uyum Yeteneklerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla

Bitkileri ABD, Doktora Tezi. 128 s.

Sakin, M. A., Bozdağ, M., Çakar, Ş. (2016). Tokat Kazova ve Zile ana ürün koşullarında yetişen melez atdışi (*Zea mays indentata* L.) çeşitlerinin tane verimi ve tane verimi özelliklerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, Araştırma Makalesi, 25 (Özel sayı-1), 87-93.

Tekkanat A, Soylu S, 2005. Cin Mısırı Çeşitlerinin Tane Tane verimii Ve Ötane nemili Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (37):51-60

BÖLÜM 7

TARIMSAL EKOSİSTEMLERDE KÜLTÜR BİTKİSİ VE YABANCI OT REKABETİNDE MİKROPLASTİKLERİN ROLÜ

Dr. Öğr. Üyesi Mesut SIRRI¹

Prof. Dr. Hikmet GÜNAL²

Doç. Dr. Mesut BUDAK³

¹ Siirt Üniversitesi, Kurtalan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Siirt, Türkiye

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

³ Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt, Türkiye

GİRİŞ

Tarımsal ekosistemler, insanlar ile çevre arasında karmaşık ve hassas bir denge üzerine kurulu bir ilişki ağı oluşturmaktadır. Bu denge, küresel gıda güvenliği ve ekolojik dengeyi korumak açısından kritik öneme sahiptir (Horton ve ark., 2017). Ancak, tarımsal ekosistemlerin doğası gereği, çeşitli insan kaynaklı ve doğal tehditlere açık oldukları da bilinmektedir (Li ve ark., 2023). İnsan aktivitelerinin çevre üzerindeki baskısının artması ve gıda talebinin yükselmesiyle birlikte, tarımsal ekosistemler yeni ve karmaşık zorluklarla karşı karşıya kalabilir. Bu zorluklardan biri, istilacı yabancı otlar gibi zararlı bitkilerin artan tehditleridir. Bu gizli düşmanlar, bitkisel üretimi olumsuz etkileyerek verim ve kalitesinde düşüşe neden olabilir ve toprak sağlığına da zarar verebilirler (Önen, 2015; Wang ve ark., 2019; Dai ve ark., 2020). Karasal ekosistemlerde yabancı ot türlerinin istilası, ekosistemlerin yapısını ve işlevselliğini değiştirebileceğinden biyolojik çeşitlilik, gıda güvenliği, ekonomi ve genel olarak insan refahı için önemli bir tehdit haline gelmiştir (Wang ve ark., 2020a; Christina ve ark., 2023). Bununla birlikte, tarım ekosistemlerinde mikroplastik kirliliği (MPc) gibi toprak sağlığını ciddi şekilde tehdit eden ve yabancı ot gelişimini etkileyen daha gizli bir tehlike de bulunmaktadır (Ng ve ark., 2018; Zhao ve ark., 2021). Mikroplastikler, plastik atıkların parçalanması, tarımsal film ve ambalaj malzemeleri gibi çeşitli kaynaklardan gelen çok küçük plastik parçacıklar olup toprakta birikim gösterirler. Zira bu birikim zaman içerisinde toprak sağlığını ve ekosistem dengesini olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Mahar ve ark., 2020). Bu durumun, tarımsal üretimin sürdürülebilirliği, arazilerin verimliliği ve insan sağlığı üzerine potansiyel bir tehdit oluşturma potansiyeli, son zamanlarda araştırmacılar tarafından araştırmaya haiz bir konu olmuştur.

Mikroplastiklerin bitki gelişimi üzerine olan doğrudan ve dolaylı etkilerini gösteren çok sayıda çalışma yayınlanmış olmasına rağmen, istilacı bitkilerin gelişimi üzerine etkileri hakkında bilgi oldukça sınırlıdır. Bu konuda yapılan sınırlı çalışmalardan biri Li ve ark. (2024) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar istilacı yabancı otların mikroplastik kirliliğine karşı, kültür bitkilerine kıyasla daha büyük bir direnç gösterdiğini bildirmiş ve potansiyel olarak topraktaki mikroplastiklerin bitkilerin istilalarını teşvik edebileceğini ifade etmişlerdir.

Toprak mikroplastik kirliliği, genel anlamda "beyaz kirlilik" olarak bilinen plastik atıkların, kalıcılığı ve her yerde bulunması nedeniyle önemli bir çevre sorunu olarak kabul edilmektedir (Iqbal ve ark., 2020). Ekosisteme her yıl ortalama 4.8 ile 12.7 ton arasında plastik atık ilave olmaktadır. Ancak bunların uzaklaştırması veya bertaraf edilmesi için uygulanabilir çözümler oldukça sınırlıdır (Worm ve ark., 2017). Bu atıkların tarımsal ekosistemlere giriş yolları arasında; tarımsal faaliyetler, atık su kullanımı yanı sıra propilen (PP), polyester (PES), polistiren (PS), polietilen (PE), polivinil klorür (PVC) veya yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) içeren tarımsal plastik filmler bulunmaktadır. Bu konuda yapılan araştırmalar bu atıkların toprakların mikroplastikçe kirlenmesine yol açtığını ve oluşan kirliliğin topraktaki mikroorganizmalar, bitkiler ve insanlar üzerine olumsuz etkiler bıraktığı bildirilmektedir (Zhang ve ark., 2019; Luo ve ark., 2018; Nizzetto ve ark., 2016; Raddadi ve Fava, 2019; Günal, 2023). Mikroplastiklerin, toprakta hayatını devam ettiren ve besin elementlerinin döngüsü başta olmak üzere birçok fonksiyonun yerine getirilmesinde hayati öneme sahip olan toprak canlılarının popülasyonunu etkilemesi yanı sıra toprağın fiziksel özelliklerinden gözeneklilik ve su döngüsü üzerine olumsuz etkileri olabileceği belirtilmektedir (Güenal, 2023).

Mikroplastik kirliliği, topraktaki canlıların popülasyonunun yoğunluğu yanı sıra birbirleri ile olan ilişkilerini de etkilemektedir. Toprak solucanları ve nematodlar üzerinde yapılan incelemelerde mikroplastiklerin bu canlıların gelişmelerini ve üremelerini azaltabileceği ifade edilmiştir. Diğer taraftan topraktaki bakteri ve mantarların mikroplastikler ile etkileşime girdiğinde enzim aktivitelerinin değişebileceği ve mikroorganizma tür ve yoğunluklarının önemli düzeyde etkileneceği belirtilmiştir (Güenal, 2023). Yabancı otlar, özellikle istilacı türler, tarımsal ekosistemlerde verim kayıplarına neden olmakla beraber biyoçeşitlilik, insan sağlığı ve çevre açısından önemli riskler oluşturmaktadır (Önen, 2015). Bu yönüyle tarım ekosistemi için önemli iki tehdit olan; istilacı yabancı otlar ve mikroplastikler, tarımsal üretimde öngörülemeyen çok daha derin olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Zira Zhao ve ark. (2022), toprakta biriken mikroplastik atıkların yabancı ot istilasını hızlandırabileceği ve ekolojik tehditleri artırabileceğini bildirmiştir. Mikroplastik kirliliği ve biyolojik istilayı bir arada değerlendiren Iqbal ve ark.

(2024), mikroplastik kirliliğinin toprak ve bitki ekolojisinin yanı sıra insan sağlığı açısından da ciddi tehditler oluşturabileceğini bildirmişlerdir.

Mikro plastiklerin Kültür Bitkisi ile Etkileşimi

Kültür bitkisi yetiştiriciliğinde dünyanın farklı bölgelerinde uygulanan yetiştirme tekniklerinde farklılıklar bulunsa da, bitkisel üretimin neredeyse tamamı karasal ekosistemde yetiştirilmektedir. Bu nedenle bitkilerin tüm yaşam döngüsünün ana merkezinde yer alan toprakta meydana gelen bir değişim (fiziksel, kimyasal ve biyolojik), toprakta yaşayan tüm canlıları etkileyebilir. Mikroplastiklerin ekosistemlerdeki dağılımı ve toksik etkileri üzerine yürütülen bilimsel araştırmalar çoğunlukla sucul ekosistemler üzerine yoğunlaşmaktadır (Maity ve Pramanick, 2020), Ancak son zamanlarda yapılan çalışmalar mikroplastik birikiminin yoğun olduğu ekosistemlerin başında tarımsal ekosistemlerin geldiği ve bu alanların en az sucul ekosistemler kadar kirliliğe maruz kaldığını ortaya koymuştur (Woodward ve ark., 2021; Zhao ve ark., 2022).

Tarım alanlarına çeşitli yollarla bulaşan plastik atıklar, toprak içerisinde mekanik, ultraviyole ışık, hidrolik etkiler, mikroorganizmalar ve diğer etkenlerle parçalanarak, daha küçük boyutlara yani mikroplastik olarak tanımlanan (<5 mm) küçük parçacıklara dönüşmektedir (Kumar ve ark., 2023). Dünya genelinde kullanılan plastiklerin (endüstriyel, tarım ve günlük hayatta) ancak dörtte biri geri dönüşüme kazandırıldığı, geri kalanın ise çevreye atık olarak bırakıldığı bilinmektedir (Alimi ve ark., 2018). Plastik kullanımının zaman içerisinde daha da yaygınlaşması, çevrede daha fazla birikmesine ve yeni tehditlerin oluşmasına neden olacağı aşikârdır.

Plastik atıkların karasal ekosistemde ilk temas ettiği ve çeşitli etkileşimler sonucunda mikroplastiklere dönüştüğü ortam topraktır. Mikroplastikler, toprak içerisinde biyolojik parçalanma, mekanik aşınma ve oksidasyon gibi olaylar ile değişime uğramaktadır. Bu süreçler, mikroplastikleri, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak parçalayarak toprak içinde hareket etmelerini kolaylaştırmaktadır (Zhao ve ark., 2022). Hatta nano partikül boyutunda parçalanan plastikler bitki bünyesine geçebilmektedir. Zira Dong ve ark., (2021), toprak profilinde mikro boyutlardaki parçacıklara dönüşen (nanometre ölçeğinde, <100 nm ve submikrometre ölçeğinde <1 µm)

plastiklerin, bitki kökleri tarafından alınarak üst organlarına taşındığı rapor edilmiştir.

Tarım alanlarındaki mikroplastikler, ağır metaller, antibiyotikler, tarım ilaçları ve diğer organik kirleticilerin taşıyıcısı olarak işlev görerek toprak yapısını ve mikroorganizma kompozisyonunu değiştirebilmektedir. Bu kirleticiler, tarım ürünlerinin gelişimini ve kalitesini olumsuz etkileyerek gıda tedarik zincirinde insan sağlığı için risk oluşturabilmektedir (Iqbal ve ark., 2023). Bu nedenle, mikroplastikler ile ilgili çalışmaların odak noktası karasal ekosistemdeki bitkilerin mikroplastikler ile birlikte bu kirleticileri alımı ve bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri üzerine olmuştur. Li ve ark. (2020), su kültürü ve kumlu ortamda yaptıkları denemelerinde, 200 nm boyutundaki polistiren (PS) mikroplastiklerin buğday (*Triticum aestivum* L.) ve marul (*Lactuca sativa* L.) kök sistemlerine nüfuz ettiğini ve yenilebilir kısımlara ulaştığını tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada, 500 nm ve 700 nm boyutlarındaki mikroplastiklerin salatalık (*Cucumis sativus* L.) kökleri tarafından alındığı ve gövdeye ve yapraklara taşındığı rapor edilmiştir (Li ve ark., 2020b). Jiang ve ark. (2019)' da, 100 nm boyutundaki PS mikroplastiklerin bakla (*Vicia faba* L.) kök uçlarında biriktiğini ve kök uzunluğunu, göreceli kök uzamasını ve biyokütleyi önemli ölçüde engellediğini bulmuşlardır. Liu ve ark. (2022) tarafından yapılan çalışmada ise, çeltik (*Oryza sativa* L.) fidelerinde mikroplastiklerin varlığı tespit edilmiştir. Çalışmada, nanometre ve mikrometre boyutlu PS mikrosferlerin bitkinin kök, gövde ve yapraklarında bulunduğu tespit edilmiştir.

Mikroplastiklerin toprakta birikerek, bitki büyümesi ve gelişimi üzerine olumsuz etkileri, mikroplastiklerin toprağın su tutma kapasitesini azaltması, toprak havalanmasını engellemesi ve toprak mikroorganizmaları üzerindeki zararlı etkiler ile ilişkilidir (Li ve ark., 2018). Mikroplastikler toprakta yaşayan mikroorganizmaların yapısını, işlevini ve bitki besin maddelerinin toprakta döngüsünü değiştirerek bitki büyümesini dolaylı olarak etkilemektedir (Helmberger ve ark., 2020; Qi ve ark., 2020; Zhou ve ark., 2021). Ayrıca, mikroplastiklerin taşıdıkları kimyasalları bitkilere transfer edebileceği ve bitki sağlığını olumsuz etkileyebileceği de öne sürülmektedir. Mikroplastikler, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini değiştirerek kök büyümesini, besin alımını ve ürün verimini kısıtlayabilmektedir (He ve ark., 2023).

Mikroplastiklerin kültür bitkileri üzerindeki etkisi, bitki ve mikroplastik türüne bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Mikroplastiklerin yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.) ve mısır (*Zea mays* L.) üzerine etkilerini inceleyen bir çalışmada, polipropilenin bitki boyunu ve toplam biyokütlesini azalttığı, polyester mikroplastiklerin ise yerfıstığının biyokütle üretimini olumsuz etkilemediği, ancak mısır bitki boyunu arttırdığı tespit edilmiştir (Zhou ve ark., 2023). Diğer bir çalışmada, polietilen mikroplastiklerin düşük dozlarda bile mısır bitkisinin büyümesini olumsuz etkilediği rapor edilmiştir (Wang ve ark. 2020b). Benzer şekilde, polilaktik asit mikroplastiklerin mısır biyokütlesini azalttığı ve yapraklardaki klorofil içeriğini düşürdüğü belirtilmiştir (Wang ve ark. 2020c). Ancak her iki çalışmada da, polietilen mikroplastiklerin bitkiler üzerindeki toksisite etkisinin sınırlı olduğu görülmüştür. Mısırdaki, plastik birikiminin rizosferde transpirasyon hızlarında, N içeriğinde ve büyümede keskin bir düşüşe neden olduğu gözlenmiştir. Kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında, polietilen ile temas eden bitkilerin biyokütlesi ve bitki boyunda %50 azalma olduğu görülmüştür (Urbina ve ark., 2020). Pignattelli ve ark. (2020) ise polietilen mikroplastiklerin tere (*Lepidium sativum* L.) bitkisine karşı toksik olduğunu belirtirken, polivinil klorür mikroplastiklerin ise en yüksek toksisiteye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Başka bir çalışmada ise, polivinil klorür partiküllerinin marul köklerinin toplam uzunluğunu, yüzey alanını, hacmini ve çapını artırdığı ve dolayısıyla bitki büyümesi üzerinde olumlu etkileri olabileceği belirtilmiştir (Li ve ark., 2020c).

Mikroplastiklerin Kültür Bitkisi ile Yabancı Ot Rekabetine Etkisi

Tarımsal ekosistemde, kültür bitkilerin sağlıklı gelişmesi için gübreleme ve yabancı ot kontrolü vazgeçilmez işlemlerdir (Özer ve ark., 2001). Bu uygulamalar, kültür bitkisinin büyümesi ve gelişmesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. Nitekim yabancı otlar, sahip oldukları üstün özellikler nedeniyle kültür bitkilerine göre çok daha hızlı çimlenmekte, çoğalmakta ve topraktaki su ve besin maddelerine daha hızlı erişebilmektedir. Bu nedenle, üretim alanında yabancı ot rekabeti bitkisel üretimde verimliliği azaltarak, ürün kalitesini de olumsuz etkilemektedir (Jiang ve ark., 2018). Bitkisel üretimin başlangıcından bu yana kalıcı bir sorun olan yabancı otlar (Fontanelli ve ark. (2015), ekolojik (küresel iklim değişikliği, ekosistem tahribatları) ve yanlış

tarımsal uygulamalar nedeni ile bitkisel üretimde daha da sorunlu bir duruma gelmektedir (Johnson ve Smith, 2019). Son yıllarda, üretim alanlarını işgal eden ve biyolojik çeşitliliği etkileyen istilacı yabancı otların yaygınlaşmasıyla bitkisel üretim daha büyük bir yabancı ot tehdidi altına girmiştir (Önen, 2015; Brown ve Jones, 2021). Bunlara ilaveten, çevreye bırakılan plastik atıklar, toprakta mikro düzeyde parçalanarak, yabancı otlar dahil birçok kültür bitkisi tarafından alındığı bilinmektedir (Ma ve ark., 2024). Bu etkileşimin yabancı ot ile kültür bitkisi arasındaki rekabet düzeyini nasıl etkileyeceği de son yıllarda tartışılan önemli konulardan biri olmuştur. İstilacı yabancı bitkiler, toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri ile toprak biyotasının çeşitliliği, yapısı, aktivitesi ve işlevi üzerindeki etkileri aracılığıyla ekosistemin dengesine zarar verebilmektedir. (Zubek ve ark., 2020). Örneğin, istilacı *Solidago canadensis* toprak nem seviyesini artırırken (Zubek ve ark., 2020), başka bir istilacı *Solidago* türü olan *Solidago gigantea* toprak pH'ının düşmesine neden olmuş ve hareketli fosfataz fraksiyonunun artmasına yol açmıştır (Herr ve ark., 2008).

İstilacı bitki türlerinin çevresel kirlilik faktörlerine karşı yerli türlere kıyasla daha büyük bir direnç gösterdikleri rapor edilmektedir. Örneğin, *Amaranthus retroflexus* ve *Alternanthera philoxeroides* gibi istilacı yabancı bitkiler, ağır metal kirliliği koşullarında, yerli kardeşleri olan *Amaranthus tricolor* ve *Alternanthera sessilis*'e kıyasla daha büyük bir rekabet sergilemektedir (Wang ve ark., 2020a). Mevcut araştırmalarda, 5 mm'den küçük polimer bazlı partiküller olan mikroplastiklerin, kültür bitkileri ile yabancı otlar arasındaki rekabetin yoğunluğunu değiştirebileceği (van Kleunen ve ark., 2020) özellikle de mikroplastiklerce kirlenmiş toprakta istilacı türlerin yerli türlere göre daha büyük bir baskınlık gösterdiğinden potansiyel olarak yabancı ot tür istilasının teşvik edildiği rapor edilmiştir (Lozano ve Rillig, 2022). Bu durum, tarım alanlarındaki yabancı ot ve kültür bitkileri arasındaki rekabetin etkilenmesine neden olabilmektedir. Ma ve ark. (2024), mikroplastiklerin roka bitkisine olan etkisini gübreleme ve yabancı ot (*A. retroflexus*) rekabeti üzerinde araştırmış ve 4 farklı polimer türünün [polibütilen adipateko-tereftalat (PBAT), polibütilen süksinat (PBS), polikaprolakton (PCL) ve polipropilen (PP)] rokanın büyümesi üzerine etkilerinin anlamlı düzeyde farklı olduğunu rapor etmişlerdir. Çalışmada, PBAT polimerinin roka bitkisinin büyümesi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı, ancak PP'nin rokanın spesifik kök uzunluğunu önemli ölçüde

azalttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, PBS ve PCL'nin, rokanın toprak üstü biyokütlesi ve yaprak sayısı üzerine önemli düzeyde olumsuz etki yaptığı ortaya konmuştur. Ayrıca mikroplastiklerin roka bitkisinin gelişimi üzerindeki olumsuz etkileri gübreleme ile azaltılsa da, yabancı ot rekabeti bu etkiyi arttırmıştır. Çalışma kontrol grubu ile kıyaslandığında, gübrelemenin PBS'nin bitkinin toprak üstü biyokütlesi üzerindeki olumsuz etkisini azalttığını ancak yabancı ot rekabeti nedeniyle bu etkinin zayıf kaldığını göstermiştir. Sonuç olarak, belirli polimer türlerinin bitki büyümesi üzerindeki etkilerinin gübreleme, yabancı ot yönetimi ve bunların etkileşimleri ile düzenlenebileceği görülmüştür. Mikroplastik kirliliği ve biyolojik istilanın birleşik etkisinin değerlendirildiği bir çalışmada; çeltik (*Oryza sativa* L.) tarımında önemli bir istilacı yabancı ot olan *Solidago canadensis* L. (SI) ve topraktaki polietilen mikroplastik kirliliğinin (MPc) etkileri birlikte incelenmiştir. Bu çalışmada, SI ve MPc'nin etkileşiminin önemli metabolik değişikliklere yol açtığı belirlenmiştir. Bu değişiklikler, antioksidan enzim aktiviteleri ve besin içeriğinden etkilenen metabolit havuzlarında kaymalarla karakterize edilmiş ve çeltik tarlalarındaki savunma mekanizmalarını güçlendirdiği tespit edilmiştir (Iqbal ve ark., 2024). Bu stres faktörleri ürünlerin gıda güvenliğini, sürdürülebilirliğini ve tarımsal üretimi tehdit etmektedir. Gentili ve ark. (2022) ise topraktaki mikroplastiklerin, yabancı otlar (*Senecio inaequidens* ve *Centaurea cyanus*) üzerindeki toksik etkisini, bitki büyümesi, fenoloji ve fotosentez verimliliği üzerine olan etkileri açısından incelemiştir. Araştırmacılar mikroplastik parçacıklarının bitki gelişimi üzerine olumsuz etkilere sahip olabileceğini ve bitkilerin performansını azaltabileceğini bildirmişlerdir.

Topraktaki mikroplastik çeşit ve yoğunluğunun istilacı türlere olan etkisini araştıran Li ve ark. (2024), toprağa düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) mikroplastik peletleri ve parçalarının farklı oranlardaki (%0, %0.5 ve %2.0) karışımlarını içeren bir sera denemesi gerçekleştirmişlerdir. Hedef bitki olarak *Solidago decurrens* ve *S. canadensis*'nin dahil edildiği çalışmada, mikroplastiklerin toprak özellikleri ve bitki büyüme indeksleri üzerindeki etkilerinin *Solidago* türlerine, mikroplastik şekillerine ve konsantrasyonlarına bağlı olduğunu bildirilmiştir. Örneğin, mikroplastikler, yerli türlerin bulunduğu toprakta toprak nemi üzerinde olumlu etkiler yaparken, istilacı türlerle olumsuz etkiler yaptığı rapor edilmiştir. Katalaz ve süperoksit dismutaz enzim

aktiviteleri, toprak üstü ve toprak altı/toprak üstü biyokütle miktarları mikroplastik şekillerine bağlı olarak yerli türlerde önemli değişkenlik gösterirken, istilacı türlerde bu parametreler üzerinde anlamlı bir şekilde değişmemiştir. Araştırmacılar, mikroplastiklerin yerli *Solidago* bitkileri üzerinde istilacı olanlardan daha belirgin bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

SONUÇ

Karasal ekosistemlerde istilacı yabancı otların varlığı ve topraklardaki mikroplastik kirliliği, insan refahını tehlikeye atabilecek önemli riskler arasında yer almaktadır. Mikroplastikler konusunda yapılan çalışmalar çoğunlukla deniz, göl ve nehir gibi su ekosistemlerine odaklanmış olsa da, mikroplastikler karasal ekosistemler ve özellikle de tarım ekosistemi için ciddi bir tehdit halini almış durumdadır. Kullanımları sonrası gelişi güzel bir şekilde çevreye atılan plastikler veya örtü altı tarımı, gübreleme ve sulama gibi tarımsal faaliyetler sırasında kullanılan plastikler, zaman içerisinde parçalanarak mikroplastikler haline dönüşebilmektedir. Bu mikroplastikler, elektriksel iletkenlik, pH, su tutma kapasitesi ve besin içeriği gibi toprağın çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişimine yol açabilmektedir. Ayrıca mikroplastikler, topraktaki mantar, bakteri, nematod ve solucanların büyüme, üreme ve davranışlarını değiştirmek sureti ile olumsuz etkiler oluşturmaktadır.

Mikroplastiklerin kültür bitkileri üzerine olumsuz etkileri olduğunu rapor eden çok sayıda araştırma yayınlanmıştır. Ancak, mikroplastiklerin tarımsal üretimde önemli bir sorun olan yabancı ot veya istilacı bitkilerle etkileşimi konusunda çalışmalar son derece sınırlıdır. Mikroplastiklerin yabancı tür istilasını teşvik edici etkileri, bitki metabolizmasını bozarak bitki biyokütlesini ve besin içeriğini önemli ölçüde azaltması ile ilişkilendirilebilir. Bu nedenle, mikroplastiklerin tarım ekosisteminde kültür bitkileri ve yabancı otlar arasındaki rekabeti nasıl etkilediği halen merak konusudur ve araştırmaya haiz bir konudur.

KAYNAKÇA

- Alimi, O. S., Farner Budarz, J., Hernandez, L. M., & Tufenkji, N. (2018). Microplastics and nanoplastics in aquatic environments: aggregation, deposition, and enhanced contaminant transport. *Environmental science & technology*, 52(4), 1704-1724.
- Christina, M., Gire, C., Bakker, M. R., Leckie, A., Xue, J., Clinton, P. W., ... & Gonzalez, M. (2023). Native and invasive seedling drought-resistance under elevated temperature in common gorse populations. *Journal of Plant Ecology*, 16(3), rtac097. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtac097>
- Dai, Z.C., Wan, L.Y., Qi, S.S., Rutherford, S., Ren, G.Q., Wan, J.S.H., & Du, D.L., 2020. Synergy among hypotheses in the invasion process of alien plants: a road map within a timeline. *Perspect. Plant Ecol. Evol. Syst.* 47, 125575 <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2020.125575>.
- Dong, Y., Gao, M., Qiu, W., & Song, Z. (2021). Uptake of microplastics by carrots in presence of As (III): Combined toxic effects. *Journal of Hazardous Materials*, 411, 125055.
- Fontanelli, M.; Frascioni, C.; Martelloni, L.; Pirchio, M.; Foster, R. Weed management in autumn fresh market spinach: A nonchemical alternative. *HortTechnology* 2015, 25, 177–184.
- Gentili, R., Quaglini, L., Cardarelli, E., Caronni, S., Montagnani, C., & Citterio, S. (2022). Toxic impact of soil microplastics (PVC) on two weeds: Changes in growth, phenology and photosynthesis efficiency. *Agronomy*, 12(5), 1219.
- Günel, H. (2023). Toprak ortamında mikroplastiklerin toprak canlıları ve biyokimyasal süreçlere etkisi, *Tarım için Gelişmiş Stratejiler -2* 112-129. <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10407019>
- He L., Li Z., Jia Q., Xu Z. (2023) Soil microplastics pollution in agriculture. *Science*, 379, 547.
- Helmberger M.S., Tiemann L.K., Grieshop M.J. (2020) Towards an ecology of soil microplastics. *Functional Ecology*, 34, 550–560.
- Herr, C., Chapuis-Lardy, L., Dassonville, N., Vanderhoeven, S., & Meerts, P. (2007). Seasonal effect of the exotic invasive plant *Solidago gigantea* on soil pH and P fractions. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170(6), 729-738. <https://doi.org/10.1002/jpln.200625190>

- Iqbal, B., Javed, Q., Khan, I., Tariq, M., Ahmad, N., Elansary, H.O., Jalal, A., Li, G., Du, D., 2023b. Influence of soil microplastic contamination and cadmium toxicity on the growth, physiology, and root growth traits of *Triticum aestivum* L. *S. Afr. J. Bot.* 160, 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.07.025>.
- Iqbal, B., Kong, F., Ullah, I., Ali, S., Li, H., Wang, J., Khattak, W.A., Zhou, Z., 2020. Phosphorus application improves the cotton yield by enhancing reproductive organ biomass and nutrient accumulation in two cotton cultivars with different phosphorus sensitivity. *Agronomy* 10, 153. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020153>.
- Iqbal, B., Zhao, X., Khan, K. Y., Javed, Q., Nazar, M., Khan, I., ... & Du, D. (2024). Microplastics meet invasive plants: Unraveling the ecological hazards to agroecosystems. *Science of the Total Environment*, 906, 167756.
- Jiang M., Liu T., Huang N., Shen X., Shen M., Dai Q. (2018) Effect of long-term fertilisation on the weed community of a winter wheat field. *Scientific Reports*, 8, 4017.
- Jiang X., Chen H., Liao Y., Ye Z., Li M., Klobucar G.(2019) Ecotoxicity and genotoxicity of polystyrene microplastics on higher plant *Vicia faba*. *Environmental Pollution*, 250, 831–838.
- Horton, A. A., Walton, A., Spurgeon, D. J., Lahive, E., & Svendsen, C. (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the total environment*, 586, 127-141.
- Kumar, R., Verma, A., Rakib, M. R. J., Gupta, P. K., Sharma, P., Garg, A., ... & Aminabhavi, T. M. (2023). Adsorptive behavior of micro (nano) plastics through biochar: Co-existence, consequences, and challenges in contaminated ecosystems. *Science of the Total Environment*, 856, 159097.
- Li, B., Zhang, H., Ma, L., & Li, X. (2018). Effects of microplastics on the soil enzyme activities and microbial functional diversity in purple soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 164, 344-352.
- Li L., Luo Y., Li R., Zhou Q., Peijnenburg W.J., Yin N., Yang J., Tu C., Zhang Y. (2020a) Effective uptake of submicrometre plastics by crop plants via a crack-entry mode. *Nature Sustainability*, 3, 929–937.

- Li Z., Li R., Li Q., Zhou J., Wang G. (2020b) Physiological response of cucumber (*Cucumis sativus* L.) leaves to polystyrene nanoplastics pollution. *Chemosphere*,255, 127041.
- Li Z., Li Q., Li R., Zhao Y., Geng J., & Wang G. (2020c) Physiological responses of lettuce (*Lactuca sativa* L.) to microplastic pollution. *Environmental Science and Pollution Research*,27, 30306–30314.
- Li, G., Zhao, X., Iqbal, B., Zhao, X., Liu, J., Javed, Q., & Du, D., 2023. The effect of soil microplastics on the *Oryza sativa* L. root growth traits under alien plant invasion. *Front. Ecol. Evol.* 11, 1172093. <https://doi.org/10.3389/fevo.2023.1172093>.
- Li, G., Tang, Y., Lou, J., Wang, Y., Yin, S., Li, L., ... & Du, D. (2024). The promoting effects of soil microplastics on alien plant invasion depend on microplastic shape and concentration. *Science of the Total Environment*, 926, 172089.
- Liu, Y., Guo, R., Zhang, S., Sun, Y., & Wang, F. (2022a). Uptake and translocation of nano/microplastics by rice seedlings: Evidence from a hydroponic experiment. *Journal of hazardous materials*, 421, 126700.
- Luo, Y.M., Zhou, Q., Zhang, H.B., Pan, X.L., Li, L.Z., Yang, J. (2018). Pay attention to research on microplastic pollution in soil for prevention of ecological and food chain risks. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences* 33, 1021–1030. <https://doi.org/10.16418/J.ISSN.1000-3045.2018.10.003>.
- Lozano, Y. M., & Rillig, M. C. (2022). Legacy effect of microplastics on plant–soil feedbacks. *Frontiers in Plant Science*, 13, 965576. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.965576>
- Ma, K., Fu, Y., & Liu, Y. (2024). The effects of microplastics on crop variation depend on polymer types and their interactions with soil nutrient availability and weed competition. *Plant Biology*, 26(2), 223-231.
- Maity, S., & Pramanick, K., (2020). Perspectives and challenges of micro/nanoplastics induced toxicity with special reference to phytotoxicity. *Glob. Chang. Biol.* 26, 3241–3250. <https://doi.org/10.1111/gcb.15074>.

- Mahar, A., Wang, P., Li, N., Wang, J., & Zhang, Z. (2020). Impact of plastic mulch film residues on soil environment and crop yield. *Environmental Pollution*, 260, 114096.
- Ng, E. L., Huerta Lwanga, E., Eldridge, S. M., Johnston, P., Hu, H. W., Geissen, V., ... & Rillig, M. C. (2018). An overview of microplastic and nanoplastic pollution in agroecosystems. *Science of The Total Environment*, 627, 1377-1388.
- Nizzetto, L., Futter, M., Langaas, S. (2016). Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? *Environ. Sci. Technol.* 50, 10777–10779. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04140>.
- Qi Y., Ossowicki A., Yang X., Lwanga E.H., Dini-Andreote F., Geissen V., Garbeva P. (2020) Effects of plastic mulch film residues on wheat rhizosphere and soil properties. *Journal of Hazardous Materials*, 387, 121711
- Önen H. (2015). Türkiye İstilacı Bitkiler Katalogu. Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara, p 533. ISBN: 978-605-9175-05-0
- Özer, Z., Kadioğlu, İ., Önen, H. & Tursun, N. (2001). Herboloji (Yabancı Ot Bilimi). Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 20 Kitap Seri No: 10, Tokat.
- Pignattelli S., Broccoli A., Renzi M. (2020). Physiological responses of garden cress (*L. sativum*) to different types of microplastics. *Science of the Total Environment*, 727, 138609.
- Raddadi, N., & Fava, F. (2019). Biodegradation of oil-based plastics in the environment: existing knowledge and needs of research and innovation. *Sci. Total Environ.* 679, 148–158. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.04.419>.
- Urbina, M. A., Correa, F., Aburto, F., & Ferrio, J. P. (2020). Adsorption of polyethylene microbeads and physiological effects on hydroponic maize. *Science of the Total Environment*, 741, 140216. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140216>
- van Kleunen M., Brumer A., Gutbrod L., Zhang Z. (2020) A microplastic used as infill material in artificial sport turfs reduces plant growth. *Plants, People, Planet*, 2, 157–166.

- Wang, S., Wei, M., Wu, B.D., Jiang, K., Du, D.L., Wang, C.Y., 2019. Degree of invasion of Canada goldenrod (*Solidago canadensis* L.) plays an important role in the variation of plant taxonomic diversity and community stability in eastern China. *Ecol. Res.* 34, 782–789. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12049>.
- Wang, S., Wei, M., Cheng, H., Wu, B., Du, D., & Wang, C. (2020a). Indigenous plant species and invasive alien species tend to diverge functionally under heavy metal pollution and drought stress. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 205, 111160. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111160>
- Wang F., Zhang X., Zhang S., Zhang S., Adams C.A., Sun Y. (2020b) Effects of co-contamination of microplastics and Cd on plant growth and Cd accumulation. *Toxics*, 8, 36.
- Wang F., Zhang X., Zhang S., Zhang S., Sun Y. (2020c) Interactions of microplastics and cadmium on plant growth and arbuscular mycorrhizal fungal communities in an agricultural soil. *Chemosphere*, 254, 126791.
- Woodward, J., Li, J., Rothwell, J., Hurley, R. (2021). Acute riverine microplastic contamination due to avoidable releases of untreated wastewater. *Nat. Sustain.* 4, 793–802. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00718-2>.
- Worm, B., Lotze, H.K., Jubinville, I., Wilcox, C., & Jambeck, J. (2017). Plastic as a persistent marine pollutant. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 42, 1–26. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102016-060700>.
- Zhao, Y., Zhang, Y., Wang, X., Wang, Z., Zhang, X., & Ma, Q. (2021). Microplastic pollution in agricultural soils from the coastal region of eastern China: distribution, characteristics, and influencing factors. *Science of The Total Environment*, 768, 144814.
- Zhao, X.X., Xie, H., Zhao, X., Zhang, J., Li, Z., Yin, W., Yuan, A., Zhou, H., Manan, S., Nazar, M., Iqbal, B., Li, G., & Du, D. (2022). Combined inhibitory effect of Canada goldenrod invasion and soil microplastics on rice growth. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 19 (19), 11947. <https://doi.org/10.3390/ijerph191911947>.
- Zhang, H.L., Lu, L., Zhao, X.P., Zhao, S., Gu, X.Y., Du, W.C., Wei, H., Ji, R., & Zhao, L.J. (2019). Metabolomics reveals the "invisible" responses of

spinach plants exposed to CeO₂ nanoparticles. *Environ. Sci. Technol.* 53, 6007–6017. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b00593>.

Zhou W., Wang Q., Wei Z., Jiang J., Deng J. (2023) Effects of microplastic type on growth and physiology of soil crops: implications for farmland yield and food quality. *Environmental Pollution*, 326, 121512.

Zubek, S., Majewska, M. L., Kapusta, P., Stefanowicz, A. M., Błaszowski, J., Rożek, K., ... & Zalewska-Gałosz, J. (2020). *Solidago canadensis* invasion in abandoned arable fields induces minor changes in soil properties and does not affect the performance of subsequent crops. *Land Degradation & Development*, 31(3), 334-345. <https://doi.org/10.1002/ldr.3452>

BÖLÜM 8

FINDIK İŞLETMELERİNDE GÖRÜLEN ZARARLILARIN FINDIK ÜRETİMİ VE İHRACATINA ETKİLERİ

Tuba DENİZ ŞERMET¹

Dr. Öğr. Üyesi Uğur BAŞER^{2*}

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Samsun
<https://orcid.org/0009-0006-9852-7071>

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Samsun
<https://orcid.org/0000-0003-4961-2764>

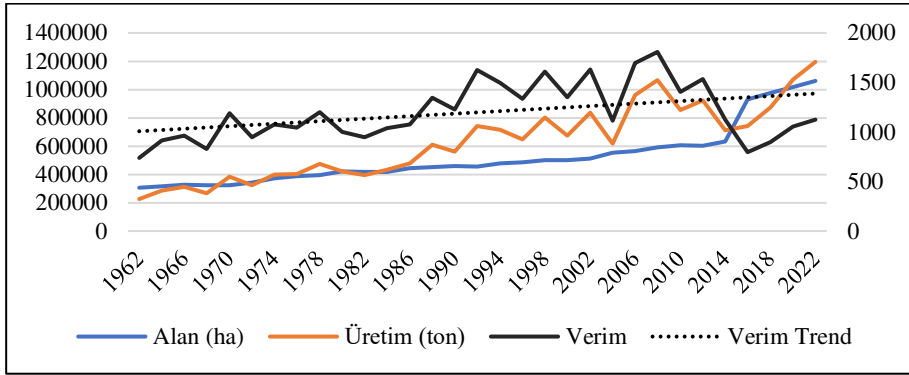
*Sorumlu yazar: ugur.baser@omu.edu.tr

1. Giriş

Anavatanı Orta Asya, Anadolu ve Kafkasya olan fındık (*Corylus avellana* L.) (Öztürk, 1950) Betulaceae familyasına ait olup, çok yıllık, çalı biçiminde, sert kabuklu bir meyve çeşididir. Fındığın en önemli çeşitleri *Corylus* cinsi içinde yer alan *C. Maxima*, *C. avellana* ve *C. colurna*'dır (Ayfer vd., 1986). Türkiye'de yetiştirilen önemli ticari fındık çeşitleri *C. maxima* ile *C. avellana* melezlerine aittir. Dünya'da *C. colurna* türü Türk fındığı olarak bilinmektedir (Marangoz, 1999). Fındık, kendine özgü iklim isteklerinden dolayı dünya üzerinde sınırlı bir yetiştirme alanına sahiptir. Fındık, nemli ve ılıman iklim bölgelerinde yetişmekte ve bu koşullarda iyi bir gelişim göstermektedir. Yıllık ortalama sıcaklığın 13-16 °C olduğu bölgelerde en uygun yetiştirme koşullarına sahiptir. Fındık yetiştiriciliği için en düşük sıcaklık -8 °C ile -10 °C olmalı ve en yüksek sıcaklığın 36-37°C'yi geçmemesi arzu edilmektedir. Ayrıca yıllık yağış toplamı 700 mm'nin üzerinde olmalıdır. Yazın Haziran-Temmuz aylarında oransal nemin %60'ın altına inmemesi fındık için en ideal ekolojik koşulları oluşturmaktadır (Karadeniz vd., 2009).

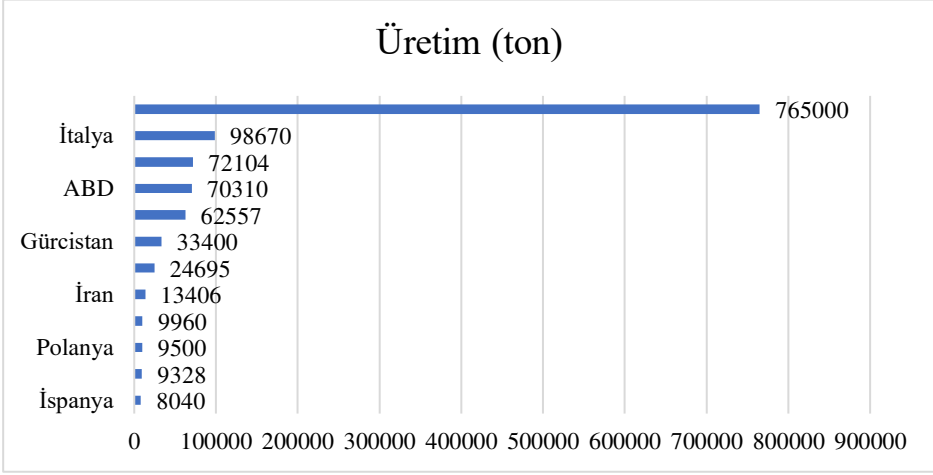
Fındık çerezlik olarak tüketildiği gibi, çikolata ve şekerleme sanayisinde yoğun talep gören bir tarım ürünüdür. Ekonomik olarak üretim, dış ticaret, sanayi ve pazarlama gibi alanlarda insanlara iş olanağı oluşturarak istihdama önemli katkılar da sağlamaktadır (Aktaş vd., 2009). Fındık protein, özel yağ, karbonhidrat, mineral, vitamin ve antioksidan açısından besleyici özelliklere sahiptir (Alasalvar vd., 2003). Gıda sanayinin yanı sıra kozmetik ve ilaç sanayinde de kullanılmaktadır. Aynı zamanda fındık yüksek yağ içeriğine de sahiptir (Delgado vd., 2010). Fındık üretiminin belirli yerlerde ve kısıtlı bölgelerde yapıyor olması, üretim ve ticaretinin önemini artırmıştır (Akyazı vd., 2014; Güney, 2014).

Fındık dünyada bademden sonra üretimi en çok yapılan sert kabuklu meyvedir. Ticari amaçla yetiştirilen fındık Türkiye, Azerbaycan, Gürcistan, İtalya, Şili, İspanya, ABD, Çin, Fransa, İran ve Rusya'da yetiştirilmektedir. Dünyada 2022 yılında yaklaşık 1 milyon ha alanda 1.19 milyon ton fındık üretimi gerçekleşmiştir. Fındık üretim alanı ve miktarının geçmişten günümüze artan eğilime sahip olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 1). Fındık hem sanayide kullanılması hem de ihracat potansiyeli nedeniyle birçok ülke tarafından üretilmek istenen ve üretim alanı genişleyen bir tarım ürünü haline gelmiştir.



Şekil 1. Dünya’da fındık üretim alanı, miktarı ve verimi (FAO, 2024)

Türkiye, 2022 yılında 765 bin ton üretim ile dünyada en fazla fındık üreten ülkedir. İtalya 99 bin ton ile ikinciyken, 72 bin ton ile Azerbaycan üçüncü sırada yer almaktadır. ABD, Şili, Gürcistan ve Çin’de önemli fındık üreticisi ülkelerdendir (Şekil 2). Türkiye dünyanın en önemli fındık üreticisi ülke olmasına rağmen, fındık verimi 1028.2 kg/ha’dır. Dünya’da fındık verimi ortalaması ise 1133.2 kg/da’dır (FAO, 2024). Türkiye’de fındık veriminin dünya fındık veriminden düşük olmasının sebebi yaşlı bahçeler, yanlış kültürel uygulamalar ve fındıkta meydana gelen hastalık ve zararlılardır. Türkiye’de fındık üretiminde yıllar arasında dalgalanmalar söz konusudur ve bu dalgalanmalara iklim, yanlış veya eksik kültürel uygulamalar, hastalık ve zararlılar ile periyodisite gibi faktörler neden olmaktadır. Türkiye dünya fındık sektöründe liderliğini devam ettirmek için ürün randımanını artırılmalı, hastalık ve zararlılara karşı etkin mücadele etmelidir.



Şekil 2. Dünya’da 2022 yılı fındık üretim miktarı (FAO, 2024).

Çoğalan dünya ticareti ve küresel ısınma ile birlikte bitki zararlıları daha önce görülmedikleri coğrafyalara, ülkelere ve bölgelere doğru hareket etmektedir. Uluslararası ticaretteki hızla artış, karantinada olması gereken zararlıların yeni alanlara göç etmesine sebebiyet vermekte ve bu durum büyük tehlike oluşturmaktadır. Bu türler arasındaki böcekler, esas tarımsal kaynaklı zararlılar olup, her yıl ortalama 1 trilyon dolarlık ürün kaybına sebebiyet vermektedir (Panizzi ve Grazia, 2015). Bu kayıplardan etkilenen önemli ticari ürünlerden bir tanesi de fındıktır. Ele alınan çalışmanın amacı, fındık işletmelerinin karşılaştıkları zararlıları ortaya koyup, bu zararlıların meydana getirdiği üretimdeki ve ihracattaki kaybı ortaya koymaktır. Zararlıların neden olduğu üretimdeki kaybın ortaya konulması, zararlılarla mücadele için alınması gereken önlemlere ışık tutacaktır.

2. Fındık Zararlıları

Fındık üretiminde karşılaşılan sorunlardan biri olan zararlılar, verim ve kalite kayıplarına neden olmaktadır. Fındık Entegre Mücadele Teknik Talimatında fındık kurdu (*Curculio nucum* L.), yazıcı böcekler (Dalkıran (*Xyleborus dispar*) ve Daldelen (*Xyleborinus saxesenii*) ana zararlılar, diğer türler ise diğer zararlılar adı altında gruplandırılmıştır (Anonim, 2017). Fındık zararlıları, fındık meyvesinde oluşturduğu zararla ürünün kalitesi ve miktarını azaltarak, özellikle ihracatta ve fındık sanayisinde önemli problemlere neden olmaktadır. Bugüne kadar fındık arazilerinde tahmini 250 adet zararlı böcek türü bulunmuştur ve bunların birçoğu lider üretici ülke pozisyonundaki

Türkiye'de gözlemlenmiştir (Tuncer, 2006). Bu türlerden yaklaşık 10-15 tanesinin bölgelere ve yıllara göre farklı ekonomik zarara neden olduğu saptanmıştır (Işık vd., 1987; Tuncer vd., 2002). Yapılan literatür araştırmasına göre fındık arazilerinde zarara neden olan başlıca böcek türleri şunlardır: Fındık Kurdu (*Curculio nucum* L.), Kahverengi Kokarca (*Halyomorpha halys*), Fındık Yeşil Kokarcası (*P. prasina*: Hem.: Pentatomidae), Yazıcı Böcekler (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), Dalkıran (*Xyleborus dispar* F.), Amerikan Beyaz Kelebeği (*Hyphantria cunea*), Kozalak Akarı (*Phytoptus avellana*), Mayıs Böceği (*Melolantha melolantha* L.), Fındık Filiz Güvesi (*Gypsonoma dealbana*), Fındık Teke Böceği (Uç Kurutan) (*Obera linearis* L.), Koşnil (*Parthenolecanium corni*), Fındık Testereli Arısı (*Croesus septentrionalis*), Metcalfa pruinosa Say (Hemiptera: Flatidae), Anoplophora chinensis Forster (Coleoptera: Cerambycidae), Fındık Gal Sineği (*Mikomyia coryli*), Fındık Virgül Kabuklu Biti (*Lepidosaphes ulmi*) ve Fındık Yaprak Delenidir (*Anoplus roboris*). Bu böcek türleri, fındığa farklı şekillerde zarar veren, fındık meyvesinin besin ve ticari değerini düşüren önemli zararlılardır. Fındık bahçelerinde görülen zararlılar ocaklarda dal, sürgün ve filiz kurumalarına, yaprak gibi yeşil aksamın hasar görmesine, meyve oluşumunun engellenmesi ya da oluşan meyvede zarar oluşturmak suretiyle kayıplara sebebiyet vermektedirler. Yapılan çalışmalarda bu zararlı türlerin bazılarının ciddi derecede ekonomik kayıp oluşturduğu bazı türlerin ise ekonomik öneme sahip olmadığı belirlenmiştir.

3. Fındıkta Karşılaşılan Zararlıların Üretime Etkileri

Türkiye'nin dünya'da en önemli fındık üretici ve ihracatçı ülkesi olması nedeniyle, fındık zararlılarının fındık üretimi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde literatürde zararlıların verime etkisinin ortaya konulduğu fındık kurdu, fındık yeşil kokarcası, kahverengi kokarca, yazıcı böcekler ve mayıs böceği zararlılarının, fındıkta oluşturduğu zarar oranı literatür taraması yapılarak tespit edilmiştir. Bu zararlıların hem üretim miktarına etkisi hem de ihracatı azaltma potansiyelleri ikincil verilerden hareketle tahmin edilmiştir.

Fındık üretim alanlarında en önemli zararlı olarak görülen fındık kurdu boş fındık oluşumu, sarı karamuk ve kara karamuk zararlarına neden olmaktadır (Akça, 2003; Saruhan ve Şen, 2012). Fındık kurdu erginleri kül

renginde olup 6-7 mm boylarında hortumlu yapıda bir böcektir ve türünün Türkiye’de bulunduğu en önemli zararlılarından biri olduğu tespit edilmiştir (Saruhan ve Tuncer, 2001). Fındık kurdunun erginleri karanfillerde, fındık meyve kabuğunda ve meyvede, larvaları ise meyvede zarar oluşturmakta ve fungal hastalıkların meyveye girişine ve depoya taşınmasına sebebiyet vererek fındıkta önemli oranda verim ve kalite kaybına sebep olmaktadır (Akça, 2003; Karabörklü ve Altın, 2018). Yapılan çalışmalarda fındık kurdunun %8.2-11 arasında boş içli fındık, %1.8- 3.2 sarı karamuk ve %13.5-21.9 oranında kara karamuk oluşumuna sebebiyet verdiği anlaşılmıştır (Ateş ve Kaçar, 2020). Fındık kurdunun toplam zarar oranı ise %0.6-52 arasında değişmektedir (Akça, 2003; Guidone vd., 2007; Saruhan ve Şen, 2012).

Fındık yeşil kokarcası (*Palomena prasina*) üretim alanlarında zarar eşiğini aşan bir diğer zararlı türdür. Boyut olarak 11-14 mm boylarında olmakta ve renkleri yeşil ve kahverengi arasında değişmektedir. Fındıkta hem randımanı hem de kaliteyi etkileyen fındık yeşil kokarcası fındık yetiştirilen arazilerin tamamında önemli bir sorun teşkil etmektedir (Anonim, 2017; Tuncer vd., 2004; Tuncer vd., 2005). Bir yeşil kokarca ortalama bir sezonda 270 kadar meyveye zarar verebilmektedir (Karadeniz vd., 2009). Saruhan ve Tuncer (2007) fındık üretim alanlarında bir çift yeşil kokarca böceğinin sezon süresince sarıkaramuk, karakaramuk, buruşuk iç ve lekeli iç gibi farklı şekillerde 180 civarında meyvede zarar yapabileceğini ortaya koymuşlardır. Fındık yeşil kokarcası meyvelerin iç kalitesine etki eden boş meyve, şekilsiz iç, lekeli iç, sarı karamuk ve kara karamuk zararlarına neden olmakla beraber (Tuncer vd., 2004) böceğin yapmış olduğu zarar oranı yapılan birçok çalışmaya göre %1.3-22 arasında değiştiği ortaya konulmuştur. (Kiper ve Yüçetin, 1971; Kurt, 1975; Tavella vd., 2001; Tuncer vd., 2004; Ateş ve Kaçar, 2020). Şen ve Saruhan (2016), Türkiye’de fındık yeşil kokarcasına karşı ilaçlama yapılan parseller ile ilaçlama yapılmayan kontrol parsellerinde %3.86 ile %11.68 oranında lekeli iç zararı oluştuğunu belirtmiştir.

Son yıllarda Türkiye’de görülen ve hızlı bir çoğalma ve yayılım sergileyen kahverengi kokarca da fındık üretim alanları için önemli bir tehdit unsuru haline gelmiştir. Bu zararlı türlerin fındık üretimindeki ekonomik etkileri yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur. Kahverengi kokarca (H. halys) Türkiye’de ilk defa İstanbul’da (Çerçi ve Koçak, 2017) ve Gürcistan sınır kapısına yakın olan Doğu Karadeniz Bölgesi’nde bulunan Artvin ilinde 2017

yılında (Güncan ve Gümüş, 2019) tespit edilmiştir. Gürcistan ile Türkiye arasındaki ticari faaliyetler sebebiyle Rusya ve Gürcistan'dan yayıldığı tahmin edilen *Halyomorpha halys*, insanlarla ve ulaşım araçlarıyla uzun mesafeler kat edebilmektedir (Özen, 2022). Bu sebeple, birçok ülke sınırında ve sınır sonrası yetkililer tarafından üzerine önlem alınan bir zararlıdır. Fındık üretim alanlarında giderek artan ve günümüzde en önemli sorunlardan biri haline gelen kahverengi kokarca emici bir böcek olup fındıkta doğrudan meyvede beslenmesi sebebiyle ciddi randıman ve kalite kayıplarına neden olmaktadır (Haye ve Weber, 2017). Yayılış gösterdiği alanlarda fındıkta %5-30 oranında zarar oluşturabilmektedir (Özen, 2022).

Yazıcı böcekler, ormanlık ve üretim alanlarında yaygın olarak görülen türlerdendir. Fındık arazilerinde sorun olan ana 3 yazıcı böcek türü bulunmaktadır. Bunlar; *Anisandrus dispar*, *Xylosandrus germanus* ve *Xyleborinus saxesenii*'dir. Özellikle dalkıran ve daldelen fındık ana zararlılarından (Anonim, 2017). Yazıcı böcekler fındık üretim alanlarında %3.9 ile %17.8 oranında zarar oluşturabilmektedirler (Şahin ve Özder, 2017).

Bir diğer zararlı tür olan Mayıs Böceği hemen hemen tüm fındık alanlarında görülmektedir. Ancak lokal alanlarda mücadele gerektiren yoğunluklara ulaşmaktadırlar (Anonim, 2017). Mayıs böceği larvaları, 1 cm'ye kadar olan kökleri dahi koparabilmektedir ve bu durum ana dalların kurumasına neden olmaktadır (Aydınlı vd., 2018). Ülkemizde önemli bir fındık zararlısı olan Mayıs böceği, yılda %15 ile %20 civarında fındık verim ve kalitesini azaltmaktadır (Sezen vd., 2007).

Türkiye, 2022 yılında toplam 765 bin ton fındık üretimi gerçekleştirmiştir. Literatürden elde edilen bulgulara göre, fındık kurdunun zarar oranı %0.6 ile %52 arasında değişmekte olup (Akça, 2003; Guidone vd., 2007; Saruhan ve Şen, 2012), fındıkta potansiyel kaybın 5 bin ton ile 398 bin ton arasında olabileceği tahmin edilmektedir. Fındık yeşil kokarcasının ise zarar oranı %1.3 ile %22 arasında olduğu anlaşılmış olup (Kiper ve Yüctin, 1971; Kurt, 1975; Tavella vd., 2001; Tuncer vd., 2004; Ateş ve Kaçar, 2020), bu zararlıdan kaynaklanan potansiyel kayıp ise 10 ton ile 168 bin ton arasında olabileceği belirlenmiştir. Yazıcı böceklerin ise zarar oranının %3.9 ile %17.8'dir (Şahin ve Özder, 2017). Yazıcı böceklerden kaynaklanan potansiyel kaybın 28 bin ton ile 136 bin ton arasında olabileceği tahmin edilmiştir. Kahverengi kokarcanın fındığa zarar oranı %5 ile %30 oranında olduğu (Özen,

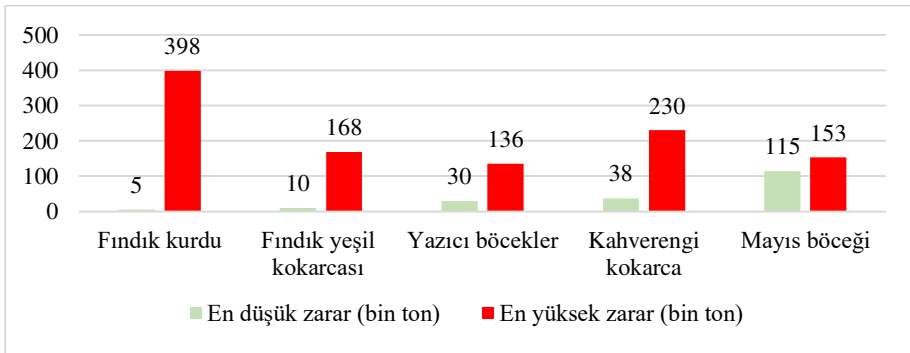
2022) ve kahverengi kokarcadan kaynaklanan potansiyel kaybın 38 bin ton ile 230 bin ton arasında olabileceği ortaya konulmuştur. Mayıs böceğinden kaynaklanan zarar oranının ise %15 ile %20 arasında değiştiği (Sezen vd., 2007) ve bu böcekten kaynaklanan potansiyel kaybın ise 115 bin ton ile 153 bin ton arasında olabileceği çalışma sonuçlarına yansımıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Fındık zararlılarının üretime etkisi

Zararlı Adı	En düşük ve en büyük zarar oranı (%)	En düşük zarar koşullarında üretim kaybı (ton)	En büyük zarar koşullarında üretim kaybı (ton)
Fındık kurdu	0.6-52	4590	397800
Fındık yeşil kokarcası	1.3-22	9945	168300
Yazıcı böcekler	3.9-17.8	29835	136170
Kahverengi kokarca	5-30	38250	229500
Mayıs böceği	15-20	114750	153000

*2022 yılı üretim miktarı (765 bin ton) dikkate alınarak hesaplanmıştır.

Fındık zararlılarının fındık üretimine etkisi şekil yoluyla da açıklanmıştır (Şekil 3). Fındık üretimini olumsuz etkileyen zararlılar incelendiğinde, gerekli mücadele yapılmadığı takdirde fındık üretimine en fazla zarar verme potansiyeli olan zararlı fındık kurdudur. Fındık kurdunu, 230 bin ton zarar verme potansiyeli olan kahverengi kokarca izlemektedir. Fındık yeşil kokarcası, Mayıs böceği ve yazıcı böcekler de sırasıyla fındığa en fazla zarar verme potansiyeline sahip zararlılar olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 3. Fındık zararlılarının üretime etkisi

ortalamasının altında kalmaktadır. Bu durumun nedenlerinden biri de fındıkta görülen zararlılardır. Çalışma, fındıkta zarara yol açan zararlıları tespit ederek, literatürden yararlanarak bu zararlıların üretimde sebep olduğu kayıpları ortaya koymaktadır. Ayrıca zararlıların ihracatta neden olabileceği daralma da çalışmayla ele alınmıştır.

Literatüre dayalı olarak tespit edilen önemli fındık zararlıları fındık kurdu, fındık yeşil kokarcası, yazıcı böcekler, kahverengi kokarca ve mayıs böceğidir. Bu böceklerle mücadele edilmemesi durumunda hem üretimde hem de ihracatta ciddi kayıplar oluşturma potansiyeline sahiptirler. Bu durum hem fındık üreticilerini hem de fındık işleme sanayisini zor durumda bırakmakla beraber, Türkiye'nin ihracat gelirini de önemli ölçüde azaltacaktır.

Fındık üretiminde zararlı türler üretime oldukça önemli zararlar vermektedir. Dolayısıyla, verim ve kalite kayıplarını azaltmak için zararlılarla etkin bir mücadele yapılmalıdır. Zararlılarla mücadelede kimyasal mücadele kadar kültürel tedbirler de önemli bir role sahiptir. Yeni fındık bahçeleri tesisi yapılırken uygun yerler seçilmeli ve taban suyu seviyesi yüksek ve besin elementlerince zengin olan topraklar tercih edilmelidir. Bu durum zararlılarla olan mücadeleyi olumlu etkileyecek unsurlardır. Ayrıca fındık bahçelerinde bakım işlemlerinin zamanında ve uygun bir şekilde yapılması, yabancı ot mücadelesi ve budama işlemleri ile bulaşık dalların bahçeden uzaklaştırılması da mücadele için önemlidir.

Zararlı popülasyonun yoğun olduğu yerlerde biyoteknik (kitlese yakalama) mücadele de uygulanabilir çözümler arasındadır. Bunun için kırmızı kanatlı yapışkan tuzaklar yaygın kullanılan uygulamalardandır. Bununla beraber zararlılarla mücadelede Bitki Koruma Teknik Talimatlarına göre kimyasal mücadelenin doğru doz ve zamanında uygulanması önemlidir. Zararlı türlere göre değişen etkili madde seçimi ve uygulama dozlarına dikkat edilmesi zararlının yok edilmesi için büyük önem taşımaktadır.

Zararlılar ile mücadelede en önemli hususlardan biri de üreticilerin ilgili kuruluş ve teknik personeller tarafından bilgilendirilmesi ve birlikte hareket etmesidir. Bununla birlikte zararlılar ile mücadelede bireysel değil kitlese hareket edilmesi başarı oranını arttıracak unsurlardandır. Bunun için Tarım ve Orman Bakanlığının yürüteceği yayım çalışmaları büyük önem arz etmektedir.

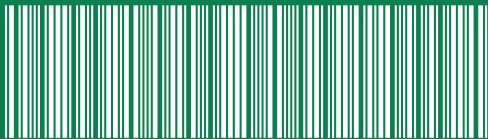
KAYNAKLAR

- Anonim (2017). Zirai mücadele teknik talimatları: Fındık entegre mücadele teknik talimatı. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara, 1: 39-42s.
- Akça İ 2003. Orta Karadeniz Bölgesinde Fındık kurdu, *Curculio nucum* L. (Coleoptera: Curculionidae) populasyonlarının biyolojisi ve zararı üzerine araştırmalar. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 93s., Samsun.
- Aktaş, A.R., Öztürk, E. ve Hatırlı, S.A., 2009. “Dünya fındık piyasasında Türkiye’nin rolü,” *SDÜ Vizyoner Dergisi*, c. 1, s. 1, ss. 36-54.
- Akyazı F., Yıldız S. and Felek A.F., 2014. “Soil nematode communities associated with hazelnut orchards in Turkey,” *Journal of Entomology and Nematology*, vol. 6, no. 8, pp. 112-121.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, C.M. and Ohshima, T., 2003. “Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional characteristics,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, no. 13, pp. 3790–3796.
- Ateş, S. Ve Kaçar, G., 2020. Sakarya İli Fındık Bahçelerinde Fındık Kurdu (*Curculio nucum* L.) (Coleoptera: Curculionidae) ve Fındık Yeşil Kokarcası (*Palomena prasina* L.) (Hemiptera: Pentatomidae)’nın Zarar Oranlarının Belirlenmesi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi (UTYHBD), 2020, 6(2): 246 – 251.
- Aydınlı H. Y., Karabörklü, S. Ve Aydınlı, V., 2018. Düzce İli Fındık Bahçelerindeki Mayıs Böceği (*Melolontha melolontha* L. Coleoptera, Scarabaeidae) Popülasyon Yoğunluğu ve Yayılışının Araştırılması *Selcuk J Agr Food Sci*, (2018) 32 (3), 333-338
- Ayfer, M., Uzun, A. & Baş, F. (1986). Türk Fındık Çeşitleri. Ankara, Türkiye, 95s.
- Çerçi, B., Koçak, Ö. (2017) Further contribution to the Heteroptera (Hemiptera) fauna of Turkey with a new synonymy. *Acta Biologica Turcica*, 30(4):121-127.
- Delgado, T., Malheiro, R., Pereira J.A., and Ramalhosa, E., 2010. “Hazelnut (*Corylus avellana* L.) kernels as a source of antioxidants and their

- potential in relation to other nuts,” *Industrial Crops and Products*, vol. 32, no. 3, pp. 621–626.
- FAO, 2024. <https://www.fao.org/faostat/en/#home> Erişim: 10.10.2024.
- Guidone L, Valentini N, Rolle L, Me G, Tavella L 2007. Early nut development as a resistance factor to the attacks of *Curculio nucum* (Coleoptera: Curculionidae). *Annals of Applied Biology* 150(3): 323-329.
- Guncan A, Gumus E. 2019. Brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Hemiptera: Heteroptera, Pentatomidae), a new and important pest in Turkey. *Entomol News*, 128(2): 204-210.
- Güney, O.İ., 2014. “Turkish hazelnut production and export competition,” *YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi (YYU J AGR SCI)*,” vol. 24 no. 1, pp. 23-29.
- Haye, T., Weber, DC., 2017. Special is sue on the brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*: an emerging pest of global concern. *J Pest Sci*, 90(4): 987-988.
- Işık UM, Ecevit O, Kurt MA, Yücecin T 1987. Researches on application of integrated pest management method in hazelnut plantations in the eastern Black Sea Region, Turkey. Ondokuz Mayıs University, Samsun, 20 p.
- Karabörklü, S., & Altın, N. (2018). Düzce ili fındık depolarında görülen zararlı böcekler ve patojen fungusların tanımlanması. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(4), 860-870.
- Karadeniz, T., Bostan, S.Z., Tuncer, C., Tarakçıoğlu, C., (2009). Fındık Yetiştiriciliği, Ordu İli Ziraat Odası Başkanlığı Bilimsel Yayınlar Serisi No: 1, 154.
- KİB, 2024. Karadeniz İhracatçı Birlikleri. <https://kib.org.tr/tr/ihracat-istatistikler-findik-istatistikleri-ulkelere-gore-ihracat-istatistikleri-1.html> Erişim: 10.10.2024
- Kiper G, Yücecin T 1971. Doğu Karadeniz Bölgesi fındık bahçelerinde görülen Fındık yeşil kokarcası (*Palomena prasina* L.) zararının depolanmış iç fındıklarda intikal oranı üzerinde araştırmalar. *Bitki Koruma Bülteni* 11(4): 218-224.
- Kurt MA 1975. Doğu Karadeniz fındıklarında zarar yapan *Palomena prasina* (Heteroptera: Pentatomidae)’nın biyo-ekolojisi üzerine araştırmalar. Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Zir. Müc. ve Zir. Kar. Gen. Müd. Samsun Bölge Zir. Müc. Araş. Enst. Yay., No: 25. 57 s.

- Marangoz, D., (1999). Fındıkta Yumurtalıkta Meydana Gelen Gelişmeler ile Bunlara İlişkin Bazı Meyve Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu, 84423.
- Özen L., 2022. Artvin İli Fındık Bahçelerinde Halyomorpha Halys'ın Popülasyon Durumu Ve Zararları, Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Öztürk, S.A. (1950). FINDIK, Ekimi, bakımı, Fındıklara zarar veren böcekler, mücadelesi, hastalıklar ve tedavisi ve Fındığın ekonomideki durumu. Tarım Bakanlığı Neşriyat Müdürlüğü, Sayı: 676, Ankara.
- Panizzi, A.R., Grazia, J. (2015). Introduction to true bugs (Heteroptera) of the neotropics. In true bugs (Heteroptera) of the Neotropics (pp. 3-20). Springer, Dordrecht, Nederland.
- Saruhan I, Şen M 2012. Emici böcekler (Hemiptera: Pentatomidae, Coreidae ve Acanthosomatidae)'in farklı fındık (*Corylus avellana* L.) çeşitlerindeki lekeli iç zararının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 31(3): 337-344.
- Saruhan, İ. ve Tuncer, C., 2001. Population densities and seasonal fluctuations of Hazelnut pests in Samsun, Turkey. Proc. V. Int. Congress on Hazelnut. Ed. S.A. Mehlenbacher. Acta Horticulture 556. ISHS 2001. 495-502
- Saruhan, İ., & Tuncer, C. (2007). Fındık kokarcası (*Palomena prasina* L. (Hemiptera: Pentatomidae))'nın fındık bahçelerindeki zarar şekli ve oranı üzerinde bir araştırma. *Türkiye II. Bitki Koruma Kongresi*, Isparta.
- Saruhan, İ. ve Tuncer, C., 2010. "Fındık kokarcası (*Palomena prasina* L. Heteroptera: Pentatomidae)'nın fındık meyvelerindeki zarar şekli ve oranı," *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, c. 25, s. 2, ss. 75-83.
- Sezen K, Demir İ, Demirbağ Z (2007). Identification and pathogenicity of entomopathogenic bacteria from common cockchafer, *Melolontha Melolontha* (Coleoptera: Scarabaeidae), *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 35: 79-85.
- Şahin ve Özder, 2017. Düzce İlinde Fındık Üretim Alanlarında Görülen Yazıcıböcek Türleri (Coleoptera: Scolytidae) Üzerine Araştırmalar. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2017: 14 (03)

- Şen, M. ve Saruhan, İ., 2016. Emici böcekler (Hemiptera: Pentatomidae, Coreidae ve Acanthosomatidae)“in farklı fındık (*Corylus avellana* L.) çeşitlerindeki lekeli iç zararının belirlenmesi. *Anadolu J Agr Sci*, 31 (2016) ISSN: 1308-8750 (Print) 1308-8769
- Tavella L Arzone A, Miaja ML, Sonnati C 2001. Influence of bug (Heteroptera: Coreidae and Pentatomidae) feeding activity on hazelnut in northwest Italy. *Acta Hort.* 556: 461–468.
- Tuncer, C., 2006. www.findikci.net. Hazelnut Pests Homepage. .Dr. Tuncer Hazelnut Pests Lab. (Erişim tarihi: Mayıs 2023).
- Tuncer C, Akça İ, Saruhan İ 2002. Fındıkta zararlı olan bazı emici böceklerin (Heteroptera: Pentatomidae, Coreidae ve Acanthosomatidae) kimyasal mücadelesi üzerine araştırmalar. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(3): 17-26.
- Tuncer, C., Saruhan, I., & Akca, I. (2004). The insect pest problem affecting hazelnut kernel quality in Turkey. VI. International Congress on Hazelnut, İspanya.
- Tuncer, C., Saruhan, İ., & Akça, İ. (2005). The insect pest problem affecting hazelnut kernel quality in Turkey. *Acta Horticulture*, 668, 367-376.
- TÜİK, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>
Erişim: 10.10.2024.



ISBN: 978-625-367-931-6