TARIM BİLİMLERİ ALANINDA MULTİDİSİPLİNER GÜNCEL ÇALIŞMALAR III

EDİTÖRLER
DOÇ. DR. KÜBRA YAZİCİ
DOÇ. DR. HÜLYA DOĞAN

İKSAD
Publishing House

TARIM BİLİMLERİ ALANINDA MULTİDSİPLİNER GÜNCEL ÇALIŞMALAR

III

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Kübra YAZİCİ

Doç. Dr. Hülya DOĞAN

YAZARLAR

Prof. Dr. Cafer Sırrı SEVİMAY
Prof. Dr. Duygu BAKİ ACAR
Doç. Dr. Emine Sema ÇETİN
Doç. Dr. Gamze PEKBEY
Doç. Dr. Levent YAZİCİ
Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ
Doç. Dr. Berna YAVUZ PEHLİVANLI
Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN
Dr. Öğr. Üyesi Bekir Sıtkı ŞİRİKÇİ
Dr. Öğr. Üyesi İsmail NANELİ
Dr. Öğr. Üyesi Saber Delpasand KHABBAZİ
Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZKAN
Dr. Öğr. Üyesi Orhan ERMETİN
Dr. Öğr. Üyesi Tuba ALBAYRAK
Dr. Çiğdem BOZDEMİR
Dr. Lerzan ÖZTÜRK
Dr. Murat ERTUĞRUL
Dr. Onur DURA
Öğr. Gör. Şüheda B. AKÇA YILMAZ
Zir. Yük. Müh. Ali Tufan ERŞENEL

IKSAD Publishing House

Copyright © 2023 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law.
Institution of Economic Development and Social Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
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. The first degree responsibility of the works in the book belongs to the authors.
Iksad Publications – 2023©

ISBN: 978-625-367-461-8
Cover Design: Atakan PİRLİ
December / 2023
Ankara / Türkiye
Size: 16x24cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRLERDEN ÖNSÖZ……. 1

BÖLÜM 1
SALİSİLİK ASİDİN BİTKİ BÜNYESİNDEKİ FONKSİYONLARI

Doç. Dr. Emine Sema ÇETİN
Zir. Yük. Müh. Ali Tufan ERŞENEL……...….. 3

BÖLÜM 2
MİSK ADAÇAYI (*Salvia sclarea* L.) ESANSİYEL YAĞININ KİMYASAL BİLEŞİMİ, KULLANIM ALANLARI VE BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ
Dr. Çiğdem BOZDEMİR ……...…….. 27

BÖLÜM 3
ENDÜSTRİYEL KENEVİR (*Cannabis sativa* L.) BİTKİSİ ZARARLILARI VE MODERN BİYOTEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR
Dr. Öğr. Üyesi Saber Delpasand KHABBAZI
Doç. Dr. Gamze PEKBEY …… 49

BÖLÜM 4
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YABANCI OT VE NEMATODLARA ETKİSİ
Dr. Onur DURA
Dr. Öğr. Üyesi Bahadır ŞİN
Dr. Lerzan ÖZTÜRK…… 91

BÖLÜM 5
DOĞAL JEOKİMYASAL STRES ALTINDAKİ BİTKİ TÜRLERİNİN İZ ELEMENT VE NADİR TOPRAK ELEMENTLERİN (NTE) BİRİKİMİ
Doç. Dr. Berna YAVUZ PEHLİVANLI ……..……..…… 113

BÖLÜM 6
ANKARA KOŞULLARINDA ANADOLU ÜÇGÜLÜ (*Trifolium resupinatum* L.) VE İTALYAN ÇİMİ (*Lolium multiflorum* Lam.)'NİN FARKLI KARIŞIM ORANLARI VE EKİM YÖNTEMLERİNİN YEM ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ
Dr. Öğr. Üyesi Uğur ÖZKAN
Prof. Dr. Cafer Sırrı SEVİMAY…… 145

BÖLÜM 7
BUĞDAY YETİŞTİRİCİLİĞİ VE ISLAHINDA VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİNİN ARTIRILMASI İÇİN GERÇEKLEŞTİRİLEN BİYOTEKNOLOJİK YÖNTEMLER
Dr. Öğr. Üyesi İsmail NANELİ ……. 165

BÖLÜM 8
ÇİFTLİK HAYVANLARINDA REPRODÜKTİF BİYOTEKNOLOJİ UYGULAMALARINDA GÜNCEL GELİŞMELER
Prof. Dr. Duygu BAKİ ACAR…..…… 183

BÖLÜM 9
SÜT SIĞIRCILIĞINDA REFAH KAVRAMI
Dr. Öğr. Üyesi Orhan ERMETİN ……..…… 213

BÖLÜM 10
PAVLONYA (*Paulownia tomentosa* L.) AĞACININ BİTKİSEL TASARIM DOĞRULTUSUNDA İNCELENMESİ
Öğr. Gör. Şüheda Basire AKÇA YILMAZ …… 227

BÖLÜM 11
KONYA İLİNDE KURU FASULYE ÜRETİMİNİN MALİYET VE KÂRLILIĞININ GELİŞİMİ
Dr. Öğr. Üyesi Bekir Sıtkı ŞİRİKÇİ …….. 243

BÖLÜM 12
KOP BÖLGESİNDEARAZİ TOPLULAŞTIRMANIN TARIMSAL SULAMADAKİ EKONOMİK ETKİLERİ
Dr. Öğr. Üyesi Tuba ALBAYRAK ……...…… 259

BÖLÜM 13
HAYVAN GÜBRESİNDEN BİYOGAZ ÜRETİM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ: KARAMAN İLİ ÖRNEK HESAPLAMA
Doç. Dr. Tanzer ERYILMAZ
Dr. Murat ERTUĞRUL…..……. 295

BÖLÜM 14
BUĞDAY ÜRETİM MALİYETLERİ VE ÜRETİCİLERİN ÇEŞİT TERCİHLERİNİN İNCELENMESİ:
YOZGAT İLİ SARIKAYA İLÇESİ ÖRNEĞİ
Dr. Öğr. Üyesi Tuba ALBAYRAK …… 309

BÖLÜM 15
BİTKİSEL ÜRETİMDE SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM UYGULAMALARI
Doç. Dr. Levent YAZİCİ …..……..……... 325

Aralık/2023

ÖNSÖZ

Multidisipliner alanlarda yapılan çalışmalar, 21. yüzyılda dünya çapında ilgi gören ve desteklenen çalışmaların başında gelmektedir. Bu bağlamda dünyada birçok üniversitede multidisipliner programlar açılmıştır. Bunun doğal bir sonucu olarak, dünyanın önde gelen ülkelerinde multidisipliner konular üzerine çalışan bilim insanı sayısı her geçen gün artmaktadır. Multidisipliner alanlardaki çalışmalar dünya çapında hız kazanırken Türkiye'de de Yüksek Öğretim Kurumu tarafından multidisipliner programlar desteklenmeye başlanmıştır. Tarım Bilimleri bitkisel ve hayvansal üretimin değişik konularından toprak, su, çevre vb. kaynakların korunması, ıslahı ve kullanımına kadar uzanan geniş bir çalışma alanına sahiptir.
Tarım alanındaki gelişmelerle, teknolojinin ve teknolojinin getirdiği imkanlarla ortaya çıkan yeni bilimsel yaklaşımların bir araya getirilmesiyle oluşturulan bu kitabın, bilim dünyasına katkılar sunmasını ve gelecek çalışmalara kaynak olmasını temenni ediyoruz.

Bu kitap Tarım Bilimleri alanı başta olmak üzere bu alanla ortak çalışmalar gerçekleştiren tüm meslek disiplinlerini (Bahçe Bitkileri, Bitki Koruma, Gıda Mühendisliği, Biyosistem Mühendisliği, Peyzaj Mimarlığı, Tarım Ekonomisi, Tarla Bitkileri, Tarım Makinaları ve Teknolojisi Mühendisliği, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Su Ürünleri, Zootekni, Biyoloji, Kimya, Çevre Mühendisliği, Jeoloji Mühendisliği, Veterinerlik) kapsayacak şekilde derleme ve araştırma makalesi niteliğindeki çalışmalardan oluşmuştur.

"Tarım Bilimleri Alanında Multidisipliner Güncel Çalışmalar III" kitabına emek veren tüm akademisyenlerimize ve bu alanda araştırmalar yürütülen öğrencilerimize, mesleki deneyimleri ve destekleriyle kitabımıza katkı sağlayan değerli bilim insanı hocalarımıza yayınlanma aşamasında desteği ve emeği geçen İksad Yayınevi çalışanlarına teşekkürlerimizi sunarız.

Editörler
Doç. Dr. Kübra YAZICI
Doç. Dr. Hülya DOĞAN

Aralık/2023

BÖLÜM 1

SALİSİLİK ASİDİN BİTKİ BÜNYESİNDEKİ FONKSİYONLARI

Doç. Dr. | Emine Sema ÇETİN[1]

Zir. Yük. Müh. | Ali Tufan ERŞENEL[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10342867

[1]Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Yozgat, Türkiye, esema.cetin@yobu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-7601-8491

[2]İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Merzifon, Amasya, Türkiye, alitufan.ersenel@tarimorman.gov.tr, Orcid ID: 0000-0003-2291-827X

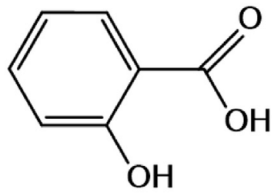
GİRİŞ

Hormonlar, bitki bünyesinde doğal olarak sentezlenen, üretildikleri yerden bitkinin başka kısımlarına taşınarak taşındığı yerde aynı etkiyi gösteren, çok düşük miktarlarda bile etkili olabilen organik moleküllerdir (Öktüren ve Sönmez, 2005).

Bilindiği gibi yakın bir döneme kadar bitki hormonlarının oksin, gibberellin, sitokinin, ABA ve etilen olmak üzere 5 gruptan oluştuğu düşünülmekteydi. Ancak yapılan araştırmalarla bitkiler tarafından sentezlenen, jasmonatlar, brassinosteroidler, strigolaktonlar ve nitrik oksit gibi diğer bazı maddelerin de tıpkı bu hormonlar gibi bitki bünyesinde çok önemli yaşamsal işlevlerde bulundukları belirlenmiştir. İşte bu maddeler içerisinde yer alan bir diğer hormon da salisilik asit (SA) dir.

SA'nın aslında ilk çağlarda söğüt ağacı yaprak ve kabuklarının ağrıları ve yüksek ateşi iyileştirdiğinin ortaya çıkarılması ile başlayan hikayesi Columbus'tan çok önce, Kuzey Amerika kızılderililerinin sıkıştırılmış söğüt ağacı kabuğu özlerini kullanmaları ile devam etmiş, 1828'de Münih'te çalışan Johann Buchner, bu bileşiği söğüt ağacından izole etmeyi başarmıştır. 1838'de Raffaele Piria ise Latince adı Salix den dolayı bu maddenin salisilik asit olarak adlandırılmasını sağlamıştır (Raskin, 1992). SA bugün dünyada kullanımı en eski çağlara dayanan ağrı kesicidir.

SA, genellikle bir hidroksil grubu ya da onun fonksiyonel türevini taşıyan, aromatik bir halkaya sahip bitki fenoliklerinin bir grubudur (Şekil 1).



Şekil 1: SA'nın kimyasal yapısı (Couto vd., 2016)

SA'nın fonksiyonlarının belirlenmesine yönelik bugüne kadar yapılan araştırmalarda bitki büyüme ve gelişmesinin düzenlenmesinde SA'nın temel rol oynadığı ortaya konulmuştur (Harborne, 1980). Bitkilerdeki amino asitlerin biyosentez yolunda hem büyüme ve gelişmede temel olan indol-3-asetik asidi sentezleyen triptofan gibi amino asitlerin biyosentezi söz konusu

olmakta (Kefeli, 1978) hem de fenolik bileşiklerin sentezi gerçekleşmektedir. SA, bitkilerde şikimik asit yolundaki ara ürün olan sinnamik asitten türevlenmektedir. Günümüzde de bitkisel hormonlar sınıfında yer almaktadır (Özeker, 2005).

Farklı bitkilerin bünyelerindeki içsel SA seviyelerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar bu bileşiğin bitkide her zaman ve her yerde bulunabileceğini ortaya koymuştur (Raskin, 1992). En yüksek SA seviyesi günümüzde çeltik bitkisinin yapraklarında saptanmıştır. Ayrıca ısı üreten (termojenik) bitkilerde, çiçeklenme sürecinde ve nekroz oluşturan patojenlerle enfekte edilmiş bitkilerde de SA seviyesinin yüksek olduğu belirlenmiştir.

SA'nın bitkilerde bir hormon olarak çiçeklenme, köklenme, etilen biyosentezi, tohum çimlenmesi gibi pek çok fizyolojik süreçte etkili olduğu, protein miktarını etkilediği, herbisit olarak etki gösterdiği, GA ile sitokinin başta olmak üzere bazı hormonların etkilerini değiştirdiği bilinmekle birlikte (Sevimay, 2009) biyotik ve abiyotik stres faktörlerinde de önemli etkilerinin bulunduğu bilinmektedir (Khan vd., 2015; Zhang ve Li, 2019; Lefevere vd., 2020). SA bitkilerde çevresel stres koşullarına dayanım açısından önemli bir sinyal molekülüdür. Biyotik veya abiyotik kökenli stres altındaki bitkilerde sentezlenen proteinlerin çoğunda absisik asit (ABA) (Jin vd., 2000) ve SA (Hoyos ve Zhang, 2000) gibi fitohormonlar etkili olmaktadır. SA bitkilerde sonradan kazanılmış sistemik dayanıklılığı (SAR) teşvik etmekte ve bitkiyi strese karşı korumaktadır.

1. SALİSİLİK ASİDİN BİTKİ BÜNYESİNDEKİ FONKSİYONLARI

1.1. Büyüme ve Gelişme Üzerine Etkisi

SA'nın bitki bünyesinde günümüze değin tespit edilmiş pek çok fonksiyonu bulunmaktadır. Bitkide dışarıdan gözlemlenebilir en temel etkisi bitkinin büyüme ve gelişmesi üzerine olan etkisidir. Bu alanda soya fasülyesinde yapılmış araştırmalarda SA'nın sürgün ve kök gelişimini etkilediği ortaya konulmuştur (Gutiérrez Coronado vd., 1998; Lian vd., 2000). Bir diğer araştırmada Kaydan ve Yağmur (2006) SA'nın hem uygulama şekillerinin hem de dozlarının mercimek ve buğdayda verim ve verim öğeleri üzerine etkisini incelemişlerdir. Mercimekte yapılan incelemelerde dane verimi, dane sayısı ve birim alandaki dane veriminde en yüksek değerlerin

doz olarak 12,810 g/da olarak uygulanan SA dozundan alındığı belirlenirken, uygulama şekli bakımından yaprağa püskürtme şeklindeki uygulamanın etkili olduğunu vurgulamışlardır. Buğdayda yapılan incelemelerde ise SA'nın uygulanma şeklinin değerlendirilen parametreler içerisinde yalnızca bitki boyu üzerinde etkili olduğu, diğerlerinde istatistiksel bir farklılığın bulunmadığı belirtilmiştir. Uygulama dozu bakımından ise farklılıkların olduğunu belirten araştırmacılar, bitki boyu, başak uzunluğu, başakta dane sayısı ve dane verimi ile birim alandan alınan dane veriminin en yüksek değerlerinin mercimekte olduğu gibi 12,810 g/da uygulama dozundan alındığını saptamışlardır.

Bal ve Kök (2007), soğuk hava deposunda bulunan Müşküle üzüm çeşidinde salkımlara sodyum metabisülfit, SA ve UV-C uygulamalarının bazı parametreler üzerine etkilerini incelemişlerdir. Ağırlık kaybı, SÇKM, asitlik, pH ve çürüme oranı değerlerini inceleyen araştırmacılar SA'yı 1, 2 ve 3 mM dozlarda uygulamış, ayrıca SA ve UV-C kombinasyonunu denemişlerdir. Salkımlar soğuk hava deposunda (0±1°C sıcaklık ve %90±5 nem ortamında), polietilen kaplarda 100 gün süresince muhafaza edilmişlerdir. Çalışma sonunda, en fazla ağırlık kaybının kontrol grubunda olduğunu, en yüksek SÇKM değerinin 3 mM SA ile birlikte UV-C uygulanan salkımlardan elde edildiğini belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda SA'nın üzümde çürüme belirtisini azalttığını da ifade etmişlerdir.

Ahmad vd. (2013), Lane late portakal çeşidine hasattan on gün önce farklı konsantrasyonlarda (2; 4; 6 ve 8 mM) SA'yı sprey olarak uygulamışlardır. Hasattan sonra meyvelerin bir kısmı hemen analiz edilmiş, diğer meyveler 31, 62 ve 93 gün boyunca 5°C'de muhafaza edilerek SA'nın meyve çürümesi, üşüme zararı ve kalite ile ilgili parametreleri (meyve eti sertliği, şeker ve organik asit içerikleri) üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmalarının sonucunda SA uygulamasının SÇKM, TA ve şekerler ile organik asit içeriklerinin korunması konusunda etkin bir uygulama olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca 8 mM SA uygulamasının meyve çürüklüğünü %16.93'ten %6.06'ya düşürdüğünü, üşüme zararı insidansını en aza indirmede etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Bir diğer çalışmada farklı SA dozlarının (0, 1,2 ve 4 mM) hasat edilmiş Superior Seedless üzüm çeşidinde salkım ağırlık kaybı üzerinde etkisi incelenmiştir (Loay, 2017). Araştırma sonunda SA'nın salkım ağırlık

kaybında ciddi anlamda etkisinin olduğu belirtilmiştir. Uygulama yapılan salkımlarda tane çatlaması, salkım iskeleti esmerleşmesi, tane sertliği, tane kopma kuvveti gibi kalite parametrelerinin 4 gün boyunca korunduğu tespit edilmiştir. Uygulama dozları içerisinde ise 4 mM dozun pek çok parametrede en etkili doz olduğu da ifade edilmiştir.

Thompson Seedless üzüm çeşidine chitosan, SA ve fulvik asidin tek uygulamaları ve farklı kombinasyonları denenmiş ve büyüme, meyve kalitesi ve raf ömrü değerleri incelenmiştir. Uygulamalar büyüme başlangıcında, salkım oluşumundan bir hafta sonra ve ben düşme zamanında olmak üzere 3 kez püskürtme şeklinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda tek ya da kombinasyonlu olmak üzere uygulamaların asmada sürgün uzunluğu, yaprak alanı, klorofil miktarı ve protein miktarını artırdığını belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda ayrıca bu çeşitte ilgili parametreler üzerinde en etkili uygulamanın SA ve fulvik asit kombinasyonu olduğunu ifade etmişlerdir (El-Kenawy, 2017).

Tura (2019), soya fasülyesinde farklı SA konsantrasyonlarının etkilerini araştırmıştır. Araştırma sonunda 0,75 ve 1,00 mM konsantrasyonlarında SA uygulanmasının çimlenme, kök, gövde, yaprak gelişimi ve klorofil miktarı gibi özeliklerinde olumlu etki yaptığı tespit edilmiştir.

Hasat öncesi silisyum ve SA uygulamalarının üzümde salkım çürüklükleri üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir tez çalışmasında ise Demir (2020), hasat öncesi silisyum (%1) ve SA (%1,5)'yı tek ve karışım halinde asmalara 3 kez uygulamış ve omcaları plastik bir örtü ile kapatarak çürüklük gelişimini izlemiştir. Araştırma sonunda SA uygulamasında %54,56; silisyum ve SA kombinasyonunda ise %65,2 oranında en yüksek etkinlikler saptanmıştır.

SA uygulamasına yönelik bir diğer araştırmada özellikle oda sıcaklığında tutulduğunda sınırlı bir raf ömrüne sahip olan ve Brezilya'da yoğun olarak kullanılan bir çeşit olan Niagara Rosada çeşidi kullanılmıştır. Araştırmada erişilebilirliğinin yüksek olması, düşük maliyetli olması ve kaliteyi korumasının yanı sıra hasat sonrası kayıpları azaltmada potansiyelinin bulunması nedeniyle SA'nın tercih edildiği belirtilmiştir. Tane gelişim dönemi ve ben düşme döneminde olmak üzere iki aşamada farklı dozlarda SA uygulanmıştır. Araştırma sonucunda SA'nın 1 ve 2 mmol/L dozunun tane dökümü ve tane çürümesi insidansını azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir.

SA uygulanan omcalarda salkımların fenolik bileşik içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Fenolik asitler içerisinde özellikle klorojenik asit ve gallik asit değerlerinin yüksek miktara ulaştığı ve bu bileşiklerin antifungal etki ile ilişkili olması bakımından da önemli oldukları vurgulanmıştır. Polifenoller ile ilgili olarak, rutin, siyanidin-3,5-diglukosit ve 3-O-glikosit delfinidin değerlerinin tüm uygulamalarda yüksek olduğu, SA uygulamasının ayrıca serotonin ve melatonin içeriğinin yanı sıra amino asitlerde (triptofan ve 5-hidroksitriptofan) de bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Depolama süresince histamin ve dopamin düzeylerinde azalma olduğunu, bu uygulamanın depolama sırasında meyve direncini uyarmak için etkin bir araç olarak kullanılabileceği ve bunun da verimi artırmada etkili olacağını belirtmişlerdir (Gomes vd., 2021).

Bir diğer araştırmada ise Jiang vd. (2022), eksojen SA uygulamasının soğukta (4 °C) depolama sırasında yaban mersininde (*Vaccinium virgatum* Ait, 'Powderblue') organoleptik kalite ve organik asit metabolizması üzerindeki etkisini değerlendirmişlerdir. Araştırma sonucunda SA ile muamele edilmiş meyvelerde çürümenin azaldığını, meyve ağırlık kaybının, meyve yumuşamasının ve toplam çözünür kuru madde düşüşünün geciktiğini saptamışlardır. Malik asit, kuinik asit, sitrik asit ve süksinik asit miktarlarının kontrol ile karşılaştırıldığında SA ile muamele edilen meyvelerde daha yüksek seviyelerde olduğunu da vurgulamışlardır.

1.2. Aşılama Sonrası Kallus Oluşumu Üzerine Etkisi

Bitkilerde yaralanma durumlarında veya aşı işleminde anaç ve kalemin birleşme yerlerinde kallus dokusu oluştuğu bilinmektedir (Taiz ve Zeiger, 2002). Aşı başarısında en önemli nokta bu yara dokusunun oluşmasıdır. Korkutal (2013) yaptığı çalışmada 110R anacı üzerine aşılı Cabernet Franc çeşidinde kallus oluşumu üzerine etkilerini araştırmak üzere jasmonik asit (JA) (0; 50; 100 ve 150 mM), metil jasmonat (MeJA) (0; 130; 375 ve 500 ppm) ve SA (0; 250; 500 ve 1000 ppm)'nın etkisini incelemiştir. Araştırma sonunda 250 ppm SA dozunun kallus oluşumu üzerinde olumlu etki gösterdiği ifade edilmiştir.

1.3. Tohumların Çimlenmesi ve Biyokimyasal İçerikleri Üzerine Etkisi

SA'nın tohum çimlenmesi ve tohumun biyokimyasal içerikleri üzerinde de etkilerde bulunduğu belirlenmiştir (Ansari ve Sharifzadeh, 2012; Siavash Moghaddam vd., 2018; Battal ve Demir, 2022). Çavdar tohumları üzerine SA uygulamasının etkisini inceleyen Ansari ve Sharifzadeh (2012) çavdarda çimlenme parametrelerinde ve fide büyüme parametrelerinde SA, GA ve yaşlandırma uygulamasının etkisini incelemişlerdir. Araştırmalarının sonunda en yüksek çimlenme yüzdesinin yaşlandırma yapılmaksızın SA ve GA ön uygulaması yapılan tohumlardan elde edildiğini belirtmişlerdir.

Culpan ve Arslan (2018) aspirde SA'nın 4 farklı konsantrasyonunu (0; 0,1; 0,5 ve 1 mM) uygulamış ve sonuçta uygulanan SA'nın aspir tohumlarının protein oranını artırıcı yöndeki etkisinin olduğunu, küspe olarak değerlendirilen tohumlardaki protein oranının artması sonucu SA uygulamalarının pratik bir yöntem olabileceğini belirtmişlerdir.

Bir araştırmada da Siavash Moghaddam vd. (2018), yaşlı çemen otu (*Trigonella foenum-graecum*) tohumlarında farklı dozlarda (1700 ve 2800 µM) SA uygulamasının tohumların çimlenme yetenekleri ve çimlenen tohumların da fide canlılıkları üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla SA uygulaması yapılan ve yapılmayan (SA kontrol) tohumların bir kısmı 24 ve 48 saat sürelik yaşlanmaya bırakılmıştır. Tüm tohumlar gruplar bazında %95 nem ve 45°C sıcaklıkta kültüre alınmıştır. SA ile ön uygulama yapılmaksızın 48 saat süreli yaşlandırmaya alınan tohumlarda çimlenmeye ilişkin incelenen parametreler olan ortalama çimlenme hızı ve yüzdesi, çimlenme hızı katsayısı, ortalama günlük çimlenme, çimlenme gücü ve maksimum günlük çimlenme değerleri ile fide canlılığına ilişkin parametreler olan fide uzunluğu ve ağırlığında önemli kayıpların görüldüğü belirtilmiştir. 2800 µM SA ile ön uygulama yapılan tohumlarda ise çimlenme yüzdesinin %41'den %100 değerine ulaştığı görülmüştür. En yüksek fide uzunluğu, plumule kuru ağırlığı ve fide kuru ağırlığı değerlerine ise yine 2800 µM SA ile ön uygulama yapılan tohumlarda ulaşılmıştır.

Buğday çimi bilindiği üzere antioksidan özellikli bileşenlerce zengin olması nedeni ile son yıllarda süper gıda olarak kabul edilen ürünler içerisinde yer almaktadır. Battal ve Demir (2022) de, buğday tohumlarına yapılacak uygulamalarla bu içeriğin daha da zenginleştirilmesine yönelik bir araştırma

yapmışlardır. SA ile ön işleme tabi tuttukları buğday tohumlarından elde edilen buğday çiminde toplam antioksidan düzeyi, toplam oksidan durumu, oksidatif stres indeksi ve C vitamini düzeyini incelemişlerdir. SA ile ön işleme tabi tutulmuş tohumlardan yetiştirilen buğday çiminin, kontrole göre önemli ölçüde daha yüksek toplam antioksidan kapasiteye, C vitaminine ve çözünür protein içeriğine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Buğday çimi ekstraktlarının hidroksil radikallerine karşı DNA koruyucu rol oynadığını da saptamışlardır. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlar ışığında insanlar tarafından antioksidan kaynağı olarak kullanılan bitkilerin antioksidan potansiyelinin, çözünebilir protein içeriğinin ve C vitamini düzeyinin artırılmasında SA ön uygulamasının etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

1.4. Köklenme Üzerine Etkisi

Köklenme üzerine çok çeşitli parametrelerin etkili olduğu bilinmektedir. Kavak, akçaağaç, ıhlamur gibi farklı ağaç türlerinin çeliklerine oksinle birlikte ya da tek başına yapılan SA uygulamalarının kök gelişimine olumlu etki sağladığı, köklenmiş çelik sayısını, çelik başına kök sayısını ve kök uzunluğunu artırdığı ve köklenme için geçen zamanı da kısalttığı ifade edilmiştir (Kling ve Meyer, 1983).

SA'nın çelik köklenmesi üzerine etkisini araştıran Özeker (2005), bu etkinin bitkilerde fenolik bileşenlerin köklenme üzerine olan etkilerine benzer olduğunu belirtmiştir.

İsfendiyaroğlu ve Özeker (2008) zeytin çeliklerinin köklendirilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, uyguladıkları SA dozlarının köklenmeye etki etmediğini belirtmelerine karşın Oçkun (2013) yaptığı çalışmada Cabernet Franc/110R aşı kombinasyonu üzerine JA, MeJA ve SA'nın etkilerini araştırmış, uygulanan en düşük doz olan 250 ppm düzeyindeki SA'nın köklenmeyi olumlu etkilediğini ancak SA'nın etkisinin bitki türü ve uygulanan doza bağlı olarak değişebileceğini bildirmiştir.

Dong vd. (2020) de SA (50 μM) uygulamasının kabakta adventif kök gelişimini teşvik ettiğini ve kök bölgesindeki içsel SA seviyesini artırdığını belirtmişlerdir.

SA'nın köklenme üzerindeki etkisinin dozlara bağlı olarak ciddi ölçüde değiştiği belirtilmiştir. Çemen otu, kabak, mercimek ve fasülye gibi bitkilerde bu durumu gösteren çalışmalar yapılmıştır. Araştırma sonuçları SA'nın düşük

dozlarda olduğunda köklenmeyi uyardığını, yüksek dozlarda ise köklenmeyi geciktirdiğini ortaya koymuştur (Singh vd., 2010; Pour vd., 2012; Bouallègue vd., 2017; Bouallègue vd., 2019).

1.5. Çiçeklenme Üzerine Etkisi

Lee ve Skoog (1965), tütünde yaptıkları bir doku kültürü çalışması ile SA'nın çiçeklenmeyi uyardığını ilk kez bildiren araştırmacılar olmuşlardır. Daha sonra Cleland ve Ajami (1974) de pıtrak (*Xanthium strumarium*) bitkisinin vejetatif ve generatif dönemlerinde yaptıkları incelemeler sonucunda çiçeklenmenin düzenlenmesinde SA'nın rol oynayabileceğini belirtmişlerdir. Bu sonuca ulaşmalarında yaprak bitlerinin etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Bu durum, çiçeklenmenin teşvik edilmesinden sorumlu olduğu düşünülen ve floemde taşınabilen bir faktörün yaprak bitleri tarafından salgılanan sıvıda keşfedilmesi ve bu salgının daha sonra bir uzun gün bitkisi olan ve fotoindüktif olmayan ışık döngüsünde tutulan *Lemna gibba*'nın çiçeklenmesini maksimum düzeyde uyarması ile ortaya konulmuştur.

Eberhard vd. (1989) de SA'nın tütünde kallus kültürlerinde çiçek tomurcuğu oluşumunu teşvik ettiğini belirtmişlerdir. Ramanujam vd. (1998) ise, SA'nın çiçeklenmeyi teşvik ettiğini ve bakla sayısını arttırmak yoluyla dane verimini de olumlu etkilediğini bildirmişlerdir.

Kadife çiçeği (*Calendula officinalis* L.) bitkisinde SA uygulamasının etkisini belirlemek amacı ile bir çalışma yapılmıştır. Araştırmada SA uygulamasının kadife çiçeği bitkilerinin büyümesi, çiçeklenmesi ve çiçek salkımlarının toplam flavonoid içerikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla sera koşullarındaki bitkilere 3 gün süresince SA (0; 0,25; 0,50 ve 1,00 mM) püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Uygulamanın bitki başına yaprak sayısı, yaprak kuru kütlesi, yaprak alanı, klorofil içeriği, bitki başına çiçek salkımı sayısı, çiçek salkımının taze ve kuru kütlesi ve toplam flavonoid içeriği üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda SA uygulamasının bitki biyokütle artışında, çiçek salkımının sayısında ve çiçeklerin flavonoid içeriklerinde artış sağladığı tespit edilmiştir (Pacheco vd., 2013).

1.6. Baklagillerde Nodül Oluşumu Üzerine Etkisi

Köklere dışsal SA uygulamasının yonca ve fiğ köklerinde nodül oluşumunun hem azalmasına hem de gecikmesine neden olduğu belirtilmiştir.

Bununla birlikte düşük dozlarda (5-10 μM) dışsal SA uygulamalarının ise *L. japonicus* dahil olmak üzere birçok baklagil türünde nodül oluşumunu uyardığı belirlenmiştir (Ramanujam vd., 1998; Van Spronsen vd., 2003). Bu sonuçların da SA'nın rhizobia tarafından kök enfeksiyonunun ilk adımlarını düzenlediği (Martinez Abarca vd., 1998; Van Spronsen vd., 2003) fikrini güçlendirdiğini ifade etmişlerdir.

Stacey vd. (2006) de *Lotus japonicus* ve *Medicago truncatula* bitkilerinde yapmış oldukları araştırma sonucunda hem belirli hem de belirsiz nodül oluşturan konukçular üzerinde nodül oluşumunun kontrol edilmesinde SA aracılı bitki savunma yollarının önemli rolü olduğunu belirtmişlerdir.

R. solanacearum'un indüklediği genlerin köklerde ve nodüllerde özellikle de SA savunma yolu ile ilişkili genlerde aynı ekspresyon kinetiğini gösterdiğini ifade eden Benezech vd. (2020) de, bu nodüllerin *R.solanacearum* enfeksiyonuna karşı savunma reaksiyonlarını aktive edebildiğini belirtmişlerdir.

1.7. Farklı Stres Faktörlerine Dayanım Üzerine Etkileri

SA'nın bitki büyümesini düzenleyen fenolik bir bileşik olmasının yanı sıra biyotik ve abiyotik kökenli farklı stres faktörlerine dayanımda sinyal molekülü olarak önemli görevler üstlendiği de belirlenmiştir. SA'nın bitkilerde birer biyotik stres faktörü olan patojenlere karşı SAR'ı uyardığı da belirtilmiştir (Raskin, 1962).

Güven ve Yıldız (2001), külleme etmeni *Uncinula necator*'a karşı, asmada SAR mekanizmalarının harekete geçirilmesinde SA'nın rolünü belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla enfekteli Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidine 100, 200 ve 400 ppm konsanstrasyonlarında SA uygulamışlardır. Uygulamadan üç gün sonra enfekteli bitkilerden alınan yaprak örneklerinde endojen serbest SA birikiminin olduğu, toplam protein miktarının önemli oranda arttığı, direnm mekanizmasında etkili olan kitinaz ve b-1,3-glukanaz aktivitelerinin de önemli ölçüde arttığı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda Sultani çekirdeksiz üzüm çeşidinde külleme hastalığına karşı bitkide SAR'ın kurulmasında SA uygulamasının etkin rol oynadığı ve kazanılmış direncin sinyal iletim yolu için anahtar bileşiğin SA olduğunu ifade etmişlerdir.

Yang vd. (2003) ise alüminyum stresi altındaki bitkilerde SA uygulamasının *Cassio tora* bitkisinde köklerden alüminyum kaynaklı sitrat

akışını artırdığını ve bu durumun fidelerin alüminyuma karşı artan toleransı ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir.

SA ile ilgili yapılmış araştırmalardan birisinde Wang vd. (2005), Jingxiu üzüm çeşidinde ısıl işlem uygulamasına karşı bitkinin göstereceği tolerans üzerine SA ve absisik asidin etkisini incelemişlerdir. Araştırmada bitkilere 38ºC ısıl işlem uygulanmış ve spreyleme şeklinde yapraklara 100 mM SA uygulanmıştır. Sıcaklık uygulamasında fenilalanin amonyum liyaz (PAL) aktivitesinin SA uygulamasından sonraki bir saat içinde arttığı, sonra düşüşe geçtiği belirtilmiştir. Bir diğer enzim olan lipoksigenaz enzim aktivitesinin ise sürekli bir düşüş eğilimi gösterdiği ifade edilmiştir.

Ivanova vd. (2008) mısır bitkisinde bir ağır metal olan kadmiyum stresi üzerine SA'nın etkisini incelemişlerdir. SA ile ön uygulama yapılmış bitkiler ile kontrol grubu bitkilerden örnekler alınmıştır. Araştırma sonucunda SA ön uygulaması yapılmayan kadmiyum stresi altındaki bitkilerde kadmiyumun kök ve sürgün kuru ağırlığında, klorofil içeriğinde ve büyüme parametrelerinde düşüşe neden olduğu rapor edilmiştir. Bunların yanında kadmiyumun oksidatif stres ile ilişkili prolin, hidrojen peroksit ve lipid peroksidasyonu gibi diğer pek çok parametrede de değişikliğe yol açtığı vurgulanmıştır. SA ile ön muamele yapılmış mısır bitkilerinde ise büyüme, gelişme ve oksidatif stres ile ilişkili parametrelerde olumsuzlukların daha düşük seviyelerde görüldüğü tespit edilmiştir. Araştırmacılar elde ettikleri bu sonuçların SA'nın hücreler üzerinde koruyucu rolü olduğu düşüncesinin böylece doğrulanmış olduğunu da belirtmişlerdir.

Adaçayı (*Salvia macrosiphon*) bitkisinde yapılmış bir araştırmada dışsal SA (0; 200 ve 400 mg/L) erken çiçeklenme aşamasındaki bitkilere sprey olarak uygulanmış ve uçucu yağ bileşenlerinin miktarları GC ve GC/MS ile belirlenmiştir. Araştırma sonucunda linalool içeriği kontrol bitkilerinde %20,02 iken, 400 mg/L SA uygulanan bitkilerde %41,37'ye yükselmiştir. Heksil iso butanat içeriği aynı şekilde %3,17'den %5,6'ya yükselmiştir. α-pinen ve 1,8-sineol yalnızca SA uygulanan bitkilerde tespit edilmiştir. Esansiyel yağ verimi SA kontrol grubunda %0,23 olarak belirlenirken, 400 mg/L SA uygulamasında %0,48 olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar çalışmalarının sonucunu SA uygulamasının esansiyel yağ üretimini teşvik ettiği şeklinde özetlemişlerdir (Rowshan vd., 2010).

Farklı konsantrasyonlarda (0; 1; 5 ve 10 mM) SA'nın tuz stresi altındaki 5 BB, SO4 ve 140 Ru asma anaçlarında büyüme ve bazı fizyolojik özellikler üzerine etkilerinin incelendiği bir araştırmada SA'nın tuz stresinin önlenmesinde olumlu etkide bulunduğu, SA uygulanan çeliklerin sürgün ve yapraklarında tuz zararının daha düşük seviyelerde oluştuğu belirtilmiştir (Kök, 2012).

Dadaşoğlu ve Ekinci (2013) tarafından yapılan çalışmada fasulye tohumlarının (*Phaseolus vulgaris* L.) sıcaklık, tuz ve SA'nın farklı konsantrasyonlarında (0; 0,1; 0,2; 0,5; 0,75 ve 1.00 mM) çimlenme durumları incelenmiştir. SA ile yapılan uygulamalarda, farklı sıcaklık derecelerinde ve tuz bulunan ortamlarda çimlenmenin olumlu etkilendiği anlaşılmıştır.

Farklı SA konsantrasyonlarının Amerikan asma anaçlarının tuzluluğa olan dayanımı üzerine etkilerinin incelendiği bir diğer araştırmada ise tuz stresi altındaki üç farklı Amerikan asma anacına (1103P, 110 R ve 41 B) ait çeliklere 0; 3; 6 ve 9 mM SA uygulanmıştır. Büyüme, gelişme ve stres ile ilişkili pek çok parametrenin incelendiği araştırmanın sonucunda 41 B ve 1103 P Amerikan asma anaçlarında tuzluluk stresini azaltmada 6 ve 9 mM SA uygulamasının etkili olduğu, 110 R anacı için ise net bir doz tavsiyesinin mümkün olmadığı saptanmıştır (Yenilmez, 2016).

Biber (*Capsicum annum*) de yapılmış bir araştırmada bitkiler farklı UV tipleri altında strese maruz bırakılmışlardır. Bu amaçla beş haftalık biber fidelerine önce 1,5 mM'lık SA uygulaması yapılmış ve ardından fideler UV-A (320-390 nm), UV-B (312 nm) ve UV-C (254 nm) stresine maruz bırakılmışlardır. Farklı biyokimyasal parametrelerin değerlendirildiği araştırma sonucunda prolin amino asidinin SA uygulaması sonrası UV stresi altında olan bitkilerde arttığı belirlenmiştir (Mahdavian, 2018).

Farklı SA konsantrasyonlarının (0,01; 0,1 ve 1 mM) safran yapraklarındaki fenolik bileşikler ve flavonoid içerikleri üzerine etkisini incelemek amacı ile bir araştırma gerçekleştirilmiştir (Tajik vd., 2019). PAL aktivitesi ve gen ekspresyonu incelenmiş, ayrıca yapraklarda fenolik ve flavonoidlerin agregasyon alanlarının lokalizasyonu için histokimyasal incelemeler yapılmıştır. Bu amaçla safran kormları 12 saat süreyle çeşitli SA konsantrasyonlarında ön işleme tabi tutulmuş ve daha sonra sera koşullarında ekim yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ön işleme tabi tutulmamış bitkilere oranla SA ile ön işleme tabi tutulmuş bitkilerin yapraklarında PAL

aktivitesi, gen ekspresyonu, toplam fenolik bileşik ve flavonoid içeriği önemli ölçüde artmıştır. Bununla birlikte, SA ön işleminin etkisinin uygulanan SA konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği de ifade edilmiştir.

Bir diğer araştırmada ise ülkemizin önemli şaraplık üzüm çeşitlerinden olan, aynı zamanda salamuralık yaprak olarak da yoğun bir tüketimi bulunan Narince üzüm çeşidine ait fidanlarda sıcaklık stresine karşı SA kullanılmıştır (Topcu Altıncı vd., 2020). Yüksek sıcaklık uygulaması yapılmadan önce bitkilere farklı dozlarda (0; 0,5; 1,0; 1,5 µmol/L) SA uygulanmıştır. Ardından büyütme kabininde 40˚C'de 12 saat boyunca yüksek sıcaklığa maruz bırakılmıştır. Stres uygulamasından 21 gün sonra bitkilerde oransal su kapsamı, iyon akışı, membran zararlanma oranı, sürgün uzunluğu, yaş ve kuru sürgün ve kök ağırlıkları incelenmiştir. Araştırma sonucunda SA'nın sıcaklık stresi üzerinde olumlu etkilerde bulunduğu ifade edilmiştir.

Skrypnik vd. (2022), ılıman iklimde yetiştirilen Ballıbabagiller (Lamiaceae) familyasına ait 8 farklı bitki türünden elde edilen ekstraktların fenolik bileşik içeriği ve biyolojik aktivitesinin incelenmesi ve bu bileşenler üzerinde yapraktan SA uygulamasının etkisini incelemek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Lavanta (*Lavandula angustifolia*), adaçayı (*Salvia officinalis*), züfa otu (*Hyssopus officinalis*), büyük züfa otu (*Agastache foeniculum*), yabani kekik (*Thymus serpyllum*), nane (*Mentha piperita*), oregano (*Origanum vulgare*) ve kırmızı bergamot (*Monarda didyma*) bitkilerinin yapraklarına 1 mM dozunda SA uygulamışlardır. Yapraktan SA uygulamasının, çalışmada kullanılan altı türde hidroksisinnamik asit seviyesini, iki türde flavonoidleri, yedi türde toplam fenolik bileşik içeriklerini ve beş türde antioksidan aktiviteyi artırdığını belirtmişlerdir. *Lavandula angustifolia*'nın SA uygulamasına en duyarlı tür olduğunu ve bu türde SA uygulaması ile incelenen tüm parametrelerde artış olduğunu da vurgulamışlardır. Araştırma sonuçlarını SA uygulamasının bu bitkilerin besinsel ve farmakolojik değerlerinin arttırılmasında kullanılabileceği şeklinde özetlemişlerdir.

Domateste kuraklık stresi üzerine SA uygulamasının etkisinin incelendiği bir araştırmada da farklı dozlarda SA (0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 mM) uygulaması yapılarak bitkiler toplamda 45 gün süren kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Stresin 15., 30. ve 45. günlerinde CO_2 asimilasyonunu, stoma iletkenliği, terleme, su kullanım verimliliği ve karboksilasyon verimliliği

incelenmiştir. Kuraklık karşısında incelenen parametreler olumsuz etkilenirken, SA uygulamasının bu parametreler üzerinde olumlu etkiler gösterdiği ifade edilmiştir. Kurak koşullarda SA uygulanmamış bitkilerde çiçek dökümlerinin meydana geldiği ve doğal olarak verimde ciddi bir düşüşün olduğu belirtilmiştir. SA uygulamasının kurak dönemde fotosentez ürünlerinin çiçek ve meyvelere iletilmesini sağladığı ve bu şekilde dökümü önleyerek verimi artırdığı düşünülmüştür (Aires vd., 2022).

MeJA ve SA'nın Çin frenk soğanında verim ve kalite bileşenleri ile antioksidan özellikleri üzerine bir inceleme yapan Wang vd. (2022), bu fitohormonların kuru ve taze ağırlık üzerindeki doza bağlı etkilerini araştırmak için MeJA ve SA'nın farklı konsantrasyonlarını kullanmışlardır. Araştırma sonucunda sırasıyla 150 ve 500 µM konsantrasyonlarında SA ve MeJA uygulamasının toplam klorofil, fenolik bileşikler, flavonoidler, C vitamini ve uçucu bileşenlerin seviyelerini önemli ölçüde artırdığını ve nitrat birikimini de ciddi şekilde azalttığını belirlemişlerdir. Kontrol ile karşılaştırıldığında, 500 µM MeJA'nın çözünür şeker ve protein içeriğini artırdığını ve 150 µM SA'nın kuru ve taze ağırlığı artırdığını ifade etmişlerdir.

2. SALİSİLİK ASİDİN DİĞER HORMONLARLA İLİŞKİSİ

2.1. SA ve Oksinler

Oksin, bitki büyüme ve gelişiminin neredeyse tüm yönlerini etkileyen önemli bir hormondur. Birçok bitki patojeninin ya kendilerinin oksin üretebileceğini ya da konukçunun normal gelişim sürecine müdahale etmek için konukçu oksin biyosentezini manipüle edebildiği ifade edilmektedir (Chen vd., 2007). Savunma sinyal molekülü SA'yı aşırı üreten bitkiler, sıklıkla oksin eksikliği olan veya oksine duyarsız mutantlar olup bu durum SA'nın oksin tepkisine müdahale edebileceğini düşündürmektedir (Wang vd., 2007). SA uygulaması, oksin ile ilgili genlerin baskılanmasına neden olarak Oksin/IAA baskılayıcı proteinlerin stabilizasyonu ve oksin tepkilerinin inhibisyonu ile sonuçlanmaktadır. Benzer şekilde, oksin indüklenebilir genlerin çoğunun, SAR'ın indüksiyonundan sonra sistemik dokularda da bastırıldığı bulunmuştur, bu da SAR yanıtının, oksin yanıtı veren genlerin aşağı regülasyonunu içerdiğini göstermektedir (Wang vd., 2007). SA ve oksin sinyali karşılıklı olarak antagonistiktir. Bununla birlikte, etkileşimlerinin

ayrıntılı mekanizması, özellikle iki sinyal yolunun düzenleyici bileşenlerinin daha fazla araştırılması gerekmektedir.

2.2. SA ve Gibberellinler

Gibberellinler büyümeyi teşvik eden hormonlardır. Gibberellinlerin en yaygın etkisi hücrelerin uzamasını sağlamaktır. Bunun yanında; tohum ve tomurcuk dormansisinin kırılması, bodurluğun ortadan kaldırılması, soğuklama ihtiyaçlarının giderilmesinde, çekirdeksiz meyve tutumunda ve çimlenmede etkili olduğu bildirilmiştir (Algül, 2016).

Gibberellik asit (GA)'in savunma tepkisi üzerinde çok fazla çalışma bulunmamakla birlikte GA biyosentez inhibitörü veya GA analoglarının eksojen uygulaması üzerine yapılan çalışmalar, GA'nın çeltikte bazal hastalık direncinde olumsuz bir rol oynadığı görüşünü ortaya koymuştur (Tanaka vd., 2006). Arabidopsis ile ilgili son çalışmalar DELLA proteinlerinin, bitki bağışıklık yanıtında GA-, SA-, JA/ET aracılı savunma sinyal yolaklarına aracılık etmede rolünü ortaya koymuştur. DELLA geninden yoksun olan Arabidopsis'in nekrotrofik patojenlere karşı hassas olduğu ancak biyotrofik patojenlere karşı daha dirençli olduğu belirlenmiştir. DELLA'ların kısmen SA aracılı ve JA/ET aracılı savunma sinyal yolları arasındaki dengeyi değiştirerek nekrotroflara direnci ve biyotroflara duyarlılığı desteklediğini göstermiştir (Navarro vd., 2008). GA, DELLA proteinlerinin bozunmasını uyardığı için, GA'nın biyotroflara direnci ve nekrotroflara duyarlılığı arttırmada işlev gördüğü sonucuna varılmıştır. DELLA proteinlerinin ayrıca reaktif oksijen türlerinin (ROT) detoksifikasyon enzimlerini kodlayan genlerin ekspresyonunu desteklediği ve böylece biyotik veya abiyotik streslerden sonra ROT seviyelerini düzenlediği bulunmuştur (Achard vd., 2008). SA ve ROT arasındaki olası geri besleme amplifikasyon döngüsü göz önüne alındığında, bitki savunma sinyalleşmesinde SA-GA etkileşimi sırasında düzenleyici bir bileşen olarak DELLA'ların rolünün olduğu düşünülmektedir. Bununla birlikte, farklı bitki savunma yanıt sinyalleri üzerindeki GA eyleminin ayrıntılı mekanizması henüz ortaya konulamamıştır.

2.3. SA ve Absisik Asit

Absisik asit (ABA), abiyotik strese adaptasyonda çok önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte, biyotik stres tepkilerindeki rolü daha az anlaşılmıştır. Genel olarak ABA, hastalık direncinin negatif düzenleyicisi

olarak kabul edilmektedir (Bari ve Jones, 2009). Eksojen ABA uygulanması Arabidopsis'te SA birikimini teşvik ederek *P. syringae*'ye karşı direnç geliştirdiği belirlenmiştir. Diğer bitki türlerinde de benzer sonuçlar bulunmuştur (Mohr ve Cahill, 2001, 2003).

Yasuda vd. (2008), yaptıkları çalışmada ABA uygulamasının SAR indüksiyonunu baskıladığını ve SA ve ABA sinyalleri arasında antagonistik bir etkileşimi gösterdiğini bildirmiştir. Benzer şekilde, ABA biyosentezinde veya duyarlılığında bozulan mutantlar, her iki Arabidopsis'te yabani tip bitkilerle karşılaştırıldığında farklı patojenlere karşı daha dirençlidir.

2.4. SA ve Jasmonik Asit

SA aracılı direnç genellikle biyotroflara karşı etkili iken, JA aracılı tepkiler ağırlıklı olarak nekrotroflara ve otçul böceklere karşı olmaktadır (Glazebrook, 2005). Çoğu araştırma SA ve JA'ya bağlı sinyalleşme arasında karşılıklı olarak antagonistik bir etkileşim olduğunu gösterse de, sinerjistik etkileşimler de saptanmıştır (Schenk vd., 2000). SA ve JA arasındaki antagonistik etkileşimler sırasında, farklı sinyal yollarında paylaşılan ortak bileşenler, çapraz iletişimde önemli düzenleyici roller oynayan sinyalleşme düğümleri olarak hizmet etmektedir. Karşılık gelen düzenleyici genlerin mutasyonu SA ve JA sinyallerinin biyotroflara ve nekrotroflara karşı direnç üzerinde zıt etkilere sahip olduğunu göstermiştir (Bari ve Jones, 2009).

3. SONUÇ

SA'nın bitki büyüme ve gelişmesinde, çiçeklenmede, köklenmede, etilen biyosentezinde, tohum çimlenmesinin engellenmesinde, yapraklarda ve epidermiste transpirasyonu azaltmada, renk pigmentlerinin uyarılmasında ve daha pek çok olayda etkin rol oynadıkları belirlenmiştir. Bunların yanında farklı stres faktörlerine dayanımın sağlanmasında da etkili olduğu her geçen gün yapılan yeni araştırmalarla ortaya konuşmaktadır. Küresel ısınma ve değişen çevre faktörleri sonucunda bitkiler artık sürekli ve çok çeşitli stres ortamlarına maruz kalmaktadır. SA bu stres koşullarının ortadan kalkmasının mümkün olmadığı durumlarda tarımsal üretimde stresin hafifletilmesi bakımından önemli bir rol üstlenmiştir. Ancak henüz tam olarak aydınlatılmayan kısımlar da bulunmaktadır. Daha çok bitki tür ve çeşitlerinde yapılacak çalışmalar ile SA'nın kullanımının yaygınlaşması mümkündür.

KAYNAKÇA

Achard, P., Renou, J. P., Berthomé, R., Harberd, N. P., Genschik, P. (2008). Plant DELLAs restrain growth and promote survival of adversity by reducing the levels of reactive oxygen species. *Current Biology, 18*(9), 656-660.

Ahmad, S., Singh, Z., Iqbal, Z. (2013). Effect of preharvest sprays of salicylic acid on the shelf life and quality of 'Lane Late' sweet orange (*Citrus sinensis* L.) cold storage. *Acta Horticulture, 1012,* 103-112.

Aires, E., Ferraz, A.K.L., Lívero, B., Teixeira, F., Putti, F., Souza, E., Domingos, R., Ono, E. (2022). Foliar application of salicylic acid to mitigate water stress in tomato. *Plants, 11* (13), 1775.

Algül, B.E., Tekintaş, F.E., Dalkılıç, G.G. (2016). Bitki büyüme düzenleyicilerinin kullanımı ve içsel hormonların biyosentezini arttırıcı uygulamalar. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *13*(2), 87-95.

Ansari, O., Sharifzadeh, F. (2012). Improving germination characteristics of mountain rye (*Secale montanum*) primed seeds under slow moisture reduction and accelerated aging conditions. *Journal of Seed Science and Technology, 2*(2), 68-76.

Bal, E., Kök, D. (2007). Effects of UV-C and salicylic acid on quality of 'Müşküle' table grapes during cold storage. *Journal of Applied Horticulture*, *9* (2), 127-131.

Bari, R., Jones, J.D. (2009). Role of plant hormones in plant defence responses. *Plant Molecular Biology, 69*(4), 473-488.

Battal, A., Demir, S. (2022). The investigation of the effect of the salicylic acid on the antioxidant potential, vitamin C content and DNA protection activity of wheatgrass (*Triticum aestivum* L.) *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, *25(*2), 471-482.

Benezech, C., Berrabah, F., Jardinaud, M. F., Le Scornet, A., Milhes, M., Jiang, G., George, J., Ratet, P., Vailleau, F., Gourion, B. (2020). Medicago-sinorhizobium-ralstonia co-infection reveals legume nodules as pathogen confined infection sites developing weak defenses. *Current Biology, 30,* 351-358.

Bouallègue, A., Souissi, F., Nouairi, I., Souibgui, M., Abbes, Z., Mhadhbi, H. (2017). Salicylic acid and hydrogen peroxide pretreatments alleviate

salt stress in faba bean (*Vicia faba*) seeds during germination. *Seed Science and Technology, 45*, 675-690.

Bouallègue, A., Souissi, F., Nouairi, I., Souibgui, M., Abbes, Z., Mhadhbi, H. (2019). Physiological and biochemicals changes modulated by seeds' priming of lentil (*Lens culinaris* L.) under salt stress at germination stage. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus, 18,* 27-38.

Chen, Z., Agnew, J.L., Cohen, J.D., He, P., Shan, L., Sheen, J., Kunkel, B.N. (2007). *Pseudomonas syringae* type III effector AvrRpt2 alters *Arabidopsis thaliana* auxin physiology. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 104*(50), 20131-20136.

Cleland, C.F., Ajami, A. (1974). Identification of the flower-inducing factor isolated from aphid honeydew as being salicylic acid. *Plant Physiology, 54*(6), 904-906.

Couto, N., Wood, J., Barber, J. (2016). The role of glutathione reductase and related enzymes on cellular redox homoeostasis network. *Free Radical Biology and Medicine, 95,* 27-42.

Culpan, E., Arslan, B. (2018). Salisilik asit uygulamasının aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin verim ve bazı kalite özelliklerine etkisinin araştırılması. *Akademik Ziraat Dergisi*, *7*(2), 173-178.

Dadaşoğlu, E., Ekinci, M. (2013). Farklı sıcaklık dereceleri, tuz ve salisilik asit uygulamalarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) tohumlarında çimlenme üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *44*(2), 145-150.

Demir, U. (2020). Sofralık Sultani Çekirdeksiz Üzümlerde Hasat Öncesi Silisyum ve Salisilik Asit Uygulamalarının Salkım Çürüklüklerinin Gelişimine ve Meyve Kalitesine Etkileri, *Yüksek Lisans Tezi,* Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. İzmir.

Dong, C.J., Liu, X.Y., Xie, L.L., Wang, L.L., Shang, Q.M. (2020). Salicylic acid regulates adventitious root formation via competitive inhibition of the auxin conjugation enzyme CsGH3. 5 in cucumber hypocotyls. *Planta, 252,*1-15.

Eberhard, S., Doubrava, N., Marfa, V., Mohnen, D., Southwick, A., Darvill, A., Albersheim, P. (1989). Pectic cell wall fragments regulate tobacco thin-cell-layer explant morphogenesis. *The Plant Cell*, *1*(8), 747-755.

El-Kenawy, M.A. (2017). Effect of chitosan, salicylic acid and fulvic acid on vegetative growth, yield and fruit quality of Thompson Seedless grapevines. *Egyptian Journal of Horticulture*, *44*(1), 45-59.

Glazebrook, J. (2005). Contrasting mechanisms of defense against biotrophic and necrotrophic pathogens. *Annual Review of Phytopathology, 43*, 205-227.

Gomes, E.P., Borges, C.V., Monteiro, G.C., Filiol Belin, M.A., Minatel, I.O., Junior, A.P., Tecchio, M.A., Pereira Lima, G.P. (2021). Preharvest salicylic acid treatments improve phenolic compounds and biogenic amines in 'Niagara Rosada' table grape. *Postharvest Biology and Technology*, *176*, 111505.

Gutiérrez Coronado, M.A., Trejo López, C., Larqué Saavedra, A. (1998). Effects of salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry, 36*, 563-565.

Güven, A., Yıldız Aktaş, L. (2001). *Vitis vinifera* L. cv. Sultani'de Salisilik Asit Uygulamasının Yaprak Proteinleri İçeriği Üzerine Etkisi. *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. İzmir.

Harborne, J.B. (1980). Plant Phenolics. *In: Secondary Plant Products*. E.A. Bell, B.V. Charlwood (ed.), Springer Verlag, Berlin, 329-402 s.

Hoyos, M. E., Zhang, S. (2000). Calcium-independent activation of salicylic acid-induced protein kinase and a 40-kilodalton protein kinase by hyperosmotic stress. *Plant Physiology*, *122*(4), 1355-1364.

Ivanova, A., Krantev, A., Stoynova, Z. H., Popova, L. (2008). Cadmium-induced changes in maize leaves and the protective role of salicylic acid. *General and Applied Plant Physiology*, *34*, 149-158.

İsfendiyaroğlu, M., Özeker, E. (2008). Rooting of *Olea europaea* "Domat" cuttings by auxin and salicylic acid treatments. *Pakistan Journal of Botany*, *40*(3), 1135-1141.

Jiang, B., Fang, X., Fu, D., Wu, W., Han, Y., Chen, H., Liu, R., Gao, H. (2022). Exogenous salicylic acid regulates organic acids metabolism in postharvest blueberry fruit. *Frontiers in Plant Science*, *13*. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1024909

Jin, S., Chen, C.C.S., Plant, A.L. (2000). Regulation by ABA of osmotic-stress-induced changes in protein synthesis in tomato roots. *Plant, Cell & Environment*, *23*(1), 51-60.

Kaydan, D., Yağmur, M. (2006). Farklı salisilik asit dozları ve uygulama şekillerinin buğday (*Triticum aestivum* L.) ve mercimekte (*Lens culinaris* Medik.) verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, *12*(3), 285-293.

Kefeli, V.I. (1978). *Natural Plant Growth Inhibitors and Phytohormones*. Dr. W. Junk b. v.-Publishers, Boston, 277 p.

Khan, M.I.R., Fatma, M., Per, T.S., Anjum, N.A., Khan, N.A. (2015). Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants. *Frontiers in Plant Science, 6*, 462.

Kling, G.J., Meyer Jr, M.M. (1983). Effects of phenolic compounds and indole acetic acid on adventitious root initiation in cuttings of *Phaseolus aureus, Acer saccharinum,* and *Acer griseum*. *HortScience, 18* (3), 352-354.

Korkutal, İ. (2013). Bağcılıkta metil jasmonat (MeJA), jasmonik asit (JA) ve salisilik asitin (SA) aşıda kallus oluşumu üzerine etkileri. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 27.

Kök, D. (2012). Farklı salisilik asit dozlarının asma anaçlarının tuzluluğa dayanımı üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *9*(2), 32-40.

Lee, T.T., Skoog, F. (1965). Effects of substituted phenols on bud formation and growth of tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, *18*(2), 386-402.

Lefevere, H., Bauters, L., Gheysen, G. (2020). Salicylic acid biosynthesis in plants. *Frontiers in Plant Science, 11*, 338. https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00338

Lian, B., Zhou, X., Miransari, M., Smith, D.L. (2000). Effects of salicylic acid on the development and root nodulation of soybean seedlings. *Journal of Agronomy and Crop Science, 185*, 187-192.

Loay, A.A. (2017). Preharvest salicylic acid and delay ripening of 'Superior Seedless' grapes. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, *4*, 227-230.

Mahdavian, K. (2018). Effect of salicylic acid spray on leaf ascorbate, proline and quercetin content in ultraviolet stressed pepper seedlings. *Journal of Plant Process and Function*, *6*, 22.

Martinez Abarca, F., Herrera Cervera, J., Bueno, P., Sanjuan, J., Bisseling, T., Olivares, J. (1998). Involvement of salicylic acid in the establishment of the Rhizobium meliloti-alfalfa symbiosis. *Molecular Plant-Microbe Interaction*, *11*, 153-155.

Mohr, P.G., Cahill, D.M. (2001). Relative roles of glyceollin, lignin and the hypersensitive response and the influence of ABA in compatible and incompatible interactions of soybeans with *Phytophthora sojae*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *58*(1), 31-41.

Mohr, P.G., Cahill, D.M. (2003). Abscisic acid influences the susceptibility of *Arabidopsis thaliana* to *Pseudomonas syringae* pv. tomato and *Peronospora parasitica*. *Functional Plant Biology, 30*, 461-469.

Navarro, L., Bari, R., Achard, P., Lisón, P., Nemri, A., Harberd, N.P., Jones, J.D. (2008). DELLAs control plant immune responses by modulating the balance of jasmonic acid and salicylic acid signaling. *Current Biology, 18*(9), 650-655.

Oçkun, M.A. (2013). Bağcılıkta Metil Jasmonat (MeJA), Jasmonik Asit (JA) ve Salisilik Asitin (SA) Aşıda Kallus Oluşumu Üzerine Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi.* Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Tekirdağ.

Öktüren, F., Sönmez, S. (2005).Bitki besin maddeleri ile bazı bitki büyüme düzenleyicileri (hormonlar) arasındaki ilişkileri. *Derim, 22*(2), 20-32.

Özeker, E. (2005). Salisilik asit ve bitkiler üzerindeki etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *42*(1), 213-223.

Pacheco, A., Cabral, C., Aelman, E. (2013). Salicylic acid-induced changes to growth, flowering and flavonoids production in marigold plants. *Journal of Medicinal Plant Research, 7*, 3158-3163.

Pour, A.P., Farahbakhsh, H., Saffari, M., Keramat, B. (2012). Effects of seed priming on germination and seedling growth under salinity stress in fenugreek. *Internatonal Journal of Agriculture and Crop Science, 4*, 779-786.

Ramanujam, M.P., Abdul Jaleel, V., Kumaravelu. G. (1998). Effect of salicylic acid on nodulation, nitrogenous compounds and related enzymes of *Vigna mungo*. *Biologia Plantarum*, *41*(2): 307-11.

Raskin, I. (1992). Role of salicylic acid in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, *43*(1): 439-63.

Rowshan, V., Khosh Khoi, M., Javidnia, K. (2010). Effects of salicylic acid on quality and quantity of essential oil components in *Salvia macrosiphon*. *Journal of Biological & Environmental Sciences*, *4*(11), 77-82.

Schenk, P.M., Kazan, K., Wilson, I., Anderson, J.P., Richmond, T., Somerville, S.C., Manners, J.M. (2000). Coordinated plant defense responses in Arabidopsis revealed by microarray analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *97*(21), 11655-11660.

Sevimay, N. (2009). Kuraklık Stresi Altındaki Marul Bitkilerinde Salisilik Asidin Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Tekirdağ.

Siavash Moghaddam, S., Rahimi, A., Noorhosseini, S.A., Heydarzadeh, S., Mirzapour, M. (2018). Effect of seed priming with salicylic acid on germinability and seedling vigor fenugreek (*Trigonella Foenum-Graecum*). *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences, 28*(2), 192-199.

Singh, P.K., Chaturvedi, V.K., Bose, B. (2010). Effects of salicylic acid on seedling growth and nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, *6*, 102-113.

Skrypnik, L., Golovin, A., Savina, T. (2022). Effect of salicylic acid on phenolic compounds, antioxidant and antihyperglycemic activity of *Lamiaceae* plants grown in a temperate climate. *Frontiers in Bioscience,* 8, *14*(1), 3.

Stacey, G., McAlvin, C.B., Kim, S.Y., Olivares, J., Soto, M.J. (2006). Effects of endogenous salicylic acid on nodulation in the model legumes *Lotus japonicus* and *Medicago truncatula*. *Plant Physiology*, *141* (4), 1473-1481.

Taiz, L., Zeiger, E. (2002). *Plant Physiology*. (Third Edition). Sinauer Associates, Inc., Publishers, Sunderland, 67-86.

Tajik, S., Zarinkamar, F., Soltani, B.M., Nazari, M. (2019). Induction of phenolic and flavonoid compounds in leaves of saffron (*Crocus sativus L*.) by salicylic acid. *Scientia Horticulturae*, *257*, 108751.

Tanaka, N., Matsuoka, M., Kitano, H., Asano, T., Kaku, H., Komatsu, S. (2006). gid1, a gibberellin-insensitive dwarf mutant, shows altered regulation of probenazole inducible protein (PBZ1) in response to cold stress and pathogen attack. *Plant, Cell & Environment*, *29*(4), 619-631.

Topcu Altıncı, N., Cangi, R., Üstün, D. (2020). Narince üzüm çeşidinde salisilik asit uygulamalarının yüksek sıcaklık stresine karşı etkilerinin belirlenmesi. *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji, 8* (5), 1227-1231.

Tura, A. (2019). Salisilik Asidin Soya (*Glycine max*. L. merr.) Tohumlarının Çimlenme ve Gelişimine Etkisi. *Doktora Tezi*. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı. Şanlıurfa.

Van Spronsen, P.C., Tak, T., Rood, A.M., Van Brussel, A.A., Kijne, J.W., Boot, K.J. (2003). Salicylic acid inhibits indeterminate-type

nodulation but not determinate-type nodulation. *Molecular Plant Microbe Interaction, 16*, 83-91.

Wang, C., Zhang, J., Xie, J., Yu, J., Li, J., Lv, J., Gao, Y., Niu, T., Patience, B.E. (2022). Effects of preharvest methyl jasmonate and salicylic acid treatments on growth, quality, volatile components, and antioxidant systems of chinese chives. *Frontiers in Plant Science, 12*. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.767335

Wang, D., Pajerowska-Mukhtar, K., Culler, A. H., Dong, X. (2007). Salicylic acid inhibits pathogen growth in plants through repression of the auxin signaling pathway. *Current Biology*, *17*(20), 1784-1790.

Wang, L.J., Huang, W.D., Liu, Y.P., Zhan, J.C. (2005). Changes in salicylic and abscisic acid contents during heat treatment and their effect on thermotolerance of grape plants. *Russian Journal of Plant Physiology*, *52* (4), 516-520.

Yang, Z.M., Wang, J., Wang, S.H., Xu, L.L. (2003). Salicylic acid-induced aluminum tolerance by modulation of citrate efflux from roots of *Cassia tora* L. *Planta*,*217*,168-174.

Yasuda, M., Ishikawa, A., Jikumaru, Y., Seki, M., Umezawa, T., Asami, T., Nakashita, H. (2008). Antagonistic interactionf between systemic acquired resistance and the abscisic acid–mediated abiotic stress response in Arabidopsis. *The Plant Cell*, *20*(6), 1678-1692.

Yenilmez, N. (2016). Farklı Salisilik Asit Dozlarının Bazı Amerikan Asma Anaçlarının Tuzluluğa Olan Dayanımı Üzerine Etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Ordu.

Zhang, Y., Li, X. (2019). Salicylic acid: Biosynthesis, perception, and contributions to plant immunity. *Current Opinion Plant Biology*, *50*, 29-36.

BÖLÜM 2

MİSK ADAÇAYI (*Salvia sclarea* L.) ESANSİYEL YAĞININ KİMYASAL BİLEŞİMİ, KULLANIM ALANLARI VE BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

Dr. | Çiğdem BOZDEMİR[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10342923

[1] Ziraat Mühendisi, Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tibbi, Aromatik ve Boya Bitkileri Islahı Birimi, cbozdemir72@hotmail.com, ORCID ID: 0000-0002-8719-6565

GİRİŞ

S. sclarea L., ballıbabagiller (Lamiaceae) familyasına ait, uçucu yağ ihtiva eden ve iki ya da çok yıllık ömrü olan, Mayıs-Ağustos aylarında çiçeklenen (Özdemir ve Şenel, 1999), dik bir gelişme gösteren, çiçeklendiğinde 160 cm'ye kadar boylanan ve yaklaşık -15 °C'ye kadar olan sıcaklıklara dayanabilen bir bitkidir. Ülkemizde "misk adaçayı" "ayıkulağı", "tüylü adaçayı" ve "Paskulak" isimleri ile anılmaktadır. Yağı "Clary sage" ismi ile bilinmektedir. *Salvia* latince "*salvare*" kelimesinden gelmekte ve "sağlık, korumak, kurtarmak" anlamı taşımaktadır. Aynı şekilde latince bir kelime olan "Clarus" kelimesi "parlak, aydınlık" anlamına gelmekle birlikte (Kutlu, 2015); bitki tohumlarının eski çağlarda göz hastalıklarında kullanılması ile yıllar içinde değişerek "clary" (parlak göz) ismine dönüşmüştür.

Güney Avrupa orijinli olan *S. sclarea* L., özellikle ılıman ve subtropikal iklime sahip bölgelerde Afrika'dan Atlantik Okyanusuna kadar çok geniş bir alanda yayılım göstermektedir. Kuzey Afrika, Güney Avrupa ve Anadolu'da doğal olarak yetişmekle birlikte; Fransa, İsviçre, İngiltere, İspanya, ABD, Almanya, Yugoslavya, Macaristan, İtalya, Fas, Bulgaristan, Rusya, Hindistan gibi ülkelerde ekonomik öneme sahip süs ve uçucu yağı için kültürü yapılan bitkilerden biridir (Aydoğan, 2006). Ülkemizde ise Batı Anadolu hariç, Anadolu'nun Ege, Marmara, Akdeniz, İç Anadolu, Doğu Karadeniz, Güneydoğu Anadolu, Doğu Anadolu bölgeleri gibi hemen her yerinde yayılış göstermektedir ve endemik türlerimizden biri değildir. Bitkinin en önemli özelliği olan uçucu yağının başlıca üreticileri, Rusya, ABD ve diğer Sovyet Cumhuriyetleri olmakla birlikte, Çin, Bulgaristan, Fransa, Fas, İsviçre, Hindistan'da da kayda değer üretim gerçekleşmektedir (Hudaib vd., 2001; Lorenzo vd., 2004; Waal vd., 2002).

Misk adaçayı antik çağlardan itibaren farklı uygarlıklar tarafından saygı görmüş, bitki ve uçucu yağı aromatik yönden ve hastalıları tedavi etmek amacıyla birlikte birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmıştır. Bitki, parfümeri endüstrisinde ferahlatıcı, canlandırıcı ve uzun ömürlü bir koku kaynağı olarak yaygın olarak kullanılan, yüksek değerli esansiyel yağıyla tanınır (Yaseen, 2014). Katkı sağladığı parfümün kalitesini artırırken aynı zamanda sabitleyici olması nedeniyle oldukça değerlidir. Ayrıca esansiyel yağın ana bileşenlerinden biri olan sklareol, Ambrox'un kimyasal sentezi için

bir baz olarak kullanılır. Ambrox, ispermeçet balinasının sindirim kanalında üretilen ve endüstrideki en değerli hayvan özü esanslarından birinin kaynağı olan mumsu madde "ambergris"'e, alternatif olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Goncearіuc vd., 2016).

S. sclarea L. bitkisel ilaç hammaddesi olarak tıbbi alanda, gıda endüstrisinde, içecekler (meşrubat), tatlılar ve hamur işleri için aroma maddesi olarak (Aćimović vd., 2022; Tuttolomondo vd., 2020), tütünde aromatik madde olarak, içki (tonik, likör, muskat şarabı, vermut vb aromatize etmede) (Goncearіuc vd., 2016)-temizlik endüstrisinde (sabun, deterjan vb), kozmetikte (krem, losyon vb formülasyonlarda doğal katkı maddesi pozisyonunda) koku bileşeni olarak, akıllı gıda ambalajlarında (Hans vd., 2023) ve peyzaj gibi değişik alanlarda kendine önemli bir bulmuştur (Vincenzi ve Mancini, 1994). *Salvia sclarea* L. yağının kullanımının güvenli olduğu ve şu ana kadar raporlanan herhangi bir yan etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Hans vd., 2023). Bu nedenle *S. sclarea* L. uçucu yağı toksik olmayan yapısı nedeniyle gıda endüstrisinde koku verici özelliğinden yararlanıldığı gibi, aynı zamanda tatlandırıcı olarak (Tisserand, 2014), antimikrobiyal özelliklerinden dolayı da gıdaların bozulmasını önlemek için de kullanılabilmektedir (Cui vd., 2015).

1. MİSK ADAÇAYININ TIBBİ ÖZELLİKLERİ

Bitkinin antiinflamatuvar, antioksidan, akarisidal, analjezik, antimikrobiyal, antikonvülsan, antiviral, antitümoral, spazmolitik, antikonvülsan etkileri saptanmıştır (Lorenzo vd., 2004; Malone vd., 1991; Hudaib vd., 2001; Bozan ve ark; 2002; Jones, 1995; Tofana, 2016). Bitkinin elde edilen uçucu yağı düşük kaynama noktasına sahiptir ve bu yağ kabızlık ve karın ağrısı, mide rahatsızlıkları tedavisinde halk ilacı olarak kullanılmıştır (Lahlou, 2004). Ayrıca geleneksel olarak, inflamatuar durumlara (diş eti iltihabı, stomatit ve aft), soğuk algınlığı ve sinir yorgunluğuna karşı, gaz giderici, antispazmodik, emzirmeyi arttırmak ve aşırı terlemeyi önlemek için de bu bitkiden yararlanılmıştır (Aćimović vd., 2022; Karayel, 2020; Randjelović, 2022). Aromaterapi uygulamalarında stres, gerginlik, astım, sindirim ve adet sorunlarının tedavisinde oldukça etkili bir gevşetici ve aynı zamanda doğumu tetiklemeye yardımcı olarak (Verma, 2010; Mahboubi,

2020), bunun yanısıra depresyon, uykusuzluk, histeri, boğaz ağrısı vb. durumlarında da etkili bir ilaç olarak değerlendirilmiştir(Grieve, 1974).

2. MİSK ADAÇAYI UÇUCU YAĞININ KİMYASAL BİLEŞİMİ

S. sclarea L. uçucu yağı, temel olarak monoterpen ve seskiterpen hidrokarbonlar, oksijenli monoterpenler ve seskiterpenler, alifatik alkoller ve esterler gibi farklı tipte terpen bileşiklerinden oluşur. Bitkinin en önemli etken madde grubunu; birinci sırada bitkinin özellikle kimyasal temizlik, parfümeri, kozmetik ürünlerinde, tıpta ve farmasötik ürünlerin hazırlanmasında tercih edilmesine neden olan terpenler, ikinci sırada flavonoitler oluşturmaktadır. Uçucu yağın ana bileşeni linalol ve linalil asetattır ve bunları yüksek miktarlarda a-terpineol, 1,8-sineol, sklareol, germacrene D, karyofillen ve karyofillen oksit takip etmektedir (Aćimović vd., 2022; Grigoriadou, 2020; Randjelović, 2022; Kumar Singh vd., 2021). Yapılan çalışmalar, misk adaçayının yağ asitleri kompozisyonunun, yetiştiği bölgenin coğrafik özellikleri ile bağlantılı olarak değişebildiğini; biyolojik aktivitelerinin yağında bulunan majör bileşenlerle doğrudan bağlantılı olduğunu göstermiştir (Hans vd., 2023).

Amerikan Sağlık Bakanlığınca kurulmuş olan Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA) ve Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA) tarafından *Salvia sclarea* L.'nın aroma maddesi olarak kullanımı onaylanmış (Fidyt vd.., 2016) ve Gıda Kimyasalları Kodeksi ve Koku Materyalleri Araştırma Enstitüsü (RIFM) tarafından monografları hazırlanmıştır (Lahlou, 2004).

3. MİSK ADAÇAYI UÇUCU YAĞI ÜZERİNDE YAPILAN KİMYASAL ÇALIŞMALAR

Misk adaçayında büyük miktarda uçucu yağ elde etmek için bol bol çiçeklenme arzu edilmektedir (Zutic vd., 2016). Yaygın olarak esansiyel yağ elde etme yöntemi taze bitki materyalinin (yaprak ve çiçek) buharla damıtılması (buhar distilasyonu) olmakla birlikte, modern ve geleneksel distilasyon ve ekstraksiyon yöntemleri kullanılabilmektedir. Çiçekler tamamen olgunlaştığında yağ içeriği en yüksek seviyededir. Bunun nedeni kalikslerin birim alan başına daha fazla uçucu yağ bezine sahip olmasıdır. En yüksek yağ üretimini elde etmek için tamamen olgun çiçek başaklarının

toplanması gerekmektedir (Peana ve Moretti, 2002). Bitkinin farklı zamanlarında, farklı organlarından elde edilen uçucu yağ miktarı ve bileşenleri ve bunların oranı yapılan farklı çalışmalarda değişkenlik göstermiştir. Bu konuda yapılan çalışmalardan; Elnir (1991) İsrail'den topladığı *S. sclarea* L. bitkisinin farklı dönemlerde elde ettiği uçucu yağında ana bileşen olarak geranial ve neral (sitral) bulmuştur. Bu bileşenlerin toplamda oranı; bitkinin çiçeklenmenin başlangıç döneminde %18.7 (geranial %11.2, neral %7.5) iken, çiçeklenmenin son döneminde %30,7 (geranial %19.4, neral %11.3) olarak belirlenmiştir. Rusya'dan toplanan türde ise ana bileşen linalol ve linalil asetat iken, geranial ve neral oldukça az miktarda yer almıştır. Çiçeklenmenin ilk döneminde linalil asetat %44.6, linalol %23.6, çiçeklenmenin son döneminde ise linalil asetat %34.4, linalol %31.0 olmuştur. Dzumayev vd. (1995), Özbekistan'ın güneyinde doğal florada bulunan *S. sclarea* L. bitkisinin farklı organlarından elde ettikleri uçucu yağın kimyasal bileşiminde linalol, linalil asetat, geranil asetat, α-terpineolü ana bileşenler olarak tespit etmişlerdir. Linalol yapraklar, gövde, çiçek durumu, tomurcuk, brakteli çiçek ve kalikste sırayla %38, %20, %22-36, %22, %27-44. %19; linalil asetat %3.6, %21, %28-34, %31, %17-37, %40; geranil asetat %7.2, %6.7, %3.8-5.2, %5.6, %5.5-6.1, %4; α-terpineol yapraklarda tespit edilemezken diğerlerinde sırayla %9.2, %10-12, %7.6, %10-15, %8 olarak bulunmuştur. Daha sonra 4 (1985,1986,1987,1988) yıl üst üste sadece çiçek durumlarının uçucu yağ içeriklerinin tespit edildiği çalışmada linalol ve linalil asetat ana bileşen, α-terpineol ve nerol+geraniol diğer büyük bileşenler olarak tayin edilmiştir. Linalol yıllar itibariyle sırasıyla %36, %28, %22, %32-34; linalil asetat %34, %51, %28, %25-28; α-terpineol %10, %6.4, %12, %11-12 ve nerol+geraniol %12, %5.9 iken son iki yıl saptanamamıştır. 2002 yılında kültürü *yapılan S. sclarea* L.'nın yaprak ve çiçeklerinden, çiçeklenme ve tohumların olgunlaşmaya başladığı dönemde elde edilen uçucu yağın kalitatif ve kantitatif farklılıklara sahip olmakla birlikte, 41 bileşiği teşhis edilmiştir. Çiçeklerden elde edilen uçucu yağda monoterpen ve seskiterpen; yapraklardan elde edilenlerde ise seskiterpenler ana bileşenleri oluşturmuştur. Analiz sonucuna göre majör bileşenler, çiçeklerden çiçeklenme döneminde linalil asetat %34.89, linalol %28.91, germakren D %10.56, α-terpineol %5.08; çiçeklerden tohumların olgunlaşmaya başladığı döneminde linalil asetat %52.7, linalol %25.65, germakren D %3.92, α-terpineol %3.49; yapraklardan

çiçeklenme döneminde germakren D %68.85, bisiklogermakren %7.95, β-karyofilen %5.9, α-kopaen %5.26; yapraklardan tohumların olgunlaşmaya başladığı döneminde germakren D %67.72, bisiklogermakren %6.41, β-karyofilen %5.65, α-kopaen %5.78 olarak ölçülmüştür(Carrubba vd.., 2002). Pesic vd.'nın 2003 yılında Sırbistan'ın doğal florasında yetişen misk adaçayının bitkinin tamamen çiçekli, tamamen olgun tohumlu ve tohumlu ve çiçekli olmak üzere 3 farklı döneminde hasat edilerek elde edilen uçucu yağın içinde en yüksek linalol içeriği %15.38 ile çiçekli dönemden, en yüksek linalil asetat içeriği ise %79.05 ile olgun tohumlu dönemdeki uçucu yağdan elde edilmiştir. Batıbay (2017) Van Bahçesaray'dan toplanmış *S. sclarea* bitkisinde ekstre verimlerini bitkinin tüm kısımlarının karışımında %7.90, kökte %5.31, dalda %6.32, yaprakta %7.42 ve çiçekte çiçek %17.46 olarak tespit etmiştir. Tulukçu (2020) tarafından Çumra'da kültüre alınan misk adaçayının farklı zamanlarda, bitkinin farklı kısımlarındaki (çiçek, yaprak, çiçek sapı, yaprak sapı) yağ asitleri bileşenlerinin tespit edilmeye çalışıldığı çalışmada; önemli majör omega yağ asitlerinden α–linolenik asit, linoleik asit, oleik asit ve doymuş yağ asitlerinden palmitik asit ve stearik asit tüm incelenen bitki kısımlarında tespit edilmiştir. En yüksek α–linolenik asit yaprakta (%33.35), en düşük yaprak sapında (%19.15); en yüksek linoleik asit yaprak sapında (%11.75), en düşük çiçekte (%5.78); en yüksek oleik asit yaprak sapında (%13.74), en düşük çiçekte (%5.89) tespit edilmiştir.

Dünyanın farklı ülkelerinde, doğal ortamında yetişen misk adaçayının uçucu yağ kompozisyonu ve bunların miktarı farklılık gösterirken, bu durum doğadan kültüre alınan formunda da değişik verilerin elde edilmesine neden olmuştur. Bu konuda yapılan çalışmalardan Moretti vd. (1997) Sardunya'da doğal yetişen *S. sclarea* L. bitkisinin yapraklarında %0.15 uçucu yağ tespit etmiş ve ana bileşen olarak %49.2 oranında metil kavikol bulmuşlardır. Bu nedenle bu bitkinin *S. sclarea* L.'nın özel bir varyetesi yada kemotipi olması gerektiği sonucuna ulaşmışlardır. Torres (1997), İspanya'da doğal olarak yetişen bitkinin uçucu yağ oranını %0.4 olarak bulmuş ve 60 bileşen tespit etmişlerdir. Bunların içinde linalol (%32.97), linalil asetat (16.85), α-terpineol (%5.63) ve germakren D (%7.57) uçucu yağın ana bileşenlerini oluşturmuştur. Souleles ve Argyriadou (1997)' ya göre yabani misk adaçayının yaprak ve çiçeklerden izole edilen yağının bileşimleri linalool (%17.2), ardından linalil asetat (%14.3), geraniol (%6.5), geranil asetat (%7.5), terpineol (%15.1),

nerol (%5.5), neril asetat (%5.2) ve sklareol (%5.2) şeklindedir. Aydoğan (2006)'ın Malatya'nın 960 m rakımından toplanan *S. sclarea* L. bitkisinde yapılan çalışmada kuru drog üzerinden elde edilen uçucu yağ verimi %0.66 (h/a) olarak saptanmıştır. Yağın bileşenleri monoterpenler yönünden zengin olmakla birlikte içeriği linalol (%32.47), geraniol (%11.40), α-terpineol (%9.12), geranil asetat (%6.03), β-karyofilen (%4.35), linalil asetat (%4.27), trans- β-osimen (%4.17), neril asetat (%3.61), mirsen (%2.38) ve nerol (%2.34)'den meydana gelmiştir. Cai vd. (2006) Çin'de üretilen 4 *S. sclarea* L. uçucu yağ örneğine ait bileşen analizinde 45 bileşen tespit etmiş ve 3 örneğin ana bileşeni linalil asetat (%48.2-51.6) ile linalol (%28.1-28.8) iken kalan diğer örneğin ana bileşeni olarak ilk sırada dietil-o-fitalat (%34.9) olmuş ve ikinci ve üçüncü sırada ise linalil asetat (%29.5) ile linalol (%17) gelmiştir. Dietil-o-fitalat'ın uçucu yağ elde edilirken kullanılan plastik maddelerden yağa geçmiş olabileceği kanaatine varılmıştır. Dzamic (2008) tarafından yapılan bir çalışmada *S. sclarea* L. bitkisinde uçucu yağın ana bileşenleri linalil asetat (%52,83), linalol (%18,18) iken, diğer bileşenler α-pinen (%4,57), 1,8-sineol (%2,29), limonen (%1,55), β-karyofilen (%1,83) ve β-terpineol (%1,19) olarak saptanmıştır. Sharopov (2015) tarafından Almanya'da bulunan *S. sclarea* L. üzerine yapılan çalışmada uçucu yağında linalil asetat (%36,3) ana bileşen, linalol %23.47, sklareol %14.62, α-Terpinol %8.12 ise diğer majör bileşenler olarak tespit edilmiştir. Peana vd. (2012) İtalya menşeli *S. sclarea* bitkisinin uçucu yağında α-terpineol (%47.4), α-terpinil asetat (%22.1) ve linalil asetat (%12.7) ana bileşen olmak üzere 34 bileşen; tespit etmiştir. Sharopov ve Setzer (2012), Tacikistan'da yabani olarak yetişen *S. sclarea* L.'nin toprak üstü kısımlarından elde edilen uçucu yağın ana bileşenlerini linalil asetat (%39.2), linalol (%12.5) ve Germakren-D (%11.4) olarak tespit etmişlerdir. Tunceli, Munzur Vadisi'nden toplanan misk adaçayının uçucu yağ bileşimi karyofilen oksit (%24,1), sklareol (%11,5), spatulenol (%11,4), 1H-nafto (2,1,6) piran (%8,6) ve βkaryofilen (%5,1) olarak bulunurken (Babacan vd., 2014), Tunceli/Ovacık 1400 rakımında Mayıs 2010 çiçeklenme döneminde toplanan bitkinin uçucu yağı %0.4, ana bileşenleri ise spatulenol (%19), karyofilen oksit (%15,5), linolil asetat (%11,3) ve linalol (%8,5) olarak tayin edilmiştir (Doğan vd., 2015). Taarit vd. (2014), *Salvia sclarea* L.'dan izole edilen tohum esansiyel yağının ana bileşenlerinin monoterpenler (%47.9) ve seskiterpenler (%29.4) olduğunu

keşfetmişlerdir. Bir diterpen bileşiği olan 13-epi-manool %0.59 ve fenoller (timol ve karvakrol gibi) %2.0 oranında bulunmuştur. Oksijenli monoterpenler arasında linalool (%24.2), geraniol (%2.8), linalil asetat (%6.9) ve geranil asetat (%1.9) tespit edilmiştir. Yağda Germakren-D (%5,8), bisiklo germakren (%4,2) ve α-kopaen (%4,1) gibi seskiterpenler de içerdiği bildirilmiştir. Raafat ve Habib (2018) tarafından yapılan bir çalışmada Beyrut'tan toplanan *S. sclarea*'nın verimi %1.35 ve linalol (%38.07) açısında zenginken iken, Taanayel'den toplanan bitkinin verimi %1.51 ve linalil asetat (%35.28) bakımından daha zengin olduğu tespit edilmiştir.

Misk adaçayında uçucu yağ elde etme yöntemlerine göre elde edilen sonuçlardaki farklılık değişik çalışmalarla literatürde yerini almıştır. Ronyai vd. (1999)'nın yaptığı çalışmada, Macaristan'da kültürü yapılan *S. sclarea* L. bitkisinin çiçekli dallarının buhar distilasyonu ile elde edilen uçucu yağ oranı %0.11 iken, süperkritik sıvı ekstraksiyon ile bu değer %0.19 olmuştur. Buna rağmen buhar distilasyonu ile elde edilen uçucu yağ bileşenleri p-simen (%1.5), linalol (%14.9), α-terpineol (%6), lianlil asetat (%10.3), geranil asetat (%5.5), neril asetat (%2.7) süperkritik sıvı ekstraksiyon ile elde edilen uçucu yağdan daha yüksektir. Süperkritik sıvı ekstraksiyon yöntemiyle elde edilen uçucu yağın, sklareol (%50) ve linalil asetat (%8.2) ana bileşenleri olarak saptanmıştır. Fiori vd. (2002) İtalya'da doğal olarak yetişen ile 6 farklı üreticiden aldıkları *S. sclarea* L. bitkisinin buhar distilasyonu, sokselet ekstraksiyon ve soğukta ekstraksiyon yöntemleri ile elde edilen uçucu yağda 20 bileşen ve trans-anetol (25-40 mg/ml) saptanmış ve bu bileşenin bitkinin doğal minör bileşenlerinden olduğu sonucuna varılmıştır. Mastelic vd. (2003) yüksek sıcaklıktaki pentan buharları ile ko-distilasyon adını verdikleri bir distilasyon yöntemi geliştirmişlerdir**.** Hırvatistan'da doğal yetişen *S. sclarea* L.'nın hem bu yöntemle hemde hidrodistilasyon yöntemi ile uçucu yağını kıyaslamışlardır. Linalol, linalil asit, mirsen, trans- β-osimen, β-kubeben, neril asetat ve geranil asetat oranları hidrodistilasyonda %16.6, %21.2, %8.4, %4.4, %4.5, %4.1 ve %7.3 iken, ko-distilasyonda %6, %33.4, %10.2, %6.4, %6.4, %3.4 ve %6.7 olarak tespit edilmiştir. %7.6 olarak hidrodistilasyon yöntemi ile ölçülen α-terpineol'e ko-distilasyonda rastlanmamıştır.

Hastalık bulaştırılmış bitki ile sağlıklı bitkinin uçucu yağ kompozisyonu üzerine yapılan bir çalışmada; Hudaib vd. (2001) İtalya orijinli *S. sclarea* L. ile yaptıkları çalışmada Fabavirüs (suş BBWV-I) ile enfekte

edilmiş ve sağlıklı bitkiden buhar distilasyonu ile elde edilmiş uçucu yağların bileşenleri ve Rusya kaynaklı ticari uçucu yağın bileşenleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak 57'si tanımlanmış 62 bileşik bulunmuştur. 3 uçucu yağın ana bileşeni linalil asetattır. Ana bileşenlerden linalol sağlıklı, enfekte ve ticari uçucu yağda sırasıyla %10.06, %9.01, %11.97; linalil asetat %55.72, %54.40, %42.75; β-karyofilen %3.84, %4.24, %3; germakren D %7.58, %9.47, %4.35 olarak ölçülmüştür.

Azotlu gübrelemenin *S. sclarea* L.'nın fiziksel ve kimyasal yapısı üzerine etkisinin belirlendiği bir çalışmada; azotun misk adaçayının büyümesi, biyokütlesi ve yağ içeriği üzerinde etkisi olduğu bulunuştur. Azotlu gübre uygulaması, kontrole kıyasla misk adaçayının büyümesini ve gelişmesini desteklemiştir (Sharma ve Kumar, 2012). Kontrol ile karşılaştırıldığında, 1.5g N/bitki, bitki kanopisinin önemli ölçüde daha fazla yayılmasına ve çiçekli sap/bitki sayısının artmasına neden olmuştur. Azotlu gübre uygulaması, bitkilerde fotosentezi ve diğer metabolik süreçleri aktive ettiğinden bitki vejetatif büyümesi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir. Yağın bileşimi, ürün çeşitleri, çevresel faktörler, yetiştirme teknikleri, gübre kullanımı, sulama sıklığı ve kapsamı vb. gibi çeşitli faktörlerden etkilenir (Mishra ve Negi, 2009).

Misk adaçayı uçucu yağının böcek öldürücü aktivitesinin *Oxycarenus lavaterae* üzerinde denendiği bir diğer çalışmada; %100 konsantrasyondaki *S. sclarea* L. uçucu yağının *O. lavaterae*'nin %66'sından fazlasını etkileyebildiğini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, *S. sclarea* L. uçucu yağının biyofilm kontrol maddesi olarak, patateslerin raf ömrünün uzatılmasında ve depolanmasında ve böcek öldürücü madde olarak potansiyel uygulamasını göstermektedir (Kačániová, 2023).

Dobrikova vd. (2021)'nın ağır metallerle kirlenmiş toprakların fitoremediasyonu için *Salvia sclarea* L.'nın potansiyelinin belirlenmeye çalışıldığı farklı bir çalışmada, bitki hidroponik kültürde sekiz gün boyunca 900 µM (fazla) çinko (Zn)'ya maruz bırakıldı. Sonuç olarak; yapraklardaki Fe, Ca ve Mn iyonlarının içeriğini arttırdığı ve bitkinin yapraklarında bulunan, Zn detoksifikasyonunda ve oksidatif strese karşı korumada önemli bir rol oynayan ve dolayısıyla fotosentetik aktivitenin korunmasını sağlayan enzimatik olmayan antioksidanlardan olan toplam fenoliklerin ve antosiyaninlerin sentezini de önemli ölçüde arttırdığı tespit edilmiştir. Bunun

yanısıra ağır metal hasarının açık göstergesi olarak kullanılan yapraklardaki lipit peroksidasyonu ve elektrolit sızıntısı da bir miktar arttığı görülmüştür. Tüm bu veriler, çevre açısından güvenli ve besin zincirinin kirlenmesini ortadan kaldıran bir metod olarak, *Salvia sclarea* L.'nın Zn ile kirlenmiş toprakların fitoekstraksiyonu ve/veya fitostabilizasyonu için ekonomik açıdan ilgi çekici bir bitki olduğunu vurgulamaktadır.

4. MİSK ADAÇAYININ BİYOLOJİK AKTİVİTELERİ

4.1. Antiinflamatuvar ve Analjezik Etki

Moretti vd. (1997)'nın sıçanlar üzerinde yaptığı çalışmada, Sardunya'da doğal olarak yetişen *S. sclarea* L. bitkisinden elde edilen uçucu yağın, standart olarak kullanılan indometazinin 5mg/kg dozuna eşdeğer karagenin neden olduğu ödeme karşı antiinflamatuvar etkiye sahip olduğu; histaminin oluşturduğu ödemde ise uçucu yağın etkisinin, standart olarak kullanılan klorfenaminin 5mg/kg dozu ile elde edilenden daha etkili antiinflamatuvar etki gösterdiği saptanmıştır. Uçucu yağın antiödem ve antiinflamatuvar etkisi, yağ bileşenlerinin sinerjik etkileri ile açıklanmıştır. Uçucu yağın içindeki metil kavikol (%49) ve linalil asetat (%19.20) bileşiğinin en aktif bileşenler olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Antioksidan Etki

Bozan ve arkadaşları 2002 yılında Türkiye'nin farklı bölgelerinden topladıkları *Salvia* türlerinden elde ettikleri metanöllü ekstreleri Fe^{+2} - indüklenen linoleik asit sistemiyle yaptıkları analiz sonucunda, incelenen örneklerin antioksidan etkilerinin BHT (bütillenmiş hidroksi toluen)'den daha az olduğunu ve etki sıralamasının BHT>*S. chrysophylla*>*S.cilicica*~*S. tomentosa*>*S. fruticosa* ~ *S.crypthantha*>*S. sclarea*>*S. palaestina* şeklinde olduğunu saptamışlardır. Örneklerin (2,2-difenil-2-pikrilhidrazilhidrat) metodu ile araştırılan serbest radikal süpürücü etkilerinin *S. chrysophylla*>BHT >*S. halophila*>*S. tomentosa*>*S. fruticosa*>*S. crypthantha*>*S.cilicica*>*S.sclarea*>*S. palaestina* sırasıyla olduğunu bulmuşlardır.

2004 yılında Litvanya'da Kaunas Botanik bahçesinden içinden *S. sclarea* bitkisininde bulunduğu 12 tıbbi aromatik bitkinin içinde olduğu çalışmada, misk adaçayının DPPH yöntemi sonuçlarına göre metanollü ekstresinin ve ABTS (2,2-azinobis(3-etilbenzothiazollin-6-sulfonik asit))

yöntemine göre ise etil asetat, aseton ve metanollü ekstrelerinin güçlü bir radikal süpürücü etkiye sahip olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca ekstrelerin total fenolojik bileşik içeriği ile radikal süpürücü kapasiteleri arasında ilişki olduğu tespit edilmiştir (Miliauskas, 2004).

Gülçin ve arkadaşları (2004) α-tokoferol, kersetin, BHA ve BHT'nin standart antioksidan olarak kullandıkları bir çalışmada Kahramanmaraş çevresinden topladıkları misk adaçayının kloroformlu ekstresinin asetonlu ekstreden daha güçlü total antioksidan aktiviteye sahip olduğunu; kloroformlu ekstrenin linoleik asit emülsiyonunun peroksidasyonunu %93 inhibe ettiğini, asetonlu ekstrenin ise linoleik asit emülsiyonunun peroksidasyonunu %68 inhibe ettiğini bulmuşlardır.

Konya orijinli, 2005 ve 2006 yıllarında toplanan misk adaçayının metanolik ekstraktları arasında fenolik içerik ve antioksidan aktiviteleri açısından fark tespit edilemezken; gün ortasında toplanan bitki ekstrelerinin daha yüksek seviyelerde fenolik içerik içerdiği ve günün diğer saatlerinde toplanan bitkilere kıyasla daha yüksek antioksidan kapasiteye sahip olduğunu ortaya çıkmıştır (Tulukçu, 2009).

Sepahvand vd. (2014)'nın yapmış oldukları bir araştırmada, *S. sclarea*'nın antioksidan kapasitesi, DPPH radikal süpürme yöntemi kullanılarak BHT'nin aktivitesi ile karşılaştırıldığında, bitkinin antioksidan kapasitesi, kullanılan sentetik antioksidandan daha yüksek çıkmıştır. Bu sonuç bitkinin uçucu yağının gıdaların korunmasında ve ayrıca Alzheimer bozuklukları gibi önemli ve yaygın hastalıklar olmak üzere birçok hastalığın patofizyolojisi ile ilişkili oksidatif hasarın önlenmesinde önemli bir rol oynayabileceğini düşündürmüştür.

S. sclarea L. bitkisiyle yapılan bir çalışmada bitkinin yaprak ve çiçek kısımlarının metanol ekstraktlarının total fenolik içerikleri gallik aside eşdeğer olarak sırasıyla 116.22 ve 106.72 µg/mg olarak belirlenmiştir. Ekstraktların 1,1-difenil-2-pikrilhidrazil (DPPH) testinde iyi antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir (sırasıyla IC50=73 ve 81.33 µg/mg). β-karoten/linoleik asit testinde de iyi antioksidant aktivite gösterdikleri tespit edilmiştir (İnhibisyon yüzdeleri sırasıyla %40.25 ve %47.58). Diğer taraftan bitkinin esansiyel yağı ve ekstraktları test edilen mikroorganizmaların çoğuna karşı ılımlı ve iyi antimikrobiyal aktivite gösterdiği belirlenmiştir (Safaei-Ghomi vd., 2016).

4.3. Antimikrobiyal Etki

Aydoğan (2006)'ın yaptığı çalışmada misk adaçayına ait uçucu yağın *Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis'*e karşı etkili, *Escherichia coli, Candida albicans* ve *Candida tropicalis'*e karşı çok etkili; *Pseudomonas aeruginosa'*ya karşı ise etkisiz olduğu görülmüştür.

Peana vd. (2012)'nın yaptıkları bir çalışmada, Sardunya'da doğal yetişen *S. sclarea* uçucu yağının *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Staphylococcus epidermidis* ve *Candida albicans*'a (MIC 0.250-1mg/ml) karşı anlamlı bir aktiviteye sahip olduğunu bulmuşlardır (kandidisial aktivite dozu>2mg/ml). *S. aureus, E. coli, S. epidermidis, P. aeruginosa* ve *C. albicans*'a uçucu yağın %47.4'ünü oluşturan α-terpineolün önemli etkisi, linalolün daha zayıf etkisi, %12.7 sini oluşturan linalil asetatın, %22.1'ini oluşturan α-terpinil asetatın ve tuyon ile kafurun etkisinin olmadığını saptamışlardır.

Sepahvan vd. (2014) *S. sclarea* L.'nın toprak üstü kısımlarından elde edilen uçucu yağının mikroorganizmalardan *Pseudomonas aeruginosa* ATTC 27853 dışında, *Proteus vulgaris* ATTC 8427, *Klebsiella pneumoniae* ATTC 500706 ve *Listeria monocytogenes* ATTC 1298, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ve *Candida albican*a bakterilerinin büyümesini önemli ölçüde inhibe ettiği görülmüştür. Bu durum uçucu yağda yüksek konsantrasyonda bulunan monoterpen varlığına bağlanmaktadır. Çalışma ile bu bitkiye ait uçucu yağın gıda ve suda koruyucu olarak güvenli bir şekilde serbestçe kullanılmasını ortaya koymuştur.

4.4. Antifungal Etki

Dzamic (2008), *S. sclarea* uçucu yağının 2,5-25 µl/ml konsantrayon ile fungisidal özellik sergilediğini ve 25 µl/ml'lik bir konsantrasyon'da *Aspergillus, Penicillium, Fusarium* türleri ile *Trichoderma viride* karşı fungisidal aktivite gösterdiğini yaptığı çalışmada tespit etmiştir. Çalışma sonucunda uçucu yağın linalil asetat ve Linalol varlığıyla ilişkili olarak fungistatik ve fungisidal etkinliğinin olduğu ama bu aktivitenin uçucu yağın kimyasal bileşimi ile değişebileceğini belirtmiştir.

Hristova (2013)'ın yapmış olduğu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre *S. sclarea* L. uçucu yağının *C. tropicalis* (MIK 768 µg/ml, MFK 768

µg/ml) ve *C. albicans* (MIK 210 µg/ml, MFK 402 µg/ml) türlerinin klinik izolatlarına karşı antifungal aktivite gösterdiği gözlenmiştir.

Sepahvand vd. (2014) *S. sclarea* L. bitkisinin *Candida albicans* üzerinde inhibe edici etkisi olduğunu belirlemiştir.

Küçük vd. (2019) *S. sclarea* L.'nın metanollü ekstresinin *Candida albicans* ATCC 90028 ve *Candida krusei* ATCC 6258 için 750 µg/mL maya suçlarına karşı öldürücü etki gösterdiğini saptamıştır.

5. SONUÇ

Lamiaceae (Ballıbabagiller) familyası içerisinde son derece önemli bir bitki grubunu oluşturan *Salvia* cinsinin, tıbbi bitki ve baharat dünyasında geniş bir tanınırlığa ve yaygın kullanıma sahip türlerinden biri olan *Salvia sclarea* L., özellikle uçucu yağ kaynağı olarak dünya çapında yetiştirilen en önemli aromatik bitkilerden biridir.

Tıbbi alanda; antiinflamatuvar, antioksidan, akarisidal, analjezik, antimikrobiyal, antikonvülsan, antiviral, antitümoral, spazmolitik, antikonvülsan gibi kayda değer farmakolojik özelliklere sahiptir.

Bitki, toksik olmayan yüksek değerli esansiyel yağının; gıda, içecek (alkollü içecekler ve meşrubat), tütün, temizlik, kozmetik ve parfümeri endüstrisi gibi birçok farklı alanlarda değerlendirilmesi sebebiyle yüksek ekonomik öneme sahiptir. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, antimikrobiyal özelliklerinden dolayı gıdaların bozulmasını önlemede, akıllı gıda ambalajlarında, böcek öldürücü olarak, ağır metallerle kirlenmiş toprakların fitoremediasyonunda popülerlik kazanmasına neden olmuştur.

Bitkinin toprak üstü kısmının ve tohumunun içerdiği önemli yağ asitleri nedeniyle tüm bitkinin değerlendirilme özelliği, bitkiye olan ilgiyi her geçen gün artırmaktadır. Dünya ticaretinde önemli ve değerli olan ve yapılan bilimsel çalışmalarla her geçen gün farklı alanlarda etkin kullanımının tespit edildiği bitkinin uçucu yağı konusunda, yerel misk adaçayı popülasyonları ile ülkesel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle tıbbi ilaç başta olmak üzere tüm alanlarda standardize edilmiş materyalin kullanımının önemi, doğada bulunan misk adaçayı bitkilerinin ve bunların kültüre alınması ile çeşit geliştirme odaklı ıslah çalışmalarının yapılmasına, yüksek miktarda uçucu yağ elde etmeye yönelik farklı ve verimli yöntemlerinin geliştirilmesine, bitkinin değerli esansiyel yağ asitlerinin artırılması ve bunların etki mekanizmalarının

genişletilmesine (biyolojik aktivitelerin saptanmasına) yönelik biyoteknolojik/kalite çalışmaların etkin, doğru ve yoğun bir şekilde kullanılmasına bağlıdır. Bu alanlarda yapılan çalışmalarla geliştirilen *Salvia sclarea* L. bitkisinin uçucu yağı gıda, ilaç, kozmetik, parfümeri, insektisit vb. gibi endüstrilerde kaynak bitki olarak değerlendirilmesi, ekonomik açıdan ülke lehine önemli bir başarı olacaktır.

KAYNAKÇA

Aćimović M.G., Cvetković M.T., Stanković Jeremić J.M., Pezo L.L., Varga A.O., Čabarkapa I.S., Kiprovski B. (2022). Biological Activity and Profiling of *Salvia sclarea* Essential Oil Obtained by Steam and Hydrodistillation Extraction Methods via Chemometrics Tools. Flavour. Fragr. J.; 37:20–32. doi: 10.1002/ffj.3684.

Aydoğan, F. (2006). *S. sclarea* L. Bitkisinin Uçucu Yağ Bileşimi ve Antimikrobiyal Etkisi Üzerine Araştırmalar, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Malatya, İnönü Üniversitesi.

Babacan, Y.E., Yıldırım, N. and Bağcı, E. (2014). Essential Oil Composition, Antioxidant and Antifungal Activities of S. *sclarea* L. from Munzur Valley in Tunceli, Cellular & Molecular Biology; 60(2), 1-5.

Batıbay, A. (2017). Bazı *Salvia* (Adaçayı) Türlerinin Biyolojik Ve Kimyasal Yönden İncelenmesi. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, DİYARBAKIR.

Bozan, B., Öztürk, N., Koşar, M., Tunalier, Z. and Başer, K.H.C. (2002). Antioxidant and free radical scavenging activities of eight *Salvia* species. Chem. of Nat Comp.; 38(2): 198-200.

Cai, J., Lin, P., Zhu, X. and Su, Q. (2006). Comparative Analysis of Clary Sage (*S. sclarea* L.) Oil Volatiles by GC-FTIR and GC-MS, Food Chem.; 99, 401-407.

Carrubba, A., Torre, R. La, Piccaglia, R. and Marotti, M., (2002). Characterization of an Italian Biotype of Clary Sage (*Salvia sclarea* L.) Grown in a Semi-Arid Mediterranean Environment. Flavour and Fragrance Journal; Volume 17, Issue 3 p. 191-194.

Cui, H., Zhang, X., Zhou, H., Zhao, C. and Lin, L. (2015). Antimicrobial Activity and Mechanisms of *Salvia sclarea* Essential Oil. Bot. Stud.; 56:16. doi: 10.1186/s40529-015-0096-4.

Dobrikova, A., Apostolova, E., Hanć, A., Yotsova, E., Borisova, P., Sperdouli, I., Adamakis, I-D.S. and Moustakas, M. (2021). Tolerance Mechanisms of the Aromatic and Medicinal Plant *Salvia sclarea* L. to Excess Zinc. Plants; 10(2), 194. https://doi.org/10.3390/plants10020194.

Doğan, G., Babacan, E. and Hayta, Ş. (2015). Composition of the Essential Oil of Two *Salvia* taxa (*S.sclarea* and *Salvia verticillata* subsp. *verticillata*) from Turkey, Natural and Discovery; 1(3), 62-67.

Dzamic, A. (2008). Composition and Antifungal Activity Of *S. sclarea* L. Essential Oil, Archives of Biological Sciences; 60 (2), 233-237.

Dzumayev, Kh. K., Tsibulskaya, I.A., Zenkevich, I.G., Tkachenko, K.G. and Satzyperova, I.F. (1995). Essential Oils of *Salvia sclarea* L. Produced from Plants Grown in Southern Uzbekistan, Journal of Essential Oil Research; 7:6, 597-604, DOI: 10.1080/10412905.1995.9700513.

Elnir, O. (1991). The Chemical Composition of Two Clary Sage Chemotypes and Their Hybrids. Flavour and Fragrance Journal; 6(2), 153-155.

Fidyt, K., Fiedorowicz, A., Strządała, L. and Szumny, A. (2016). β-Caryophyllene and β-Caryophyllene Oxide-Natural Compounds of Anticancer and Analgesic Properties. Cancer Med.; 5:3007–3017. doi: 10.1002/cam4.816.

Fiori, J., Hudaib, M., Valgimigli, L., Gabbanini, S. and Cavrini, V. (2002). Determination of trans-anethole in *Salvia sclarea* essential oil by liquid chromatography and GC–MS. J. Sep. Sci.; 25, 703–709.

Goncearіuc, M., Balmuş, Z. and Cotelea, L. (2016). Genetic diversification of *Salvia sclarea* L. quality by increasing the storage capacity of the essential oil. Oltenia-Studii şi Comunicari Ştiintele Naturii; 32, 29–36.

Grieve, M. (1974). A Modern Herbal, Jonathan Cape Ltd., 30-Bedford Square, London, pp 705-707.

Grigoriadou, K., Trikka, F.A., Tsoktouridis, G., Krigas, N., Sarropoulou, V., Papanastasi, K., Maloupa, E. and Makris, A.M. (2020). Micropropagation and Cultivation of *Salvia sclarea* for Essential Oil and Sclareol Production in Northern Greece. Vitr. Cell. Dev. Biol.-Plant.; 56:51–59. doi: 10.1007/s11627-019-10040-4.

Gülçin, İ., Uğuz, M.T., Oktay, M., Beydemir, Ş. and Küfrevioğlu, Ö.İ., (2004). Evaluation of the Antioxidant and Antimicrobial Activities of Clary Sage (*S. sclarea* L.), Turkish Journal of Agriculture and Forestry; (28)1, 25-33.

Hans, M., Sachdeva, D., Nayik, G.A., and Salaria, A. (2023). Chapter 19 - Clary sage essential oil. Essential Oils, Academic Press; Pages 459-478. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91740-7.00001-3.

Hristova Y., Gochev, V., Wanner, J., Jirovetz, L., Schmidt, E., Girova, T. and Kuzmanov, A. (2013). Chemical Composition and Antifungal Activity of Essential Oil of *S. sclarea* L. from Bulgaria Against Clinical Isolates of *Candida* Species. Journal of Bioscience, and Biotechnology; 2(1), 39-44.

Hudaib, M., Bellardi, M.G., Rubies-Autonell, C., Fiori, J. and Cavrini, V., (2001). Chromatographic (GC-MS, HPLC) and virological evaluations of *Salvia sclarea* infected by BBWV-I. Il Farmaco; 56(3), 219-227.

Jones, K.D. (1995). Aspects of the biology and biological control of the European corn borer in North Carolina. Carolina: North Carolina State University, pp. 127.

Kačániová, M., , Vukovic, N.L., Čmiková, N., Galovičová, L., Schwarzová, M., Šimora, V., Kowalczewski, P.L., Kluz, M.I., Puchalski, C., Bakay, L. and Vukic, M.D. (2023). *Salvia sclarea* Essential Oil Chemical Composition and Biological Activities. Int. J. Mol. Sci.; 24(6), 5179; https://doi.org/10.3390/ijms24065179.

Karayel, H.B. (2020). Effect of Natural Boron Mineral Use on the Essential Oil Ratio and Components of Musk Sage (*Salvia sclarea* L.). Open Chem.; 18:732–739. doi: 10.1515/chem-2020-0134.

Kumar Singh, V., Das, S., Kumar Dwivedy, A., Kumar Chaudhari, A., Upadhyay, N., Dubey, N.K. (2021). Assessment of Chemically Characterized *Salvia sclarea* L. Essential Oil and Its Combination with Linalyl Acetate as Novel Plant Based Antifungal, Antiaflatoxigenic and Antioxidant Agent against Herbal Drugs Contamination and Probable Mode of Action. Nat. Prod. Res.; 35:782–787. doi: 10.1080/14786419.2019.1593168.

Kutlu G., (2015). Misk Adaçayı Tohumlarından Optimum Koşullarda Üretilen Gamın Fizikokimyasal Kompozisyonel, Konformasyonel ve Reolojik Özelliklerinin 73 Belirlenmesi, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi.

Küçük, S., Soyer, P. and Tunalı, Y. (2019). Determination of Antimicrobial and Biological Activities of *S. sclarea* L. (Lamiaceae) Extracts, Journal of The Turkish Society Chemistry; 6(1), 15-20.

Lahlou, M. (2004). Essential Oils and Fragrance Compounds: Bioactivity and Mechanisms of Action. Flavour and Fragrance Journal; 19, 159-165.

Lorenzo, D., Paz, D., Davies, P., Villamil, J., Vila, R., Cañigueral, S. and Dellacassa, E. (2004). Characterization and enantiomeric distribution of some terpenes in the essential oil of a Uruguayan biotype of *Salvia sclarea* L., Flavour and Fargr. J.; 19 (4), 303-307.

Mahboubi, M. (2020). Clary sage essential oil and its biological activities. Adv. Tradit. Med.; 20, 517–528.

Malone, M.H., McChesney, J.D. and Kouzi, S.A. (1991). A pharmacological. Evaluation of the Diterpene (-)-Sclareol in intact Rats. Fitoterapia LXII; (2). 67:123–129.

Mastelic, J. and Jerkovic, I. (2003). Application of co-distillation with superheated pentane vapour to the isolation of unstable essential oils. Flavour and Fragrance Journal; 18, 521-526.

Miliauskas, G., Venskutonis, P.R. and Van Beek, T.A. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts Food Chemistry; 85, 231–237

Mishra, A.C. and Negi, K.S. (2009). Effect of organic manures and chemical fertilizers on the performance of a newly introduced aromatic crop Clarysage (*Salvia sclarea* Linn.) in the Uttarakhand. Natural Product Radiance; Vol. 8 (2), pp. 158-161.

Moretti, M.D.L., Peana, A.T. and Satta, M.A. (1997). A sudy on Anti-inflammatory and Peripheral Analgesic actions of *Salvia sclarea* oil and its Mains Components. J. Essent. Oil. Res.; 9, 199-204.

Özdemir C. and Şenel G. (1999). The Morphological, Anatomical and Karyological Properties of *S. sclarea* L., Türkiye Journal of Botany; 23(1), 7-18.

Peana, A.T. and Moretti, M.D.L. (2002). Pharmacological Activities and Applications of *Salvia sclarea* and *Salvia desoleana* Essential Oils. Studies in Natural Products Chemistry; 26 (PART G) , pp. 391-423. https://doi.org/10.1016/S1572-5995(02)80012-6.

Peana, A. T., Moretti, D. L. and Juliano, C. (2012). Chemical Composition and Antimicrobial Action of the Essential Oils of *Salvia desoleana* and *S. Sclarea* . Planta Medica; 65(8), 752-754.

Pesic, Z.P. and Bankovic, V.M. (2003). Investigation on the Essential Oil of Cultivated *Salvia sclarea* L. Flavour and Fragrance Journal; 18(3):228 – 230.

Raafat, K. and Habib, J. (2018). Phytochemical Compositions and Antidiabetic Potentials of *S. sclarea* L. Essential Oils, Journal of Oleo Science; 67(8), 1015-1025.

Randjelović, M., Branković, S., Miladinović, B., Milutinović, M., Živanović, S., Mihajilov-Krstev, T. and Kitić, D. (2022). The Benefits of *Salvia sclarea* L. Ethanolic Extracts on Gastrointestinal and Respiratory Spasms. S. Afr. J. Bot.;150:621–632. doi: 10.1016/j.sajb.2022.07.045.

Rónyai, E., Simándi, B., Lemberkovics, É., Veress, T. and Patiaka, D. (1999). Comparison of the Volatile Composition of Clary Sage Oil Obtained by Hydrodistillation and Supercritical Fluid Extraction. The Journal of Essential Oil Research; 11, 69-71.

Safaei-Ghomi, J., Masoomi, R., Jookar Kashi, F. and Batooli, H. (2016). Bioactivity of the Essential Oil and Methanol Extracts of Flowers and Leaves of *Salvia sclarea* L. from Central Iran. Journal of Essential Oil-Bearing Plants (serial online); 19(4):885-896

Sepahvand, R., Delfan, B. and Ghanbarzadeh, S. (2014). Chemical Composition, Antioxidan Activity and Antibacterial Effect of Essential Oil of the Aerial Parts of *Salvia sclareoides*, Asian Pacific Journal of Tropical Medicine; 7(1), 491-496.

Sharma, S. and Kumar, R. (2012). Effect of nitrogen on growth, Yield and oil composition of clary sage (*Salvia sclarea* L.) under mid hills of north western Himalayas. Indian Journal of Natural Products and Resources; Vol 3. Pages 79-83.

Sharopov, F. S. (2015). Chemical Compositions of the Essential Oils of Three *Salvia* Species Cultivated in Germany, American Journal of Essential Oils and Natural Products; 3(2), 26-29.

Sharopov, F.S., Setzer, W.N. (2012). *S. sclarea* Essential Oil From Tajikistan, Records of Natural Products; 6(1), 75-79.

Souleles, C. and Argyriadou, N. (1997). Constituents of the Essential Oil of *S. sclarea* Growing Wild in Greece, International Journal of Pharmacognosy; 35(3), 218- 220.

Taarit, M.B., Msaada, K., Hosni, K. and Marzouk, B. (2014). GC Analyses of *Salvia* Seeds as Valuable Essential Oil Source. Advances in Chemistry; Volume 2014, Article ID 838162, 6 pages. https://doi.org/10.1155/2014/838162.

Tisserand R. (2014). The Art of Aromatherapy, Churchill Livingstone, London, 25-27.

Tofana, M. (2016). Determination of Antioxidant Capacity and Antimicrobial Activity of Selected *Salvia* Species, Bulleti Food Science and Technology; (73)1, 14-18.

Torres, M.E. (1997). Volatile Constituents of Two *Salvia* Species Grown Wild in Spain, Journal of Essential Oil Research; 9(1), 27-33.

Tulukcu, E. (2009). Effect of Collection Time on Biological Activity of Clary Sage (*Salvia sclarea*), Journal of Applied Botany and Food Quality; 83(1), 44-49.

Tulukçu, E. (2020). *Salvia sclarea*'nın Bitki Kısımlarının Yağ Asidi Bileşenlerinin Belirlenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi; Sayı 20, S. 957-960, DOI: 10.31590/ejosat.840103.

Tuttolomondo, T., Iapichino, G., Licata, M., Virga, G., Leto, C., la Bella, S., (2020). Agronomic Evaluation and Chemical Characterization of Sicilian *Salvia sclarea* L. Accessions. Agronomy; 10:1114. doi: 10.3390/agronomy10081114.

Verma, R.S. (2010). Chemical investigation of decanted and hydrophilic fractions of Salvia sclarea essential oil. Asian J. Tradit. Med.; 5, 102–108.

Vincenzi D. and Mancini E. (1994). Monographs on Botanical Flavouring Substances Used In Foods. Fitoterapia-Part III. LXV,(1), 49-58.

Waal,M., Niclas, Y., Snowden, R.L., Bernardinelli, G. and Escher, S. (2002). 1-Methoxyhexane-3-thiol, a Powerful Odorant of Clary Sage (*Salvia sclarea* L.). Helvetica Chimica Acta; 85,1246-1260.

Yaseen, M., Singh, M., Ram, D. and Singh, K. (2014). Production potential, nitrogen use efficiency and economics of clarysage (*Salvia sclarea* L.) varieties as influenced by nitrogen levels under different locations.

Industrial Crops and Products; Volume 54, Pages 86-91. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.01.002.

Zutic, I., Nitzan, N., Chaimovitsh, D., Schechter, A., ve Dudai, N. (2016). Geographical location is a key component to effective breeding of clary sage (*Salvia sclarea*) for essential oil composition. *Israel Journal of Plant Sciences*; *63*(2), 134-141. https://doi.org/10.1080/07929978.2016.1141602

BÖLÜM 3

ENDÜSTRİYEL KENEVİR (*Cannabis sativa* L.) BİTKİSİ ZARARLILARI VE MODERN BİYOTEKNOLOJİK YAKLAŞIMLAR

Dr. Öğr. Üyesi |Saber Delpasand KHABBAZI [1]

Doç. Dr. | Gamze PEKBEY [2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10342962

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Kenevir Araştırmaları Enstitüsü, Tarım ve Gıda Anabilim Dalı,, Yozgat, Türkiye, saber.delpasand@gmail.com, OrcidID: https://orcid.org/0000-0002-1697-9327

[2]Doç. Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Yozgat, Türkiye. gamze.pekbey@bozok.edu.tr, OrcidID: https://orcid.org/0000-0002-0314-0071

GİRİŞ

Endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa* L.), otsu ve tek yıllık bir bitki türüdür. Bu bitki Cannabaceae familyasına aittir ve ana vatanı Orta Asya'dır, çok yönlü kullanım potansiyeline sahip olması nedeniyle 5000 yılı aşkın süredir yetiştiriciliği yapılmaktadır. Kenevir bitkisi kâğıt, kumaş ve iplik sanayi ile birlikte gıda, yağ ve ilaç gibi endüstri sektöründe pek çok alanda ham madde olarak kullanılabildiği gibi (Andre vd., 2016; Booth ve Bohlmann, 2019), günümüzde daha çok tekstil üretimi amacıyla yetiştirilmektedir.

Dünyanın farklı iklim özelliklerine sahip çeşitli bölgelerinde kenevir kültürü yapılsa da birçok ülkede ekimi yasaklanmıştır. Kenevirin tetrahidrokanabinolün (THC) içeriği ve THC'nin narkotik ve bağımlılık yapma özelliği bu bitkinin üretiminin yasaklanmasına neden olmuştur (De Meijer, 1995). Ancak bu bitkide bulunan bir diğer bileşik, kannabidiol (CBD), bağımlılık yapmadığı ve ilaç sektöründe önemli bir kullanım potansiyeli olduğı için birçok araştırmada ilgi alanı olmuştur (Fitzcharles vd., 2023). Kenevir bitkisi tetrahidrokanabinol ve kannabidiol içeriğine göre sınıflandırılır (Chandra vd., 2010). Tetrahidrokanabinol (THC) psikotropik özelliklere sahip olduğundan, kenevirin THC içeriğine bağlı olarak lif tipi kenevir (<%0,3) veya uyuşturucu tipi esrar (%0,3<) olarak sınıflandırılabilir. Son yıllarda Türkiye'nin de aralarında bulunduğu bazı ülkelerde bu bitkinin devlet kontrolü altında ilaç ve endüstriyel amaçlı yetiştirilmesine izin verilmektedir. Kenevir ıslah çalışmaları genel olarak bitkinin lif ve tohum kalitesini ve CBD oranını artıracak yeni çeşitlerin geliştirilmesine odaklanmaktadır (Salentijn vd., 2014).

Tarımsal alanlarda yetiştirilen pek çok kültür bitkisinde olduğu gibi kenevir üretimi de zararlı böcek ve hastalıklardan olumsuz etkilenmektedir. Bir araştırma sonucuna göre küresel tarım kayıplarının %37'si zararlılar ve bitki hastalıklarından kaynaklanırken, %13'ü yalnızca zararlı böceklerden kaynaklanmaktadır (Gatehouse vd., 1992; Bakhsh vd., 2015). Yasal olarak kenevir yetiştiriciliği yapmak uzun yıllardır mümkün olmadığından dolayı bu oranın ne kadar olduğu net olarak bilinmemekle birlikte birçok tarım bitkisi gibi bu bitkinin de üretimi zararlılar ve patojenler tarafından tehdit edilmektedir.

Zararlı böcekler bitkilerin kök, gövde, yaprak ve meyve gibi farklı kısımlarını çiğneyerek veya bitki özsuyunu emerek zarar verirler. Ayrıca bu zararlılar viral, bakteriyel ve fungal patojenlerin vektörü olarak konukçu bitkilere dolaylı olarak zarar verebilir (Mahmood-ur-Rahman vd., 2021).

Geleneksel olarak zararlı kontrolünde kimyasal yöntemlerin ön plana çıkmasına ve yaygın bir şekilde kullanılmasına rağmen kimyasal insektisitlerin hem doğa hem de insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin daha iyi anlaşılması nedeniyle günümüz toplumlarında doğayla dost ve güvenli gıdaya olan talep artarak devam etmektedir. Öte yandan böceklerin bu kimyasalların birçoğuna karşı direnç geliştirmiş olması nedeniyle yeni nesil ve alternatif mücadele yöntemlerinin üretilmesine daha çok ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu amaçla ortaya çıkan ve zararlı böceklerin kontrolünde alternatif olan yöntemlerden birisi de Rekombinant DNA teknolojisidir. Zararlı böceklerin büyüme ve gelişme mekanizmalarını hedef alarak bu zararlılara karşı dayanıklı transgenik bitkilerin üretilmesi bu teknolojide kullanılan yöntemlerden biridir. Örneğin *Bacillus thuringiensis* bakterisinden alınan *Cry* toksin genlerin bitkilere aktarılması genellikle lepidoptera böcekleri olmak üzere coleoptera ve diptera böcekleri üzerine de ölümcül etkilere neden olup bu zararlıların kontrolünde önemli rol alabileceği tespit edilmiştir (Bakhsh vd., 2015).

Transgenik Bt bitkiler 1996 yılından itibaren ticari olarak yetiştirilmektedir bunun sonucunda üretim ve kar açısından ciddi artışlar olmuştur. Örneğin transgenik Bt pamuk tarlalarında %50'lere varan insektisit kullanımında azalma ve üretimde ise %23 artış görünmüştür (Qaim, 2009). Bt bitkileri yaklaşık 27 yıldır piyasada olmasına rağmen bazı endişeler nedeniyle henüz halk tarafından ve birçok ülkede kabul görmemiştir. Biyolojik mücadele yöntemlerinden ilham alınarak bitkilerde genetik modifikasyonun yerine zararlı böceklerin büyüme ve gelişmesi için hayati olan genlerin hedef alınması zararlıların kontrolünde yeni ufuklar açmıştır. Bu bölüm kenevir bitkisinin önemli böcek zararlılarının tanımlanması ve kontrolü için geleneksel mücadele ve modern moleküler biyoloji ve genetik uygulamalarının kullanılması hakkında mevcut literatür ışığında bilgi verilmesi amacıyla hazırlanmıştır.

1. ENDÜSTRİYEL KENEVİR BİTKİSİNİN ÖNEMLİ BÖCEK ZARARLILARI VE GENEL MÜCADELE YÖNTEMLERİ

Kenevir (*Cannabis* spp.) zararlısı eklembacaklılar içerisinde ekonomik kayıp açısından en önemli grubu böcekler yani Insecta sınıfı oluşturmaktadır. Kenevirde zararlı türler ve bunların önemi, tür komplekslerine, kenevir bitkisinde neden oldukları ürün kayıplarına, bitkinin türüne, coğrafi bölgeye, üretim tipine (lif, tahıl veya çiçek vb.), ürünün tarlada veya kapalı alanda yetiştirildiğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Willow vd., 2023).

Dünyada *Cannabis sativa*'nın en yaygın zararlıları arasında lepidopter kök delicileri özellikle de Avrupa mısır kurdu *Ostrinia nubilalis* Hübner ve Avrasya kenevir kurdu *Grapholita delineana* Walker yer almaktadır. Şerbetçiotu piresi *Psylliodes attenuata* (Koch, J.D.W.), *Thyestes gebleri* Falderm, *Rhinoncus pericarpius* (Linnaeus) ve birkaç *Mordellistena* spp. *C. sativa*'nın gövde ve/veya köklerinde delik açarak beslenirler. Yaprak dökücüler arasında çeşitli güve türlerinin larvaları, çekirgeler ve böcekler bulunur. Ancak bu grup böceklerin beslenmeleri sonucu ekonomik kayıplar nadiren gözlemlenir (Cranshaw vd, 2019). Kesici kurtlar özellikle ilkbaharda sürülmüş topraklarda geç ekilen kenevir fidelerine zarar verirler. *Agriotes* gibi elaterid (tel kurtları) larvaları kenevirin kökleriyle beslenen böceklerdir. Pamuk yaprak kurtlarının larvaları *Spodoptera* spp., mısır kulak kurdu *Helicoverpa zea* Boddie, zebra tırtılı *Melanchra picta* (Harris) gibi türler ise kenevirde öncelikli olarak çiçeklerle ve gelişen tohumlarla beslenirler. Benzer şekilde, bazı kokarca böcekleri (Hemiptera: Pentatomidae) ve *Lygus* spp. böcekleri dahil olmak üzere tohumla beslenen birçok sokucu-emici böcek endüstriyel kenevir bitkilerine de saldırmaktadır. Akarlardan İki noktalı kırmızı örümcek *Tetranychus urticae* ve kenevir kızıl akarı, *Aculops cannibicola* (Farkas), afitlerden yeşil şeftali yaprak biti *Myzus persicae* Sulzer, kenevir yaprak biti *Phorodon cannabis* Passerini, pirinç kökü yaprak biti *Rhopalosiphum rufiabdominale* Sasaki, sera beyaz sineği *Trialeurodes vaporariorum* Pamuk beyaz sineği *Bemicia tabaci* (Gennadius) ve unlubitlerden *Planococcus citri* Risso, *P. ficus* (Signoret) yaprak ve damarlarda bitki öz suyuyla beslenen önemli zararlılardır. Sokucu-emici ağız yapısına sahip bu zararlı hemipterlerin bazıları, beslenme zararlarının yanında

kenevire bitki virüs hastalıklarını da taşıyabilirler (McPartland ve Rhode, 2005; Ajayi ve Samuel-Foo, 2021; Britt vd., 2022).

Kenevirle beslenen çok sayıda eklembacaklı türü olduğundan bu bölümde özellikle kenevire spesifik, ülkemizde bulunan veya bulunma potansiyeli yüksek olan zararlı böcek türleri üzerinde durulmuştur. Bu zararlıların hem ergin öncesi dönemlerinin hem de erginlerinin tanınması, biyolojilerinin, zarar şekillerinin ve mücadele yöntemlerinin bilinmesi, ülkemizde gittikçe artan kenevir üretim alanlarındaki bitkilerin verimi ve sağlığının iyileştirilmesiyle, olması muhtemel ekonomik kayıpların en aza indirilmesi açısından büyük öneme sahiptir.

1.1.Yaprak Bitleri (Hemiptera: Aphididae)

Kenevir zararlısı olarak üretim alanlarında yaygın olarak görülen yaprak bitleri *Aphis fabae* Scopoli (Siyah fasulye yaprak biti), *Aphis gossypii* Glover (Pamuk yaprak biti), *Aulacorthum solani* (Kaltenbach) (Sera-patates yaprak biti), *Myzus persicae* (Sulzer) (Yeşil şeftali yaprak biti) ve *Phorodon cannabis* Passerini (Kenevir yaprak biti) ve *Rhopalosiphum rufiabdominale* (Saski) (Pirinç kökü yaprak biti) türlerini içermektedir (Blackman ve Eastop, 2023). Bu türlerden *Aphis fabae*, *A. gossypii*, *A. solani* ve *M. persicae*, geniş bir ürün yelpazesinde pek çok bitkiye saldıran ve sıklıkla seralardaki bitkileri istila eden, geniş çapta dağılmış, polifag afitlerdir (Powell ve Pell, 2007). Bunların aksine *P. cannabis*, Avrupa, Asya ve Kuzey Afrika'da bulunan ve yalnızca *Cannabis* spp. ile sınırlı bir konukçu yelpazesine sahip eski dünya türlerinden biridir.

1.1.1. Kenevir Yaprak Biti, *Phorodon cannabis* Passerini, 1860

Kenevir yaprak biti, *Phorodon cannabis* ABD'de Colorado'daki endüstriyel kenevir bitkilerinde ilk kez 2016 yılında olmak üzere (Halbert, 2016) daha sonra Colorado'daki pek çok kenevir tesislerinden rapor edilmiştir (Cranshaw, 2023).

Phorodon cannabis'in kanatsız erginleri 1,6- 1,8 mm boyunda, soluk sarımsı yeşil renkte ve vücutlarının üstünde boyuna uzanan üç adet koyu yeşil çizgiye sahip bireylerdir. Vivipar ergin dişiler yeşilimsi pembe renktedir ve tüm biyolojik dönemlerdeki kolonileri kenevir yapraklarının alt yüzeyleriyle saplarında lokalize olarak bitki öz suyuyla beslenirler. Cannabaceae türlerinin yanı sıra şerbetçiotu ve *Prunus* spp.'de de tespit edildiklerine dair bazı

tespitler bulunsa da bu durumun *P. humuli*'nin yanlış teşhisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Türün dağılımı orta, doğu ve güney Avrupa'dan Türkiye'ye ve Asya ile Kuzey Afrika'nın büyük bir kısmına kadar uzanmaktadır. *P. cannabis* şu anda Kuzey Amerika'nın birçok bölgesinde, kenevir üretimi yapılan pek çok serada mevcuttur (Cranshaw vd., 2018).

Kenevir yaprak biti kışı genellikle eski kenevir bitkilerinde yumurta olarak geçirir. Yumurtlayan dişiler yumurtalarını kenevir bitkilerinin meyveleri üzerine bırakırlar (Müller ve Ewald, 1976). Yumurtalar ilk bırakıldığında sarı-yeşil renktedir ancak sertleştikçe siyaha döner. Yaprak bitleri ilkbaharda yumurtalardan çıkıp yeni mahsullere göç eder ve ağustos ayında kenevir üzerindeki zararlı popülasyonuna ulaşır (Müller ve Ewald, 1976). Yaz boyunca diğer afitlerde olduğu gibi *P. cannabis* de partenogenetik olarak çoğalır. Seralarda yıl boyunca çoğalan türün sonbaharda hem kanatlı erkekler ve dişi gynopar (cinsel dişiler üreten partenogenetik canlı doğurgan yaprak bitleri)'leri kenevir üzerinde gelişir ve kışın konukçu bitkilerine dağılır ve çiftleşmeden sonra dişiler kışlamak için yumurta bırakırlar ve yılda 2-3 döl verirler.

Yaprak bitleri, iğne (stilet) benzeri ağız parçalarını bitki dokularına yerleştirerek ve bitkinin sıvılarını çıkararak beslenirler. Kenevir yaprak bitinin neden olduğu hasar, yeşil şeftali yaprak biti *Myzus persicae* zararına benzer. Yüksek yaprak biti popülasyonlarında bitki gücü azalır, bu da büyümenin yavaşlamasına, bitkinin solmasına ve yaprakların sararmasına neden olur. İstila edilen çiçeklerin şekli bozulabilir ve tohum oluşumu azalabilir. Kenevir yaprak biti beslenirken aynı zamanda gömlek artıkları ve dışkılarıyla bitkileri kirletir ve fumajin oluşumunu destekleyen şekerli yapışkan sıvılar salgılar. *P. cannabis*'in ayrıca kenevirde görülen en az üç bitki virüs hastalığının (salatalık mozaik virüsü, kenevir çizgi virüsü ve yonca mozaik virüsü) vektörü olduğu bilinmektedir (Kennedy vd., 1962; Schmidt ve Karl, 1970).

Phorodon cannabis beslenmesinin kenevir yapraklarında emgi yerlerinden itibaren solmasına ve sararmasına neden olmaktadır ancak Halbert ve ark. (2016), kenevir tarlalarında çok miktarda yaprak biti gözlemlenmesine ve buna büyük miktarlarda tatlımsı madde üretimi eşlik etmesine rağmen, belirgin bir bitki hasarının görülmediğini belirtmiştir. Yaprak biti hasarına karşı yeterli olgunluğa yaklaşan büyük, iyi sulanan ve sağlam köklü bitkilerde

bitkilerin zararlıya karşı toleransının desteklendiği belirlenmiştir. Buna ek olarak, tarlada yetişen kenevir üzerinde zararlının başta uğur böcekleri gibi coleopterler olmak üzere çok sayıda doğal düşmanları olduğu ve bu doğal düşmanların, sezon sonu salgınlarında mevcut olan yaprak bitlerini etkili bir şekilde kontrol edebilecek popülasyonlar oluşturduğu belirlenmiştir. En önemli doğal düşmanları arasında bazı Anthocoridae, Geocoridae, Nabidae türleri, Chrysopidae, Hemerobiidae ve uğur böceği böcekleri (Coccinellidae) yer alır (Halbert, 2016). Syrphidae sinekleri ve Cecidomyiidae (safra tatarcıkları, özellikle *Aphidoletes* spp.) gibi predatör Dipteralar genellikle şerbetçiotu veya kenevir tarlalarındaki yaprak bitlerinin avlanmasıyla ilişkilidir (Carmichael, 2020; Halbert, 2016). Pike ve Starý (1995), dünya çapında *P. cannabis*'in parazitoitleri olarak özellikle bazı *Aphidius* ve *Ephedrus* hymenopter eşek arılarından bahsetmiştir.

Seralar gibi korunan ortamlarda Kenevir yaprak bitlerinin biyolojik kontrolü, neuropter larvaların salınmasıyla mümkündür. Yaprak başına 10'dan az yaprak biti varsa, metrekare başına 25, çevredeki alanlarda ise metrekare başına 10 larva bırakılmalıdır. Yaprak başına 11-50 yaprak biti için salınım oranları, metrekare başına 50 larva ve çevredeki alanlarda metrekare başına 25 larvadır. Yine bu zararlının mücadelesinde özellikle seralarda sarı yapışkan tuzaklar kullanılabilir.

Kimyasal kontrolüne ilişkin çok az çalışma yapılmış olmasına rağmen azadiraktin, arap sabunu, biberiye ve nane yağları ile *Beauveria bassiana* patojenini kenevirdeki yaprak bitlerinin kontrolü için kullanılabilir olduğu bilinmektedir.

1.1.2. Pirinç Kökü Yaprak Biti, *Rhopalosiphum rufiabdominale* Sasaki, 1899

Pirinç Kökü Yaprak Biti, *Rhopalosiphum rufiabdominale*'nin dünya çapında yaygın bir istilacı tür olduğu düşünülmektedir. Bu yıl Avrupa'da ilk olarak 2010 yılında tespit edilmiş olup, yabancı bir istilacı tür olduğu bildirilmiştir (Coeur d'Acier vd., 2010). *R. rufiabdominale* ilk olarak Japonya'da tanımlanmış olup, burada (tüm Doğu Asya bölgesinde olduğu gibi) *Prunus* spp. arasında değişen heterojen holosikliktir ve çok sayıda otsu bitki türünün altı kısımlarında beslenir (Torikura, 1991). Kış konukçuları *Prunus*'un on sekiz türünü içerir *R. rufiabdominale*'nin rapor edilen yaz

konukçuları arasında 15 familyaya ait 52 cins otsu bitki bulunmaktadır; en yaygın tür Poaceae familyasına ait olanlardır (Holman, 2009). Pirinç kökü yaprak biti kenevirde ilk kez 2016 yılında Michigan'daki hidroponik kenevir üretim tesislerinde tespit edilmiştir. Bu tür Asya'nın bazı bölgelerinde pirinç zararlısı olarak bilinmekle birlikte günümüzde hidroponik sebze yetiştiriciliği yapılan pek çok alanda da tespit edilmektedir.

Mevcut bilgiler, bu türün holosiklik (kış ve yaz konukçuları arasında zorunlu değişim) popülasyonlarının yalnızca Doğu Asya bölgesinde yaşadığı, anholosiklik popülasyonlarının ise (zorunlu partenogenez yoluyla üreyen) dünya çapında daha sıcak iklimlerde ve seralarda dağıldığı yönündedir (Blackman ve Eastop, 2006). Avrupa'da, *R. rufiabdominale*'nin çoğunlukla güney ülkelerinden (İspanya, İtalya, Yunanistan, Portekiz, Fransa, Bulgaristan), ayrıca ara sıra Polonya ve Finlandiya'daki seralardan da rapor edildiği görülmektedir (Labanowski, 2008). Dünya çapında az çok Pantropikal dağılıma sahip, Akdeniz gibi subtropikal bölgelerde ve hatta ılıman bölgelerde koloni kuran, sıcak biyotoplarda veya seralar gibi diğer uygun korunaklı habitatlarda yaşayabilen termofil bir tür olduğu kabul edilmektedir (Barbagallo vd., 2009). Avrupa ülkelerinde *R. rufiabdominale* yalnızca Araceae, Asteraceae, Poaceae, Ranunculaceae ve Solanaceae familyalarına ait otsu konukçulardan kaydedilmiştir (Holman, 2009; Rakauskas vd., 2015).

Rhopalosiphum türleri 1,0-3,0 mm boyunda, genişçe oval şekillidir. Gövde rengi yeşil, zeytin yeşili, kahverengiden neredeyse siyaha kadar değişir ve genellikle her siphunculus'un tabanında kırmızı veya koyu lekeler bulunur (Eastop, 1966). Yetişkin formları kanatlı (alate) veya kanatsızdır (apteröz) (Edde, 2021).

Pirinç kökü yaprak biti, bitkilerde öncelikle kök sistemiyle beslenir. Topraksız tarımla yetiştirilen birçok bitkinin zararlısıdır ve *C. sativa* yetiştirilen kapalı alanlardan toprak, aeroponik, hindistan cevizi lifi ve taş yünü gibi tüm üretim sistemlerinde bulunabilirler. Bu türün artan popülasyonu, yaprakların sararmasına ve bozulmasına neden olarak verim kayıplarına neden olabilir. Pirinç kökü yaprak bitinin oluşturduğu beslenme yarası, köklerde çürümeye neden olan patojenlerin gelişmesine katkıda bulunarak bitkide daha fazla strese neden olabilir. Doğrudan zararları ekonomik açıdan çokta önemli değildir ancak virüs taşıma yetenekleri onları

önemli ekonomik zararlılar haline getirmektedir. İstila oranının yüksek olduğu durumlarda kenevir çiçekleri tıbbi veya rekreasyon amaçlı satılamaz. Yaprak bitlerinin istila ettiği çiçekler, yağ çıkarmak için kullanılabilir, ancak kenevir yağı, tıbbi amaçlı satılan kenevir çiçekleriyle karşılaştırıldığında yetiştiriciler için bitkinin ekonomik değerini düşürmektedir (Cranshaw ve Wainwright-Evans, 2020).

Rhopalosiphum rufiabdominale, arpa sarı cüce virüsünün (BYDV) etkili bir vektörüdür. BYDV dünya çapında yaygın olan en önemli tahıl hastalıklarından biri olarak kabul edilir ve tahıllarla birlikte yabancı otlarda da varlıklarını sürdürebilir (Zilahi-Balogh vd., 2005).

Pirinç kökü yaprak biti yükselen ısı ve ışık karşısında aşağı doğru inme eğiliminde olduğundan mücadelesinde Berlese hunisi kullanılabilir (Liu vd., 2011). Genel afit doğal düşmanlarının pek çoğunun bu zararlıda da etkili olacağı düşünülmektedir. Bitki fidelerinin köklerini ilaçlı suya daldırmak yine bu zararlı için en önemli mücadele yöntemlerinden birisidir. Toprak üstü aksamdaki bireyler için uygun bir insektisitle (piretrinler veya sabunlar) muamele etmekte yine zararlıyla mücadele başarısını arttıracaktır (Edde, 2021).

1.2. Kelebekler ve Güveler (Lepıdoptera)

Endüstriyel kenevir üretiminde en fazla verim ve kalite kaybına neden olan önemli böcek takımlarından birisi de lepidopterlerdir. Dünyanın pek çok bölgesinde yaygın olarak bulunan bazı kelebek türlerinin larva dönemlerinde bitkinin çeşitli aksamları üzerinde beslenerek zaten sınırlı alanlarında üretilebilen kenevir bitkilerinde önemli ekonomik kayıplara neden oldukları bilinen bir gerçektir. Bunların içerisinden özellikle ülkemizde ve yakın bölgelerde yoğun ve yaygın olarak görülen Kapsül kurtları *Etiella zinckenella* Treitschke, Mısır kurdu *Helicoverpa zea* (Boddie), Yeşil kurt *Heliothis armigera* Hübner, Lahana güvesi *Mamestra brassicae* (Linneus), Mısır kurdu *Ostrinia nubilalis* Hübner, Kuru meyve güvesi *Plodia interpunctella* Hübner, Yaprak kurtları *Spodoptera* spp. ve Diken kelebeği *Vanessa cardui* Linnaeus gibi polifag türlerin tırtılları kenevirin kök ve gövdesinde delikler açarak, çiçek ve yapraklarda ise yenikler oluşturarak zararlı olmaktadırlar.

1.2.1. Avrasya Kenevir Kurdu, *Grapholita delineana*, (Walker) (Tortricidae)

Yukarda bahsedilen yaygın görülen polifag lepidopterlarden farklı olarak Avrasya kenevir kurdu, *Grapholita delineana* Walker, 1863 larvaları kenevir veya şerbetçiotu gibi Cannabaceae üzerinde ve ayrıca Polygonacea üzerinde kaydedilmiştir. Esasen Doğu Asya (Çin, Tayvan, Japonya, Kore Uzak Doğu Rusya ve kısmen Moğolistan) ülkelerine özgü bir tür olmasına rağmen, günümüzde Avrupa'ya, Anadolu Yarımadasına, Güney Kafkasya ve Kuzey Amerika'ya kadar yayılmıştır (Gilligan ve Epstein, 2023).

Yetişkinler 4,3–5,3 mm uzunluğunda ve kanat açıklığı 14 mm'dir. Vücut koyu kahverengi; antenler kahverengi gri; palpi koyu sarıdır ve kafa genişliğinden daha kısadır. Ön kanadın ortasında, kenarlara dik açılarla uzunluklarının üçte biri kadar uzanan, daha sonra dışarı doğru bükülen ve kanadın neredeyse yarısına kadar uzanan dört adet beyaz, sarı ve kahverengi çizgiden oluşan yama şeklinde bir leke bulunur. Kanatlarda kosta üzerinde ortadaki kanat çizgilerine ters yönde uzanan dokuz adet eğik beyaz renkte çizgiler bulunur. Arka kanatlar desensiz ve koyu kahverengi; kanatların kenarındaki saçaklar ise parlak gri renktedir (Miller, 1982; Walsingham, 1900).

Genç larvaların boyu yaklaşık 1,5 mm iken son dönem olgun larvaların boyu 12 mm'ye kadar uzayabilmektedir. Larvaların vücutları tüysüzdür ve başlangıçta sarımsı krem renkteyken, son dönem larvaları pembe-kırmızı renktedir. Görünüş itibariyle diğer *Grapholita* larvalarına benzerler ancak Avrasya kenevir kurdu larvaları diğer türlerden anal taraklarının bulunmasıyla ayrılabilirler (Gilligan ve Passoa, 2014).

Grapholita larvaları gelişen tomurcukların tabanına tünel açarak odun dokuya ulaşıncaya kadar gövdeye galeri açarak ilerler ve daha sonra buradan çıkarak aynı şekilde yeni başka tüneller oluştururlar. Enfekte olmuş sürgünlerin uçları solar ve ölür. İlk saldırıda ölmeyen bitkilerin saplarında 1-2 cm uzunluğunda belirgin iğ şeklinde şişlikler veya akıntılar görülür. Larvaların gövdeye girip çıktığı yerlerde belirgin tüberküller bulunur. Saplar giriş bölgelerinden çatlar ve hatta kırılabilir. Büyüme noktasının zarar görmesi bitkinin büyümesini geciktirir, beslenmenin devam etmesi sapın deformasyonuna ve yan sürgünlerin oluşmasına neden olur ve bunun sonucunda kenevirin verim ve lif kalitesinde azalma olur. Tek bir larva

olgunlaşmadan önce birden fazla sürgüne zarar verebilir. Hasarın çoğu, kısmen büyümüş larvaların birçoğunun gövdelerden çıktığı ve uç tomurcukların, özellikle de dişi bitkilerin tohum kümelerinin etrafında gevşek ağlar ördüğü ve gelişen tohumlarla beslendiği sezonun ilerleyen dönemlerinde meydana gelir (Smith ve Haney, 1973).

Avrasya kenevir kurdu, kışı toprakta oluşturdukları seyrek kozalarda olgun larva olarak geçirirler. İlkbaharla birlikte ergin hale gelen bireyler çiftleşirler ve yumurtalar kenevir bitkilerinde en fazla yaprakların altına bazen de çiçek salkımlarının altına bırakılırlar. Yumurtadan yeni çıkan larvalar, yaprakların altına ağ örüp saklanarak damarlara yakın şekilde yapraklarla beslenirler. Dallara ve saplara giden ikinci dönem larvalar ise galeriler açarlar (Fedorenko vd, 2016) ve bu galeriler içerisinde sıcaklığa bağlı olarak genellikle 4-5 larva dönemi geçirirler.

Sezonun ilerleyen dönemlerinde larvaların açtığı galeriler tomurcuğun bir kısmına veya tamamına zarar verebilir. (Smith ve Haney, 1973). Avrupa mısır kurdu *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Crambidae) ve *G. delineana*'nın kenevir üzerindeki zararı benzerdir. Bununla birlikte, *O. nubilalis*'in galerileri daha uzundur ve genellikle kenevir bitkilerinin alt dörtte üçlük kısmında bulunurken, *G. delineana* bitkilerin üst üçte birlik kısmını istila etme eğilimindedirler (McPartland, vd., 2000). Benzer hasara neden olan bir diğer böcek ise tomurcuk kurdu *Helicoverpa* spp.'dir. (Noctuidae). *Helicoverpa* larvaları genelde tomurcuklara galeriler açarken nadiren kenevir saplarında da açar. Larvalar gelişmekte olan tomurcukların tabanında beslenirler ve bu da tomurcukların ölümüyle sonuçlanır.

Zararlının mücadelesinde yabani kenevir veya şerbetçiotu bitkileriyle hasat sonrası bitki artıkları yok edilerek, bu bitkilerin kışlak olarak kullanılmaları önlenebilir. Yine hasat sonrası derin sürüm toprakta kışlayan pupaları yok etmek için etkili bir yöntem olduğundan önerilmektedir. Yine kenevir üretim alanlarının kurutma ve işleme tesislerine uzak mesafede olması özellikle depolama alanlarının zararlı tarafından kışlak olarak kullanılmasını önlemesi açısından önemlidir. Ekim nöbeti ve bodur çeşitlerin seçimi bu zararlıdan kaynaklanan ekonomik kayıpları önlemek açısından önemlidir. Yapılan çalışmalar 25 cm'den kısa kenevir bitkilerinde *G. delineana* zararının görülmediğini belirtmektedir (Smith ve Haney, 1973).

Birçok eklembacaklı türünün *G. delineana*'nın doğal düşmanı olduğu rapor edilmiştir ancak türlerin çoğunluğu bu türe veya tortricidae özgü olmayan genel doğal düşmanlardır. *Trichogramma* spp. (Trichogrammatidae), *G. delineana* yumurtalarının önemli parazitoitleridir (Fedorenko vd., 2016). Bunların dışında *Beauveria bassiana*, *Vuillemin* spp. fungusları ve *Bacillus thuringiensis* bakterisinin çeşitli türleri genel olarak *Grapholita* larvaları için patojendir (Sarker vd., 2020).

1.3. Kın Kanatlılar (Coleoptera)

1.3.1. Kenevir Hortumlu Böceği, *Rhinoncus pericarpius* Linnaeus, 1758 (Curculionidae)

Anavatanı Avrupa olan ve esasen Palearktik bölgeye özgü olan Kenevir Hortumlu Böceği, *Rhinoncus pericarpius* Linnaeus, 1758'ün dünya genelindeki gittikçe artan bir yayılış alanına sahiptir (Manole, 2018). Esasen Polygonaceae türleriyle beslenen bir tür olmakla birlikte, kenevirde önemli ekonomik kayıplara neden olan bir zararlıdır.

Rhinoncus pericarpius erginleri 2–3,5 mm uzunluğundadır. Abdomenin alt kısmı siyah-beyazdır. Elitranın orta birleşim noktasında genellikle başın arkasına hafifçe uzanan küçük krem renkli bir leke bulunan, grimsi bir böcektir. Elitranın üzerine küçük soluk pulcuklar şeklinde lekeler bulunur. Toraksın yan kenarının tabanına doğru geniş bir çıkıntı vardır ve vücudun genelinde derin çukurcuklar bulunur. Elytra dışbükeydir, derin noktalı ve çizgilidir. Antenler koyu kahve ve bazal segmenti (scape) soluktur (Huang ve Colonnelli, 2014; Edde, 2021).

Zararlı kışı ergin olarak toprak altında geçirir. İlk baharda çıkan erginler yaklaşık iki hafta içerisinde çiftleşirler ve dişiler yumurtalarını genç kenevir bitkilerinin saplarına bırakırlar. Bir dişi ömrü boyunca yaklaşık 30 kadar yumurta bırakabilir. Kenevir hortumlu böceği 3 larva döneminden sonra toprakta pupa olur ve yılda 1 veya 2 döl verir (Manole, 2018; Edde 2021).

Erginler konukçu bitkilerde genç yapraklar ve saplarla beslenirler, ancak birincil hasar, saplara yumurta bırakırken oluşturulan gallerden kaynaklanır. Larvaların zararı erginlerden daha önemlidir. Beslenmeleri sonucunda bitki saplarının merkezi öz ve iletken dokuları tahrip ederek besin alımında azalmaya ve gövde kırılmasına neden olurlar. Larvaların beslenmesiyle oluşan lezyonlar lif kalitesini etkiler. Besleme galerileri

mantarlar ve diğer saprofitik organizmalar için giriş noktaları görevi görebilirler (Harada, 1930).

Mücadelesinde toprakta kışlayan erginler için toprağın derin sürülmesi, kültür alanları ve yakınlarında Polygonaceae türü yabancı otların bulunmaması kışlayan ergin popülayonunu düşürmek ve bir yıl sonraki zararı önlemek açısından etkili olacaktır. *R. pericarpius* için henüz etkili bir doğal düşman tespit edilmemiştir. Larvalar gövdeye giriş yaptıktan sonra ilaçlamanın etkisi olmayacağından zararlıyla mücadelenin erginler ve kışlayan erginlere yönelik olarak yapılması veya münavebe önerilmektedir (Edde, 2021).

1.3.2. Pire böceği, *Psylliodes attenuata* Koch, 1803 (Chrysomelidae)

Psylliodes attenuata Orta doğu, Anadolu Yarımadası, Çin, Japonya, Avrupa kıtasının büyük çoğunluğuyla doğu Sibirya'ya kadar uzanan geniş bir yayılış alanına sahiptir. Bu tür, kenevir (*Cannabis* spp.), şerbetçiotu (*Humulus* spp.) ve ısırgan otu (*Urtica* spp.) bitkilerinde beslenen bir zararlıdır (Rak-Cizej ve Milevoj, 2005; Bukejs, 2012).

Psylliodes attenuata erginleri uzun oval şekilli, 1,5-2,5 mm uzunluğundadır. Diğer pire böcekleri gibi *P. attenuata*'nın da belirgin şekilde gelişmiş bir arka femura sahiptir. Elitra, kırmızı uçlu, bakır veya yeşil bakır rengindedir. Kanatların boyu genişliğinden yaklaşık üç kat daha fazla olup, derin deliklerden oluşan çizgiler şeklinde desenlenmeye sahiptir. Pronotumun arkası elitranın tabanından daha dardır. Başta gözler arasında birbirini kesen ve bir "X" oluşturan çizgiler bulunur. Bacaklar kırmızı-kahverengidir ve femur daha koyudur; antenlerin tabanları diğer segmentlerden daha açık renktedir (Takizawa, 2005).

Erginler kışı odunsu bitkilerin çatlak ve yarıklarında, bitkilerin içi boş gövdelerinde veya toprakta geçirirler. İlkbaharda, Mart'tan Mayıs'a kadar ortaya çıkan erginler bitki varlığına bağlı olarak kenevir filizlenmesinden önce esas olarak kenevirle yoksa şerbetçiotu veya ısırgan otuyla beslenir ve konukçu bitkiler üzerinde toplanarak çiftleşirler. Her bir dişi bir seferde 300'e kadar yumurta bırakabilir. Yumurtalar bitki köklerinin yakınına veya toprağa 2,5–8 cm derinlikte bırakılır ve yaklaşık 2 hafta içerisinde larvalar çıkar. 3 larva döneminden sonra toprakta pupa olurlar ve yılda bir döl verirler (Ilie vd.,2022).

En fazla zararı erginler yapar. Sürgün, yaprak ve tomurcukla beslenerek toplu iğne başı büyüklüğünde delikler açarlar. Popülasyon fazla olduğunda yapraklarda damarlar kalacak şekilde oburca beslenirler. Kenevirde lif ve sap kayıpları ve tohumlarda verim kaybına neden olurlar. Şerbetçiotunda, özellikle genç bitkilerde ve genç bitkilerde kozalaklar da saldırıya uğrar. Köklerde de bir miktar larva hasarı meydana gelir. En fazla ekonomik zarar kurak koşullarda fide döneminde istila gerçekleşirse ortaya çıkar. Bazen mahsulün tamamı yok olur ve yeniden dikilmesi gerekir (Andkeeva, 1930).

Erginlere karşı sarı yapışkan tuzaklar ve atrapla yakalama şeklinde mekanik yöntemlerle mücadele edilebilir. İlaçlamanın gözler patlamadan önce bitkinin üç yapraklı olduğu dönemde yapılması önerilmektedir. Yine derin toprak işleme kışlayan ergin popülasyonunu azaltmada etkilidir (Rak-Cizej ve Milevoj, 2005).

2. ZARARLILARLA MÜCADELEDE BİYOTEKNOLOJİ YAKLAŞIMLARI

2.1. Toksin Genlerinin Bitkilere Aktarılması

Bt toksin genlerinin bitkilere aktarılması zararlıların kontrolünde önemli bir yaklaşımdır. *Bacillus thuringiensis, Cry* genleri de dahil olmak üzere farklı böcek öldürücü toksinlerin kaynağıdır ve zirai mücadele uygulamalarında kullanılmaktadır. Bt toksinleri yaklaşık yüzyıldır biyolojik kontrol yöntemlerinde kullanılmaktadır. *B. thuringiensis* toprakta yaşayan, spor üreten gram pozitif bir bakteridir. *B. thuringiensis* insanlar sağlığına olumsuz etkisi yok ve dünya çapında çevreyle en uyumlu mikrobiyal insektisittir (Ibrahim vd., 2010). Bakterinin yaşam döngüsü boyunca *Vip, Sip, Cry* (Crystal) ve *Cyt* (Cytlytic) toksinlerinin kaynağıdır (Santos vd., 2022). *B. thuringiensis* böcek bağırsağında koloniler oluşturma kabiliyetine sahip ve zararlıların biyolojik mücadelesinde kullanılmaktadır (Deist vd., 2014).

1980'lerin sonlarında rekombinant DNA teknolojisi aracılığıyla ilk Bt genini taşıyan transgenik tütün ve pamuk bitkileri geliştirildi (Vaeck vd., 1987; Umbeck vd., 1987). 1990'ların ortalarında transgenik bitkilerin ticari üretimi başladı ve 1999 yılına kadar patates, pamuk ve mısır gibi farklı transgenik Bt bitkileri geliştirildi (Tabashnik vd., 2013). Halı hazırda lepidoptera, coleoptera ve diptera zararlılarına karşı direnç kazandırmak amacıyla farklı Cry genleri bitkilere aktarılmıştır (Bakhsh vd., 2015). Bt

bitkilerinin yaygın şekilde ekimi tarlalarda kimyasalların kullanımında azalmayla birlikte çiftçilerin sağlığını da olumlu yönde etkilemiştir.

Bt proteinlerinin faydalı böcekler, hayvanlara ve insanlar üzerine toksisite göstermediği belirlenmiştir (Klausner, 1984). Bitkilerde Bt genlerinin ifadesini iyileştirmek amaçla bu genlerde kodon optimizasyonu yapılarak transgenik bitkilerde böceklere karşı direncin artışı sağlanmıştır (Perlak vd., 1991). Böceklere dayanıklı ilk bitkilerin geliştirilmesinin ardından birçok farklı Bt toksin genleri farklı bitkilere aktarılmıştır (Tablo 1).

Transgenik bitkilerin çoğunda Bt genleri 35S CaMV konstitütif promotörü kontrolünde ifade edildiği için toksin geni bitkinin tüm doku ve organlarında yaşamı boyunca üretilir. Bitkilerde gereksiz toksin üretimini kısıtlamak için toksin genleri uyarılabilir promotörler tarafından ifade edilebilir. Örneğin, bitkilerde Cry toxin üretimini böcek ısırma bölgelerine sınırlamak için toksin genleri, *Asparagus officinalis*'ten izole edilen yara ile indüklenebilir promotörün (AoPR1) kontrolü altında ifade edilmiştir (Bakhsh vd., 2016; Anayol vd., 2016; Khabbazi vd., 2018). Bt genlerinin AoPR1 promotörü ile ifade edilmesi bu toksinin sadece kısıtlı bölgede ve böceğin ısırdığı yerde üretilmesini sağlayacaktır. Bu durum, Bt transgenik bitkilerle ilgili kamuoyunun endişelerini azaltmaya yönelik önemli bir adımdır.

Bt bitkilerinin yetiştirilmesi tarlalarda kimyasal ilaçların kullanımının azaltmasıyla birlikte mahsul üretiminin artışına da sebep olmuştur (Toenniessen vd., 2003). Bu nedenle küresel gıda güvenliğine ve yoksulluğun azaltılmasına önemli bir katkı sağlamıştır. Bugüne kadar, zararlı böceklerle mücadeleiçin birçok *Cry* geni bitkilere aktarılmıştır. Bunların çoğunun başlangıçta tatmin edici sonuçlarının olmasına rağmen, direnç genlerinin etkinliği, transgenik mahsullerin yaygın şekilde yetiştirilmesi nedeniyle tehlikeye girmiştir. Çalışma sonuçlarına göre bazı böcek türlerinde Cry toksin proteinlerine karşı direnç gelişmiştir, bu da bu genlerin toksik etkisinin azaldığını göstermektedir (Calles-Torrez vd., 2019; Smith vd., 2019; Tabashnik ve Carriere, 2019). Kadherin gibi orta bağırsak reseptörlerinde meydana gelen mutasyonlardan dolayı bazı zararlı böceklerde *Cry1Ac* toksinine karşı direnç gelişmiştir. Bt genlerinin kodonlarının optimize edilmesi bu genleri taşıyan mahsullerde Bt toksinlerine karşı alanda gelişen dirençle mücadele etmek için etkili bir yöntemdir (Tabashnik ve Carrière, 2017; Benowitz vd., 2022; Siddiqui vd., 2023). Bt genlerinin yanında bitki

kaynaklı toksin genlerinin tek başına veya *Cry* genleriyle birlikte bitkilere aktarılması bu hedefe yönelik başka bir yaklaşım olabilir (Khabbazi vd., 2018). Bitkilerden izole edilen aglütinin lektin genleri coleoptera, lepidoptera (Czapla ve Lang, 1990) ve diptera (Eisemann vd., 1994) zararlılarına karşı toksik etkiye sahiptir. Aglütinin lektin orta bağırsakta endositoz ve diğer toksik metabolitleri uyararak böcekte besin emiliminin engellenmesine veya orta bağırsak hücrelerinin bozulmasına neden olur (Czapla ve Lang, 1990). Bitki lektin genleri, yaprak bitleri gibi hemipteran sokucu emici böceklerin büyümesini ve doğurganlığını olumsuz yönde etkileyerek böcek üremesini kontrol eder (Wang vd., 2005; Chakraborti vd., 2009; Khabbazi vd., 2018). *Galanthus nivalis* bitkisinden izole edilen aglütinin lektin geninin (*GNA*) bitkilere aktarılması, *Aphis gossypii, Rhopalosiphum maidis, Sitobion avenae* ve gibi sokucu emici hemipteran böceklerine karşı direnç kazandırır (Khabbazi vd., 2018; Wang vd., 2005; Stoger vd., 1999). *Triticum aestivum*, *Allium cepa* ve *Allium sativum* bitkilerinden izole edilen *WGA, ACA* ve *ASAL* aglütinin lektin genleri de *GNA* gibi hemipteran böceklerinin doğurganlığını etkiler ancak bu genlerin memeliler üzerinde herhangi bir zararlı etkisi tespit edilmemiştir (Peumans ve van Damme, 1996; Khabbazi vd., 2016). Bu genler pamuk, mısır, nohut ve pirinç gibi bazı önemli tarla bitkilerine aktarılmıştır (Tablo 1) ve konakçı bitkilerde yaprak bitleri, cüce ağustos böcekleri ve beyaz sinekler dahil olmak üzere farklı sokucu emici böceklere karşı direnç kazandırmıştır (Bakhsh vd., 2015). Direnç genlerine sahip bitkilerin geliştirmesi yanı sıra, RNAi ve CRISPR/Cas bazlı yöntemler de tarımda sürdürülebilir zararlı yönetimi stratejilerine katkıda bulunan diğer yaklaşımlardır (Khabbazi vd., 2021).

Tablo 1. Bazı toksin genlerinin ve aktarıldığı bitkilerin listesi

Bitki	**Genler**	**Hedef böcekler**	**Kaynaklar**
Domates (*Solanum lycopersicum*)	*Cry1Ac* *Cry1Ab*	Lepidoptera	Mandaokar vd., 2000 Kumar ve Kumar, 2004 Koul vd., 2014
Kolza (*Brassica napus*)	*Cry1Ac*	Lepidoptera	Tabashnik vd., 1993 Stewart vd., 1996 Ramachandran vd.,

			1998 Halfhill vd., 2001 Wang vd., 2014 Rahnama vd., 2016
Mısır (*Zea mays*)	*Cry3Bb1* *Cry1Ab* *Cry1Ab* *Cry19c* *GNA*	Lepidoptera Hemiptera	Koziel vd., 1993 Vaughn vd., 2005 Wang vd., 2005 Gassmann vd., 2011
Nohut (*Cicer arietinum*)	*Cry1A (c)* *Cry2Aa* *Cry1Ac ve Cry1Ab* *ASAL* *Vip3Aa*	Lepidoptera Hemiptera	Sanyal vd., 2005 Indurker vd., 2010 Chakraborti vd., 2009 Acharjee vd., 2010 Mehrotra vd., 2011 Singh vd., 2022
Pamuk (*Gossypium hirsutum*)	*Cry1Aa* *Cry1Ab* *Cry1Ac* *Cry2A* *Cry1EC* *Cry2Ab* *Cry3Bb1* *Cry3* *Cry11* *Cry1h* *Cry1Ia12* *Potato protease inhibitör* *GNA* *ACA* *ASAL*	Lepidoptera Hemiptera	Perlak vd., 1990 Majeed, 2005 Wu vd., 2006 Tohidfar vd., 2008 Khan vd., 2011 Pushpa vd., 2013 Vajhala vd., 2013 Anayol vd., 2016 Bakhsh vd., 2016 Khabbazi vd., 2018 Siddiqui vd., 2019 Zafar vd., 2022 Razzaq vd., 2023 Tariq vd., 2022
Patates (*Solanum tuberosum*) / Tatlı patates (*Ipomoea batatas*)	*Cry3A* *Cry3Aa* *Cry1Ac* *Cry1Ab* *Cowpea trypsin inhibitor* *Cry1Ba1* *Cry1Ca5* *Cry9Aa2* *GNA* *ConA*	Coleoptera Lepidoptera Hemiptera	Peferoen vd., 1990 Cheng vd., 1992 Adang vd., 1993 Perlak vd., 1993 Newell vd., 1995 Morán vd., 1998 Gatehouse vd., 1999 Meiyalaghan vd., 2006 Jacobs vd., 2009 Mi vd., 2015 Salehian vd., 2021
Pirinç (*Oryza sativa*)	*Cry1A(b)* *Cry1A(c)* *PinII*	Lepidoptera Hemiptera	Fujimoto vd., 1993 Wunn vd., 1996 Cheng vd., 1998

	Cry1C *Cry2AX1* SBK + SCK *GNA* *ASAL* *DB1/ G95A-mALS*		Bashir vd., 2005 Tang vd., 2006 Zhang vd., 2013 Ramesh vd., 2004 Yoshimura vd., 2012 Chandrasekhar vd., 2014 Chakraborty vd., 2016 Boddupally vd., 2018 Liu vd., 2022
Soya fasulyesi (*Glycine max*)	*Cry1Ab* *Cry1Ac* *Cry8-like* *eCry1Gb.1Ig*	Lepidoptera	Parrott vd., 1994 Dufourmantel vd., 2005 Dang vd., 2007 Qin vd., 2019 Je vd., 2022 Chae vd., 2022
Yonca (*Medicago sativa*)	*Cry3a*	Coleoptera	Tohidfar vd., 2013

2.2. Zararli Böceklerin Mücadelesinde RNA İnterferansin Kullanimi

2.2.1. RNA interferansın tanımı

RNA interferans (RNAi), protein sentezinin düzenlenmesinde ve bağışıklıkta rolü olan doğal bir süreçtir. Aynı zamanda gen ifadesinin araştırılması ve manipülasyonu için de güçlü bir araçtır. RNAi, hedef genin susturulmasında ve gen fonksiyonunu incelemek için değerli bir revers (ters) genetik aracıdır (Hannon, 2022). Transkripsiyonel gen susturma (TGS) ve transkripsiyon sonrası gen susturma (PTGS) olarak ikiye ayrılır. RNAi olarak da bilinen PTGS, mRNA bozulması yoluyla hedef genlerin ekspresyonunu engellemek için sıklıkla kullanılan oldukça spesifik bir homoloji bazlı gen susturma aracıdır (Small, 2007). RNAi, çift sarmallı RNA (dsRNA) moleküllerinin hücrede bulunmasıyla tetiklenir. mikro RNA'lar (miRNA'lar) ve küçük müdahaleci RNA'lar (siRNA'lar), bitkilerde gen susturulmasını başlatan küçük kodlamayan RNA'ların iki ana sınıfıdır (Axtell 2013). siRNA yapıları, uzun dsRNA öncüllerinin ribonükleaz III Dicer benzeri (DCL) enzim tarafından bölünmesinden sonra üretilen 21 ila 25 nükleotidlik kısa dublekslerdir (Zamore vd., 2000; Bernstein vd., 2001). Daha sonra, RNA

kaynaklı susturma kompleksi (RISC), argonot ve diğer efektör proteinler aracılığıyla miRNA'lar veya siRNA'lar, tamamlayıcı mRNA moleküllerine bağlanır ve ardından mRNA'nın parçalanması ve hedef genin susturulmasına neden olur (Bosher ve Labouesse, 2000; Kim ve Rossi, 2007; Mittal vd., 2011). RNAi-aracılı hedef gen susturma potansiyelinden faydalanarak bu teknoloji hem böceğe dayanıklı transgenik bitkilerin geliştirmesinde hem de böceklerle biyolojik mücadele yöntemlerinde kullanılmaktadır.

2.2.2. RNAi teknolojisinin zararlılarla mücadeledeki potansiyeli

RNAi teknolojisi zararlı böcek popülasyonlarının kontrolünde iyi bir potansiyele sahiptir ve bunun nedenleri ise gen susturulmasına karşı direnç geliştirme riskinin orta düzeyde olması, dsRNA hedef olmayan türleri etkilemeden büyük bir doğrulukla uygun transkripti hedefleyebilmesi, dsRNA'nın geniş ekim alanlarına püskürtülebilir formlarda formüle edilebilmesi, böylece böcekleri seçici olarak hedefleyebilmesi ve dsRNA'nın hem sokucu emici hem de çiğneyen böcekler için etkili olmasıdır. Ancak, dsRNA'nın böcek tarafından alınmasından önce degrade olması veya böcek bağırsağında degrade olması, türler arasında RNAi etkilerinin değişkenliği, bağırsak epitel hücreleri tarafından zayıf alımı ve dsRNA amplifikasyonunun olmaması, şu anda zararlı böcek mücadelesinde RNAi yaklaşımını sınırlayan engellerden bazılarıdır (Denecke vd., 2018).

2.2.3. Zararlıların kontrolünde uygulanan RNAi teknolojisinin farklı yaklaşımları

RNAi yöntemi hedef böceklerde hayati genleri susturarak böcek türlerine özgü bir alternatif mücadele yöntemi sağlamaktadır. RNAi teknolojisi ile zararlılarla mücadelede üç yaklaşım bulunmaktadır. Bu üç yaklaşım konakçı bitki (HIGS), virüs (VIGS) ve sprey (SIGS) aracılı gen susturması olarak bilinmektedirler. HIGS yaklaşımında, bitkilerin zararlılara karşı direnç kazanabilmeleri amacıyla böcekteki hedef genin dsRNA'sını üretebilen genetik yapılar bitki genomuna aktarılır (Bolognesi vd., 2012). VIGS yaklaşımında dsRNA'yı üreten genetik yapılar virüslerin genomuna klonlanıp ve virüsler aracılığıyla böceklere aktarılarak zirai mücadelede kullanılır (Taning vd., 2018; Kontogiannatos vd., 2013). SIGS yaklaşımında dsRNA yapıları mikroenjeksiyon, topikal uygulama, daldırma yöntemlerle

veya ağız yoluyla ve beslenerek böceğe verir (Yu vd., 2013). Bu yöntemler arasından beslenme yoluyla uygulama özellikle çiğneme yoluyla beslenen böceklerde önemli derecede etkili olmaktadır. Mikroenjeksiyon yöntemi zahmetli ve bazen böceklerin küçük vücut boyutu nedeniyle zorlayıcıdır. Bu yöntem zararlı böcek mücadelesinde pratik bir yöntem değildir ancak dsRNA için uygun genleri araştırmak ve tespit etmek için iyi bir yöntemdir (Dzitoyeva vd., 2001). Topikal uygulama, dış iskelet yoluyla doğrudan dsRNA uygulaması olarak tanımlanır. Bu yöntemde dsRNA doğrudan böceğin gövdesi üzerine sprey yapılır (El-Shesheny vd., 2013). Topikal uygulama yöntemlerinde, böceklerin derisi dsRNA'nın nüfuzu ve hücrelere teslimatında yapısal engeller oluşturur (Yu vd., 2013). Bu yöntem mikroenjeksiyona göre daha az emek ister ancak sadece birkaç çalışmada bu yaklaşımı kullanarak umut verici sonuçlar elde edilmiştir (Killiny vd., 2014; Yu vd., 2017). Bir araştırmada beş *sitokrom P450* genini hedef alan dsRNA solüsyonu topikal olarak *Diaphorina citri*'nin torasik bölgesine uygulanmıştır. Sonuçlara göre dsRNA uygulanan ergin böceklerde ölüm oranının dsRNA uygulanmamış kontrol böceklere nazaran önemli derecede daha yüksek olduğu görünmüştür (Wang vd., 2011). Bir diğer yöntemde dsRNA besleme yoluyla böceğe verilir. Bu yöntem mikroenjeksiyon yönteminin aksine böcek vücudunda fiziksel yaralanmaya neden olmaz ancak invaziv bir yöntem değildir. *İn vitro*'da ve kit ile dsRNA üretimiyle kıyaslandığında, bir mikroorganizma ile ifadesi sağlanan dsRNA'nın zararlıların mücadelesinde kullanılması uygun maliyetlidir ve büyük ölçekli gen fonksiyon analizlerinde ve saha uygulamalarında pratik ve kolay bir yöntemdir. Bakteri ile ifade edilen dsRNA'nın ağızdan verilmesinin bazı böceklerde RNAi için oldukça etkili olduğu bildirilmiştir (Baum vd., 2007; Zhu vd., 2011; Rangasamy ve Siegfried, 2012; Khajuria vd., 2015), ancak diğer böcek takımlarında değişken sonuçlar görünmüştür. Farklı böcek zararlı türlerinde dsRNA çalışmalarının verimi değişken olduğundan hedef böcekte dsRNA etkisinin araştırılması büyük önem taşımaktadır.

2.2.4. Böcek genlerinin bitki aracılı RNAi susturulması

Bitkilerdeki RNAi mekanizması doğal olarak onları virüslerden korur, ancak şu anda böcek-bitki etkileşimi çalışmaları da dahil olmak üzere farklı amaçlar için kullanılmaktadır (Khabbazi vd., 2020). RNAi, zararlı böceklerin

yönetimi stratejilerinde yeni bir yol açtı. Bu teknoloji özellikle coleoptera takımına ait böcekleri kontrol etmede etkilidir, oysa lepidoptera ve hemiptera sınıfına ait böcekler RNAi'ye tepki olarak dirençlidir ve bu durum, bu türlerde RNAi kullanımını sınırlayan biyolojik bariyerlerden kaynaklanabilir (Terenius vd., 2011; Baum ve Roberts, 2014). Konakçı bitki aracılı gen susturmada (HIGS), RNAi teknolojisi sokucu emici ve çiğneyen türler dahil olmak üzere farklı zararlı böceklerin yönetiminde başarıyla kullanılmıştır. Bu yöntemde, zararlıların hayati genlerini hedef alacak dsRNA genetik yapıları bitkilere aktarılır ve konakçı bitki dsRNA'yı üretir. Böcekler transgenik bitkilerle beslendikten sonra, dsRNA'lar böceğin tükürük bezlerine veya bağırsağına transfer olup ve hücrelere alınan dsRNA'lar böcek RNAi mekanizmasını etkinleştirir ve hedef genleri susturur (Zhang vd., 2017).

Yaprak bitleri, bitkilerin soymuk burularından beslenerek ve ayrıca taşıdıkları olası viral hastalıklarını bitkilere aktararak zarar verirler. Yaprak bitleri üzerine yapılan HIGS aracılı RNAi çalışmaları, genellikle *Myzus persicae* ve *Sitobion avenae* türlerinin yönetimi amaçla, arabidopsis (*Arabidopsis thaliana*), tütün (*Nicotiana tabacum*; *N. benthamiana*), domates (*Solanum lycopersicum*) ve buğday (*Triticum aestivum*) konakçı bitkilerine odaklanmıştır (Zhang vd., 2022). Yaprak bitlerinin *Rack1* reseptörü, MpPIntO2 ve Mp55 tükürük efektörleri, Asetilkolinesteraz 1 (*Ace1*), çinko parmak proteini (*SaZFP*), Chitin synthase 1(*CHS1*) ve Karboksilesteraz (*CbE E4*) gibi genlerin susturulmasıyla bu böceklerin doğurganlığı olumsuz yönde etkilenmiştir.

Pamuk koza kurdu, *Helicoverpa armigera*, Lepidoptera takımına ait ve ciddi derecede tarla bitkilerinin zararlısıdır. Pamuk bitkisi içerdiği gozipol polifenolik bileşiklerinden dolayı kendini bu böceklerden koruma potansiyeline sahip olsa da, *H. armigera* P450 monooksijenaz geni, CYP6AE14, sayesinde bu bileşiklerin orta dozlarını detoksifiye ederek tolere edebilir. CYP6AE14-RNAi yapılarının bitkilere aktarılması ve bu zararlının bu bitkiler üzerine beslenmesi P450 monooksijenaz enziminin üretiminin bastırılmasına ve larvaların büyümesinde yavaşlamaya neden olmuştur (Mao vd., 2007; 2011). Bir diğer araştırmada, *H. armigera*'nın kontrolü için bu böceğin kitinaz geni (*HaCHI*) hedef alınmıştır. Kitinaz, kitinin hidrolizinde görev alır ve bu nedenle böceklerin deri değiştirme ve metamorfozunda önemli role sahiptir (Agrawal vd., 2013). Bu gene ait RNAi yapılarının tütün

ve domates bitkilerinde ifade edilmesi bu bitkiler üzerine beslenen böceklerde kitinaz üretiminin ciddi derecede azalması sonuç olarak onların büyümesi ve hayatta kalmasını olumsuz etkilemiştir (Mamta vd., 2016). *Sl102* geni, *Spodoptera littoralis*'in immün hücresel yanıtlarında rol oynar. Bu genin, tütün bitkisi ve RNAi mekanizması aracılığıyla *S. littoralis* türünde susturması, bu böceklerin duyarlılığını Bt bazlı insektisitlere karşı artırmıştır (Di Lelio vd., 2022). Transgenik mısır bitkisinde (*Zea mays*) RNAi-*DvSnf7* geninin (*Sucrose non-fermenting 7*) ifade edilmesi, batı mısır kök kurduna (*Diabrotica virgifera*) karşı direnç kazandırmıştır (Baum vd., 2007) ancak *Snf7*-dsRNA etkisinin artırılması için *B. thuringiensis Cry* genleriyle eşlik edilmesi böcek ölümünü hızlandırır. *Cry* geninin *Snf7*-dsRNA ile birleştirilmesi böceklerin Bt toksinlerine karşı direnç geliştirmelerinin olasılığını düşürür (Head vd., 2017).

3. SONUÇ

Kenevir bitkisinin ekiminin yaygınlaşmasıyla önümüzdeki yıllarda bu bitkinin yetiştirildiği tarlalarda farklı zararlılar bu bitkinin üretim ve veriminin düşmesine neden olacaktır. Yeni tarım politikalarına göre tarımsal ürünlerin üretiminde kimyasal ilaç kullanımının azaltılması gerekmektedir. Bt transgenik bitkilerin geliştirilmesi kimyasal ilaçların kullanımında önemli düşüş ve verimin artışına sebep olmuştur. Ancak zamanla bu bitkilerin zararlılara karşı direncinin kırılganlaştığı tespit edilmiştir.

Bt genlerinin diğer toksin genleriyle birlikte bitkilere aktarılması bu direncin daha da uzun sürmesini sağlayabilir. Ancak toksin genlerin kısıtlı ve gelişen direncin kırılgan olması bu nesil bitkilerde bir dezavantaj sayılır. Bt bitkilerin devamında geliştirilen sonraki nesil zararlılara dayanıklı bitkilerde RNAi teknolojisi kullanıldı ancak ticari boyutta ekimleri Bt ürünler gibi olmamıştır. Bu bitkilerde zararlının kendisine özgü bir hayati genin dsRNA yapıları bitkiler tarafından üretilir ve bitkilerden beslendiği zaman böcek vücuduna transfer olup ve böceği olumsuz etkiler. Bu yöntem çeşitli zararlı böcekler ve farklı genleri hedef alarak önceki nesil bitkilere göre avantajlı sayılır. Ancak bunlara rağmen birçok ülkede transgenik bitkilerin kullanılması kamuoyunda endişe yaratmıştır. Bu kaygıların azaltılması için CRISPR/Cas teknolojisi aracılığıyla yeni nesil dirençli bitkilerin geliştirilmesi üzerine araştırmalar devam etmektedir. Ancak bu yaklaşımda bitki savunma

sistemlerinin moleküler mekanizmalarının aydınlatılması, böceklere dayanıklı bitki üretiminin ön şartıdır.

KAYNAKÇA

Acharjee, S., Sarmah, B.K., Kumar, P.A., Olsen, K., Mahon, R., Moar, W.J. ve Higgins, T.J.V. (2010). Expression of a sequence-modified cry2Aa gene for resistance to Helicoverpa armigera in chickpea (Cicer arietinum L.). Plant Science 178(3), 333-339.

Adang, M.J., Brody, M.S., Cardineau, G., Eagan, N., Roush, R.T., Shewmaker, C.K., ... ve McBride, K.E. (1993). The reconstruction and expression of a Bacillus thuringiensis cryIIIA gene in protoplasts and potato plants. Plant Molecular Biology 21(6), 1131-1145.

Agrawal, N., Sachdev, B., Rodrigues, J., Sree, K.S., and Bhatnagar, R.K. (2013). Development associated profiling of chitinase and microRNA of Helicoverpa armigera identified chitinase repressive microRNA. Scientific Reports 3(1), 1-6.

Ajayi, O. S. ve Samuel-Foo, M. (2021). Hemp pest spectrum and potential relationship between *Helicoverpa zea* infestation and hemp production in the United States in the face of climate change. Insects, 12(10), 940.

Anayol, E., Bakhsh, A., Karakoç, Ö. C., Onarıcı, S., Köm, D., Aasim, M., ... ve Özcan, S. (2016). Towards better insect management strategy: restriction of insecticidal gene expression to biting sites in transgenic cotton. Plant Biotechnology Reports, 10, 83-94.

Andkeeva, N. V. (1930). The hemp flea beetle and its economic importance. Bulletin of the North Black Soil Zone Region Agricultural Experiment Station, 1, 20–23 (In Russia).

Andre, C. M., Hausman, J. F., ve Guerriero, G. (2016). Cannabis sativa: the plant of the thousand and one molecules. Frontiers in plant science, 19.

Axtell, M.J. (2013). Classification and comparison of small RNAs from plants. Annual Review of Plant Biology 64, 137-159.

Bakhsh, A., Khabbazi, S. D., Baloch, F. S., Demirel, U., Çalişkan, M. E., Hatipoğlu, R., and Özkan, H. (2015). Insect-resistant transgenic crops: retrospect and challenges. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 39(4), 531-548.

Bakhsh, A., Anayol, E., Khabbazi, S. D., Karakoç, Ö. C., Sancak, C., ve Özcan, S. (2016). Development of insect-resistant cotton lines with

targeted expression of insecticidal gene. Archives of Biological Sciences, 68(4), 773-780.

Barbagallo S., Binazzi A., Cavalieri V., La Pergola A., Limonta L., (2009). Biodiversity and chorological outlines for Italian aphid fauna.- Redia, 92: 129-133.

Bashir, K., Husnain, T., Fatima, T., Riaz, N., Makhdoom, R., and Riazuddin, S. (2005). Novel indica basmati line (B-370) expressing two unrelated genes of Bacillus thuringiensis is highly resistant to two lepidopteran insects in the field. Crop Protection, 24(10), 870-879.

Baum, J.A., and Roberts, J.K. (2014). Progress towards RNAi-mediated insect pest management. In Advances in Insect Physiology (Vol. 47, pp. 249-295). Academic Press.

Baum, J.A., Bogaert, T., Clinton, W., Heck, G.R., Feldmann, P., Ilagan, O., ... ve Roberts, J. (2007). Control of coleopteran insect pests through RNA interference. Nature Biotechnology 25(11), 1322-1326.

Benowitz, K.M., Allan, C.W., Degain, B.A., Li, X., Fabrick, J.A., Tabashnik, B.E., ... and Matzkin, L.M. (2022). Novel genetic basis of resistance to Bt toxin Cry1Ac in Helicoverpa zea. Genetics 221(1), iyac037.

Bernstein, E., Caudy, A.A., Hammond, S.M., and Hannon, G.J. (2001). Role for a bidentate ribonuclease in the initiation step of RNA interference. Nature 409(6818), 363-366.

Blackman R. L., Eastop V. F. (2006). Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs.- J. Wiley ve Sons, Chichester, UK.

Blackman, R. L., and Eastop, V. F. (2008). Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs, 2 volume set. John Wiley ve Sons.

Blackman, R.L., and V.F. Eastop. (2023). Aphids on the World's Plants. An online identification and information guide. http://www.aphidsonworldsplants.info/. Erişim tarihi 11.11.2023.

Boddupally, D., Tamirisa, S., Gundra, S.R., Vudem, D.R., and Khareedu, V.R. (2018). Expression of hybrid fusion protein (Cry1Ac: ASAL) in transgenic rice plants imparts resistance against multiple insect pests. Scientific Reports, 8(1), 8458.

Bolognesi, R., Ramaseshadri, P., Anderson, J., Bachman, P., Clinton, W., Flannagan, R., ... ve Segers, G. (2012). Characterizing the mechanism

of action of double-stranded RNA activity against western corn rootworm (Diabrotica virgifera virgifera LeConte).

Booth, J. K., ve Bohlmann, J. (2019). Terpenes in Cannabis sativa–From plant genome to humans. Plant Science, 284, 67-72.

Bosher, J.M., and Labouesse, M. (2000). RNA interference: genetic wand and genetic watchdog. Nature Cell Biology 2(2).

Britt KE, Meierotto S, Morelos V and Wilson H (2022) First Year Survey of Arthropods in California Hemp. Front. Agron. 4:901416. doi: 10.3389/fagro.2022.901416

Bukejs, A. (2012). Taxonomical structure and biogeography of leaf-beetles (Coleoptera: Chrysomelidae sl) of the Latvian fauna. Acta Biologica Universitatis Daugavpiliensis, 12(3), 25-34.

Calles-Torrez, V., Knodel, J.J., Boetel, M.A., French, B.W., Fuller, B.W., and Ransom, J. K. (2019). Field-evolved resistance of northern and western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) populations to corn hybrids expressing single and pyramided Cry3Bb1 and Cry34/35Ab1 Bt proteins in North Dakota. Journal of Economic Entomology 112(4), 1875-1886.

Chae, H., Wen, Z., Hootman, T., Himes, J., Duan, Q., McMath, J., ... and Bramlett, M. (2022). eCry1Gb. 1Ig, A Novel Chimeric Cry Protein with high efficacy against multiple fall armyworm (Spodoptera frugiperda) strains resistant to different GM traits. Toxins 14(12), 852.

Chakraborti, D., Sarkar, A., Mondal, H.A., and Das, S. (2009). Tissue specific expression of potent insecticidal, Allium sativum leaf agglutinin (ASAL) in important pulse crop, chickpea (Cicer arietinum L.) to resist the phloem feeding Aphis craccivora. Transgenic Research, 18, 529-544.

Chakraborty, M., Reddy, P.S., Mustafa, G., Rajesh, G., Narasu, V.L., Udayasuriyan, V., and Rana, D. (2016). Transgenic rice expressing the cry 2AX1 gene confers resistance to multiple lepidopteran pests. Transgenic Research 25, 665-678.

Chandra, S., Lata, H., Mehmedic, Z., Khan, I. A., ve ElSohly, M. A. (2010). Assessment of cannabinoids content in micropropagated plants of Cannabis sativa and their comparison with conventionally propagated

plants and mother plant during developmental stages of growth. Planta medica, 76(07), 743-750.

Chandrasekhar, K., Reddy, G. M., Singh, J., Vani, K., Vijayalakshmi, M., Kaul, T., and Reddy, M. K. (2014). Development of transgenic rice harbouring mutated rice 5-enolpyruvylshikimate 3-phosphate synthase (Os-mEPSPS) and Allium sativum leaf agglutinin (ASAL) genes conferring tolerance to herbicides and sap-sucking insects. Plant Molecular Biology Reporter, 32, 1146-1157.

Cheng, J., Bolyard, M.G., Saxena, R.C., and Sticklen, M.B. (1992). Production of insect resistant potato by genetic transformation with a δ-endotoxin gene from Bacillus thuringiensis var. kurstaki. Plant Science 81(1), 83-91.

Cheng, X., Sardana, R., Kaplan, H., and Altosaar, I. (1998). Agrobacterium-transformed rice plants expressing synthetic cryIA (b) and cryIA (c) genes are highly toxic to striped stem borer and yellow stem borer. Proceedings of the National Academy of Sciences 95(6), 2767-2772.

Coeur D'Acier A., Hidalgo N. P., Petrovic-Obradovic O. (2010).- Aphids (Hemiptera, Aphididae).- BioRisk, 4 (1): 435-474.

Cranshaw, W. (2023). Insect management considerations in hemp production. http://hempinsects.agsci.colostate.edu/. Erişim tarihi 02.11.2023.

Cranshaw, W. S., Halbert, S. E., Favret, C., Britt, K. E., and Miller, G. L. (2018). Phorodon *Cannabis passerini* (Hemiptera: Aphididae), a Newly Recognized Pest in North America Found on Industrial Hemp. Insecta. Mundi. 0662, 1–12.

Cranshaw, W. ve Wainwright-Evans, S. (2020). Cannabis sativa as a host of rice root aphid (Hemiptera: Aphididae) in North America. Journal of Integrated Pest Management, 11(1), 15.

Cranshaw, W., Schreiner, M., Britt, K., Kuhar, T. P., McPartland, J., ve Grant, J. (2019). Developing insect pest management systems for hemp in the United States: A work in progress. Journal of Integrated Pest Management, 10(1), 26. 1-10 https://doi.org/10.1093/jipm/pmz023.

Czapla, T.H., and Lang, B.A. (1990). Effect of plant lectins on the larval development of European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) and

southern corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae). Journal of Economic Entomology 83(6), 2480-2485.

Dang, W., and Wei, Z.M. (2007). Efficient agrobacterium-mediated transformation of soybean. Journal of Molecular Cell Biology 40(3), 185-195.

De Meijer, E. P. M. (1995) Fibre hemp cultivars: A survey of origin, ancestry, availability and brief agronomic characteristics. Journal of the International Hemp Association, 2(2), 66-73.

Deist, B.R., Rausch, M.A., Fernandez-Luna, M.T., Adang, M.J., and Bonning, B.C. (2014). Bt toxin modification for enhanced efficacy. Toxins 6(10), 3005-3027.

Denecke, S., Swevers, L., Douris, V., ve Vontas, J. (2018). How do oral insecticidal compounds cross the insect midgut epithelium?. Insect biochemistry and molecular biology, 103, 22-35.

Di Lelio, I., Barra, E., Coppola, M., Corrado, G., Rao, R., and Caccia, S. (2022). Transgenic plants expressing immunosuppressive dsRNA improve entomopathogen efficacy against Spodoptera littoralis larvae. Journal of Pest Science 1-16.

Dufourmantel, N., Tissot, G., Goutorbe, F., Garcon, F., Muhr, C., Jansens, S., ... and Dubald, M. (2005). Generation and analysis of soybean plastid transformants expressing Bacillus thuringiensis Cry1Ab protoxin. Plant Molecular Biology 58, 659-668.

Dzitoyeva, S., Dimitrijevic, N., ve Manev, H. (2001). Intra-abdominal injection of double-stranded RNA into anesthetized adult Drosophila triggers RNA interference in the central nervous system. Molecular psychiatry, 6(6), 665-670.

Edde, P. A. (2021). Field crop arthropod pests of economic importance. Academic Press.

Eisemann, C.H., Donaldson, R.A., Pearson, R.D., Cadogan, L.C., Vuocolo, T., and Tellam, R.L. (1994). Larvicidal activity of lectins on Lucilia cuprina: mechanism of action. Entomologia Experimentalis et Applicata, 72(1), 1-10.

El-Shesheny, I., Hajeri, S., El-Hawary, I., Gowda, S., ve Killiny, N. (2013). Silencing abnormal wing disc gene of the Asian citrus psyllid,

Diaphorina citri disrupts adult wing development and increases nymph mortality. PloS one, 8(5), e65392.

Fedorenko, V. P., Kabanets′, V. V., ve Kabanets′, V. M. (2016). *Pests of cultivated hemp*. Kiev, Ukraine: National Academy of Agricultural Sciences of Ukraine, Institute of Plant Protection, Institute of Agriculture of the North East (In Ukrainian).

Fitzcharles, M. A., Clauw, D. J., ve Häuser, W. (2023). Cautious Hope for Cannabidiol (CBD) in Rheumatology Care. Arthritis care ve research, 75(6), 1371-1375.

Fujimoto, H., Itoh, K., Yamamoto, M., Kyozuka, J., and Shimamoto, K.O. (1993). Insect resistant rice generated by introduction of a modified δ-endotoxin gene of Bacillus thuringiensis. Biotechnology 11(10), 1151-1155.

Gassmann, A.J., Petzold-Maxwell, J.L., Keweshan, R.S., and Dunbar, M.W. (2011). Field-evolved resistance to Bt maize by western corn rootworm. PLoS One 6(7), e22629.

Gatehouse, A. M., Hilder, V. A., Powell, K., Boulter, D., ve Gatehouse, J. A. (1992). Potential of plant-derived genes in the genetic manipulation of crops for insect resistance. In Proceedings of the 8th International Symposium on Insect-Plant Relationships (pp. 221-234). Springer Netherlands.

Gatehouse, A.M., Davison, G.M., Stewart, J.N., Gatehouse, L.N., Kumar, A., Geoghegan, I. E., ... and Gatehouse, J.A. (1999). Concanavalin A inhibits development of tomato moth (Lacanobia oleracea) and peach-potato aphid (Myzus persicae) when expressed in transgenic potato plants. Molecular Breeding 5, 153-165.

Gilligan, T. M. and Epstein, M. E. (2014). *Grapholita delineana*. https://idtools.org/id/leps/tortai/Grapholita_delineana.htm Erişim tarihi: 16.11.2023.

Gilligan, T. M., ve Passoa, S. C. (2014). LepIntercept—An identification resource for intercepted Lepidoptera larvae. Retrieved June 24, 2020.

Halbert, S.E. 2016. Entomology section. P.J. Anderson and G.S Hodges (Editors). TRI-OLOGY 55(4):5.

Halfhill, M.D., Richards, H.A., Mabon, S.A., and Stewart, C.N. (2001). Expression of GFP and Bt transgenes in Brassica napus and

hybridization with Brassica rapa. Theoretical and Applied Genetics 103, 659-667.

Hannon, G.J. (2002). RNA interference. Nature 418(6894), 244-251.

Harada, T. (1930). On the Insects injurious to Hemp, especially Rhinoncus pericarpius, L. Insect World, 34.

Head, G.P., Carroll, M.W., Evans, S.P., Rule, D.M., Willse, A.R., Clark, T.L., ... and Meinke, L.J. (2017). Evaluation of SmartStax and SmartStax PRO maize against western corn rootworm and northern corn rootworm: efficacy and resistance management. Pest Management Science 73(9), 1883-1899.

Holman J. (2009).- Host plant catalog of aphids - Palaearctic region.- Springer, Berlin, Germany.

Huang, J.,ve Colonnelli, E. (2014). On the true identity of *Curculio pericarpius* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Curculionidae). Fragmenta entomologica, 46(1-2), 117-120.

Ibrahim, M.A., Griko, N., Junker, M., and Bulla, L.A. (2010). Bacillus thuringiensis: a genomics and proteomics perspective. Bioengineered Bugs 1(1), 31-50.

Ilie, A. L., Marinescu, M., ve Ilie, L. C. (2022). Researches About The Leaf Beetles (Chrysomelıdae, Coleoptera) of Tulca Area (Bıhor County, Romanıa). Current Trends in Natural Sciences, 11(21), 265-270.

Indurker S., Misra, H.S., and Eapen, S. (2010). Agrobacterium-mediated transformation in chickpea (Cicer arietinum L.) with an insecticidal protein gene: optimisation of different factors. Physiology and Molecular Biology of Plants 16, 273-284.

Jacobs, J.M., Takla, M.F., Docherty, L.C., Frater, C.M., Markwick, N.P., Meiyalaghan, S., and Conner, A.J. (2009). Potato transformation with modified nucleotide sequences of the cry 9Aa2 gene improves resistance to potato tuber moth. Potato Research 52, 367-378.

Je, Y.H., Chung, Y.S., and Ngo, X.B. (2022). Convergence of Bar and Cry1Ac mutant genes in soybean confers synergistic resistance to herbicide and lepidopteran insects. Inducing Plant Resistance Against Insects Using Exogenous Bioactive Chemicals: Key Advances and Future Perspectives. Pp

Kennedy, J. S., Day, M. F. ve Eastop, V. F. (1962). A conspectus of aphids as

vectors of plant viruses. London, England: Commonwealth Institute of Entomology.

Khabbazi, S.D., Bakhsh, A., Sancak, C., and Özcan, S. (2016). Molecular characterization of snowdrop lectin (GNA) and its comparison with reported lectin sequences of Amaryllidaceae. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding 52(3), 94-100.

Khabbazi, S.D., Khabbazi, A. D., Cevik, V., ve Ergül, A. (2021). CRISPR/Cas9 System, an Efficient Approach to Genome Editing of Plants for Crop Improvement. RNA-Based Technologies for Functional Genomics in Plants, 369-391.

Khabbazi, S.D., Khabbazi, A.D., Cevik, V., and Ergül, A. (2020). Genetic engineering of horticultural crops contributes to the improvement of crop nutritional quality and shelf life. Transgenic Technology Based Value Addition in Plant Biotechnology, 247-272.

Khabbazi, S.D., Khabbazi, A.D., Özcan, S.F., Bakhsh, A., Başalma, D., and Özcan, S. (2018). Expression of GNA and biting site-restricted cry1Ac in cotton; an efficient attribution to insect pest management strategies. Plant Biotechnology Reports 12, 273-282.

Khajuria, C., Vélez, A. M., Rangasamy, M., Wang, H., Fishilevich, E., Frey, M. L., ... ve Siegfried, B. D. (2015). Parental RNA interference of genes involved in embryonic development of the western corn rootworm, Diabrotica virgifera virgifera LeConte. Insect biochemistry and molecular biology, 63, 54-62.

Khan, G.A., Bakhsh, A., Riazuddin, S., and Husnain, T. (2011). Introduction of cry1Ab gene into cotton (Gossypium hirsutum) enhances resistance against Lepidopteran pest (Helicoverpa armigera). Spanish Journal of Agricultural Research 9(1), 296-302.

Killiny, N., Hajeri, S., Tiwari, S., Gowda, S., ve Stelinski, L. L. (2014). Double-stranded RNA uptake through topical application, mediates silencing of five CYP4 genes and suppresses insecticide resistance in Diaphorina citri. PloS one, 9(10), e110536.

Kim, D.H., and Rossi, J.J. (2007). Strategies for silencing human disease using RNA interference. Nature Reviews Genetics 8(3), 173-184.

Klausner, A. (1984). Microbial insect control: using bugs to kill bugs. Biotechnology 2(5), 408-419.

Kontogiannatos, D., Swevers, L., Maenaka, K., Park, E. Y., Iatrou, K., ve Kourti, A. (2013). Functional characterization of a juvenile hormone esterase related gene in the moth Sesamia nonagrioides through RNA interference. PLoS One, 8(9), e73834.

Koul, B., Srivastava, S., Sanyal, I., Tripathi, B., Sharma, V., and Amla, D.V. (2014). Transgenic tomato line expressing modified Bacillus thuringiensis cry1Ab gene showing complete resistance to two lepidopteran pests. SpringerPlus 3(1), 1-13.

Koziel, M.G., Beland, G.L., Bowman, C., Carozzi, N.B., Crenshaw, R., Crossland, L., ... and Evola, S.V. (1993). Field performance of elite transgenic maize plants expressing an insecticidal protein derived from Bacillus thuringiensis. Biotechnology 11(2), 194-200.

Kumar, H., and Kumar, V. (2004). Tomato expressing Cry1A (b) insecticidal protein from Bacillus thuringiensis protected against tomato fruit borer, Helicoverpa armigera (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) damage in the laboratory, greenhouse and field. Crop Protection 23(2), 135-139.

Labanowski G., (2008). Aphids (Hemiptera, Aphidoidea) on ornamental plants under covers. - Aphids and other Hemipterous Insects, 14: 21-37.

Lagos-Kutz, D., Potter, B., DiFonzo, C., Russell, H., ve Hartman, G. L. (2018). Two aphid species, *Phorodon cannabis* and *Rhopalosiphum rufiabdominale*, identified as potential pests on industrial hemp, *Cannabis sativa* L., in the US Midwest. Crop Forage Turfgrass Manag, 4, 180032.

Liu, Y., Han, S., Yang, S., Chen, Z., Yin, Y., Xi, J., ... and Hao, D. (2022). Engineered chimeric insecticidal crystalline protein improves resistance to lepidopteran insects in rice (Oryza sativa L.) and maize (Zea mays L.). Scientific Reports 12(1), 12529.

Mahmood-ur-Rahman KH, Khan MA, Bakhsh A, Rao AQ (2021) 01. An insight of cotton leaf curl 654 virus: a devastating plant pathogenic begomovirus. Pure Appl Biol 1(3):52–58.

Mahmood-ur-Rahman KH, Khan MA, Bakhsh A, Rao AQ (2021) 01. An insight of cotton leaf curl 654 virus: a devastating plant pathogenic begomovirus. Pure Appl Biol 1(3):52–58.

Majeed, A. (2005). Expression of proteinase inhibitor gene in cotton. PhD, University of the Punjab, Lahore, Pakistan.

Mamta, Reddy, K.R.K., and Rajam, M.V. (2016). Targeting chitinase gene of Helicoverpa armigera by host-induced RNA interference confers insect resistance in tobacco and tomato. Plant Molecular Biology 90, 281-292.Mandaokar, A.D., Goyal, R.K., Shukla, A., Bisaria, S., Bhalla, R., Reddy, V. S., ... and Kumar, P.A. (2000). Transgenic tomato plants resistant to fruit borer (Helicoverpa armigera Hubner). Crop Protection 19(5), 307-312.

Mamta, Reddy, K.R.K., and Rajam, M.V. (2016). Targeting chitinase gene of Helicoverpa armigera by host-induced RNA interference confers insect resistance in tobacco and tomato. Plant Molecular Biology 90, 281-292.Mandaokar, A.D., Goyal, R.K., Shukla, A., Bisaria, S., Bhalla, R., Reddy, V. S., ... and Kumar, P.A. (2000). Transgenic tomato plants resistant to fruit borer (Helicoverpa armigera Hubner). Crop Protection 19(5), 307-312.

Manole, T. (2018). Study of *Rhinoncus pericarpius* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae) biology, an important pest of herb patience and rhubarb in Romania. Scientific Papers – Series A, Agronomy, 61(1), 322–333.

Manole, T. (2018). Study of *Rhinoncus pericarpius* (Linneus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae) Bıology, An Important Pest Of Herb Patıence And Rhubarb In Romanıa. Scıentıfic Papers, 322.

Mao, Y.B., Cai, W.J., Wang, J.W., Hong, G.J., Tao, X.Y., Wang, L.J., ... and Chen, X.Y. (2007). Silencing a cotton bollworm P450 monooxygenase gene by plant-mediated RNAi impairs larval tolerance of gossypol. Nature Biotechnology 25(11), 1307-1313.

Mao, Y.B., Tao, X.Y., Xue, X.Y., Wang, L.J., and Chen, X.Y. (2011). Cotton plants expressing CYP6AE14 double-stranded RNA show enhanced resistance to bollworms. Transgenic Research 20, 665-673.

McPartland, J. M., Clarke, R. C., ve Watson, D. P. (2000). Hemp diseases and pests: management and biological control: an advanced treatise. CABI.

McPartland, J. M., ve Rhode, B. (2005). New hemp diseases and pests in New Zealand. Journal of Industrial Hemp, 10(1), 99-108.

Mehrotra, M., Singh, A.K., Sanyal, I., Altosaar, I., and Amla, D.V. (2011). Pyramiding of modified cry1Ab and cry1Ac genes of Bacillus thuringiensis in transgenic chickpea (Cicer arietinum L.) for improved

resistance to pod borer insect Helicoverpa armigera. Euphytica 182, 87-102.

Meiyalaghan, S., Jacobs, J.M.E., Butler, R.C., Wratten, S.D., and Conner, A.J. (2006). Transgenic potato lines expressing cry 1Ba1 or cry 1Ca5 genes are resistant to potato tuber moth. Potato Research 49, 203-216.

Mi, X., Ji, X., Yang, J., Liang, L., Si, H., Wu, J., ... and Wang, D. (2015). Transgenic potato plants expressing cry3A gene confer resistance to Colorado potato beetle. Comptes Rendus Biologies 338(7), 443-450

Miller, W. E. (1982). *Grapholita delineana* (Walker), a Eurasian hemp moth, discovered in North America. Annals of the Entomological Society of America, 75(2), 184-186.

Mittal, P., Yadav, R., Devi, R., Tiwari, A., Upadhye, S.P., and Gosal, S.S. (2011). Wondrous RNAi-gene silencing. Biotechnology 10(1), 41-50.

Morán, R., Garcıa, R., López, A., Zaldúa, Z., Mena, J., Garcıa, M., ... and Pimentel, E. (1998). Transgenic sweet potato plants carrying the delta-endotoxin gene from Bacillus thuringiensis var. tenebrionis. Plant Science 139(2), 175-184.

Newell, C.A., Lowe, J.M., Merryweather, A., Rooke, L.M., and Hamilton, W.D.O. (1995). Transformation of sweet potato (Ipomoea batatas (L.) Lam.) with Agrobacterium tumefaciens and regeneration of plants expressing cowpea trypsin inhibitor and snowdrop lectin. Plant Science 107(2), 215-227.

Önen, H. (2020). Endüstriyel Kenevirde Hastalık, Zararlı ve Yabancı Ot Mücadelesi. Harf Yayınları, Büyük Reşitpaşa Cad. Yümni İşmerkezi No: 22/2, Fatih/İstanbul, p 92.

Parrott, W.A., All, J.N., Adang, M.J., Bailey, M.A., Boerma, H.R., and Stewart, C.N. (1994). Recovery and evaluation of soybean plants transgenic for a Bacillus thuringiensis var. kurstaki insecticidal gene. In Vitro Cellular ve Developmental Biology-Plant 30, 144-149.

Peferoen, M., Jansens, S., Reynaerts, A., and Leemans, J. (1990). Potato plants with engineered resistance against insect attack. The Molecular and Cellular Biology of the Potato., 193-204.

Perlak, F.J., Deaton, R.W., Armstrong, T.A., Fuchs, R.L., Sims, S.R., Greenplate, J.T., and Fischhoff, D.A. (1990). Insect resistant cotton plants. Biotechnology 8(10), 939-943.

Perlak, F.J., Fuchs, R.L., Dean, D.A., McPherson, S.L., and Fischhoff, D.A. (1991). Modification of the coding sequence enhances plant expression of insect control protein genes. Proceedings of the National Academy of Sciences 88(8), 3324-3328.

Perlak, F.J., Stone, T.B., Muskopf, Y.M., Petersen, L.J., Parker, G.B., McPherson, S.A., ... and Fischhoff, D.A. (1993). Genetically improved potatoes: protection from damage by Colorado potato beetles. Plant Molecular Biology 22, 313-321.

Peumans, W.J., and van Damme, E.J.M. (1996). Prevalence, biological activity and genetic manipulation of lectins in foods. Trends in Food Science and Technology 7(4), 132-138.

Powell, W., and J.K. Pell. (2007). Biological control. In: Aphids as crop pests. H.F. van Emden and Richard Harrington, editors. CABI, Wallingford, UK. p. 469–513.

Pushpa, R., Raveenderan, T.S., Rajeswari, S., Amalabalu, P., and Punitha, D. (2013). Genetic transformation of cry1EC gene into cotton (Gossypium hirsutum L.) for resistance against Spodoptera litura. African Journal of Biotechnology 12(15).

Qaim, M. (2009). The economics of genetically modified crops. Annu. Rev. Resour. Econ., 1(1), 665-694.

Qin, D., Liu, X.Y., Miceli, C., Zhang, Q., and Wang, P.W. (2019). Soybean plants expressing the Bacillus thuringiensis cry8-like gene show resistance to Holotrichia parallela. BMC Biotechnology 19, 1-12.

Rahnama, H., and Sheykhhasan, M. (2016). Transformation and light inducible expression of cry1Ab gene in oilseed rape (Brassica napus L.). Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran 27(4), 313-319.

Rak Cizej, M., ve Milevoj, L. (2009). Feedıng Preference Of The Hop Flea Beetle (*Psylliodes attenuates Koch*). Of the Scientific Commission, 85.

Rakauskas, R., Havelka, J. and Bernotiene, R. (2015). *Rhopalosiphum rufiabdominale*: first records from winter host plants in Europe. Bulletin of Insectology, 68(1), 73-81.

Rak-Cizej, M., ve Milevoj, L. (2005). The hop flea beetle (*Psylliodes attenuatus* Koch) monitoring with color sticky traps. In Lectures and papers presented at the 7th Slovenian Conference on Plant Protection,

Zreče, Slovenia, 8-10 March 2005 (pp. 333-341). Društvo za varstvo rastlin Slovenije.

Ramachandran, S., Buntin, G.D., All, J.N., Tabashnik, B.E., Raymer, P.L., Adang, M.J., ... and Stewart Jr, C.N. (1998). Survival, development, and oviposition of resistant diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) on transgenic canola producing a Bacillus thuringiensis toxin. Journal of Economic Entomology 91(6), 1239-1244.

Ramesh, S., Nagadhara, D., Reddy, V.D., and Rao, K.V. (2004). Production of transgenic indica rice resistant to yellow stem borer and sap-sucking insects, using super-binary vectors of Agrobacterium tumefaciens. Plant Science 166(4), 1077-1085.

Rangasamy, M., ve Siegfried, B. D. (2012). Validation of RNA interference in western corn rootworm Diabrotica virgifera virgifera LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae) adults. Pest Management Science, 68(4), 587-591.

Razzaq, A., Ali, A., Zahid, S., Malik, A., Pengtao, L., Gong, W., ... and Zafar, M.M. (2023). Engineering of cry genes “Cry11 and Cry1h” in cotton (Gossypium hirsutum L.) for protection against insect pest attack. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 1-13.

Salehian, H., Rahnama, H., Dezhsetan, S., and Babaei, S. (2021). Constitutive expression of a synthetic cry1Ab gene confers resistance to potato tuber moth (Phthorimaea operculella Zeller) larva. Crop Breeding and Applied Biotechnology 21.

Salentijn, E. M., Zhang, Q., Amaducci, S., Yang, M., ve Trindade, L. M. (2015). New developments in fiber hemp (Cannabis sativa L.) breeding. Industrial crops and products, 68, 32-41.

Santos, E.N., Menezes, L.P., Dolabella, S.S., Santini, A., Severino, P., Capasso, R., ... and Jain, S. (2022). Bacillus thuringiensis: From biopesticides to anticancer agents. Biochimie 192, 83-90.

Sanyal, I., Singh, A.K., Kaushik, M., and Amla, D.V. (2005). Agrobacterium-mediated transformation of chickpea (Cicer arietinum L.) with Bacillus thuringiensis cry1Ac gene for resistance against pod borer insect Helicoverpa armigera. Plant Science 168(4), 1135-1146.

Sarker, S., Woo, Y. H., ve Lim, U. T. (2020). Laboratory evaluation of *Beauveria bassiana* ARP14 against *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). Current Microbiology.

Schmidt, H. E., Karl, E. (1970). Ein beitrage zur analyse der virosen des hanfes (*Cannabis sativa* L.) unter berücksichigung der hanfblattlaus (*Phorodon cannabis* Pass.) als virusvektor. Zentralblatt fur Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten und Hygiene 125, 16-22.

Siddiqui, H.A., Asif, M., Asad, S., Naqvi, R.Z., Ajaz, S., Umer, N., ... and Mansoor, S. (2019). Development and evaluation of double gene transgenic cotton lines expressing Cry toxins for protection against chewing insect pests. Scientific Reports 9(1), 11774.

Siddiqui, H.A., Asif, M., Naqvi, R.Z., Shehzad, A., Sarwar, M., Amin, I., and Mansoor, S. (2023). Development of modified Cry1Ac for the control of resistant insect pest of cotton, Pectinophora gossypiella. Gene 856, 147113.

Singh, P., GK, S., Thakur, S., Rathore, M., Verma, O.P., Singh, N.P., and Das, A. (2022). Evaluation of transgenic chickpea harboring codon-modified Vip3Aa against gram pod borer (Helicoverpa armigera H.). PLoS One 17(6), e0270011.

Small, I. (2007). RNAi for revealing and engineering plant gene functions. Current Opinion in Biotechnology 18(2), 148-153.

Smith, G. E., ve Haney, A. (1973). *Grapholitha tristrigana* (Lepidoptera: Tortricidae) on naturalized hemp (*Cannabis sativa* L.) in east-Central Illinois. Vol. 66 (pp. 38–41). Transactions Illinois State Academy Science.

Smith, J.L., Farhan, Y., and Schaafsma, A.W. (2019). Practical resistance of Ostrinia nubilalis (Lepidoptera: Crambidae) to Cry1F Bacillus thuringiensis maize discovered in Nova Scotia, Canada. Scientific Reports 9(1), 18247.

Stewart Jr, C.N., Adang, M.J., All, J.N., Raymer, P.L., Ramachandran, S., and Parrott, W.A. (1996). Insect control and dosage effects in transgenic canola containing a synthetic Bacillus thuringiensis cryIAc gene. Plant Physiology 112(1), 115-120.

Stoger, E., Williams, S., Christou, P., Down, R.E., and Gatehouse, J.A. (1999). Expression of the insecticidal lectin from snowdrop (Galanthus nivalis agglutinin; GNA) in transgenic wheat plants: effects on predation by the grain aphid Sitobion avenae. Molecular Breeding 5, 65-73.

Tabashnik, B.E., and Carrière, Y. (2017). Surge in insect resistance to transgenic crops and prospects for sustainability. Nature Biotechnology 35(10), 926-935.

Tabashnik, B.E., and Carrière, Y. (2019). Global patterns of resistance to Bt crops highlighting pink bollworm in the United States, China, and India. Journal of Economic Entomology 112(6), 2513-2523.

Tabashnik, B.E., Brévault, T., and Carrière, Y. (2013). Insect resistance to Bt crops: lessons from the first billion acres. Nature Biotechnology 31(6), 510-521.

Tabashnik, B.E., Finson, N., Johnson, M.W., and Moar, W.J. (1993). Resistance to toxins from Bacillus thuringiensis subsp. kurstaki causes minimal cross-resistance to B. thuringiensis subsp. aizawai in the Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). Applied and Environmental Microbiology 59(5), 1332-1335.

Takizawa, H. (2005). A revision of the genus Psylliodes Latreille in Japan (Chrysomelidae: Alticinae). Insecta matsumurana. New series: journal of the Faculty of Agriculture Hokkaido University, series entomology., 62, 175-185.

Tang, W., Chen, H., Xu, C., Li, X., Lin, Y., and Zhang, Q. (2006). Development of insect-resistant transgenic indica rice with a synthetic cry1C* gene. Molecular Breeding 18, 1-10.

Taning, C. N., Christiaens, O., Li, X., Swevers, L., Casteels, H., Maes, M., ve Smagghe, G. (2018). Engineered flock house virus for targeted gene suppression through RNAi in fruit flies (Drosophila melanogaster) in vitro and in vivo. Frontiers in physiology, 9, 805.

Tariq, M., Tabassum, B., Bakhsh, A., Farooq, A.M., Qamar, Z., Akram, F., ... and Nasir, I.A. (2022). Heterologous expression of cry1Ia12 insecticidal gene in cotton encodes resistance against pink bollworm, Pectinophora gossypiella (Lepidoptera: Gelechiidae); an alternate

insecticidal gene for insect pest management. Molecular Biology Reports 49(11), 10557-10564.

Terenius, O., Papanicolaou, A., Garbutt, J.S., Eleftherianos, I., Huvenne, H., Kanginakudru, S., ... and Smagghe, G. (2011). RNA interference in Lepidoptera: an overview of successful and unsuccessful studies and implications for experimental design. Journal of Insect Physiology 57(2), 231-245.

Toenniessen, G.H., O'Toole, J.C., and DeVries, J. (2003). Advances in plant biotechnology and its adoption in developing countries. Current Opinion in Plant Biology 6(2), 191-198.

Tohidfar, M., Gharahyazi, B., Mousavi, M., Yazdani, S., and Golabchian, R. (2008). Agrobacterium-mediated transformation of cotton (Gossypium hirsutum) using a synthetic cry1Ab gene for enhanced resistance against Heliothis armigera. Iranian Journal of Biotechnology6(3), 164–173.

Tohidfar, M., Zare, N., Jouzani, G.S., and Eftekhari, S.M. (2013). Agrobacterium-mediated transformation of alfalfa (Medicago sativa) using a synthetic cry3a gene to enhance resistance against alfalfa weevil. Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC) 113, 227-235.

Torikura H., 1991.- Revisional notes on Japanese Rhopalosiphum, with keys to species based on the morphs on the primary host.- Japanese Journal of Entomology, 59: 257-273.

Umbeck, P., Johnson, G., Barton, K., and Swain, W. (1987). Genetically transformed cotton (Gossypium hirsutum L.) plants. Biotechnology 5(3), 263-266.

Vaeck, M., Reynaerts, A., Höfte, H., Jansens, S., De Beuckeleer, M., Dean, C., ... and Leemans, J. (1987). Transgenic plants protected from insect attack. Nature 328(6125), 33-37.

Vajhala, C.S., Sadumpati, V.K., Nunna, H.R., Puligundla, S.K., Vudem, D.R., and Khareedu, V.R. (2013). Development of transgenic cotton lines expressing Allium sativum agglutinin (ASAL) for enhanced resistance against major sap-sucking pests. PLoS One 8(9), e72542.

Vaughn, T., Cavato, T., Brar, G., Coombe, T., DeGooyer, T., Ford, S., ... and Pershing, J. (2005). A method of controlling corn rootworm feeding

using a Bacillus thuringiensis protein expressed in transgenic maize. Crop Science 45(3), 931-938.

Wang, Y., Zhang, H., Li, H., ve Miao, X. (2011). Second-generation sequencing supply an effective way to screen RNAi targets in large scale for potential application in pest insect control. PloS one, 6(4), e18644.

Wang, Y., Zhang, Y., Wang, F., Liu, C., and Liu, K. (2014). Development of transgenic Brassica napus with an optimized cry1C* gene for resistance to diamondback moth (Plutella xylostella). Canadian Journal of Plant Science 94(8), 1501-1506.

Wang, Z., Zhang, K., Sun, X., Tang, K., and Zhang, J. (2005). Enhancement of resistance to aphids by introducing the snowdrop lectin gene gna into maize plants. Journal of Biosciences 30, 627-638.

Willow, J., Silva, A. I., Taning, C. N. T., Smagghe, G., ve Veromann, E. (2023). Towards dsRNA-integrated protection of medical Cannabis crops: considering human safety, recent-and developing RNAi methods, and research inroads. Pest Management Science, 79(4), 1267-1272.

Wu, J., Luo, X., Guo, H., Xiao, J., and Tian, Y. (2006). Transgenic cotton, expressing Amaranthus caudatus agglutinin, confers enhanced resistance to aphids. Plant Breeding 125(4), 390-394.

Wünn, J., Klöti, A., Burkhardt, P.K., Biswas, G.C.G., Launis, K., Iglesias, V.A., and Potrykus, I. (1996). Transgenic indica rice breeding line IR58 expressing a synthetic crylA (b) gene from Bacillus thuringiensis provides effective insect pest control. Biotechnology 14(2), 171-176.

Yoshimura, S., Komatsu, M., Kaku, K., Hori, M., Ogawa, T., Muramoto, K., ... and Toriyama, K. (2012). Production of transgenic rice plants expressing Dioscorea batatas tuber lectin 1 to confer resistance against brown planthopper. Plant Biotechnology 29(5), 501-504.

Yu, N., Christiaens, O., Liu, J., Niu, J., Cappelle, K., Caccia, S., ... ve Smagghe, G. (2013). Delivery of dsRNA for RNAi in insects: an overview and future directions. Insect science, 20(1), 4-14.

Yu, X., Gowda, S., ve Killiny, N. (2017). Double stranded RNA delivery through soaking mediates silencing of the muscle protein 20 and

increases mortality to the Asian citrus psyllid, Diaphorina citri. Pest Management Science, 73(9), 1846-1853.

Zafar, M.M., Mustafa, G., Shoukat, F., Idrees, A., Ali, A., Sharif, F., ... and Li, F. (2022). Heterologous expression of cry3Bb1 and cry3 genes for enhanced resistance against insect pests in cotton. Scientific Reports 12(1), 10878.

Zamore, P.D., Tuschl, T., Sharp, P.A., and Bartel, D.P. (2000). RNAi: double-stranded RNA directs the ATP-dependent cleavage of mRNA at 21 to 23 nucleotide intervals. Cell 101(1), 25-33.

Zhang, J., Khan, S.A., Heckel, D.G., and Bock, R. (2017). Next-generation insect-resistant plants: RNAi-mediated crop protection. Trends in Biotechnology 35(9), 871-882.

Zhang, J., Li, H., Zhong, X., Tian, J., Segers, A., Xia, L., and Francis, F. (2022). RNA-interference-mediated aphid control in crop plants: A review. Agriculture 12(12), 2108.

Zhang, Q.J., Cong, L.I., Liu, S.K., Dong, L.A.I., Qi, Q.M., and Lu, C.G. (2013). Breeding and identification of insect-resistant rice by transferring two insecticidal genes, sbk and sck. Rice Science 20(1), 19-24.

Zhu, F., Xu, J., Palli, R., Ferguson, J., ve Palli, S. R. (2011). Ingested RNA interference for managing the populations of the Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata. Pest management science, 67(2), 175-182.

Zilahi-Balogh, G. M. G., Foottit, R. G., Ferguson, G., ve Shipp, J. L. (2005). New records for *Rhopalosiphum rufiabdominale* (Sasaki) (Hemiptera: Aphididae) on greenhouse tomatoes and peppers. Journal of the Entomological Society of Ontario, 136, 85–87.

BÖLÜM 4

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YABANCI OT VE NEMATODLARA ETKİSİ

Dr. | Onur DURA[1]

Dr. Öğr. Üyesi | Bahadır ŞİN[2]*

Dr. | Lerzan ÖZTÜRK[3]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343026

[1]Dr., Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova Türkiye, onurdura@gmail.com, Orcid ID: https://orcid.org/0000-0002-4562-8462

[2]*Dr. Öğr. Üyesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Sakarya, Türkiye, bahadirsin@subu.edu.tr,
Orcid ID: https://orcid.org/0000-0002-0109-3662

[3]Dr., Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Tekirdağ, Türkiye, lerzanozturk@gmail.com, Orcid ID: https://orcid.org/ 0000-0003-2199-6807

GİRİŞ

İklim değişikliği, dünyanın oluşumundan bu yana sürekli meydana gelen doğal bir fenomendir. Bununla birlikte, son birkaç on yılda insan kaynaklı faaliyetler nedeniyle hız ve büyüklüğündeki hızlı artış, insanlığın geleceği için endişelere neden olmaktadır. CO_2 konsantrasyonundaki büyüme oranı, 2000 yılından bu yana önceki on yıllara göre daha hızlı artmaktadır. Atmosferik CO_2 son buzul çağının sonu ile 1750 yılları arasında yaklaşık 280 µmol mol^{-1} iken bugün bu değer yaklaşık 380 µmol mol^{-1} değerlerine ulaşmıştır ve 2050'de ise yaklaşık 550 µmol mol^{-1} seviyelerine ulaşacağı çeşitli araştırmacılar tarafından tahmin edilmektedir (Raven and Karley, 2006). Bu, son 30 yılda ortalama küresel yüzey sıcaklığındaki her on yılda 0,2°C artış dahil olmak üzere, iklimde çeşitli değişikliklere sebep olmasıyla sonuçlanmıştır.

Hükümetler arası iklim değişikliği paneli, mevcut emisyon senaryosu ile küresel ortalama sıcaklığın 2100 yılına kadar 0,9°C ile 3,5°C arasında artacağını öngörmektedir (IPCC, 2007). Sera gazlarının atmosfere salınımının artmasından kaynaklanan iklim değişikliğinin önemli göstergelerinden biri olan küresel ısınma, sürdürülebilir kalkınma için ciddi bir zorluk oluşturmaktadır. Küresel ısınma, biyotik ve abiyotik bileşenlere ve bunların birbirleriyle olan etkileşimlerine müdahale ederek doğal ve yönetilen ekosistemlerin üretkenliğini etkiler. Yükselen atmosferik sıcaklık, yükselen karbondioksit seviyesi, değişen yağışlar ve sıcak hava dalgası, sel ve kuraklık gibi doğal ekstrem olayların oranının artmasıyla ifade edilen iklim değişikliği, konukçu, parazit ve çevre arasındaki interraskiyonu etkilemektedir (Kalinkat, 2015). Bu derleme çalışmasında kısaca iklim değişikliğinin nematod ve yabancı ot populasyonları üzerinde meydana getirebileceği değişikler literatür ışığı altında özetlenmeye çalışılmıştır.

1. BITKI PARAZITI NEMATODLAR VE ZARAR ŞEKILLERI HAKKINDA GENEL BILGILER

Nematodlar, hayvanlar âlemi içinde Nemata (Nematoda) şubesine bağlı yaşama ortamı en geniş canlı gruplarından biridir. Nematodların 26000'den fazla türü bulunmakta ve pek çok yerde, bitki ve hayvanlar üzerinde parazit, toprakta ve mikroorganizmalar üzerinde serbest olarak yaşayan türleri vardır. Nematodlar genellikle 0,2-5 mm boyunda ipliksi formda bilateral simetrili

canlılardır. Nematodlar genellikle nemli ortamları severler ve kuru ortamlarda yaşamlarını devam ettirmekte zorlanmalarına rağmen, çöller ve buzullar gibi ekstrem ortamlarda yaşayabilen türleri de vardır. Birçok türleri de bitkilerin çeşitli kısımlarında beslenir ve zararlı olurlar. Bitkilerde beslenen ve zarar yapan bu gibi nematodlara bitki paraziti nematod (BPN) adı verilir. Tylenchida (Nematoda) takımı, bitkilerde ekonomik önemde zararlı türlerin büyük bir bölümünü içermesi nedeniyle BPN'lerin en önemli grubunu oluşturmaktadır. Tarımın olduğu her alanda BPN'lere rastlamak mümkündür. Başka bir ifadeyle BPN'ler bitkilerin olduğu ve yaşayabildiği her yerde yaşama yeteneğine sahiptirler. Aphelenchida takımı önemli BPN türlerini içermesi nedeniyle önemlidir. Söz konusu BPN'ler ayrıca funguslarla da beslenir. Tarımsal nematoloji açısından 3 nematod grubu önem arz etmektedir. Bu gruplar; bitki paraziti nematod (BPN)'lar, virus vektörü nematod (VVN)'lar ve entomopatojen nematod (EPN)'lar olarak sıralanabilir. Son yıllarda üzerinde durulan ve çalışmaların yoğunlaştığı önemli konulardan birisi de VVN'dır. BPN'lerin önemli bir grubunu oluşturan söz konusu nematodların virüs vektörü olması bu grup nematodların önemini bir kat daha artırmaktadır. Bu grup nematodlar, bitkilerde oluşturdukları doğrudan zararın yanında virüs hastalıklarını taşımaları yönüyle de son derece önemlidir. Dorylaimida (Nematoda) takımı genel olarak böcek paraziti ve serbest yaşayan nematod gruplarını içerir. VVN'ler da bu takım içinde yer almaktadır. VVN'ler olarak *Xiphinema, Longidorus* ve *Trichodorus* cinsleri bitki virus hastalıklarını taşımaları nedeniyle önemlidir. VVN bitki köklerinde beslenmelerinden dolayı kök ucunda şişme, saçaklanma, kıvrılma, çürüme, bir yıllık genç emici köklerin uç kısımlarında açılmamış bezelye çiçeğine benzer şişkinlikler gibi belirtiler göstermektedir (Kepenekci, 2012). Bitki paraziti nematodlar birçok kültür bitkisinin çeşitli aksamlarında beslenerek ürün kayıplarına neden olmaktadırlar. Bitkilerin toprak altı kısımlarında meydana getirdikleri zararları şu şekilde sıralayabiliriz. Köklerde ur (gal) oluşumu, köklerde siyah ya da kahverengi lezyonların oluşumu ve köklerde saçaklanma, küt kök oluşumu, açmış oldukları yaralardan fungus ve bakteri gibi ikincil patojenlerin girerek çürümelere neden olması temel zararlarıdır. Bitkilerin toprak üstü kısımlarında meydan getirdikleri zararlar ise, bodurlaşma, yapraklarda küçülme ve dallarda seyrekleşme, bitki yapraklarında meydana gelen renk açılmaları, bitkilerin yabancı otlarla rekabet edememesi sonucu arazideki yabancı ot yoğunluğunun

artması sonucu ile verim kayıpları meydana getirirler. Nematodların bitkilerin kök sistemlerinde meydana getirdikleri zararlar sonucu verim ve ürün kalitesi büyük ölçüde düşmekte ve üretimi ekonomik olmaktan çıkmaktadır (McSorley, 1992).

2. YABANCI OTLAR VE ZARAR ŞEKILLERI HAKKINDA GENEL BILGILER

Dünya üzerinde çok sayıda farklı bitki bulunmaktadır. Kew Kraliyet Botanik Bahçesi tarafından yayınlanmış rapora göre günümüzde 390 bin 900 farklı bitki türünün olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2016). Bu bitkilerin kimisi insanlık açısından tarımsal amaçlı kullanılmaktadır. İnsanoğlunun yabancı otlar ile tanışması da tarımın başlaması ile birlikte olmaktadır. Yabancı otlar genel olarak insanoğlunun istemediği yerde yetişen, yararından çok zarı olan bitkiler şeklinde tanımlamak mümkündür. Yabancı otlar olarak tanımlanan bu bitkilere herhangi bir etken etki etmedikçe (insanlar, diğer bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar vb.) bulundukları yere kolaylıkla hâkim olma yeteneği gösterebilmektedirler (özer ve ark., 1998). Şayet bu yabancı otlar kültür bitkisinin içerisinde bulunur ise %100'e varan ürün kayıplarının olabileceğinden bahsedilmektedir (Cramer, 1967). Bu durumunun ekonomik boyutları ise milyar dolarları bulabilmektedir. Örnek olarak Schneider'ın 1985 yılında yapmış olduğu çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nde yabancı otlardan kaynaklı parasal zararın yıllık 5 milyar dolar olduğu, Combellak (1987)'ın Avustralya da yabancı otların vermiş olduğu zarar ve mücadelesine harcanan paranın ise 2.7 milyar Avustralya dolarına ulaştığını bildirmesi verilebilmektedir.

Yabancı ot istilası kültür bitkisi gelişimini ve verimini oldukça etkilemektedir. Yabani otların kontrolsüz büyümesi, şeker pancarı mahsullerinin verimini %90-95'e kadar azaltabilmektedir. Yine yabani ot istilasının mısır verimini %60-85 oranında azalttığı bildirilmektedirr Patates bitkisinde ise verim kaybının %20-80 olduğıu literatürde yer almaktadır.

İstilacı yabani ot türleri, kültür bitkilerinin temel fizyolojik süreçlerini bozan ve dolayısıyla büyümelerini ve gelişmelerini engelleyen allelokimyasallar da üretüretebilmektedir.

Genel olarak yabancı otlar ile mücadele edilmesini gerektiren ana nedenler ise;

Kültür bitkisiyle su, besin maddeleri ve ışık bakımından rekabete girmesi, bunun sonucunda da homojen olmayan bir bitki büyümesine neden olması, toprak işleme, bakım ve hasat gibi işlemleri güçleştirerek maliyetin artmasına neden olması, kültür bitkisinden elde edilen ürünün kalitesini düşürmesi veya tamamıyla kullanılamaz duruma getirmesi, hastalık zararlı ve yabancı otlara yataklık yapması, insanlar ve hayvanlar için zehirli olması gibi nedenler sıralanabilir (Özer ve ark., 1998).

Yabancı otlara karşı yapılan farklı mücadele yöntemleri olsa da her zaman bu yöntemler etkin bir şekilde kullanılamayabilir veya etkili sonuçlar alınamayabilir. Örnek verecek olur isek buğday bir çapa bitkisi değildir ve yabancı ot sorununa karşı kullanılan en etkili savaşım yöntemlerinin başında kimyasal mücadele (herbisit kullanımı) gelmektedir. Ancak kontrolsüz ve devamlı şekilde aynı etki mekanizmasına sahip olan herbisitlerin kullanılması sonucunda yabancı otlarda dayanıklılık sorunu ortaya çıkmıştır.

3. İKLIM DEĞIŞIKLIĞININ NEMATOD POPULASYONLARI ÜZERINDEKI ETKILERI

İklim faktörlerinden sıcaklık, nem ve yağış düzeni toprakta yaşayan PPN'lerin hayatta kalmasını, gelişimini ve davranışını etkilemektedir. (Norton, 1979). Diğer parazitler ve patojenler gibi sıcak ve nemli iklim, hem bitki paraziti hem de serbest yaşayan nematodların hızlı gelişimini teşvik etmekte, üreme oranını arttırmakta, nematod çeşitliliğini ve populasyonuna etki etmektedir. Nitekim, daha yüksek sıcaklıklar nematodların coğrafi dağılım modelini değiştirmektedir. Bu durum temiz alanlara yeni türlerin istilasına neden olmakta ve ayrıca ekonomik önemi olmayan parazitik nematodların populasyonlarını arttırarak önem kazanmalarına neden olmaktadır (Dutta ve Phani, 2023).

- **CO_2 konsantrasyonu:**

CO_2'nin nematod fizyolojisi üzerindeki etkileri de türler arasında büyük farklılıklar göstermektedir. CO_2 seviyelerinin %100'e ulaşabildiği volkanlara yakın alanlardan izole edilen nematodlar en az 5 gün hayatta kalabilmektedir (Pilz ve Hohberg, 2015). Yüksek CO_2 seviyelerinin etkilerini ölçmek için çalışmalar yapılmış ve bitki gelişimi ve yaşamsal fonksiyonlarında farklı yönlerinde değişiklikler keşfedilmiştir. Yüksek CO_2 seviyesinde stoma

açıklığının azaldığı saptanmıştır. Bu değişimlerin de nematod davranışlarını etkilediği saptanmıştır. Yine bitki büyümesini ve kök gelişimini artan CO_2 miktarı olumlu yönde etkilemektedir. Bunun sonucunda iyi gelişen kök sistemlerinde herbivor nematodların zarar oluşturma potansiyelleri artan CO_2 miktarı ile doğru orantılı olarak artma eğiliminde olmaktadır (Rogers et al., 1994).

Bitki paraziti nematod cinsleri, CO_2 artışına tepkileri açısından farklılık göstermektedir. Mera alanlarında yüksek 475 ppm ve 360 ppm CO_2 seviyelerinde yapılan çalışmalarda, PPN'lerin diğer toprak organizmalarına kıyasla yüksek CO_2 koşullarında populasyonlarını arttırdıkları gözlemlenmiştir. Bu koşullarda kök artışına bağlı olarak özellikle *Longidorus* ve *Pratylenchus* gibi cinslere air türlerinde 100 gr toprakta birey sayısının oldukça arttığı belirlenmiştir (Yeates ve ark., 1999; Yeates ve ark., 2003). *Tylenchus* ve *Longidorus'*un populasyonlarında 5 yıllık CO_2 zenginleşmesinden sonra artış gözlenirken ancak CO_2 zenginleştirmesinin mera arazilerinde *Paratylenchus, Trichodorus, Xiphinema* ve *Hoplolaimidae* üyelerinin populasyon yoğunluğu üzerinde hiçbir etkisi olmadığı tespit edilmiştir (Yeates ve ark., 2003). Buna karşın Aphelenchoides gibi bazı nematod cinslerinde ise CO_2 artışı nematod poplasyonunda azalmaya neden olmuştur (Neher ve Weicht, 2013).

Kök ur nematodlarında (*Meloidogyne* spp.) ise yükselen CO_2 miktarına bağlı olarak konukçu bitki ile interraksiyonunda değişim gözlemlenmektedir. Kök ur nematoduna dayanıklılık genine sahip domates gibi bazı bitki genotiplerinde yüksek CO_2 ortamında dayanıklılık azalmaktadır. Dayanıklılık genine sahip olmayan domateslerde ise savunma mekanizmasında bir fark olmamaktadır. Bu bitkilerde CO_2 biyokütle artışına neden olmakta ve daha kuuvetli gelişen bitkiler nematod zararını daha iyi tolere etmektedir (Sun ve ark., 2010).

- Sıcaklık:

Sıcaklık nematod biyolojisindeki en önemli faktörlerden biridir. Ortam sıcaklığı, nematodun gelişimini, morfolojisini, üreme yeteneğini, döl sayısı ve yumurta açılımını ve hareketini etkilemektedir. Toprak nematodlarının normalde 15 derece ila 30°C arasındaki sıcaklıklarda geliştiği bilinmektedir. Ancak bazı türler düşük sıcaklıklarda da temel faaliyetlerini yürütebilmektedir.

Heterodera avenae 2°C'de ve *H. trifoii* 5°C'de yumurta açılımını gerçekleştirebilmekte, *Ditylenchus dipsaci* ve *Heterodera schachti* (5-10°C'de aktif olarak zarar yapabilmektedir. Bazı türler ise belirli sıcaklıklarda faaliyet gösterebilmektedir. *Hemicycliophora aren*aria türünde 21°C'de, *Tylenchulus semipenetrans, Scutellonema arenaria, Heterodera gycines, Trichodorus christiei*'de ise sırasıyla 15, 18, 16, 15°C'de yumurtadan çıkış görülmektedir (Dao, 1970). Daha yüksek sıcaklıklarda ise fungivor ve bakterivor nematodların populasyonunun oldukça arttığı bildirilmektedir (Ruess ve ark., 1999).

İsviçre'de gerçekleştirilen bir çalışmaya göre son yıllarda meydana gelen güçlü iklimsel ısınmanın, bir dönem boyunca iklim parametreleri ve ağaç ölüm oranlarının analizlerine göre İsviçre'deki çam ormanlarında gözlenen ağaç ölümlerinin dolaylı nedeni olduğu görülmüştür. Daha yüksek sıcaklıklarda çam ağacı nematodlarının (*Bursaphelenchus mucronatus*) zayıf ağaçları tercih ettiğini gözlemlemişlerdir. Artan kuraklık stresi, ağaçların patojenlere ve zararlılara karşı direncini azaltmıştır. İklim değişikliği, konakçı savunma mekanizmalarına müdahale ederek bitki nematod etkileşimlerini de etkileyebileceğini vurgulamışlardır (Sun ve ark., 2011).

Bitki patojenik nematodlarının farklı optimum sıcaklıklara sahip olduğu bilinmektedir. Bitki paraziti nematodların hayatta kalma sürelerine beslenme, kuluçka, üreme faaliyetlerine sıcaklıktaki küçük değişikliklerin (ısınma veya soğuma) önemli etkileri olabilir. nematod yaşam döngüsü ve toprak nematodlarının çoğu yaşam döngülerini optimum çevresel koşullar altında 2–4 hafta içinde tamamlarlar. Nematod gelişim hızı daha soğukta daha yavaş gelişme ile sıcaklıktan doğrudan etkilenir ve daha yüksek toprak sıcaklıklarında daha hızlı büyüme oranı gözlenmektedir (Evans ve Perry, 2009). Bu nedenle, küresel ısınmaya bağlı olarak atmosferik sıcaklıktaki artışın nematod gelişimini hızlandırması ve yaşam döngüsü süresini kısaltması, bu da mevsim başına daha fazla nesil ve coğrafi dağılım aralıklarının genişlemesiyle sonuçlanması beklenmektedir. Sıcaklık ayrıca, bitkiler için daha az patojen olan veya olmayan daha fazla erkek oluşumunu kolaylaştıran daha yüksek sıcaklıklara adapte olma yeteneğine sahip bazı parazitik nematodlarda cinsiyet belirlemede anahtar rol oynayan etkenlerden biri olacaktır (Evans ve Perry, 2009). Ontario'da iklim değişikliğinin seçilmiş başlıca tarım ve ormancılık ürünlerinin hastalıkları üzerindeki tahmini etkileri, zararlı gelişme oranındaki artışa bağlı

olarak soya kist nematodu *Heterodera glycines*, kök lezyon nematodu *Pratylenchus* spp. ve çam ağacı nematodu *Bursaphelenchus xylophilus* şiddetinin artacağını göstermiştir. İklim değişikliğine bağlı potansiyel salgın süresi matematiksel modellemeler ile simüle edilmiş iklim değişikliğini kullanan Carter vd. (1996), küresel ısınmanın patates kist nematodunun (*Globodera rostochiensis*) dağılımını genişleteceğini ve ayrıca Finlandiya'da 2050'ye kadar yıllık populasyon sayısının önemli oranda artarak ürün rekoltesinde önemli derecede azalmalara neden olacağını bildirmişlerdir (Boland vd., 2004). Ghini vd. (2008) yapmış olduğu çalışmalarda, kahve nematodu *Meloidogyne incognita* üzerinde iklim değişikliğinin risk analizini gerçekleştirmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemini kullanmış ve mekansal değişimleri tahmin etmek için 1961'den 2005'e kadarki iklimsel normalleri 2020'ler, 2050'ler ve 2080'lerdeki gelecek senaryolarla (senaryolar A2 ve B2) olacak şekilde simülasyon modellerinde çalışmışlardır. Dağılımın Brezilya'da aylık nesil sayısına göre nematod istilası seviyeleri. *Meloidogyne incognita* ırkları 1, 2 ve 4'ün istilasının, 1961'den 2005'e kadar iklimsel normalin altında meydana gelenden daha fazla nesilden dolayı gelecekte artacağını öngörmüşlerdir. Her iki senaryoda da nematod nesillerinin sayısı artacaktır. (A2 ve B2), ancak B2 için A2 senaryosundakinden daha düşük olacağını vurgulamışlardır. Küresel ısınmayla birlikte ABD'lerinde soya fasulyesi üretim alanlarında son 50 yılda artışlar gözlenmiştir. Soya fasulyesi kist nematodunun dağılım aralığı *Heterodera glycines* ABD'de 1950'lerin başından beri genişlemektedir, ancak artış 1970'lerin başından beri daha hızlı olmuştur 1970'ten önce, soya fasulyesi kist nematodu esas olarak Mississippi Nehri Deltası bölgesinde, Kuzey Arkansas, Güney Missouri, Güney Illinois ve Batı Kentucky'de dağıtılmıştı. Artık günümüzde küresel ısınmadan dolayı soya fasulyesi ana üretim alanlarına dağılmış durumdadır ve ABD'de bir numaralı soya fasulyesi zararlısı haline geldiği rapor edilmektedir (Niblack, 2005). Hindistan'da iklim değişikliğinin ürünlerin nematod zararlıları üzerindeki etkisini ele alan çalışmalar yetersizdir. Yine de, bazı önemli nematod zararlılarının yıllar içinde değişen populasyon modellerine ilişkin gözlemler, iklim değişikliğinin ülkedeki nematod zararlı senaryosunu etkilediğini göstermektedir. Kök-ur nematodu *Meloidogyne graminicola*, bir zamanlar sadece yayla pirinçlerinde ciddi bir zararlı olarak kabul edilirken son yıllarda tepe ekosistemleri de dahil olmak üzere ülkede yeralan pirinç yetiştirme alanlarının bir çoğunda önemli bitki paraziti nematod

gruplarından biri konumuna geldiği rapor edilmektedir (Prasad ve Somasekhar, 2009). Zararlı böcek kontrolü için en önemli entomopatojenlerden biri olan *Metarrhizium anisopliae* nematod mücadelesinde de yaygın şekilde kullanılmaktadır. Zenginleştirilmiş CO_2 ortamında örtüaltı mahsulü ile güçlü bir şekilde ilişkilendirilmiştir. Genel olarak, botanikler, entomopatojenik nematodlar, bakteriyel ve entomopatojen fungus bazlı biyopestisitler çevresel baskılara karşı oldukça hassastır. Sıcaklık ve UV radyasyonundaki artış ve bağıl nemdeki azalma, bu biyo kontrol ajanlarının uygulanabilir etkinliğini azaltabilir. Bu nedenle, küresel koşullar altında etkili olacak nematod yönetimi için uygun yeni stratejiler geliştirmeye ihtiyaç duyulacaktır Rezacova ve ark., (2005).

Toprak ekosisteminde yer alan nematodlar toprakta yer alan organik materyalin parçalanmasında büyük rol oynamaktadırlar. Nematodlar toprak ekosisteminde beslenme şekillerine göre birçok farklı trofik gruplar halinde bulunmaktadırlar. Bunlar kısaca herbivorlar, bakterivorlar, fungivorlar predatörler ve omnivorlardır. İklim değişikliği ile birlikte toprak profilinde yeralan nem, O_2, CO_2 ve toprak sıcaklığı miktarlarının düşey ve yatay miktarlarındaki değişimleri bu trofik grupların topraklardaki populasyon dağılımında olumlu ya da olumsuz yönde etkilerde bulunacaktır. Diğer bir toprakta yer alan ve biyolojik mücadele çalışmalarında kullanılan nematod gruplarından entomopatojen nematodların (EPN) iklim değişikliği ile birlikte toprak sıcaklığının artması sonucunda son derece ısıya ve UV radyasyona hassas olan EPN'lerin populasyon dinamiklerinde azalma yönünde olumsuz etkiler söz konusu olacaktır. Diğer taraftan çam odun solgunluğu hastalığına neden olan ve vektör böcek *Monochamus* spp. ile taşınan *Bursaphelenchus xylophilus* zararında küresel anlamda artışlara neden olacaktır. İklim artışına bağlı olarak herbivor nematodlar ile bitkiler arasındaki dayanıklılık mekanizmalarında azalmalar meydana gelecek ve birçok bitki paraziti nematodlara dayanıklı olan çeşit veya genotipler hassas konuma geçeceklerdir. Pozitif yönde yaşanacak olan iklim artışı sonucunda virüs vektörü olan *Xiphinema, Longidorus, Trichodorus* ve *Paratrichodorus* nematod türlerinde artışlar söz konusu olacaktır. Neilson ve Boag (1996), Büyük Britanya'daki bazı yaygın virüs vektörü Longidorid ve Trichodorid nematod türlerinin dağılımlarının teorik olarak ortalama sıcaklıktaki 1°C'lik bir artışın, bu nematod türlerinin kuzeye doğru genişlemesine neden olacağını gözlemlemişlerdir.

Yaklaşık 160–200 km. bu, sıcaklıktaki 1°C'lik artışın *Xiphinema diversicaudatum* (hem arabis mozaik (AMV) hem de çilek gizli halkalı leke (SLRV) virüslerinin vektörü) popülasyonlarına izin vereceği anlamına gelir, *Longidorus macrosoma* (ahududu halkalı leke virüsü (RRV) vektörü) ve *L. attenuatus* (domates siyah halka virüsü (TBRV) vektörü) genişletmek için kuzeye, kuzeydoğu İskoçya ve güney İskoçya'ya doğru yeni alanların virüs-vektör nematodlarla bulaşık olması tarım için ciddi sonuçlara sahip olacaktır. Toprak sıcaklığının artması ile birlikte kimyasal mücadelede kullanılan organofosfor ve carbamat yapısındaki kimyasal nematisitlerin bozunma hızında artışlar meydana gelerek etkinlikleri azalacaktır. İklim değişikliği ile birlikte nematod mücadelesinde kimyasal mücadeleden daha çok ürün rotasyonu, malçlama, yeşil gübreleme, bitki ekstraktların kullanımı gibi mücadele yöntemleri ön plana çıkacaktır. Bitki paraziti nematodların biyolojik mücadelesinde kullanılan entomopatojen fungusların ve PGPR bakterileri gibi biyolojik ajanların kullanım etkinlikleri değişen çevre koşullarına bağlı olarak azalacaktır. Buğday tarımında iklim değişikliğine paralel olarak yaşanacak ekim alanlarının daralması sonucunda buğdayda önemli verim kayıplarına neden olan buğday kist nematodu *Heterodera* spp. ve köz lezyon nematodu *Prateylenchus* spp. populasyonlarında azalmalar söz konusu olacaktır. Diğer taraftan iklim değişikliği ile birlikte bazı bölgelerimizde ekvator iklimi gibi ılıman mikro klimalar gözlenecek ve daha önce ülkemizde yetiştiriciliği yapılmamış tropikal ve subtropikal bitkilerin yetiştiriciliği gerçekleştirilebilecektir. Bunun sonucunda turunçgil ve kahve yetiştiriciliğinde artışlar gözlenecek ve Akdeniz Bölgemizde turunçgil nematodu *Tylenchulus semipenetrans* ve kök-ur nematodu *Meloidogyne* spp. zarar miktarlarında ve oranlarında artışlar söz konusu olacaktır.

- **Su:**

Toprak nemi nematod gelişimini etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Nematodun yaşamsal faaliyetlerini yerine getirebilmesi ve yumurta açılımı için mutlak gereklidir. Örneğin, kuraklık stresi durumunda *Meloidogyne javanica* nematodu etrafındaki su potansiyeli -1 bardan -10 bara kadar düşmekte ve böylece hem yumurta açılımı azalmakta hem de jüvenil ölüm oranında artış olmaktadır. % 60-80 su verilerek yapılan kısıtlı sulamada domates ve patlıcan

bitkisinde *M. javanica* populasyonu oldukça baskılanabilmektedir (Karajeh ve Mohawesh, 2016).

Düşük toprak neminde *Pratylenchus penetrans, Meloidogyne hapla* ve *Rotylenchulus reniformis* nematodlarının hareketi ve bitkide zararı oldukça azalmaktadır. *Heterodera rostochiensis, Meloidogyne arenaria* ve *Ditylenchus dipsaci* nematodlarında yumurta açılımı düşük nemde engellenmektedir. Açık havada kurutulmuş topraklarda *Hoplolaimus tylenchiformis* ve *Paratylenchus projectus* jüvenilleri sadece 2 gün yaşayabilmektedir. Tarla kapasitesinin %10'unun altında nem koşullarında *Meloidogyne* spp. jüvenilleri 5 gün yaşayabilirken, *Tylenchorhynchus martini* populasyonunda %90 azalma görülmektedir. Kurak topraklarda *Tylenchorhynchus brevidens* 15 ay, *Pratylenchus minyus* 13 ay, *Hoplolaimus columbus* 17 ay, *Helicotylenchus nannus* 7 ay, *Rotylenchus reniformis* 7 ay, *Meloidogyne javanica* 20 hafta, *Pratylenchus penetrans* 13 hafta, *Pratylenchus brachyurus* 4 ay canlı kababilmektedir. Kuru topraklarda sıcaklık da yaşam süresini etkilemektedir. Kist nematodu *Heterodera glycines* 8-20°C sıcaklıkta 6 yıl yaşamını sürdürürken bu süre 24-28 °C'de 2.5 yıla inmektedir (Orr ve Newton, 1971).

Suya oldukça doymuş topraklarda O_2 miktarındaki azalma da nematod canlılığını etkilemektedir. *Ditylenchus dipsaci* nematodunun 0.8 ppm O_2 bulunan ortamda 15°C'de populasyonunun sadece %10'u canlı kalırken, 7.5 ppm O_2'de hayatta kalma yüzdesi %95 olarak belirlenmiştir (Bolander ve Faulkner, 1969). *Meloidogyne jav*anica nematodunda ise 4 günden fazla oksijensiz ortamda bulunma yumurta açılımını oldukça azaltmaktadır (Brodie ve Toiler, 1966).

Aşırı yağışlar sonrası su altında kalma da nematod canlılığını etkilemektedir. *Criconemoides xenoplax, Hemicycliophora similis, Helicotylenchus* sp., ve *Tylenchus* sp. nematod türleri su altında bırakılmış topraklarda 2 yıl canlı kalabilmektedir.

4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN YABANCI OTLAR ÜZERİNE ETKİSİ

- CO_2'nin yabancı otlara etkisi

Küresel iklim değişikliği üzerinde iki önemli sera gazının (Metan ve Karbondioksit) etkisinin büyük olduğu bilinmektedir. Özellikle 21. Yüzyılın en

büyük sorunlarından birisi olarak karşımıza çıkmaktadır (Petit ve ark., 1999; Kang ve Banga, 2013; Kekeç ve Kadıoğlu, 2020). Bu gazlar sonucunda oluşabilen iklim değişikliği yabancı otların vejetasyonu üzerinde, coğrafi olarak yayılımlarında ve yaşam döngülerinde oluşabilecek olan değişiklikler sonucunda popülasyon dinamiklerinde önemli değişikliklere neden olabilmektedir (Peters ve ark., 2014; Ramesh ve ark., 2017). Yirminci yüzyılın başlarına bakıldığında yaklaşık 300 ppm civarında olan Atmosferik CO_2 konsantrasyonu, 400 ppm düzeyine yükselmiş ve bu durumun önem alınmaması durumunda içinde bulunduğumuz yüzyılın sonunda 700 ppm'e varan bir değere çıkabileceği düşünülmektedir (IPCC, 2007; Field ve Barros, 2014). Ortamda bulunan karbondioksit artışının ayrıca oluşturacağı sera etkisi nedeniyle dünyanın mevcut sıcaklığını 'da arttıracağı görüşü var sayılmaktadır (Field ve Barros, 2014).

Atmosferdeki mevcut CO_2 miktarındaki artışın C_3 bitkilerindeki fotosentezi desteklediği bilinmektedir. Buna karşılık ise C_4 ise çok az bir tepki göstermiş oldukları bildirilmektedir (Kimbal, 1983; Patterson, 1995; Ziska, 2000). Yapılan bazı çalışmalar ortamda bulunan CO_2 konsantrasyonunun arttırılmasının (2 katına çıkarılması gibi) C_3 bitkilerinin biyokütlesinde yaklaşık %40'lık bir artışa neden olur iken, C_4 bitkilerinde ise bu durum %11 seviyelerinde kaldığı bildirilmiştir (Kimball, 1983).

Karbondioksitin atmosferdeki değişimi istilacı yabancı otların biyolojisinde de değişiklik yapabileceği Ziska vd. (2011)'larının yapmış oldukları bir çalışmada belirtilmiştir. Yapılan bu çalışma ile istilacı özelliğe sahip bir C_3 bitkisi olan *Cirsium arvense*'nin yüksek düzeyde CO_2 seviyesinde %70'e varan düzeyde bitkinin büyümesine etki ettiği ve oluşan tohumlarının ise daha uzun mesafelere taşınabileceği belirtilmiştir.

CO_2'nin atmosferdeki konsantrasyonundaki artış ayrıca bitkilerin morfolojik, fizyolojik ve anatomik yapılarında da değişikliklere neden olabilmektedir. Özellikle C_3 bitkilerinde yaprak kalınlığının artması, stoma sayısında değişimlerin olması, yaprak yüzeyinde nişasta birikmesi gibi durumlar olabilmekte bu durum ise bitkinin herbisitlere karşı vermiş oldukları tepkilerin azalmasına neden olabilmektedir (Ziska ve Teasdale, 2000; Ziska vd., 2004; Nowak vd., 2004; Ainsworth ve Long, 2005; Manea vd., 2011).

Karbondioksit miktarındaki artış ile birlikte genellikle C_3 yabancı otlarının kültür bitkisine karşı daha rekabetçi bir hal aldığı gözlemlenmektedir

(Ziska, 2000). Ziska vd. (2006)'nın yapmış oldukları bir çalışmada karbondioksit miktarındaki artışın *Xanthium strumarium* ile birlikte bulunan sorgumun vejetatif büyümesi, potansiyeli ve veriminin azaldığını belirlemişlerdir.

- **Sıcaklık**

Havada bulunan başta karbondioksit olmak üzere çeşitli gazların varlığının artması ayrıca havanın mevcut sıcaklığının da artmasına neden olacaktır. Bu durum genel olarak sera etkisi olarak nitelendirilmektedir (Barla ve Upasani, 2018). Sıcaklık faktörü yabancı otların coğrafi bir alandaki yayılımında en önemli göstergelerden birisi olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte sıcaklıktaki artış sonucunda yabancı otların vejetasyonu, çoğalması ve rekabete yönelik davranışlarında değişikliklere neden olacaktır (Petterson ve ark., 1999; Tubiello ve ark., 2007). Oluşan bu gibi değişimler sonucunda yabancı otların dağılımında da değişiklikler oluşacak ve mevcut ekim sistemleri de baz alındığında dağılım haritalarında değişiklik olacağı beklenmesi gerekecektir. Buna en önemli gösterim olarak mevcut yabancı otların bulundukları bölgelerden daha kuzey kısımlarda kendi varlıklarını barındırması verilebilir (Patterson, 1995). Sıcaklıklardaki yükselişler sonucunda yabancı otların dağılımında kritik rol oynayanlardan birisi Orobanchaceae familyasındaki türleri kapsayabildiği gibi, *Amaranthus retroflexus, Digitaria* sp., *Paspalum dichotomiflorum, Setaria* sp. ve *Sorghum halepense*, gibi birçok C_4 bitkisininde mevcut coğrafi konumlarından daha kuzeylere yayılması beklenmektedir (Phoenix ve Press, 2005; Weber ve Gut, 2005; Clements ve DiTommaso, 2011).

Sıcaklık artışı sonucunda bitkinin vegetatif gelişiminde, yapraktaki kütiküla yapısındaki değişime, stomaların açık kalma süresine ve su emilimini etkilemesi açısından önem taşımaktadır. Bitkinin yapısında ortaya çıkan bu değişimler özellikle yabancı otların mücadelesinde en çok kullanılan yöntemlerden olan herbisit kullanımında başarısız sonuçlar elde edilmesine neden olmaktadır. Bunun en büyük nedeni olarak ise herbisitlerin bitki bünyesine gidememesi, çabuk bozulması, seçiciliğinin azalması ve etkinliğinin kaybolması verilebilir (Bailey, 2004; Chandrasena, 2009; Rodenburg ve ark., 2011).

- **Su**

Yabancı ot bitkisinin gelişimi için su oldukça önemlidir. Su stresi koşulları, tohum çimlenmesini, bitki büyümesini ve gelişmesini ve tohum üretimini olumsuz etkilemektedir. Örneğin kurak koşullarda tohum çimlenmesi için gerekli olan su bulunmadığından çimlenme süreci engellenmektedir. Benzer şekilde su stresi koşullarında, stomalar kapanmakta ve fotosentez sınırlanmaktadır.

Birçok yabancı ot, çimlenme, hayatta kalma veya tohum üretimi üzerinde önemli bir etki olmaksızın orta düzeyde su stresini tolere edebilmektedir. Bunların toleransları türden türe değişmektedir. Örneğin, *Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv., *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop. ve *Xanthium strumarium* L. gibi nemli bölgelerdeki yabani otlar daha rekabetçidir. *Solanum rostratum* Dunal, *Bassia scoparia* (L.) A. J. Scott ve *Salsola tragus* L. gibi yarı kurak veya kurak bölgelerdeki yabani otlar ise kurak koşullarda daha rekabetçidir. kuraklık koşulları. Yine belirli tarımsal ekolojik bölgelerdeki dar yapraklı yabancı otların, geniş yapraklı yabani otlarla karşılaştırıldığında su stresine karşı daha az toleransa sahip olduğu rapor edilmiştir (Mackie vd., 2019). Su stresi yabancı ot kültür bitkisi rekabetini de etkilemektedir.

5. SONUÇ

Günümüzde iklim değişikliğinin bitki patojeni nematodlar ve yabancı otlar üzerindeki etkilerini ele alan çalışmalar sınırlı kalmıştır. Bununla birlikte, bu az sayıdaki çalışmaların bulguları bu zararlıların iklim değişikliğine tepkisi ve bunun tarımsal üretim üzerindeki sonuçları hakkında bir fikir vermektedir. Bitki patojeni nematodlarının tepkilerine ilişkin mevcut bilgilerin analizi toprakta CO_2 miktarındaki artışın, bitki paraziti nematod populasyonlarına nötr veya pozitif yönde etkili olduğunu ancak negatif olmadığını göstermektedir. Bitki paraziti olmayan saprofitik nematod fonksiyonel gruplarında CO_2'nin neden olduğu değişiklikler oldukça değişkendir. Ayrıca, tahmin edilen iklim değişikliği senaryolarını kullanarak bitki paraziti nematodlarının gelişimi ve coğrafi dağılımındaki potansiyel değişiklikleri tahmin eden çalışmalar, bitkilerin nematod hastalıklarının gelecekteki senaryoları hakkında oldukça iyi bir fikir vermektedir. Mevcut bilgiler ışığı altında, küresel iklim değişikliğinin nematodların gelişme ve üreme oranlarını değiştirebileceğini, konakçı-patojen direncini değiştirebileceğini ve bitki-nematod etkileşimlerinin fizyolojisinde

değişikliklere neden olabileceğini söyleye biliriz. Yabancı otlarda da iklim değişikliği benzer sonuçlara neden olmaktadır. Yeni yabancı ot türlerinin istilacı hale gelmesi iklim değişikliğinin başlıca etkisi olarak öne çıkmaktadır. Aynı zamanda nematod ve yabancı ot biyo çeşitliliği ve değişen iklim altında ekosistem fonksiyonları arasındaki ilişkiyi göstermeye yönelik yapılacak çalışmalar İklim değişikliğinin toprak nematodları üzerindeki etkisini eleştirel olarak değerlendirmek için son derece faydalı olacaktır. Özellikle tropikal bölgelerin farklı ürün sistemleri altındaki çeşitli ekosistemlerinde daha uzun vadeli çalışmalara ihtiyaç var olduğu anlaşılmaktadır. Gelecekte iklim değişikliğine uygun entegre nematod mücadele programlarının geliştirmesi son derece önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

Ainsworth, E. A., and Long, S. P. (2005). What have we learned from 15 years of free-air CO2 enrichment (FACE)? A meta-analytic review of the responses of photosynthesis, canopy properties and plant production to rising CO2. New Phytol. 165, 351–372. doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01224.x

Anonim (2016). https://www.bbc.com/news/science-environment-36230858#:~:text=Scientists%20have%20estimated%20that%20there,assessment%20of%20the%20world's%20flora.

Bailey, S. W. (2004). Climate change and decreasing herbicide persistence. Pest Manage. Sci. 60, 158–162. doi: 10.1002/ps.785

Barla, S., & Upasani, R. R. (2018).Role of conservation agriculture in natural resource management for livelihood security.

Boland, G. J., Melzer, M. S., Hopkin, A., Higgins, V., Nassuth, A. (2004) Climate change and plant diseases in Ontario. Can J Plant Pathol 26:335–350.

Bird, G. W. & Jenkins, W. R. (1965). Effect of cranberry bog flooding and low dissolved oxygen concentrations on nematode populations. PI. Dis. Reptr 49: 517-518.

Blake, C. D. (1961). Importance of osmotic potential as a component of the total potentDao, D. F. 1970. Climatic influence on the distribution pattern of plant parasitic and soil-inhabiting nematodes. Meded. LandbHoo-gesch. Wageningen, 70: 1-181.

Bolander, W. J. & Faulkner, L. R. (1969). Effects of temperature and dissolved oxygen on survival of *Ditylenchus dipsaci* in water (Abstr.). Phytopathology 59:1019.

Breemen, N. Van, et al. (1967). Aspects of rice growing in the America's, Asia and thDutta TK and Phani V (2023) The pervasive impact of global climate change on plant-nematode interaction continuum. Front. Plant Sci. 14:1143889. doi: 10.3389/fpls.2023.1143889

Brodie, B. B. & Toler, R. W. (1966). Survival of *Meloidogyne incognita* in the absence oxygen. Phytopathology 56: 872.

Brown, L. N. (1934). Flooding to contEvans AF, Perry RN (2009) Survival mechanisms. In: Perry RN, Moens M, Starr JL (eds) Root knot nematodes. CABI, Wallingford, pp 201–219.

Carter TR, Saarikko RA, Niemi KJ (1996) Assessing the risks and uncertainties of regional crop potential under a changing climate in Finland. Agric Food Sci Finl 5:329–350.

Chandrasena, N. (2009). How will weed management change under climate change? Some perspectives. J. Crop Weed 5, 95–105.

Clements, D. R., and DiTommaso, A. (2011). Climate change and weed adaptation: can evolution of invasive plants lead to greater range expansion than forecasted? Weed Res. 51, 227–240. doi: 10.1111/j.1365-3180.2011.00850.x

Combellak, J.H. (1987). Weeds in cropping-their cost to the Australian economy. Plant Protection Quarterly, 2:2.

Crammer H.H. (1967). Pflanzenschuts und Welternte. Pflanzenschutz Nachrichten "Bayer" 20:1-523, Leverkusen.Ghini R, Hamada E, Pedro Júnior MJ, Marengo JA, Gonçalves RRV (2008) Risk analysis of climate change on coffee nematodes and leaf miner in Brazil. Pesqui Agropecu Bras 43:187–194.

Field, C. B., & Barros, V. R. (Eds.). (2014). Climate change 2014–Impacts, adaptation and vulnerability: Regional aspects. Cambridge University Press.

Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo K, Lea, D. W., Medinaelizade, M. (2006) Global temperature change. Proc Natl Acad Sci USA 103:14288–14293.

IPCC (2007) IPCC Fourth Assessment Report (AR4). Climate change 2007: synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Geneva.

Kalinkat, G., Rall, B. C., Björkman, C., Niemelä, P. (2015). "Effects of climate change on the interactions between insect pests and their natural enemies," in Climate change and insect pests. Eds. Björkman, C., Niemelä, P. (Wallingford: CABI), 74–91. doi: 10.1079/9781780643786.0000

Kang, M. S., Banga, S. S. (eds.)., (2013). Combating climate change: an agricultural perspective. CRC Press

Karajeh, M. and Mohawesh, O. (2016) Root-Knot Nematode (*Meloidogyne javanica*) – Deficit Irrigation Interactions on Eggplant Cropped under Open Field Conditions. Journal of Horticultural Research, 24 (1). pp. 73-78.

Kekeç M. ve Kadıoğlu İ. (2020). İklim Değişikliğine Bağlı Olarak *Xanthium strumarium* L.' un Türkiye'de Gelecekte Dağılım Alanlarının Belirlenmesi. Turk J Weed Sci, 23(1):1-1

Kepenekci, İ. (2012). Nematoloji (Bitki Paraziti ve Entomopatojen Nematodlar) [Genel Entomoloji (Cilt-I), ISBN 978-605-4672-12-7] [Nematology (Plant parasitic and Entomopathogenic nematodes) (General Nematology, Volume-I) (Taxonomic Nematology, Volmue-II) pp.1155.] Eğitim, Yayım ve Yayımlar Dairesi Başkanlığı, Tarım Bilim Serisi Yayın No:3 (2012/3), LIV+1155 sayfa.

Kimbal, B. A. (1983). Carbon diooxide and agricultural yield. An assemblage and analysis of 430 prior observations. Agron. J. 75, 779–788. doi: 10.2134/ agronj1983.00021962007500050014x

Mackie, K. A., Zeiter, M., Bloor, J. M., & Stampfli, A. (2019). Plant functional groups mediate drought resistance and recovery in a multisite grassland experiment. Journal of Ecology, 107(2), 937-949.

Manea, A., Leishman, M.R., Downey, P.O., 2011. Exotic C4 grasses have increased tolerance to glyphosate under elevated carbon dioxide. Weed Science 59, 28–36.

McSorley, R. (1992). Nematological problems in tropical and subtropical fruit tree crops. Florida Agricultural Experiment Station Journal. Series No. R-02284.

Neher, D. A., Weicht, T. R. (2013). Nematode genera in forest soil respond differentially to elevated CO2. J. Nematol. 45, 214–222.

Neilson, R., Boag, B. (1996) The predicted impact of possible climatic change on virus-vector nematodes in Great Britain. Eur J Plant Pathol 102:193–199.

Niblack, T. L. (2005) Soybean cyst nematode management reconsidered. Plant Dis 89(10): 1020–1026.

Norton, D. C. (1979). Relationship of physical and chemical factors to populations of plant-parasitic nematodes. Annu. Rev. Phytopathol. 17, 279–299. doi: 10.1146/annurev.py.17.090179.001431

Nowak, R. S., Ellsworth, D. S., and Smith, S. D. (2004). Functional responses of plants to elevated atmospheric CO2: do photosynthetic and productivity data from FACE experiments support early predictions? New Phytol. 162, 253–280. doi: 10.1111/j.1469-8137.2004.01033.x

Orr, C. C, Newton, O. H. (1971) Distribution of nematodes by wind. Plant Dis Rep 55:61–63

Özer, Z., Kadıoğlu, İ., Önen, H. ve Tursun, N. (1998). Herboloji (Yabancıot bilimi) Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:20, Kitap Serisi No:10. 400 sy.

Patterson, D. T. 1995. Weeds in a changing climate. Weed Science 43: 685-701.

Patterson, D. T., Westbrook, J. K., Joyce, R. J. V., Lingren, P. D., and Rogasik, J. 1999. Weeds, insects, and diseases. Climate Change 43, 711–727.

Peters, K., Breitsameter, L., Gerowitt, B., (2014). Impact of climate change on weeds in agriculture: a review. Agronomy for Sustainable Development, 34(4):707-721

Phoenix, G. K., and Press, M. C. (2005). Effects of climate change on parasitic plants: the root hemiparasitic Orobanchaceae. Folia Geobotanica 40, 205–216. doi: 10.1007/BF02803235

Prasad, J. S., Somasekhar, N. (2009) Nematode pests of rice: diagnosis and management. Technical bulletin no. 38, Directorate of Rice Research (ICAR), Hyderabad, pp 29.

Raven, J. A., Karley, A. J. (2006) Carbon sequestration: photosynthesis and subsequent processes. Curr Biol 16(5):165–167.

Rezácová, V., Blum, H., Hrselová, H., Gamper, H., Gryndler, M. (2005) Saprobic microfungi under *Lolium perenne* and *Trifolium repens* at different fertilization intensities and elevated atmospheric CO 2 concentration. Glob Change Biol 11:224–230.

Ramesh, K., Matloob, A., Aslam, F., Florentine, S. K. and Chauhan, B. S. (2017) Weeds in a Changing Climate: Vulnerabilities, Consequences, and Implications for Future Weed Management. Front. Plant Sci. 8:95. doi: 10.3389/fpls.2017.00095

Rodenburg, J., Meinke, H., and Johnson, D. E. (2011). Challenges for weed management in African rice systems in a changing climate. J. Agric. Sci. 149, 427–435. doi: 10.1017/S0021859611000207

Rogers, H. H., Runion, G. B., Krupa, S. V. (1994) Plant responses to atmospheric CO_2 enrichment with an emphasis on roots and the rhizosphere. Environ Pollut 83:155–189.

Ruess, L., A. Michelsen, I. K. Schmidt, and S. Jonasson. (1999). Simulated climate change affecting microorganisms, nematode density, and biodiversity in subarctic soils. Plant and Soil, 212: 63-73.DOI: 10.1023/A:1004567816355

Schneider, R.P. (1985). Weed Control Technology:Needs, development, constraints. Proceedings 10th Conference of the Asian-Pasific Weed Science Society, Chiangmai, Vol.2, 379-384.

Slack, D. A., Riggs, R. D., Hamblen, M. L. (1972) The effect of various factors and moisture on the survival of Heterodera glycines in the absence of a host. Journal of Nematology 4, 263–266.

Sun, Y., Yin, J., Cao, H., Li, C., Ge, F. (2011) Elevated CO2 influences nematode-induced defense responses of tomato genotypes differing in the JA pathway. PLoS One 6:e19751.

Tubiello, F. N., Soussana, J. F., Howden, S. M., (2007). Crop and pasture response to climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(50):19686-19690.

Weber, E., and Gut, D. (2005). A survey of weeds that are increasingly spreading in Europe. Agron. Sustain. Dev. 25, 109–121. doi: 10.1051/agro:2004061

Yeates, G. W., Newton, P. C. D., Ross, D. J. (1999). Response of soil nematode fauna to naturally elevated CO2 levels influenced by soil pattern. Nematology 1, 285–293. doi: 10.1163/156854199508289

Yeates, G. W., Newton, P. C. D., Ross, D. J. (2003). Significant changes in soil microfauna in grazed pastures under elevated carbon dioxide. Biol. Fertil. Soils. 38, 319–326. doi: 10.1007/s00374-003-0659-5

Ziska, L. H. (2000). The impact of elevated CO2 on yield loss from a C3 and C4 weed in field-grown soybean. Glob. Change Biol. 6, 899–905. doi: 10.1046/j. 1365-2486.2000.00364.x

Ziska, L. H., and Teasdale, J. R. 2000. Sustained growth and increased tolerance to glyphosate observed in a C3 perennial weed, quackgrass (Elytrigia repens), grown at elevated carbon dioxide. Australian. Journal of Plant Physiology 27:159–164.

Ziska, L. H., Blumenthal, D. M., Runion, G. B., Hunt, E. R. Jr., and Diaz-Soltero, H. (2011). Invasive species and climate change: an agronomic perspective. Clim. Change 105, 13–42. doi: 10.1371/journal.pone.0081510

Ziska, L. H., Faulkner, S., Lydon. 2004. Change Changes in biomass and root: shoot ratio of field grown Canada thistle (Cirsium arvense), a noxious, invasive weed, with elevated CO2:implications for control with glyphosate. Weed Science 52: 584– 588.

Ziska, L. H., Runion G. B. 2006. Future weed, pest and disease problems for plants. In: Newton P, Carman A, Edwards G, Niklaus P (eds) Agroecosystems in a changing climate. CRC, New York. Chapter 11: 262 – 287. ISBN

BÖLÜM 5

DOĞAL JEOKİMYASAL STRES ALTINDAKİ BİTKİ TÜRLERİNİN İZ ELEMENT VE NADİR TOPRAK ELEMENTLERİN (NTE) BİRİKİMİ

Doç. Dr. | Berna YAVUZ PEHLİVANLI[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343131

[1]Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye, berna.yavuz@yobu.edu.tr, https://orcid.org/0000-0003-0127-8525

GİRİŞ

Stres faktörü sadece pisikolojide kullanılan bir terim olmaktan ziyade çevre literatüründede son yıllarda sıklıkla kullanılan bir terimdir. Özellikle biyolojik sistemleriçindeki aşırı olan dış çevresel faktörlerin etkisiyle stres yapan faktörlerin geliştirdiği varsayılmaktadır. Jeokimyasal stres kavramı ile dış faktörler kimyasal elementlerin veya bileşiklerin içeriğinde anormal değişikliklere neden olan dağılım ve oluşum modlarıyla ortaya çıkar. Genellikle biyolojik ve biyomineral sistemlerini etkileyen bu tür doğal ve teknojenik dönüşümler, atmosferde, yüzeyde, yeraltı sularında ve toprakta meydana gelir (Nejad vd., 2017; Seenivasan vd., 2014).

Jeokimyasal stres kavramı ilk kez, bitki örtülerinin anormal değişimleri ile maden aramalarında element anomalileri arasındaki ilişkinin değerlendirildiği çalışmalarda ortaya atılmıştır. Maden sahalarında jeolojik çalışmalara ilave olarak çevre ile ilgili veriler de değerlendirilmektedir. Bu sahalarda özellikle metal stresli bitkilerin tespiti ile vejetasyon indeksi spektrometrik olarak kullanılmaktadır (Horler vd.,1983; Götze vd., 2010; Götze vd., 2016; Aleksandrov vd., 2018; Zhang vd., 2018)

Saha araştırmalarında jeokimyasal stres için eser elemet değerleri, ana kayaç ile kıyaslanmakta ve kirlilik seviyeleri belirlenebilmektedir (Licheng ve Kezhun, 1992; Sofo 2011; Mudzengi, 2018).

Son yıllarda yapılan pek çok çalışmada flora ve fauna ile alakalı olarak biyojeokimyasal stres araştırmaları yapılmaktadır. Özellikle bu çalışmalarda çevre dostu olabilecek bitkilerin toprak iyileştirmesi açısından hiperakümülasyon yapan türlerinin belirlenmesi hedeflenmektedir (Reimann cd.2001; Robson vd., 2017; Navarrete vd.,2018; Guarino vd., 2019).

Canlıların bünyesine giren elementlerin yüksek konsantrasyonlarda olmasının en önemli nedeni doğal faktörlerin etkisiyle ayrışan toprak çökellerinin yakınında olmasıdır (Ginzburg, 1960).

Dünya yüzeyinin jeokimyasal olarak farklı bölgelerin farklı kayaç, toprak bileşeni ve yer altı suyu etkisi vardır. Bu farklılık da aslında yüksek veya düşük konsantrasyonlarda element birikimlerine neden olur. Sonuç olarak, her bölgenin bitki örtüsü için jeokimyasal koşullar komşu bölgelerden farklıdır. Bu da bitkilerin farklı stres etkilerinde olduğu anlamına gelir (Fersman, 1959).

Genel olarak, bitki büyümesine katılan farklı jeokimyasal koşullarındaki değişiklikler, bitkilerde belirli kimyasal elementlerin farklı jeobotanik veya biyojeokimyasal alanların oluşumuna katkıda bulunur.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

Kimyasal element alımının özelliklerini ortaya çıkarmayı amaçlayan biyojeokimyasal çalışmalarda özellikle yerel flora değerlendirilmektedir. Bu nedenle araştırmalarda özellikle yerli bitkiler, doğal jeokimyasal stresten etkilenen elementler hangi faktörlerile kontrol edilmektedir? Element birikim modelleri, topraktaki element içeriği ve bitkideki elementin özellikleri nelerdir?

Araştırmalarada elementlerin iyonik yarıçapları, değerlikleri ve enerji katsayıları; çeşitli dış faktörlerin etkisiyle stres durumu güçlendiriyor mu zayıflatıyormu değerlendirilmelidir. Mesela bitkilerin ana kayaya maruz kalma miktarı ve cevherler üzerindeki konsolide olmayan kayaçların kalınlığı, cevherlerin kimyasal bileşimi ve birincil cevher içeren tabakalardaki zonlanmalar, sahaların peyzajı ve jeokimyasal özellikleri ile süperjen bölgesinde kimyasal element göç modellerinin nasıl olduğu soruları önemlidir.

2. TARTIŞMA

2.1. Toprak ve Bitkilerdeki Bölgesel Bolluk

Doğal jeokimyasal stresler bitkiler üzerinde çok yoğun ve uzun süreli etkiye sahiptir. Bilinen jeokimyasal bölgelerin topraklarındaki kimyasal element birliklerinin konsantrasyonları dünya'daki ortalama bolluklara kıyasla artması ve azalması yoluyla hesaplanmaktadır. Cu, Zn, Co, Mn, Mo ve Ni gibi toprakta bulunan elementlerin konsantrasyonları, farklı tür bitkilerde farklı miktarlarda olabilir. Bazi bitkiler kürelsel ortalamaya göre Cu ve Zn gibi elementlerce fizyolojik nedenlere bağlı olarak daha fazla ya da az olabilir (Dunn, 2007).

Analiz edilen 4000'den fazla örnekle,

(i) birkaç anormal kimyasal element içeriğinin her birinin bitkiler tarafından biriktirilmesinde toprağın etkili olabileceği,

(ii) farklı kayaçlar üzerindeki topraklarda bulunan elementlerin değişen oluşum şekillerinin olabileceği ve,

(iii) bitkilerdeki tipik element konsantrasyon oranları her bir bitkideki element değişimini etkilediği söylenebilir.

Nispeten küçük niceliksel değişimler bitki büyümesinde etkili olan dış koşullarların yanı sıra yerin jeokimyasal özellikleri de bitki kimyasının değişimine önemli bir katkı sunmaktadır.

2.2. Litojeokimyasal Anomali Alanlarında Bitkilerin Element İçeriği

Bir jeokimyasal alan, bir jeokimyasal bölgeye göre daha küçük bir alandır. Çoğunlukla mineralizasyon alanlarına karşılık gelir. Bu tür alanlardaki kayalar, topraklar ve bitkilerdeki gösterge elementlerin ortalama içeriği, bölgenin diğer kısımlarına göre daha yüksektir. Bununla birlikte, her bir saha içinde normal, düşük ve yüksek içerikli alanlar eşit olmayan bir şekilde dağılır.

Bitkilerdeki anomaliler, topraktaki anomalilerle aynı prensibe dayanarak ayırt edilir. Bunların da genellikle bölgesel bolluktan biraz daha yüksek olması beklenebilir. Aynı elementin topraktaki ve yaprak külündeki anomalileri, bulunduğu konumu ile örtüşse de bir kural olarak mekansal olarak tamamen çakışması da beklenemez. Genellikle aynı alanda, litojeokimyasal anomaliler oluşturan kimyasal elementlerin sayısı, biyojeokimyasal anomalilerdeki sayılarından marjinal olarak daha fazladır. Aynı alanda lito ve biyojeokimyasal alanlar oluşturan indikatör elementler önemli ölçüde farklılık gösterebilir.

Jeokimyasal özellikleri ve oluşumları bakımından farklılık gösteren önemli maden yatağı sahalarında yetişen bitkiler içinde, yüksek konsantrasyona sahip ortak kimyasal elementleri tespit etmek mümkündür. Mo, Cu, Zn, Sr, Co ve W gibi elementler bunların başında gelmektedir. Bu nedenle de bu elementler biyojenik birikim için önemli rol oynamakta, iyonik yarıçapları ve enerji katsayıları nedeniyle çözeltilerle uzun mesafelere kadar taşınabilmektedir. Bu taşınma mekanizması ile bu elementlerin nispeten uzak yataklardan, cevherlerin içinden ve mineralizasyon bölgelerinden elde edilebilmesi de mümkündür (Perel'man, 2019).

2.3. Maden Sahalarındaki Bitkiler

Maden yatakları genellikle bitkiler için en önemli doğal jeolojik ve jeokimyasal stres faktörleridir. Bitkilerin biyojeokimyasal tepkilerine ilişkin yapılan pek çok çalışma jeolojik ve madencilik sahalarından elde edilmeştir (Lobacheva ve Dzhevaga, 2017; Lytaeva ve Isakov, 2017; Ponomarenko vd. 2019).

Yüksek dereceli ve düşük dereceli cevherler sahalarında konsolide olmayan örtünün kalınlığı 3 m'yi geçmiyorsa normal olarak bitkilerin biyojeokimyasal tepkisini etkiler. Ayrıca stresli durumlarda bitkilerdeki gösterge elementlerin içeriği de bitki türlerinden önemli ölçüde etkilenir (Bech vd., 2012). Örneğin, Pb içeriği yüksek olan sahalarda bitkiler içinde normale oranla üç kattan fazla zenginleşme olabilir. Özellikle gevşek sedimanter istifler bitki stresinin derecesini etkiler.

Özellikle Pb ve Mo arasındaki ilişki elementlerin tamamen biyolojik işlevleri ile açıklanabilir. Molibden, geniş bir hücre enerji değişim enzimleri grubunun bir parçası iken Pb bu enzimlerin oluşumunu engeller. Bu nedenle bir bitkide nispeten düşük Pb emilimi varsa Mo içeriğinin artması beklenir. Çeşitli türlerin farklı eşikleri olmasına rağmen aşırı Pb alımı bitkinin ihtiyaç duyduğu Mo miktarında azaltmaya yol açar. Bu gerçekleştiğinde, Pb ve Mo arasında negatif bir korelasyon oluşur. Bu süreç, karmaşık polimetalik yatakların ve teknojenik Pb kirliliğinin olduğu alanların üzerindeki bitkilerde "negatif" biyojeokimyasal Mo anomalilerine yol açar. Ancak Mo içeriğinin cevherlerde ve kirlenme bölgelerinde, azalmadığına dikkat edilmelidir (Alekseenko, 2005).

Bitkilerde Zn, Mo, Co, Hg ve Sr gibi elementleri artıyorsa; bu durum bazı faktörün birleşik etkisi ile açıklanabilir. Bunlar,

1. Biyojenik birikim tüm bu elementler için önemli bir rol oynamaktadır.

2. Sahadaki bitkilerindeki Mo, Co ve Zn içeriği, gelişmiş yataklardaki Zenginleşme faktörleriyle (ZF) karşılaştırıldığında azalmaktadır.

3. İyonik yarıçapların ve enerji katsayılarının değerleri, bitkiler için erişilebilir bir formda nispeten uzun mesafelerde serbest geçişe izin vermektedir.

4. Elementler ayrıca sorpsiyon bariyerleri üzerinde birikme ile karakterize edilir. Bu da özellikle metalik olmayan kil yatakları için

önemlidir. Metalik olmayan hammaddelerin çıkarılması için taş ocaklarının işletilmesi vadoz su ile temas alanını artırmaktadır.

Tektonik ıraksayan faylar ve şistozite süreçleri bitkiler için kendine özgü jeokimyasal stres bölgeleri yaratır. Bu fay hatları boyunca biyojeokimyasal anomaliler, birkaç metreden yüzlerce metreye kadar yer değiştiren fay zonlarında, elementlerin değişen konsantrasyonlarına ve oluşum biçimlerine, bitkilerin bir tepkisi olarak tanımlanır. Bu bölgeler 100 m kalınlığa kadar konsolide olmayan sedimanlarla kaplanabilir. Tektonizma etkisiyle yeraltından çözeltiler vasıtasıyla taşınan metaller yüzeye doğru göç eder. Metaller daha sonra fay zonları boyunca yeni stres faktörleri haline gelen buharlaşma bariyerleri üzerinde birikir. Bu durumda, dolaşımdaki akışta artan metal içeriği ve değişen oluşum şekilleri ile bitkilerin jeokimyasını etkileyen önemli bir faktördür.

Ana kayanın bileşimi, bitkilerdeki elementlerin içeriğini etkilediği bilinmektedir. Son yıllarda yapılan analizlerde, çeşitli kayaçlar üzerinde yetişen bitkilerdeki neredeyse tüm elementler tespit edilebilmektedir. Bitki büyümesinin jeolojik ve jeokimyasal koşullarındaki farklılaşmalar, elementler arasındaki biyolojik bağlantı yasalarını etkiler. Bu nedenle, bitkilerin üzerinde büyüdüğü ana kayadaki bir değişiklik, elementlerin oranında da benzer bir değişikliğe neden olmaktadır (Rankama, 1942; Warren vd.,1952).

Özetle, cevher sahalarında cevheri örten birimin kalınlığı, cevherin jeokimyasal özellikleri ve bitki ile temas etme süreci test edilen bitki türleri ve biyojeokimyasal özellikleri, topraklardan element alımı için birincil öneme sahiptir.

2.4. Genel Biyojeokimyasal Birikim

Biyolojik emilim katsayısının (BEK) sadece topraktaki element içeriğine ve belirli bir bitki türünün özelliğine bağlı değil, aynı zamanda enerji katsayılarının değerlerine, yani iyonik yarıçapların ve değerliklerin değerlerine de bağlı olduğu kabul edilmelidir (Alekseenko, 2011). Analiz edilen 10.000'den fazla toprak-bitki çiftine dayanan yarı-logaritma grafiği Şekil 1 ‘de verilmiştir. Kimyasal elementlerin enerji katsayılarındaki artışla birlikte, BEK'leri keskin bir şekilde azalmaktadır. Bu nedenle, bitkiler tarafından kimyasal element birikimi ile iyonların özellikleri arasında genel bir ilişki vardır. İyonların bitki beslenmesindeki birincil rolüyle hem

biyosferin mineral kısmında hem de canlı organizmalarda kimyasal element transferi önemlidir (Shtangeeva vd. 2019; Mishra vd., 2020; Peng vd., 2020). Şekil 1, üç kısımda değerlendirilebilir. Bunlar;

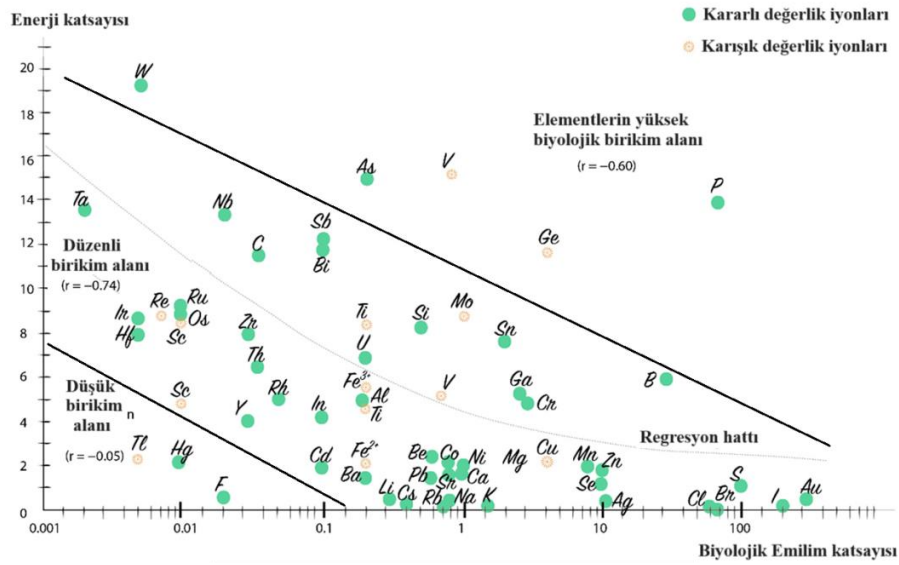
(i) düzenli biyolojik birikim (kimyasal elementlerin büyük çoğunluğu);

(ii) yüksek biyolojik birikim (P, As, V ve Ge); ve

(iii) düşük biyolojik birikim (Tl, Hg ve F) alanlarıdır.

Normal birikim alanındaki elementlerin enerji katsayıları ve lg(BEK) değerleri arasındaki korelasyon katsayısı oldukça yüksektir (r = -0.74) (Şekil 1). İkinci ve üçüncü birikim alanlarında hem elementlerin biyolojik rolleri hem de dünyadaki canlıların köken özellikleri daha küresel nedenlerle ilişkilendirilebilir. Bu nedenle, biyojeokimyasal bariyerlerde canlı organizmalar tarafından kimyasal element birikiminin özellikleri, bu elementlerin atom ve iyonlarının yapısı çok daha detaylı incelenmelidir.

Birden büyük BEK değeri, bir bitki tarafından belirli bir elementin biriktirildiğini ve dolayısıyla bir biyojeokimyasal bariyerin oluştuğunu gösterir. Bu veriler, dikkate alınan 17 elementten sadece Ag, Mn, Ba, Cu, Sr ve Zn gibi 6 element bitkilerinde topraktakinden daha yüksek konsantrasyonlarda birikmiştir. Bunlardan Sr ve Zn güçlü biyolojik birikim ve Mn, Ba ve Cu elementleri orta biyolojik birikim özelliğine sahiptir. Toprakta en yüksek zenginleşme faktörüne (ZF) sahip elementler Pb, Cu, Zn ve Co elementleri olmasına rağmen BEK değerleri minimumdur. Elde edilen verilere göre, topraklarında yüksek konsantrasyonlarda bulunan elementlerin bitkiler tarafından dünya'daki ortalama bitkilerden daha az miktarlarda absorbe edebileceğide tespit edilmitir. Bu durum, bu elementlerin süperjen bölgesinde esas olarak katyonlar şeklinde göç etmesine ve biyojenik birikimin geçmişlerinde önemli bir rol oynamasından kaynaklanmaktadır (Perelman, 1989). Bitkiler, temel besin maddelerine ek olarak, su kaynaklarına giren diğer birçok elementi de bünyesine alır. Bu elementler bitkiler vasıtasıyla insanlar ve hayvanlar tarafından tüketildiğinde de besin zincirine katılır.



Şekil 1: Enerji katsayısı ve Biyolojik Emilim katsayısı değerinin ortak logaritmasının bir fonksiyonu olarak kimyasal elementlerin bitkilerde biriktirilmesi (Alekseenko vd..2021).

3. NADİR TOPRAK ELEMEKTLERİN (NTE) BİTKİ TÜRLERİNDEKİ DAĞILIMI

Toprak-bitki sisteminde Nadir Toprak Element (NTE) konsantrasyonu, formu, dağılımı, taşınması ve birikimi hakkındaki çalışmalar ICP-MS, INAA ve HRICP-MS gibi hassas tekniklerin kullanılmasıyla anlam kazanmaya başlamıştır (Ichihashi vd., 1992; Wyttenbach vd., 1994 Ni vd., 1999; Xu vd., 2003; Xiong, 2000; Wang vd., 2007). Genel olarak, bitkilerdeki NTE konsantrasyonları son derece değişkendir. Değişimin nedeni sadece topraktaki NTE bolluğunun farklılığından değil, aynı zamanda bitki türleri arasındaki spesifik farklılıklardan kaynaklanabilir. Çünkü aynı bölgeden örneklenen bitkilerdeki NTE 'ler de önemli farklılıklar söz konusudur (Ding vd., 2006a). Doğal biyolojik malzemelerde NTE içeriği genellikle çok düşüktür (Zhang vd., 2000). Bitki türlerine ve bulundukları yere bağlı olarak, geniş bir NTE konsantrasyonu aralığı bulunur.

Daha önceden yapılan çalışmalarda, bitkilerdeki toplam NTE içeriğinin 4 ila 168 mg g-1 arasında değiştiğini göstermiştir (Tablo 1). Bu değerler bitki türlerinden ve topraktaki NTE miktarından etkilenmiştir (Xiong, 2000). Vasküler bitkilerin toprak üstü biyokütlesindeki çoğu elementin

konsantrasyonları genellikle oldukça düşüktür. Bilimsel literatürde bitki konsantrasyonları hakkında oldukça fazla veri bulunmaktadır. Ancak, mevcut olması muhtemel miktarlar arasında ayrım yapmak çoğu zaman zor olabilir. Çeşitli bitkilerde NTE konsantrasyonları değişiklik göstermektedir (Tyler, 2004).

Tablo 1: Bazı bitki türlerinde ve kullanılan toprakta ortalama NTE konsantrasyonu (El-Ramady, 2008, 2010).

Bitki türleri	**NTE konsantrasyonu**	**Topraktaki NTE içeriği**	**Referans**
Pokeweed yaprakları (Phytolacca americana) Eğreltiotu yaprakları (Athyrium yokoscence)	1.8 µg g-1 dw 622 µg g-1 dw 202 µg g-1 dw	Kumtaşı (76,5 µg g-1) Andezit a (507 µg g-1)	Ichihashi vd., (1992)
Mısır (Zea mays L.) Kökler Yapraklar Gövdeler Yapraklar Gövdeler Kökler Tahıllar Çiçekler Kökler Sürgünler	 78.70 µg g-1dw 0.16 µg g-1dw 12.10 µg g-1dw 4.70 µg g-1dw 0.45 µg g-1dw 15.40 µg g-1dw 0.43 µg g-1 dw 2.30 µg g-1 dw 17.35 µg g-1 dw 0.42 µg g-1 dw	 Saksı deneyi b Luvisol c (275 µg g-1) Çizim deneyi d (150 µg g-1) Saksı deneyi (JKI, Almanya) (57,1 µg g-1)	Wang vd., (2001a) El-Ramady (2008)
Yağlı tohum kolza (Brassica juncea) Kuru yapraklar Kökler Sürgünler	 53.4 µg g-1 dw 37.35 µg g-1 dw 0.79 µg g-1 dw	228 µg g-1 Saksı deneyi (JKI, Almanya) (57.1 µg g-1)	Zhang vd., (2000) El-Ramady (2008)
Lahana Lahana (Brassica oleracea) Çin lahanası (B. pekinensis)	 0.15 – 2.6 µg kg-1 fwe 0.457 µg g-1 dw 1.474 µg g-1 dw	 162 µg g-1 (Beijing)	 Bibak vd., (1999) Wen vd., (2001)
Filizler f	0.005-0.06 µg kg-1 fw	-	Bibak vd., (1999)
Buğday (Triticum aestivum) Kökler Gövdeler ve yapraklar Buğday (Triticum aestivum) Kökler Gövdeler Yapraklar	La 0.009 µg g-1 dw La (0.006), Gd (0.002), Y(0.002) dw 3.91 µg g-1 dw 0.354 µg g-1 dw 1.84 µg g-1 dw 0.357 µg g-1 dw	- 162 µg g-1 (Beijing)	 Gu vd., (2001) Wen vd., (2001)

Tahıllar			
Vaccinium (Vaccinium vitis-idaea) Yapraklar (1)g Yapraklar (2)h Yapraklar (3)i Çam (Pinus sylvestris) İğneler (1)j İğneler (2)k Çam (iğneler) Yosunlar (Sphagnum sp.)	 1.62 µg g-1 dw 0.86 µg g-1 dw 0.54 µg g-1 dw 0.96 µg g-1 dw 1.08 µg g-1 dw 1.60 µg g-1 dw 2.94 µg g-1 dw	 5.6 µg g-1 155 µg g-1 22.5µg g-1 22.5 µg g-1 7.4 µg g-1 171 µg g-1 (Osnabrueck, Germany)	 Markert, (1987) Markert ve Li, (1991)
Narenciye (yapraklar) Domates (yaprak) Çavdar otu	1.16 µg g-1dw 4.69 µg g-1dw 1.03 µg g-1dw	171 µg g-1 (Osnabrueck, Germany)	Markert ve Li, (1991)
Salatalık (Cucumis sativus) Domates (L. esculentum)	0.124 µg g-1 dw 0.053 µg g-1 dw	162 µg g-1 (Beijing)	Wen vd., (2001)
Pirinç (Oryza sativa) Kökler Gövdeler Yapraklar	3.71 µg g-1 dw 0.185 µg g-1 dw 0.194 µg g-1 dw	162 µg g-1 (Beijing)	Wen vd., (2001)

a Ana malzeme, NTE'ler = 155,6 µg g-1 kuru ağırlık; b Uygulanan NTE'ler gübre konsantrasyonu 20 µg NTEs g-1 topraktı; C NTE'ler = La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd ve Dy toplamı ve gübredeki NTE içeriği 268 g kg-1 idi; d Uygulanan NTEs gübre konsantrasyonu 64 mg NTEs m-2 topraktır ve numune hasatta alınmıştır.

(uygulamadan 57 gün sonra); e Taze ağırlık (fw) ve NTE'lerin toplamı sadece La, Ce, Pr, Nd ve Gd içindir; f Taze ağırlık ve NTE'lerin toplamı sadece Sm, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb ve Lu içindir; g Yapraklar (1), toprak lokasyonundan (Abisco'nun 10 Km güneyinde, 'Stordalen' adı verilen bir turba bataklığı); h Yapraklar (2), toprak konumundan (Abisco'nun 1 Km güneyi, kuzey İsveç); i.Yapraklar (3), toprak konumundan (Achmer, 15 Km kuzey Osnabrueck, Almanya); j.İğneler (1), toprak konumundan (Achmer, 15 Km kuzey Osnabrueck, Almanya); k.İğneler (2), toprak konumundan (Osnabrueck'in 20 Km kuzey doğusunda, 'Venn Moor' adı verilen bir turba bataklığı); l NTE'ler = La, Ce, Pr ve Nd toplamı ve ekimden 66 gün sonra kontrol için

3.1. NTE'lerin Topraktaki Hareketliliği ve Biyoyararlanımını Etkileyen Faktörler

NTE serisi, dünyanın hem iç kısmında hem de yüzeyinde gerçekleşen süreçler değerlendirildiğinde birçok temel jeokimyasal özellik için mükemmel bir doğal probdur. Son yıllarda, dünya yüzeyinde metal göçünü ve birikimini kontrol eden jeokimyasal süreçler hem çevre, hem de ekonomik açıdan ilgi çekicidir. Özellikle ağır metallerin neden olduğu çevre kirliliği ile ilgili endişeler ve son yıllarda nükleer atıkların (yani Am^{3}+, Cm^{3}+ ve Cf^{3}+) depolanması/bertaraf edilmesi konularında NTE'lerin jeokimyasal davranışları ve bunları kontrol eden faktörleri kullanarak değerlendirilmelidir (Wan ve

Liu, 2006, Wyttenbach vd., 1998; Li vd., 1998; Zhang ve Shan, 2001; Lu vd., 2003). Özellikle bitkilerin yetiştiği topraktaki NTE'lerin fiziko-kimyasal özellikleri (organik madde içeriği (OC), pH, katyon değişim kapasitesi (CEC), hareketliliği ve dönüşümü biyoyararlanımını kontrol eden ana faktörlerdir (Tablo 2, Shan vd., 2004, Wen vd., 2006).

Toprağın pH'ı, iyon konsantrasyon seviyeleri ve toprağın diğer kimyasal özellikleri bitki büyüme aşamalarında bitki köklerini etkilemektedir. Örneğin, bitki kökleri besin katyonlarını adsorbe ettiğinde, kökler elektriksel özelliklerini korumak için H+ serbestleşebilir. Bu nedenle köklerin yakınındaki toprak pH'ı birkaç milimetre uzaktaki değerden önemli ölçüde farklı olabilir. Bu olgu, topraktaki NTE'lerin hareketliliğini ve biyoyararlanımınıda etkileyebilir. Çünkü toprak pH'ı NTE çözünmesini etkilemektedir (Nakamaru vd., 2006). Birçok araştırmada su/partikül adsorpsiyonu/desorpsiyonu ve su/kaya (toprak) etkileşimlerinde lantanit bileşiminin belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Doğal tatlı sulardaki inorganik partiküller, çoğunlukla killer, silikatlar, karbonatlar içindeki Al, Fe, Mn ve Si gibi elementlerden oluşur. Bununla birlikte doğal sulardaki organik maddenin varlığı çözeltideki eser element miktarını artırı (Takahashi vd., 1997, Reiller vd., 2002).

Tablo 2: Toprakta NTE'lerin biyolojik kullanılabilirliğini etkileyen faktörler (El-Ramady, 2008)

Genel süreçler	Toprak özellikleri	Genel faktörler
Biyojeokimyasal süreçler	Toprak pH'ı	Toplam NTE içeriği
Toprak erozyonu	Toprak OC'u	Bireysel NTE
Ayrışma süreçleri	Toprak CEC	NTE'lerin Adsorpsiyonu
NTE'lerin dikey dağılımı	Toprak Eh	NTE'lerin Desorpsiyonu
Toprak biyotası	Toprak ıslahı (kireç, alçı	NTE fraksiyonlama
faaliyetleri (örn.	taşı)	Bitki türleri
solucanlar)	Toprak tipi ve ana	Bitki parçası
Dönüşüm süreçleri	materyaller	Bitki kök eksüdaları
1- Toprak nitrifikasyonu	Toprak organik asitleri	
2- Toprak	(örn. sitrik, malik, asetik	
amonifikasyonu	ve laktik asitler)	
3- Üre hidrolizi	Toprak mikrobiyolojik	
4- Fosfor dönüşümü	özellikleri	
5- Fenol bileşiklerinin	(Mikrobiyal enzimler ve	
ayrışması	mikrobiyal topluluklar)	

3.2. Bitkilerdeki Nadir Toprak Elementleri

NTE'lerin topraktan ve çözeltilerden alımı çok geniş bir yelpazede değerlendirilmesi gereken bir konudur. Bitkilerde NTE'lerin alımı ve translokasyonu prensibi pek çok araştırmada çalışılmış olup NTE-bitki etkileşiminde; toprak şelatlarının NTE'lerin alımını etkilediği, NTE'lerin alımı artan azot ve potasyum seviyeleri ile kolaylaştırılabildiği, bitki köklerindeki Casparian şeridinin NTE'lerin alımını sınırladığı ve farklı NTE'ler arasında bir etkileşim gözlemlenebildiği belirlenmiştir (Brown vd. 1990, Hu vd., 2004).

Genel olarak, NTE'lerin toprak tabakasında çok yüksek konsantrasyonda olması, bitkiler tarafından da daha yüksek NTE alımına neden olur. NTE'lerin topraktaki varlığı ise NTE'lerin suda çözünebilir ve değiştirilebilir fraksiyonlarıyla yakından ilişkilidir. Bu nedenle pH, Eh, CEC ve kil içeriği gibi fiziko-kimyasal şartlar toprağın özelliklerine bağlıdır. Mesela yapılan bir çalışmada, Norveç ladini için, artan bitki yaşıyla birlikte doğrusal bir NTE birikimi bulunmuştur (Wyttenbach vd., 1994). Ozaki vd

(2002), yaklaşık 60 yaşındaki ceviz yapraklarında (Carya sp.) son derece yüksek toplam NTE konsantrasyonları (2.30 ppm) bulunduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle de yüksek NTE biriktirme kabiliyeti nedeniyle, ceviz uzun süre bitkiler aleminde istisnai bir bitki olarak kabul edilmiştir.

Genellikle, bitki dokularında kök> yaprak> gövde > çiçek > meyve de olacak şekilde bir NTE konsantrasyon bolluk sırası yer alır. NTE'ler şelat bileşikleri oluşturabilir. Bu şelatlar, bitki bileşenleri ile birleşebilir proteinler, nükleik asitler, amino asitler, nükleotit asitler ile pigmentler ve selüloz ile ilişkilidir (Hu vd., 2004).

Maden alanlarında yetiştirilen bitki dokularındaki NTE'lerin dağılımı yaprak> kök> gövde şeklinde sıralanmıştır. Maden sahalarında yetişen bitkiler topraktaki yüksek NTE konsantrasyonlarına karşı daha toleranslı olabilir.

Orta nadir toprak elementleri (ONTE, Sm'den Gd'ye kadar olan elementler) muhtemelen köklerdeki/üzerindeki NTE'lerin fosfat çökelmesinden kaynaklı olarak kökler ve NTE'lerin kök hücre duvarlarına emilimi nedeniyle zenginleşmektedir. Gövde ve yapraklarda ise sırasıyla hafif nadir toprak element (HNTE, La'dan Eu'ya kadar olan elementler) ve ağır nadir toprak element (ANTE, Gd'den Lu'ya kadar olan elementler) zenginleşmesi gözlemlenmektedir. ANTE zenginleşmesi ise genellikle yaşlı yapraklardan genç yapraklara doğru azalmaktadır.

Damarlı bitkilerin toprak üstü biyokütlesinde pekçok elementin konsantrasyonları genellikle oldukça düşüktür. NTE'lerin bitkilerdeki dağılım şekilleri geniş çapta incelendiğinde NTE içeriğindeki bolluk sırasının kök> yaprak> gövde> çiçek> tane> meyve şeklinde olduğu tespit edilmiştir. NTE'lerin topraktan köklere alımı genellikle topraktan köklere translokasyon oranından çok daha yüksektir. HNTE'lerin aksine, ANTE'ler kök> lamina> gövde> yaprak sapı veya kök> gövde> lamina> yaprak sapı şeklinde dağılım göstermektedir (Redling, 2006). NTE'lerin vasküler bitkilerin ana organları arasındaki dağılımı önemli ölçüde farklılık gösterir. Birçok çalışma, mısır, buğday, pirinç ve kırmızı biber gibi çeşitli ürünlerde kök> yaprak> gövde> meyve tanesi sırasına göre azalan NTE konsantrasyonları göstermiştir. Narenciye gibi ağaçlarda da en yüksek NTE konsantrasyonları genellikle köklerde bulunur.

Nadir toprak elementlerinin (NTE'ler) birikimi ve fraksiyonlanması ile ilgili bir çalışmada fosfat çökelmesi, hücre duvarı emilimi ve çözelti kompleksleşmesi ile kontrol edildiği belirtilmiştir (Ding vd. 2005b). Özellikle pH> 4.0'ın olduğu şartlarda, NTE'lerin fosfat çökelimi çok kolay gerçekleşebilir (Diatloff vd., 1993).

3.3. Bitkilerde NTE'lerin Biyoakümülasyonu

Herhangi bir toprak üstü dokusunda çok yüksek konsantrasyonlarda metal biriktiren bitkiler doğal ortamlarında hiper-akümülatör olarak adlandırılırlar (Baker ve Brooks, 1989). Hiper-akümülatör bitkinin en yaygın tanımına bakarsak;

i) sürgündeki metal konsantrasyonu Zn ve Mn için %1.0, Al, As, Se, Ni, Co, Cr, Cu ve Pb için %0.1 ve Cd için %0.01'den daha yüksek olmalıdır (Foy, 1984).

ii) bitkinin toprak üstü metal konsantrasyonları, kirlenmemiş ortamlardaki aynı bitki türlerinden 10-500 kat daha yüksek olmalıdır (Yanqun vd., 2005);

iii) sürgün/kök konsantrasyon oranı değişmezdir ve bu değer 1'den yüksek olmalıdır (Yanqun vd., 2005). Bu, metallerin köklerden sürgünlere taşınmasında etkin bir kabiliyete ve büyük olasılıkla yüksek metal konsantrasyonları da başa çıkmak için tolerans mekanizmaların varlığına işaret eder;

iv) sürgün/toprak konsantrasyon oranı 1'den yüksek olmalıdır. Bu da bitkideki metal konsantrasyonlarının topraktakinden daha yüksek olduğu anlamına gelir. Bitki metal alımının derecesini belirler (Yanqun vd., 2005).

Metal hiper akümülatörlerin çoğu metalli topraklarda endemiktir (Pollard vd., 2002). Bu nedenle, bu türler tür çapında metal biriktirme özelliği gösteren katı metalofitler olarak kabul edilebilir.

Toprak-bitki transferi ve kimyasal elementler doğanın element döngüsünün bir parçasıdır. Kimyasal elementlerin toplam konsantrasyonu topraktaki elementler biyoyararlanımın iyi bir göstergesi değildir (Wang vd., 2004). Biyolojik olarak kullanılabilir eser elementlerin değerlendirilmesi, bitkinin topraktan metalleri mobilize etme veya biriktirme potansiyelinin değerlendirilmesine olanak tanıdığı için çok önemlidir (Branquinho vd., 2007).

Son yıllarda NTE konsantrasyonu toprak ekosistemlerinde önemli ölçüde artmış ve ciddi bir çevre sorunu haline gelmiştir. Son 20 yılda, birçok araştırmacı toprak ve bitki sistemlerinde NTE'lerin taşınması, dönüşümü, içeriği ve dağılımını rapor etmiştir (Li vd., 1998; Diatloff vd., 1999; Guo, 1999). Son zamanlarda, organik ligandların toprak-bitki ekosisteminde (Sun vd. 1999 ve Yang vd. 1999) ve sulu sistemde NTE'lerin biyoakümülasyonu ve kullanılabilirliği üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Ancak toprak ekosistemlerinde organik maddenin etkileri için çalışmalar çok daha az yapılmıştır. Doğal toprak sisteminde, organik asit, fulvik asit (FA), hümik asit (HA), bitki kök eksüdaları vb. gibi organik ligandlar topraktaki NTE'leri kompleksleştirerek NTE'lerin biyoyararlanımını değiştirmede çok önemli bir rol oynar (Zhimang vd., 2001). Metallerin dış çözeltiden sürgüne (özellikle yapraklara) birikmesi ise iki süreç tarafından kontrol edilir. Bunlardan birincisi dıştan metabolik olmayan, pasif bir hareket ile çözeltinin köklere aktarılması ve köklerden sürgünlere taşınması yoluyla gerçekleşir (Marschner, 1995). Bu bitki türlerine ve metal türlerine bağlıdır. NTE'lerin içinde/üzerinde meydana gelen fosfat çökelmesi kökler veya taşıma yolu ile etkili olan bir diğer önemli faktördür (Ding vd., 2005'a).

3.4. NTE'lerin Bitkiler Tarafından Biyoyararlanımı

NTE'lerin ve ağır metallerin biyoyararlanımı ve mekanizmaları üzerine yapılan çalışmalar, çevre jeokimyası ve çevre toksikolojisinde her zaman önemli konular olmuştur. Şu anda, NTE'lerin ve ağır metallerin bitki köklerine taşınma biçimleri ve süreçleri nispeten iyi bilinmektedir. Bununla birlikte, bitkilerdeki NTE ve ağır metallerin mikro ölçekli süreçlerinin yanı sıra kontrol edici faktörler ve mekanizmalar hakkında öğrenilmesi gereken süreçler vardır (Liang vd., 2008). Bitkiler tarafından alınan NTE'lerin miktarı büyük ölçüde topraktaki biyoyararlanımlarına bağlıdır. Bu durum, NTE'lerin biyoyararlanımı ve alımı birbiriyle yakından ilişkilidir (Redling, 2006). NTE'lerin bitkiler tarafından alınmasında sadece toprağın özelliğine bağlı olmadığı aynı zamanda bitki türlerine göre de değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir (Fu vd., 2001).

3.5. NTE'lerin Fraksiyonlanması

Bitkilerdeki NTE fraksiyonlarının özellikleri, NTE'nin topraktan çözeltiler vasıtasıyla bitkilere taşınması söz konusudur. NTE'lerin her biri çok benzer kimyasal özelliklere sahiptir ve doğal olarak bir grup halinde bulunma eğilimindedir. Bu özelliği nedeniyle tüm NTE'ler jeokimyasal çalışmalarda kullanılan çok yararlı izleyicilerdir (Henderson, 1984). Bununla birlikte, NTE'lerin benzerliğine bakılmaksızın, olası bir serinin her bir elementi arasındaki fraksiyonlaşma birçok doğal süreçte meydana gelebilir.

Bu fraksiyonlaşma olayı toprak-bitki sisteminde de bulunmuştur. Arasındaki fraksiyonlaşma La'dan Eu'ya kadar hafif NTE'ler (HNTE'ler) ve Gd'den Lu'ya kadar ağır NTE'ler (ANTE'ler), redoksa duyarlı bir NTE anomalisi (örn. Ce anomalisi) ve redoksa duyarlı olmayan bir NTE anomalisi (örn. Gd, Yb ve Lu anomalisi) biyoakümülasyon süreçlerinde NTE taşınması sırasında gözlemlenmiştir (Ding vd., 2006a).

NTE'lerin kimyasal özellikleri aktinitlere (Am^{3}+, Cm^{3}+, Cf^{3}+) benzer kimyasal değerliğe sahiptir. Bu nedenle, NTE'ler genellikle bu elementlerin izleyicileri olarak da kullanılır. NTE'lerin fraksiyonlaşmaları, bu elementler arasındaki kimyasal özelliklerin küçük ama sistemik farklılıklarından kaynaklanabilir. NTE'lerin bu tür bir fraksiyonlaşma özelliği genellikle jeokimyasal izleme çalışmalarında kullanılmaktadır (Liang vd. 2008).

3.6. Bitkilerde NTE Fraksiyonlanmasını Etkileyen Faktörler

Bitkilerde NTE alımı ve taşınması üzerine yapılan kapsamlı çalışmalara rağmen, biyoakümülasyon süreçlerinde NTE fraksiyonlaşması konusu çok az çalışılmıştır. Biyojeokimyasal süreçlerde NTE'lerin fraksiyonlaşmaları gözlemlenmiştir. Bunlar hafif NTE'ler (HNTE'ler, La-Eu) ve ağır NTE'ler (ANTE'ler, Gd-Lu) arasındaki fraksiyonlaşma (Wei vd., 2001), redoksa duyarlı olmayan NTE anomalisi (Gd, Yb ve Lu gibi) (Xu vd., 2002) ve redoksa duyarlı NTE anomalisi (Ce ve Eu) (Ding vd., 2003) şeklindedir. Doğal kimyasalların çoğu fraksiyonlaşmalar, iyonik yarıçaplarındaki farklılıklar (artan atom numarasının artmasıyla 5s ve 5p elektronlarının daralması) ve değerlikler (Ce^{3}+ veya Ce^{4}+, Eu^{2}+ veya Eu^{3}+) ile gerçekleşir (Ding vd. 2005a).

Toprak üstü kısımlardaki NTE fraksiyonasyonlarının mekanizmalarını yorumlamak için, bitkideki NTE'lerin fraksiyonlanmasını etkileyen faktörler

belirlenmiştir. Bunlar; besin çözeltisi bileşeni, fraksiyonlama yöntemi, ksilem özsuyu özellikleri, çözelti kompleksleşmesi şeklinde özetlenebilir (Ding vd., 2005b).

NTE'lerin fraksiyonlanması üzerine yapılan çalışmalara dayanarak, NTE'lerin ve ağır metallerin biyoyararlanımı ve taşınım süreçleri hakkında etkilidir. Bunlar;

(1) Metal elementler ksilem damarlarına esas olarak serbest iyonlar şeklinde girer. Kompleks formlardaki metaller, bitki köklerindeki yanal transfer yollarındaki özel konfigürasyon tarafından engellenir. Bu sınırlama nedeniyle, toprak ve rizosferdeki ligandların kompleksleşmesi metallerin biyoyararlanımını önemli ölçüde etkileyebilir.

(2) Bitkilerin adsorpsiyonu ve kimyasal çökelme (farklı elementlerle değişken) bitki köklerindeki metal formlarını ortaklaşa belirler. Genel olarak, iyonların seçici adsorpsiyonu asidik koşullar altında güçlü iken, çökelme süreçleri hücre duvarları tarafından asitliğin azalmasıyla birlikte giderek daha önemli roller üstlenmektedir.

(3) Metallerin bitkilerin toprak üstü kısımlarındaki dağılımı hem fiksasyonun hem de transfer mekanizmalarıdır. Organik ligandların ksilem damarlarında kompleksleşmesi önemli bir rol oynar (Liang vd., 2008).

3.7. Toprak NTE Fraksiyonları ve Bitki NTE Alımı Arasındaki İlişkiler

Topraktaki metallerin farklı fraksiyonları önemli ölçüde farklılık gösterir (Smith, 1984). Bazı araştırmalarda, bazı metal fraksiyonları ile bitki metal içerikleri arasında tutarlı korelasyonlar bulunmuştur (Sims, 1986). Ancak bazı çalışmalarda da belirgin bir korelasyon yok ise toprak metal fraksiyonları ve toprak pH arasında çoklu regresyon analizi yapılmıştır (Davies, 1992). Bazı toprak metal fraksiyonları ve pH'ları arasındaki korelasyonlar biyoyararlanım açısından hala net değildir (Cao vd., 2000b).

3.8. NTE'lerin Bitkiler Üzerindeki Etkileri

Bitkilerdeki nadir toprak elementlerinin fizyolojik yönleri gün geçtikçe detaylı olarak çalışılmaktadır. Özellikle, artan bitki enzim aktivitesi, yanında klorofil içeriği ve fotosentez hızı, çeşitli besin maddelerinin alımı üzerindeki etkilidir. Düşük konsantrasyonlarda NTE iyonlarının bitkilerde fizyolojik

işlevleri desteklediği bildirilmiştir. (Karukstis ve Gruber, 1986). NTE'lerin birçok ürünün verimini artırabileceği kanıtlanmıştır, ancak fizyolojik mekanizması tam olarak bilinmemektedir. Önceki bitki fizyolojik süreçlerinin yanı sıra (çimlenme, büyüme, sitoplazmik membranların stabilitesi, hormonal etkileşimler, su kullanımı verimliliği, bitki enzimleri, mineral besin metabolizması, kalsiyumun fizyolojik fonksiyonları, vb gibi.), diğer bazı bitki fizyolojik süreçleri (örn. yaprak klorofil içeriği, fotosentetik hız, foton akı yoğunluğu, stoma iletkenliği ve solunum hızı) NTE'ler kullanılarak çalışılmıştır (Tablo 3- 4).

Tablo 3: NTE'lerin bitkiler üzerindeki genel etkileri (El-Ramady, 2008, 2010).

Genel parametreler	Fizyolojik parametreler	Bitki enzimleri
- Biyokütle üretimi	-Sitoplazmatik membran stabilizasyonu	-Süperoksit dismutaz, (SOD)
- Çimlenme oranı	-Kalsiyumun fizyolojik işlevleri	- Katalaz, (CAT)
- Kuru madde	-Mineral besinlerin metabolizması	- Peroksidaz, (POD)
- Hücre bölünmesi	-Azot fiksasyon verimliliği	-Askorbat peroksidaz, (APX)
- Bitki boyu	- Hormon etkinliği	-Glutatyon peroksidaz, (GPX)
- Yaprak alanı indeksi	- Su kullanım verimliliği	- Fenol peroksidaz, (POX)
- Bitki yaprak sayısı	- Bitki fotosentezi	- Malondialdehit, (MDA)
- Hücre genişlemesi	- Amino asit içeriği	- Dehidroaskorbat redüktaz
- Foton akı yoğunluğu	- Fotosentetik oran	- Glutatyon redüktaz, (GRX)
- Stoma iletkenliği	- Klorofil içeriği	- Polifenoloksidaz, (PPO)
-Bitki hastalıklarına direnç	- Oksijen evrimi	- Klorofilaz sentezi
-Fotosentetik pigmentler	- Solunum hızı	-Glutamik oksaloasetik transaminaz, (GOT)
-Plazma membranı geçirgenliği	- Terleme oranı	-Glutatyon S-transferaz, (GST)
- Doku farklılaşması	- Besin alımı	- Sülfotransferaz, (SOT)
- Fitokelatinler, (PC)	- Düşük molekül ağırlıklı organik asitler	- α-Amilaz
- Glutatyon, (GSH)		- RuBPcase
- Askorbat, (ASC)		- Nitrat redüktaz
- α- Tokoferol		- Nitrat deoksidaz

Lantanitler (Ln) ve itriyumdan (Y) oluşan nadir toprak elementleri (NTE'ler) bitki fizyolojisinde, özellikle de fotosentezde önemli rol oynar (Xu

ve Xiao 1985). Hafif NTE'ler (HNTE'ler) lantan (La) ila europium (Eu) içerirken, ağır NTE'ler (ANTE'ler) gadolinyum (Gd) ila lutesyum (Lu) içerir. İz elementlere benzer şekilde, NTE'ler düşük ve yüksek konsantrasyonlarda sırasıyla bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde hem olumlu hem de olumsuz etkiler gösterir. NTE'lerin düşük konsantrasyonlardaki etkilerinin etki mekanizmaları, oksijen evrimi ve klorofilde önemli artışları içerir. Buna karşılık, NTE'lerin yüksek konsantrasyonlarda olduğu durumlarda mahsuller, mikroplar ve enzimler üzerinde engelleyici etkiler gösterebilir (Wang vd., 2005c).

Tablo 4: NTE uygulamalarının toprak özellikleri üzerindeki etkisi (El-Ramady, 2010).

Toprak özelliği veya parametresi	**Deney koşulları**	**NTE konsantrasyonu ve formu**	**Tepki veya etkiler**	**Referans**
Toprak asit fosfatazı (APA)	Kırmızı toprak (pH = 4,1, 7 gün inkübasyon) Sarı toprak (pH= 5.2)	$La(NO_3)_3$ (1000 µg g-1)	(-) 65% (+) 25%	Xu vd., (2004)
Alkalin fosfataz (AlP)	Sera gazı deneyi (mısır) (yağlı tohum kolza)	$RECl_3 \times xH_2O$ (270 µg g-1)	(-) 11% (-) 35%	El-Ramady (2008)
Dehidrojenaz (DHA)	Lab. Deney Sera gazı deneyi (pirinç) Sera gazı deneyi (mısır) (yağlı tohum kolza)	$LaCl_3$ (1000 µg g-1) $LaCl_3$ (900 µg g-1) $RECl_3 \times xH_2O$ (270 µg g-1)	(-) 38% (-) 20% (-) 36% (-) 15%	Chu vd., (2003) El-Ramady (2008)
Sükraz aktivitesi	Kırmızı toprak (haplik akrisoller) Saksı kültürü deneyi Kuluçka deneyi (25 ºC'de l8 hafta boyunca)	$LaCl_3$ (300 µg g-1) $LaCl_3$ (500 µg g-1)	(+) 15% (+) 24%	Chu vd., (2002b)
Asidik fosfataz	Kırmızı toprak (haplik akrisoller) Saksı kültürü deneyi Kuluçka deneyi (25 ºC'de l8 hafta boyunca)	$LaCl_3$ (600 µg g-1) $LaCl_3$ (500 µg g-1)	(+) 20% (+) 5%	Chu vd., (2002b)
Üreaz aktivitesi	Kırmızı toprak (haplik akrisoller) Saksı kültürü deneyi Kuluçka deneyi (25 ºC'de l8 hafta boyunca)	$LaCl_3$ (300 µg g-1) $LaCl_3$ (500 µg g-1)	(+) 28% (+) 5%	Chu vd., (2002b)
Toprak nitrifikasyonu	Kırmızı toprak (pH= 5,6)	$LaCl_3$ (1000 µg g-1)	(-) 60%	Chu vd., (2002a)
N	Fluvo-aquic toprak (pH=	$LaCl_3$ (1200 µg g-1)	(-) 46%	Zhu vd.,

mineralizasyon oranı	8,2)			(2002)
NH4+-N oksidasyon hızı	Luvisol (pH= 7,3)	NTE'ler veya La (200 µg g-1)	(-) 73% (-) 89%	Xu ve Wang (2001)
Toprak P dönüşümü	Kırmızı toprak (pH= 5,6)	$LaCl_3$ (1000 µg g-1)	(-) 18%	Chu vd., (2002a)
Fenol ayrışması	Kırmızı toprak (pH= 5.6)	$LaCl_3$ (1000 µg g-1)	(-) 85%	Chu vd., (2002a)
Toprak amonifikasyonu	Kırmızı toprak (pH= 5,6)	$LaCl_3$ (1200 µg g-1)	(-) 47%	Zhu vd., (2002)
Toprak mikrobiyal biyokütlesi C Mikrobiyal biyokütle 14C Kümülatif 14CO2 evrimi	Kalkerli fluvo-su toprak, pH(H2O)= 8,3, 28 gün kuluçka deneyi	$LaCl_3$ (200 µg g-1)	(-) %15 (+) 10% (-) 15%	Chu vd., (2007)

4. SONUÇLAR

Doğal jeokimyasal stres altında yerli bitkilerin element biriktirme modelleri sadece topraktaki element içeriğine ve belirli bir türün özelliklerine değil, aynı zamanda iyonik yarıçap ve yük değerlerine de bağlıdır; kimyasal elementlerin enerji katsayılarındaki artışla birlikte, bitkiler tarafından biriktirilmeleri keskin bir şekilde azalır. Oksidatif bir ortamda ve topraktaki Pb, Cu ve Zn gibi yüksek ve orta derecede hareketli katyonik sucul taşınmalar yüksek konsantrasyonları altında, daha büyük iyonik yarıçaplar ve nispeten düşük enerji katsayıları ile, ağırlıklı olarak kompleks iyonlar olarak uzun mesafelere göç edebilirler. Dolayısıyla, iç faktörler bu elementlerin bitkilerde yüksek konsantrasyonda birikmesine katkıda bulunur.

Maden sahası toprağının iyileştirilmesi için, hiperakümülasyon yapan bitki türlerinin uygulanması için stresli durumu güçlendirebilecek veya zayıflatabilecek bir dizi dış ve iç faktöre ihtiyaç duyar. Cevherlerin üzerindeki gevşek tortuların bitkiye maruz kalma derecesi ve kalınlığı, cevherlerdeki elementlerin içeriği ve cevher içeren tabakalardaki birincil zonlanmalar,

sahaların peyzajı, jeokimyasal özellikleri ve süperjen bölgesindeki kimyasal element göç modelleri önemli ve etkilidir.

NTE'lerin ekotoksikolojik etkileri üzerine son yıllarda oldukça fazla çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar, NTE'lerin hayvan, insan, bitki, toprak mikroorganizmaları ve çevre üzerindeki etkilerini içermektedir. Çevre. NTE'lerin mahsul performansı üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmalar birçok faktörün karmaşık bir kombinasyonu etkilidir. Burada özellikle toprak özellikleri (pH, organik madde, mineral içerikleri ve ana materyal), uygulama oranı ve zamanlaması, mahsul koşullar (tür, çeşit ve büyüme aşaması) ve içinde bulunduğu suyun saflığı ile pH özellikleri etkilidir.

NTE'lerin fizyolojik etkileri, çevre üzerindeki etkileri ve diğer bazı araştırma konuları bitkilerin büyümesi, rizosferdeki NTE'lerin kimyasal davranışı, fiziko-kimyasal özelliği, toprağa uygulanan NTE'lerin özellikleri, NTE'lerin toprak verimliliği üzerindeki etkisi ve NTE'lerin tarımda uygulanabilir hale getirilmesi gibi konular günümüzde popular olan ve araştırılmaya devam edilen konulardır. NTE'lerin bitki büyümesi ve mahsul verimi ile ilişkisi, NTE'lerin bitki üzerindeki etki şekli, büyüme ve kalitesi, NTE'lerin hücre, hücre altı ve moleküler biyokimya üzerindeki etkileri, NTE'lerin insanlar, hayvanlar ve toprak mikro-organizmaları üzerindeki etkileri ve NTE'lerin ekotoksikolojik etkileri gübrelerin toprak mikro-organizmaları üzerindeki etkilerinin de araştırılması gerekmektedir.

Nadir toprak elementlerinin toprak ve sudaki çevresel davranışları ve özellikle toprak mikrobiyal florası ve nitrifikasyonunun yanı sıra sucul bitkiler ve hayvanlar üzerindeki etkileri de daha verimli bir şekilde araştırılabilir. Nadir toprak elemen içerikleri hakkında daha kapsamlı bir veri tabanı oluşturulması için çeşitli sahalara ait bitkiler ve topraklar için oldukça detaylı çalışılmasına ihtiyaç vardır. Bu durum, bitki örtüsü hakkında ek bilgi sağlayabileceğinden dolayı nadir toprak elementlerin dağılımı ve birikimi için önemli envanter oluşturacaktır.

KAYNAKÇA

Aleksandrov, A., Aleksandrova, E.B., Tikhonov, A.A. (2018). Stabilization of a programmed rotation mode for a satellite with electrodynamic attitude control system. Adv. Space Res., 62, 142–151.

Alekseenko, V.A. (2005).Geochemical Methods for Mineral Deposits Prospecting, Logos: Moscow, Russia, (In Russian).

Alekseenko, V.A. (2011). Geobotanical Studies for the Solution of a Number of Ecological Tasks and Exploration of Mineral Deposits, Logos: Moscow, Russia,. (In Russian).

Alekseenko, V.A.; Shvydkaya, N.V.; Alekseenko, A.V.; Machevariani, M.M.; Bech, J.; Pashkevich, M.A.; Puzanov, A.V.; Nastavkin, A.V.; Roca, N. (2021). Element Accumulation Patterns of Native Plant Species under the Natural Geochemical Stress. Plants, 10, 33

Baker, A. J. M.and R. R. Brooks (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements - a review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery 1, 81-126.

Bech, J., Duran, P., Roca, N., Poma, W., Sánchez, I., Roca-Pérez, L., Boluda, R., Barceló, J., Poschenrieder, C. (2012). Accumulation of Pb and Zn in Bidens triplinervia and Senecio sp. spontaneous species from mine spoils in Peru and their potential use in phytoremediation. J. Geochem. Explor., 123, 109–113

Bibak, A., S. Stuerup, L. Knudsen, V. Gunderson (1999). Concentrations of 63 elements in cabbage and sprouts in Denmark. Commun. Soil Sci. and Plant Analysis, 30: 2409 – 2418.

Branquinho C., Serrano H. C., Pinto M. J., Martins-Louc M. A. (2007). Revisiting the plant hyperaccumulation criteria to rare plants and earth abundant elements. Environmental Pollution, 146, 437-443.

Brown, P. H., A. H. Rathjien, R. D. Graham, D. E. Tribe (1990). Rare earth elements in biological systems. In: Handbook on the physics and chemistry of rare earths. Geschneider, K. A. and Jr. L. Eyring, (Eds.) Elsevier Science Publisher B. V. New York, Vol. 13: 423-453.

Cao, X., X. Wang, G. Zhao (2000b). Assessment of the bioavailability of rare earth elements in soils by chemical fractionation and multiple regression analysis. Chemosphere. 40(1):23-8.

Chu, H. Y., J. G. Zhu, Z. B. Xie, H. Y. Zhang, Z. H. Cao, Z. G. Li (2003).

Effects of lanthanum on dehydrogenase activity and carbon diooxide evolution in a Haplic Acrisol. Australian Journal of Soil Reseach, Vol. 41: 731 – 739.

Chu, H., J. Zhu, X. Lin, R. Yin, Z. Xie, Z. Cao, T. Fujii (2007). Short-term decomposition of 14C-labelled glucose in a fluvo-aquic soil as affected by lanthanum amendment. Biology and Fertility of Soils, Vol.43 (No. 6): 811-814.

Chu, H., J. Zhu, Z. Xie, Z. Li, Z. Cao, Q. Zeng (2002a). Effect of lanthanum on nitrification, phosphorus transformation and phenol decomposition in red soil. Journal of Rare Earths, Vol. 20 (No. 1): 67 – 70.

Chu, H., J. Zhu, Z. Xie, Z. Li, Z. Cao, Q. Zeng, A. Lin (2002b). Efects of Lanthanum on Hydrolytic Enzyme Activities in Red Soil. Journal of Rare Earths, Vol. 20 (No. 2): 158- 160.

Davies, B. E. (1992). Inter-relationships between soil properties and the uptake of Cd, Cu, Pb and Zn from contaminated soils by radish (Raphanus Sativus L.) Water, Air. Soil Pollut. 63, 331–342

Diatloff, E., C. J. Asher, F. W. Smith (1993). Use of GEOCHEM-PC to predict rare earth element (REE) species in nutrient solutions. Plant and soil, Vol. (155/156): 251- 254.

Diatloff, E., C. J. Asher, F. W. Smith (1999). Foliar application of rare earth elements to maize and mungbean. Australian Journal of Experimental Agriculture, 39: 189-194.

Ding, S. M., T. Liang, C. S. Zhang, J. C. Yan, Z. L. Zhang, Q. Sun (2005b). Role of ligands in accumulation and fractionation of rare earth elements in plants: Examples of phosphate and citrate. Biol. Trace Elem. Res. Vol. 107 (1): 73-86.

Ding, S. M., T. Liang, C. S. Zhang, L. J. Wang, Q. Sun (2006a). Accumulation and Fractionation of Rare Earth Elements in a Soil-Wheat System. Pedosphere, 16(1): 82-90.

Ding, S. M., T. Liang, C. Zhang, J. Yan, Z. Zhang (2005a). Accumulation and fractionation of rare earth elements (REEs) in wheat: controlled by phosphate precipitation, cell wall absorbtion and solution complexation. Journal of Experimental Botany, Vol. 56 (420): 2765 – 2775.

Ding, S. M., T. Liang, L. J. Wang, Q. Sun (2003). Characteristics of translocation and fractionation of rare earth elements in soil–wheat

system. Journal of Agro-environment Science, Vol. 22: 519–523.

Dunn, C.E. (2007). Biogeochemistry in Mineral Exploration, Handbook of Exploration and Environmental Geochemistry, Elsevier: London, UK, Volume 9, p. 462.

El-Ramady, H. R. (2008). A contribution on the bio-actions of rare earth elements in the soil/plant environment. Ph. D. Thesis, Fakultät für Lebenswissenschaften der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig, Germany.

El-Ramady, H. R. (2010). Ecotoxicology of rare earth elements: I. Effects on soils and plants.

Fersman, A.E. (1959). Selected Works, Publishing House of the USSR Academy of Sciences: Moscow, Russia,. (In Russian)

Foy, C. D. (1984). Physiological effects of hydrogen, aluminium, and manganese toxicities in acid soil. In: Adams, F. (Ed.), Soil Acidity and Liming, second ed. Agronomy Monograph N_12, ASA-CSSA-SSSA Publisher, Madison WI, pp. 57-97.

Fu, F. F., T. Akagi, S. Yabuki, M. Iwaki (2001). The variation of REE (rare earth elements) patterns in soil-grown plants: a new proxy for the source of rare earth elements and silicon in plants. Plant and Soil, Vol. 235: 53–64.

Ginzburg, I.I. (1960). Principles of Geochemical Prospecting: Techniques of Prospecting for Non-Ferrous Ores and Rare Metals, Pergamon Press: London, UK,.

Götze, C., Gläßer, C., Jung, A. (2016). Detecting heavy metal pollution of floodplain vegetation in a pot experiment using reflectance spectroscopy. Int. J. River Basin Manag., 14, 499–507.

Götze, C., Jung, A., Merbach, I., Wennrich, R., Gläßer, C. (2010). Spectrometric analyses in comparison to the physiological condition of heavy metal stressed floodplain vegetation in a standardised experiment. Open Geosci., 2, 132–137. [CrossRef]

Gu, Z., X. Wang, X. Gu, C. Ying, W. Liansheng, L. Dai, Y. Chen (2001). Effects of fulvic acid on the bioavailability of rare earth elements and GOT enzyme activity in wheat (Triticum aestivum). Chemosphere, 44: 545-551.

Guarino, C., Zuzolo, D., Marziano, M., Baiamonte, G., Morra, L., Benotti, D.,

Gresia, D., Stacul, E.R., Cicchella, D., Sciarrillo, R. (2019). Identification of native-metal tolerant plant species in situ: Environmental implications and functional traits. Sci. Total Environ., 650, 3156–3167.

Guo, B. S. (1999). Reccent research advance of rare earth in the field of biology. Rare Earth. 20, pp. 64–68.

Henderson, P. (1984). Rare earth elements Geochemistry. Elsevier, Amsterdam, pp. 1-32.

Horler, D.N.H., Barber, J., Darch, J.P., Ferns, D.C., Barringer, A.R. (1983). Approaches to detection of geochemical stress in vegetation. Adv. Space Res., 3, 175–179.

Hu, Z., Y. Richter, G. Sparovek, E. Schnug (2004). Physiological and biochemical effects of rare earth elements on plants and their agricultural significance: a review. Journal of Plant Nutrition. Vol. 27, No. (1): 183-220.

Ichihashi, H., H. Morita, R. Tasukawa (1992). Rare earth elements (REEs) in naturally grown plants in relation to their variation in soils. Environmental Pollution, 76, 157-162.

Karukstis, K. K., S. M. Gruber (1986). Effect of trivalent lanthanide cations on chlorophyll fluorescence and thylakoid membrane stacking. Biochim. Biophys. Acta, 851, 322–326.

Li, F., X. Shan, T. Zhang, S. Zhang (1998). Evaluation of plant availability of rare earth elements in soils by chemical fractionation and multiple regression analysis. Environmental Pollution, 102: 269 – 277.

Liang, T., S. Ding, N. G. Wenchong, Z. Hong, C. Zhang, H. Li (2008). A review of fractionations of rare earth elements in plant. Journal of Rare Earths, Vol. 26: 7-15.

Licheng, Z., Kezhun, Z. (1992). Background values of trace elements in the source area of the Yangtze River. Sci. Total Environ., 125, 391–404.

Lobacheva, O., Dzhevaga, N. (2017). Rare-Earth Elements Recovery on the Example of Europium (III) from Lean Technogenic Raw Materials. J. Ecol. Eng., 18, 122–126.

Lu, A., S. Zhang, X. Shan, S. Wang, Z. Wang (2003). Application of microwave extraction for the evaluation of bioavailability of rare earth elements in soils. Chemosphere, 53: 1067- 1075.

Lytaeva, T.A., Isakov, A.E. (2017). Environmental impact of the stored dust-like zinc and iron containing wastes. J. Ecol. Eng., 18, 37–42.

Markert, B. (1987). The pattern of distribution of lanthanide elements in soils and plants. Phytochemistry, Vol. 26, No. 12: 3167 – 3170.

Markert, B., Z. D. Li (1991). Natural background concentrations of rare-earth elements in a forest ecosystem. The Science of the Total Environment, 103: 27 – 35.

Marschner, H. (2005). Mineral nutrition of higher plants. 2nd Edition, Amsterdam: Academic Press, XV, 889p, ISBN 0-12-473543-6

Mishra, T., Pandey, V.C., Praveen, A., Singh, N., Singh, D.P. (2020). Phytoremediation ability of naturally growing plant species on the electroplating wastewater-contaminated site. Environ. Geochem. Health, 42, 4101–4111.

Mudzengi, B.K. (2018). The spatial distribution of soil lead pollution in the Middle Mukuvisi Catchment, Harare, Zimbabwe. Braz. J. Biol. Sci., 5, 47–55.

Nakamaru, Y., K. Tagami, S. Uchida (2006). Effect of nutrient uptake by plant roots on the fate of REEs in soil. Journal of Alloys and Compounds, Vol. 408-412, pp: 413 – 416.

Navarrete Gutiérrez, D.M., Pons, M.-N., Cuevas Sánchez, J.A., Echevarria, G. (2018). Is metal hyperaccumulation occurring in ul-tramafic vegetation of central and southern Mexico? Ecol. Res., 33, 641–649.

Nejad, Z.D., Jung, M.C., Kim, K.-H. (2017). Remediation of soils contaminated with heavy metals with an emphasis on immobilization technology. Environ. Geochem. Health, 40, 927–953.

Ni, B. F., W. Z. Tian, Nie H. N., P. S. Wang, G. K. He (1999). Study on air pollution in Beijing's major industrial areas using multielements in biomonitors and NAA techniques. Biol. Trace Elem. Res., 71/72, 267–272.

Ozaki, T., S. Ambe, S. Enomoto, Y. Minai, S. Yoshida, Y. Makide (2002). Multitracer study on the uptake mechanism of yttrium and rare earth elements by autumn by fern. Radiochim. Acta, 90: 303-307.

Peng, J.-S., Guan, Y.-H., Lin, X.-J., Xu, X.-J., Xiao, L., Wang, H.-H., Meng, S. (2020). Comparative understanding of metal hyperaccumulation in plants: A mini-review. Environ. Geochem. Health, 1–9.

Perel'man, A. (1986). Geochemical barriers: Theory and practical applications. Appl. Geochem., 1, 669–680.

Perelman, A.I. (1989). Geochemistry, Vyshaya Shkola: Moscow, Russia, (In Russian

Pollard, A. J., K. D. Powell, F. A. Harper, J. A. C. Smith (2002). The genetic basis of metal hyperaccumulation in plants. Critical Reviews in Plant Science, 21, 539-566.

Ponomarenko, T.V., Khan-Tsai, E.A., Bavuu, C. (2019). Integrated mining projects in underdeveloped territories of Russia: Sub-stantiation of implementation parameters. J. Min. Inst. 240, 724–730.

Rankama, K. (1942). Über eine neue Prospektionsmethode. Geol. Rundsch., 32, 575–578.

Redling, K. (2006). Rare earth elements in agriculture with emphasis on animal husbanday. Ph. D. Thesis, München Uni., Faculty of Veterinary Medicine.

Reiller, P., V. Moulin, F. Casanova, C. Dautel (2002). Retention behaviour of humic substances onto mineral surface and consequences upon thorium(IV) mobility: case of iron oxides, Appl. Geochem. 17, 1551.

Reimann, C., Koller, F., Frengstad, B., Kashulina, G., Niskavaara, H., Englmaier, P. (2001). Comparison of the element composition in several plant species and their substrate from a 1 500 000-km2 area in Northern Europe. Sci. Total Environ., 278, 87–112.

Robson, T., Stevens, J.C., Dixon, K., Reid, N. (2017). Sulfur accumulation in gypsum-forming thiophores has its roots firmly in calcium. Environ. Exp. Bot., 137, 208–219.

Seenivasan, R., Prasath, V., Mohanraj, R. (2014). Restoration of sodic soils involving chemical and biological amendments and phytoremediation by Eucalyptus camaldulensis in a semiarid region. Environ. Geochem. Health, 37, 575–586.

Shan, X. Q., S. Z. Zhang, B. Wen (2004). Fractionation and bioavailability of rare earth elements in soils. In: I. Shtangeeva, Editor, Trace and Ultratrace Elements in Plants and Soil, WIT Press, Southampton, UK, pp. 249–285.

Shtangeeva, I., Viksna, A., Grebnevs, V. (2019). Geochemical (soil) and phylogenetic (plant taxa) factors affecting accumulation of macroand

trace elements in three natural plant species. Environ. Geoche m. Health, 42, 209–219.

Sims, J. T. (1986). Soil pH effects on the distribution and plant availability of manganese, copper and zinc. Soil Sci. Soc. Am. J. 50, pp. 367–373.

Smith, S. R. (1984). Effect of soil pH on availability to crops of metals in sewage sludgetreated soils. I. Ni, Cu and Zn uptake and toxicity to drygrass. Environ. Pollut. 85, pp. 321– 327.

Sofo, A. (2011). Drought stress tolerance and photoprotection in two varieties of olive tree. Acta Agric. Scand. Sect. B Plant Soil Sci., 61, 711–720.

Sun, H., X. R. Wang, Q. Wang, et al., (1999). The effects of chemical species on bioaccumulation of rare earth elements in rice grown in nutrient solution. Toxicol. Environ. Chem. 69, pp. 75–85.

Takahashi, Y., Y. Minai, S. Ambe, Y. Makide, F. Ambe, T. Tominaga, (1997). Simultaneous determination of stability constants of humate complexes with various metal ions using multitracer technique, Sci. Total Environ. 198, 61.

Tyler, G. (2004). Rare earth elements in soil and plant systems – A review. Plant and Soil, Vol. 267: 191- 206

Wan, Y., C. Liu (2006). The effect of humic acid on the adsorption of REEs on kaolin. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, 290: 112–117.

Wang, L. F., H. B. Ji, K. Z. Bai, L. B. Li, T. Y. Kuang (2005c). Photosynthetic Characterization of the Plant Dicranopteris dichotoma Bernh. in a Rare Earth Elements Mine. Journal of Integrative Plant Biology, 47 (9): 1092−1100.

Wang, X. P., X. Q. Shan, S. Z. Zhang, B. Wen (2004). A model for evaluation of the phytoavailability of trace elements to vegetables under the field conditions. Chemosphere 55, 811-822.

Wang, X., G. X. Shi, Q. S. Xu, B. J. Xu, J. Zhao (2007). Lanthanum- and Cerium-Induced Oxidative Stress in Submerged Hydrilla verticillata Plants. Russian Journal of Plant Physiology, Vol. 54 (No. 5): 693–697.

Wang, X., G. X. Shi, Q. S. Xu, B. J. Xu, J. Zhao (2007). Lanthanum- and Cerium-Induced Oxidative Stress in Submerged Hydrilla verticillata Plants. Russian Journal of Plant Physiology, Vol. 54 (No. 5): 693–697.

Wang, Z., C. Wang, P. Lu, W. Zhu (2001a). Concentrations and flux of rare

earth elements in a semifield plot as influence by their agricultural application. Biological Trace Element Research, Vol. 84: 213- 226.

Warren, H.V., Delavault, R.E., Irish, R.I. (1952). Preliminary studies on the biogeochemistry of iron and manganese. Econ. Geol., 47, 131–145.

Wei, Z. G., M. Yin, X. Zhang (2001). Rare earth elements in naturally grown fern Dicranopteris linearis in relation to their variation in South-Jiangxi region (Southern China). Environmental Pollution, 114, 345–355.

Wen, B., D. Yuan, X. Shan, F. Li, Zhang (2001). The influence of rare earth element fertilizer application on the distribution and bioaccumulation of rare earth elements in plants under field conditions. Chemical Speciation and Bioavailability, Vol. 13 (2): 39 – 48.

Wen, B., Y. Liu, X. Hu, X. Shan (2006). Effect of earthworms (Eisenia fetida) on the fractionation and bioavailability of rare earth elements in nine Chinese soils. Chemosphere, Vol. 63 (7): 1179 – 1186.

Wyttenbach, A., P. Schleppi, J. Bucher, V. Furrer, L. Tobler (1994). The accumulation of the Rare Earth Elements and of Scandium in successive: Weedle Age classes of Norway Spruce. Biological Trace Element Research, 41:13 – 29.

Wyttenbach, A., V. Furrer, P. Schleppi, L. Tobler (1998). Rare Earth Elements in soil and in soil grown plants. Plant and Soil, 199: 267 – 273.: 109-118.

Xiong, B. K. (2000). Agricultural and Forestry Research and Application of Rare Earth. Metallurgical Industrial Press, Beijing.

Xu, D., L. Guangshen, X. Jie, L. Weiping (2004). Effects of lanthanum and cerium on acid phosphatase activities in two soils. Journal of Rare Earths, Vol. 22 (No. 5): 725 – 728.

Xu, X. K., W. Z. Zhu, Z. J. Wang, G. Jwikamp (2002). Distribution of rare earths and heavy metals in field-grown maize after application of rare earth-containing fertilizer. Sci. Total Environ. 293: 97–105.

Xu, X., W. Zhu, Z. Wang, G. Witkamp (2003). Accumulation of rare earth elements in maize plants (Zea mays L.) after application of mixtures of rare earth elements and lanthanum. Plant and Soil, 252: 267- 277

Xu, X., Z. Wang (2001). Effects of lanthanum and mixtures of rare earths on ammonium oxidation and mineralization of nitrogen in soil. European Journal of Soil Science, 52: 323- 329.

Yang, L. H., X. R.Wang, H. Sun, et al., (1999). The effect of EDTA on rare earth elements bioavailability in soil ecosystem. Chemosphere 38, pp. 2825–2833.

Yanqun, Z., Yuan, L. Jianjun, C. Haiyan, Q. C. Li, C. Schvartz (2005). Hyperaccumulation of Pb, Zn and Cd in herbaceous grown on lead-zinc mining area in Yunnan, China. Enviroment International, 31, 755e762.

Zhang, S. Z., X.-Q. Shan (2001). Speciation of rare earth elements in soil and accumulation by wheat with rare earth fertilizer application. Environ. Pollut. 112: 395–405.

Zhang, S., X. Shan, F. Li (2000). Low- molecular- weight- organic- acids as extractant to predict plant bioavailability of rare earth elements. Intern. J. Environ. Anal. Chem. Vol. 76(4): 283- 294.

Zhang, Z., Liu, M., Liu, X., Zhou, G. (2018). A new vegetation index based on multitemporal Sentinel-2 images for discriminating heavy metal stress levels in rice. Sensors, 18, 2172.

Zhimang, G., X. Wang, X. Gu, J. Cheng, L. Wang, L. Dai, Y. Chen (2001). Effects of fulvic acid on the bioavailability of rare earth elements and GOT enzyme activity in wheat (Triticum aestivum). Chemosphere, 44: 545 – 551.

Zhu, J. G., H. Y. Chu, Z. B. Xie, K. Yagi (2002). Effects of lanthanum on nitrification and ammonification in three Chinese soils. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 63: 309 – 314.

BÖLÜM 6

ANKARA KOŞULLARINDA ANADOLU ÜÇGÜLÜ (*Trifolium resupinatum* L.) VE İTALYAN ÇİMİ (*Lolium multiflorum* Lam.)'NİN FARKLI KARIŞIM ORANLARI VE EKİM YÖNTEMLERİNİN YEM ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi | Uğur ÖZKAN [1*]

Prof. Dr. | Cafer SIRRI SEVİMAY [2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343174

[1*] Dr. Öğr. Üyesi, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye, ugurozkan@ankara.edu.tr, Orcid ID: https://orcid.org/0000-0002-6869-4526

[2] Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara, Türkiye, sevimay@ankara.edu.tr, Orcid ID: https://orcid.org/0000-0002-3643-2513

Açıklama: Bu kitap bölümü; Prof. Dr. Cafer Sırrı SEVİMAY danışmanlığında 2017 yılında tamamlanan "Ankara koşullarında Anadolu üçgülü (*Trifolium resupinatum* L.) ve İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam)'nin farklı karışım oranları ve ekim yöntemlerinin yem özelliklerine etkileri" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir (Özkan, 2017, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye).

GİRİŞ

İnsanoğlunun yeterli ve dengeli beslenebilmesi için hayvansal ürünlerin hayatımızdaki önemi büyüktür. Ekonomik ve verimli bir hayvansal üretim sistemi, kaliteli kaba yem kaynaklarının durumu ile yakından ilişkilidir. Hayvancılık işletmelerindeki maliyet giderlerinin %70'i besleme masraflarından oluşmaktadır. Bu masraflar aynı zamanda işletmenin karlılığını önemli oranda etkilemekte ve değiştirebilmektedir. Kaliteli kaba yem üretim alanlarını ve verimliliklerini artırabilmek günümüz tarımında maliyet giderlerini düşürebilmek adına üzerinden durulması gereken en önemli konulardandır.

Ülkemizde 2022 yılında toplam çayır ve mera alanı 14.6 milyon hektar, yem bitkileri ekim alanı ise yaklaşık 2.76 milyon hektar kadardır (TÜİK, 2023). Hayvancılığı gelişmiş olan ülkelerde yem bitkilerinin ekiliş oranı toplam tarla arazisinin, Almanya'da % 36'sını, Hollanda'da %31'ni, İtalya'da % 30'unu, Fransa ve İngiltere'de % 25' ni kaplamaktadır (Açıkgöz vd., 2005). Ülkemizde ise bu oran 2005'te % 3.96 (Özkan ve Demirbağ, 2016), 2015 yılında %7.79, 2020 %9.81, 2022 yılında ise % 11.54 olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2023). Ülkemizde 2022 yılında yem bitkileri üretimi 67.04 milyon ton, çayır ve meralardan kaynaklı üretim ise 11.70 milyon ton civarındadır (TÜİK, 2023). Aynı yılda ülkemiz büyükbaş hayvan birimi (BBHB=500 kg) olarak 19.94 milyon adet hayvana sahip olmakla birlikte, ülkemizin yıllık kaliteli kaba yem açığı yaklaşık 23.00 milyon ton olarak belirlenmiştir.

Kaliteli kaba yem üretimin artışı için sadece ekim alanlarını artırmak tek başına yeterli bir çözüm değildir. Asıl önem arz eden durum; var olan alanların birim düzeyde alınan verimini artırabilmektir. Karışık ekim sistemi; bitkisel üretimin verimini ve kalitesini artırmak adına önemli çözüm yollarından birisidir (Acar vd., 2006). Karışık ekim; aynı tarlada, aynı anda iki veya daha fazla bitki türünün birlikte yetiştirilmesidir. Yem bitkileri karışımları; hayvanların besin maddesi ihtiyaçlarının karşılanması yönünden özellikle farklı familyadan bitkileri içerdiklerinden, besin maddesi eksiklikleri kapatan dengeli bir yem üretebilmektedir (Peker, 2013). Toplam kuru madde veriminin artması, yemin protein oranı ve kalitesinin yükselmesi, gübre ihtiyacının azalması ve bir sonraki ürünün veriminde artış meydana gelmesi karışık ekimin önemli avantajlarındandır. Protein dengesinin sağlanabilmesi,

elde edilen yemin fazlalığı, toprak erozyonunu önlemedeki önemi, farklı bitki karışımlarını ön plana çıkarmaktadır (Çakmakçı vd., 2005).

Anadolu üçgülü (*Trifolium resupinatum* L.) (A.Ü) tek yıllık, dik ve yarı dik büyüyebilen, 20-80 cm arasında boya sahip olan bir bitkidir. Yüksek lezzetliliği ve besleyici yönü sebebiyle hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Yüksek protein ve nem içeriği silo yemi olarak kullanılmasına uygun olmasa da, mera bitkisi, kuru ot, yeşil gübre ve örtü bitkisi olarak değerlendirilmektedir (Suttie, 1999; NSWG, 2004). Taze bitkisinde % 21 protein, kuru madde de % 14 civarında mineral madde oranı bulunmaktadır. İtalyan çimi (*Lolium multiflorum* Lam) (İ.Ç) 100-125 cm arasında boyuyla dik olarak gelişimini sürdürmektedir (Elçi, 2005). Kolay tesis olabilmesi, yüksek verim ve kaliteye sahip olması önemli özelliklerindendir. Ekiminden itibaren 2 ay içerisinde otlatma olgunluğuna gelebilmesi ve hızlı bir gelişim göstermesi erken otlatma için elverişli bir bitki olmasını sağlamaktadır. İtalyan çimi ayrıca; toprak ıslahında, toprağın aşınıp taşınmasının önlenmesinde, silo yemi yetiştirilmesinde, park ve yeşil alan bitkisi olarak ve tohum üretmek amacı ile faydalanılmaktadır.

Anadolu üçgülü ve İtalyan çimi karışımı ülkemizin farklı bölgelerinde irdelenmiş bir konu olmadığından araştırmamızda Ankara koşullarında Anadolu üçgülü ile İtalyan çiminin farklı karışım oranları ve ekim yöntemlerinin, yem özelliklerine ve yem kalitesine olan etkilerini incelemek çalışmamızın amacını oluşturmaktadır. Bu sayede ülkemizde geleneksel tarımda ekimi çok fazla olan yonca, korunga, fiğ, silajlık mısır gibi bitkilere alternatif olabilecek, verimi yüksek ve kaliteli yeni bitkilerin yetiştiriciliğine olanak sağlanabilecektir.

1. MATERYAL VE METOD

Araştırma, 2015 ve 2016 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama tarlalarında kurulmuş ve yürütülmüştür. Araştırma yerinin denizden yüksekliği 860 m olup, 39° 57' Kuzey enlem ve 32° 52' Doğu boylamı dereceleri arasında yer almaktadır. Araştırma yerinin toprağı killi-tınlı yapıya sahip olup, hafif alkali (pH=8.02), kireçli (5.39%), toplam tuz düzeyi zararsız (0.042%), azotça zayıf (0.074%), fosforca orta (13.28 ppm), potasyumca zengin (582 ppm) ve organik maddece yetersizdir (1.48%).

Tablo 1: Araştırma alanında vejetasyon dönemlerine ait iklim verileri (MGM, 2016)

	Ortalama Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)			Nispi Nem (%)		
Aylar	2015	2016	Uzun Yıllar	2015	2016	Uzun Yıllar	2015	2016	Uzun Yıllar
Nisan	9.1	14.9	11.4	23.3	19.6	51.6	55.2	45.9	60.4
Mayıs	17.0	15.4	16.2	53.1	51.3	47.3	55.0	59.2	57.0
Haziran	18.4	22.8	20.3	100.9	21.1	33.9	67.5	45.2	52.8
Temmuz	24.2	25.5	23.6	2.7	0.0	16.5	42.4	35.4	47.4
ORTALAMA	**17.2**	**19.7**	**17.9**	**-**	**-**	**-**	**55.0**	**46.4**	**54.4**
TOPLAM	**-**	**-**	**-**	**180.0**	**92.0**	**149.3**			

Bu çalışmada deneme materyali olarak, ‘Demet-82” Anadolu üçgülü ve “Hellen” İtalyan çimi çeşitleri kullanılmıştır. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü deneme tarlalarında yürütülen bu araştırma, 2015-2016 yıllarında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Ana parsellere 4 farklı ekim yöntemleri [(aynı sıraya (E_1), ayrı sıralara (E_2), dik sıralara (E_3) ve serpme (E_4) ekim yöntemi)]; alt parsellere 5 farklı karışım oranı [(yalın olarak Anadolu üçgülü (Yalın A.Ü) ve İtalyan çimi (Yalın İ.Ç), karışım olarak; %25 Anadolu üçgülü + %75 İtalyan çimi (25A.Ü:75İ.Ç), %50 Anadolu üçgülü + %50 İtalyan çimi (50A.Ü:50İ.Ç) ve %75 Anadolu üçgülü + %25 İtalyan çimi (75A.Ü:25İ.Ç)] uygulanmıştır. Dekara ayrı bir şekilde 2 kilo Anadolu üçgülü ve İtalyan çimi tohumu kullanılmıştır. Kullanılan tohumlar her parsel için ekim yöntemlerine ve karışım oranına göre hesaplanmıştır (Gençkan, 1985). Araştırmada ekim ve hasat zamanları sırasıyla; 2015 yılında 12 Nisan-15 Temmuz, 2016 yılında 15 Nisan-17 Temmuz’dur. Parsel alanı 2m × 2m = 4m^2 boyutlarında, 20 cm sıra arası mesafesi ile birlikte 10 sıra olacak şekilde (serpme ekim yapılan parseller haricinde) ekim yapılmıştır. Araştırmanın iki yılında da ekimden bir hafta önce dekara 20 kg diamonyum fosfat (20:20) gübre uygulaması yapılmıştır. Araştırmanın her iki yılında da 3’er kez sulama ve gerektiği durumlarda yabancı ot mücadelesi için çapalama yapılmıştır.

Araştırmamızda Anadolu üçgülü ve İtalyan çimi bitki boyu; parsellerde tesadüfî seçilen 10 bitkinin yerden kaldırılmadan toprak yüzeyi ile son başakçık arasında kalan mesafeleri ölçülerek elde edilmiştir (Eraç, 1982). Anadolu üçgülü ve İtalyan çimi botanik kompozisyonu; her parselden rasgele olarak belirlenen 1 m^2 lik alanda bitkiler biçildikten sonra ayrı ayrı yüzdesel olarak belirlenmiştir. Yeşil ot verimi; Anadolu üçgülü çiçeklenme dönemi başlangıcında (10% çiçeklenme) ve İtalyan çiminin süt olum dönemi dikkate alınarak toprak yüzeyinden 10 cm biçim yüksekliğinde hasat edilerek ve dekara yeşil ot verimi hesaplanmıştır (Albayrak, 2003). Kuru ot verimi; her parselden biçilmiş yeşil ottan rastgele 500 gramlık örnekler alınarak 70 °C'de 48 saat kurutulmuş, daha sonra 24 saat oda koşullarında bekletildikten sonra tartılarak kuru ot yüzdesi bulunmuştur. Her parsel için elde edilen bu orana göre dekara kuru ot verimi hesaplanmıştır (Avcı, 2000). Kuru ot verimini bulmak amacıyla kurutulmuş 500 gramlık örnekler arasından, değirmende öğütülüp, her parsel için ayarlanan 3 gramlık örnekler 105 °C'ye ayarlı etüvde 3 saat tutulmuştur. Kurutulan bu örnekler 0.001 gram duyarlı terazide tartılarak yüzde (%) olarak kuru madde oranı ve bu oranlar üzerinden dekara kuru madde verimi hesaplanmıştır (Akyıldız, 1968). Öğütülmüş örneklerden 1 gram tartılıp, Kjeldahl yöntemine göre azot analizi yapılarak elde edilen oranlar 6.25 katsayısıyla çarpılmış ve ham protein oranları % olarak belirlenmiştir. Daha sonra karışımlarda her parselin ham protein oranı kuru ottaki botanik kompozisyon oranları ile çarpılarak parsellerin ortalama ham protein oranı olarak hesaplanmıştır (Lithourgidis vd., 2006; Kaçar ve İnal, 2008). Altın (1982) araştırmasına göre dekara ham protein verimi hesaplanmıştır.

Araştırmada elde edilen veriler, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Denemeye ait veriler Mstat-C bilgisayar programından yararlanılarak değerlendirilmiştir. İstatistiki analiz sonucunda önemli farklılık ortaya çıktığında, ortalamaların karşılaştırılması için %5 önemlilik düzeyinde DUNCAN testi uygulanmıştır.

2. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

2.1. Anadolu Üçgülü ve İtalyan çimi bitki boyu (cm)

Araştırmanın 2015 ve 2016 yılında Anadolu üçgülü bitki boyu, ekim yöntemi ve karışım oranından etkilenmemiştir. Birleştirilmiş yıllara göre

karışım oranı; Anadolu üçgülü bitki boyu üzerinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0.01$). En yüksek bitki boyu 75A.Ü:25İ.Ç karışımında 77.49 cm olarak ölçülmüştür. Ekim yöntemlerine göre ayrı sıralara (E_2) ekim yöntemi Anadolu üçgülü bitki boyu bakımından en yüksek bitki boyu veren ekim uygulaması olmuştur (Tablo 2). En yüksek bitki boyunu ayrı sıralara yapılan ekimlerden alan Kennjo vd. (1987) ve Parlak (2005), araştırmamızdan aldığımız sonuçları desteklemektedir. Ateş ve Servet (2004), Anadolu üçgülü bitki boyunu 77.44 cm, Erdemli vd. (2007) 58.98 cm bulmuş olup, araştırmamızda aldığımız sonuçlar daha yüksek değerler içermektedir.

Tablo 2: Farklı karışım oranları ve ekim yöntemlerine göre Anadolu üçgülü (A.Ü) ve İtalyan çiminin (İ.Ç) bitki boyuna ait ortalama değerler

	K.O	2015	2016	Yıllar Ort.	E.Y	2015	2016	Yıllar Ort.
A Ü	**Yalın A.Ü**	77.76	72.84	75.30 **AB**	**E_1**	74.53	70.22	72.37
	25A.Ü:75İ.Ç	75.55	70.41	72.98 **B**	**E_2**	78.99	74.10	76.55
	50A.Ü:50İ.Ç	75.50	70.96	73.23 **AB**	**E_3**	77.00	73.86	75.44
	75A.Ü:25İ.Ç	78.91	76.07	77.49 **A**	**E_4**	77.18	72.12	74.65
	Ort.	76.93	72.57	74.75	**Ort.**	76.93	72.57	74.75
İ Ç	**Yalın İ.Ç**	99.93	98.36	99.14	**E_1**	100.60	98.94	99.77
	25A.Ü:75İ.Ç	102.18	98.37	100.27	**E_2**	103.95	98.13	101.04
	50A.Ü:50İ.Ç	103.67	102.67	103.17	**E_3**	101.68	99.26	100.47
	75A.Ü:25İ.Ç	101.98	98.98	100.48	**E_4**	101.53	102.05	101.79
	Ort.	101.94	99.59	100.76	**Ort.**	101.94	99.59	100.76

Yalın A.Ü: Yalın olarak Anadolu üçgülü, Yalın İ.Ç: İtalyan çimi, 25A.Ü:75İ.Ç=%25 Anadolu üçgülü + %75 İtalyan çimi, 50A.Ü:50İ.Ç= %50 Anadolu üçgülü + %50 İtalyan çimi, 75A.Ü:25İ.Ç= %75 Anadolu üçgülü + %25 İtalyan çimi, E_1: Aynı sıraya ekim, E_2: Ayrı sıralara ekim E_3: dik sıralara ekim, E_4: serpme ekim.

İtalyan çimi bitki boyu her iki araştırma yılı ve birleştirilmiş yıllara göre ekim yöntemi ve karışım oranından etkilenmemiştir. En yüksek İtalyan çimi bitki boyu her iki araştırma yılı ve birleştirilmiş yıllara göre 50A.Ü:50İ.Ç karışımından elde edilmiştir. Araştırmada elde ettiğimiz İtalyan çimi bitki boyu değerleri Darvish (2009), Kesiktaş (2010)'in buldukları bitki boyu değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Ekim yöntemlerinin İtalyan çimi bitki boyu üzerinde bir etkisi olmamasına rağmen araştırmanın ilk yılında ayrı sıralara (E_2) ekim yöntemi 103.95 cm, ikinci yılı ve birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre sırasıyla 102.05 cm ve 101.79 cm ile serpme ekim (E_4) yöntemi en üstün ekim uygulaması olmuştur.

2.2. Anadolu üçgülü ve İtalyan çimi botanik kompozisyonu (%)

Anadolu üçgülü ve İtalyan çimi botanik kompozisyonu 2015 ve 2016 yıllarında karışım oranından istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilenmiştir ($p<0.01$). Birleştirilmiş yıllarda; karışım oranı ve yıl faktörü Anadolu üçgülü botanik kompozisyonu üzerinde önemli düzeyde etki yaparken ($p<0.01$), İtalyan çimi botanik kompozisyonunu karışım oranı, karışım oranı × yıl interaksiyonu ($p<0.01$) ve yıl faktörü ($p<0.05$) istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilemiştir. Karışımlar içerisinde baklagil oranının artışı ile Anadolu üçgülü botanik kompozisyonunda artışlar meydana gelmiştir. En yüksek botanik kompozisyon 75A.Ü:25İ.Ç karışımında sırasıyla 2015 yılında %73.00, 2016 yılında %60.10, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre %66.55 olarak ölçülmüştür. İtalyan çimi botanik kompozisyonu genel itibari ile ekim normlarından daha düşük değerler vermiştir. En yüksek İtalyan çimi botanik kompozisyonu 25A.Ü:75İ.Ç karışımında 2015 yılında %53.67, 2016 yılında %60.30, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre %56.99 olarak ölçülmüştür.

Ekim yöntemlerinin Anadolu üçgülü ve İtalyan çimi botanik kompozisyonu üzerinde herhangi bir etkisi olmamasına rağmen, ayrı sıralara ekim yöntemi (E_2) 2015 yılında %74.20, 2016 yılında %53.60, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre %63.90 ile en fazla Anadolu üçgülü botanik kompozisyonuna sahip olmuştur. En düşük Anadolu üçgülü botanik kompozisyonu serpme ekim (E_4) yönteminde her iki araştırma yılı ve birleştirilmiş yıllara göre sırasıyla %47.60, %43.83, 45.72 olarak değer almıştır. Serpme ekim (E_4) ise 2015 yılında %52.40, 2016 yılında %56.17, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre %54.29 ile İtalyan çimi botanik kompozisyonu bakımından en üstün uygulama olmuştur. Ayrı sıralara (E_2) ekim yöntemi İtalyan çimi botanik kompozisyonu bakımından en düşük orana sahip olup, 2015 yılında %25.80, 2016 yılında %46.40, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre %36.10 olarak ölçülmüştür.

Araştırmanın ilk yılının vejetasyon döneminde düşen yağış miktarının fazlalığı baklagil bitkilerin gelişimi için avantaj sağlayarak vejetasyon süresinin artmasını sağlamıştır. Bu durum Anadolu üçgülünün, rekabetçi bir bitki olan İtalyan çimine göre botanik kompozisyonda üstünlük göstermesi ile sonuçlanmıştır. Araştırmanın ikinci yılında yağış miktarlarındaki azalma ile

birlikte sıcaklıkların da bir önceki seneye göre daha yüksek olması Anadolu üçgülü botanik kompozisyonunun azalmasını sağlarken, İtalyan çiminin botanik kompozisyonunun artmasını sağlamıştır. Ayrıca; Yılmaz (2005), Lithourgidis vd. (2006), Bedir (2010), Çelik (2010), Gündüz (2010), Özel (2010), Taş (2011) yaptıkları çalışmalarda araştırmamıza paralel olarak artan baklagil oranına bağlı olarak botanik kompozisyondaki baklagil oranının arttığını bildirmişlerdir. Anadolu üçgülü yarı dik gelişen, yayılıcı ve gövde gelişimi diğer üçgül türlerinden farklı olarak geniş yapılı bir bitkidir. Bu yüzden İtalyan çimi ile rekabete girebilmiş ve farklı karışım oranlarında bile bu ekim oranlarının altında kalmayan bir bitki kompozisyonuna sahip olmuştur. Bu durum İtalyan çiminin düşük botanik kompozisyon oranlarını açıklayabilir niteliktedir.

Tablo 3: Farklı karışım oranları ve ekim yöntemlerinin Anadolu üçgülü ve İtalyan çiminin botanik kompozisyonuna ait ortalama değerleri

Bitki Türleri	Karışımlar	2015	2016	Yıllar Ort.
Anadolu üçgülü	**25A.Ü:75İ.Ç**	46.33 **C**	39.70 **B**	43.01 **C**
	50A.Ü:50İ.Ç	64.00 **B**	46.39 **B**	55.19 **B**
	75A.Ü:25İ.Ç	73.00 **A**	60.10 **A**	66.55 **A**
	ORTALAMA	61.11	48.73	54.92
İtalyan çimi	**25A.Ü:75İ.Ç**	53.67 **A**	60.30 **A**	56.99 **A**
	50A.Ü:50İ.Ç	36.00 **B**	53.61 **A**	44.81 **B**
	75A.Ü:25İ.Ç	27.00 **C**	39.90 **B**	33.45 **C**
	ORTALAMA	38.89	51.27	45.08
	Ekim Yöntemleri	**2015**	**2016**	**Yıllar Ort.**
Anadolu üçgülü	**E_1**	58.40	50.68	54.54
	E_2	74.20	53.60	63.90
	E_3	64.22	46.81	55.51
	E_4	47.60	43.83	45.72
	ORTALAMA	61.11	48.73	54.92
İtalyan çimi	**E_1**	41.60	49.32	45.46
	E_2	25.80	46.40	36.10
	E_3	35.78	53.19	44.49
	E_4	52.40	56.17	54.29
	ORTALAMA	38.89	51.27	45.08

Yalın A.Ü: Yalın olarak Anadolu üçgülü, Yalın İ.Ç: İtalyan çimi, 25A.Ü:75İ.Ç=%25 Anadolu üçgülü + %75 İtalyan çimi, 50A.Ü:50İ.Ç= %50 Anadolu üçgülü + %50 İtalyan çimi, 75A.Ü:25İ.Ç= %75 Anadolu üçgülü + %25 İtalyan çimi, E_1: Aynı sıraya ekim, E_2: Ayrı sıralara ekim E_3: dik sıralara ekim, E_4: serpme ekim.

2.3. Yeşil Ot Verimi (kg/da)

Yeşil ot verimi araştırmanın 2015, 2016 ve birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre karışım oranı, ekim yöntemi, yıl, karışım oranı × yıl

($p<0.01$) ve ekim yöntemi × yıl ($p<0.05$) faktörlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilenmiştir.

Yalın Anadolu üçgülü parselleri sırasıyla 2015 yılında 4727.33 kg/da, 2016 yılında 2920.17 kg/da, birleştirilmiş yılların ortalamasına göre 3823.75 kg/da yeşil ot verimi vermiştir (Tablo 4). En düşük yeşil ot verimi yalın olarak ekilen İtalyan çimi parsellerinden alınmıştır. Yeşil ot verimi karışımlar içerisinde Anadolu üçgülü oranı artış gösterdikçe artmıştır. Sabancı ve Ürem (1993), Karakurt ve Ekiz (1994), Oğan (1995), Doğan (2010), Gündüz (2010) karışım oranlarında yüksek oranda baklagil içeren karışımların daha yüksek yeşil ot verimi sağladığına yönelik çalışmaları, araştırmamızın sonuçları ile uyumluluk göstermektedir.

Dik sıralara (E_3) ekim yöntemi 2015 yılında 3251.51 kg/da, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre 2940.04 kg/da ile en yüksek yeşil ot verimi alınan ekim yöntemi olurken, 2016 yılında ayrı sıralara (E_2) ekim yöntemi 2654.87 kg/da ile dik sıralara (E_3) ekim yönteminden daha üstün performans göstermiştir (Tablo 5). Serpme ekim (E_4) yöntemi ise 2015 yılında 2786.32 kg/da, 2016 yılında 2322.67 kg/da ve birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre 2554.20 kg/da ile en düşük yeşil ot verimi alınan ekim yöntemi olmuştur. Dik sıralara ekimlerde buğdaygillerin daha fazla besin maddesi alımı gerçekleştirdiği ve bu sayede yeşil ot veriminde de artış olduğu görülmektedir (Singh ve Utham, 1995). Singh ve Utham (1995), İptaş ve Yılmaz (1998), Filiz (2000), Altınok ve Hakyemez (2002), Uncuer (2003), Çakmakçı vd. (2005)'nin dik sıralara ekimden en yüksek yeşil ot verimini aldığı bulguları araştırmamızla paralellik göstermektedir.

2015 ve 2016 yılı arasındaki ortalama yeşil ot verimleri farkı 581.85 kg/da olarak belirlenmiştir. Bu farklılığın iki yıl arasında görülen büyük iklimsel farklılıklardan ileri geldiği düşünülmektedir. Bitkilerin gelişim dönemlerinde alınan yağış, başta verim olmak üzere birçok parametreyi olumlu yönde etkileyebilmektedir. Araştırmanın ilk yılı alınan yağışın ikinci yıla göre çok fazla olması araştırmanın ilk yılında daha uzun bir vejetatif dönem geçirilmesini sağlamıştır. Dolayısıyla araştırmanın her iki yılı arasında yeşil ot verimlerinde ciddi farklılıklar görülmüştür.

Tablo 4: Farklı karışım oranlarının Anadolu üçgülü ve İtalyan çiminin yem verimi ve yem özelliklerine ait ortalama değerleri

Yıllar	Karışımlar	Yeşil Ot Verimi (kg/da)	Kuru Ot Verimi (kg/da)	Kuru Madde Verimi (kg/da)	Ham Protein Oranı (%)	Ham Protein Verimi (kg/da)
2015	**Yalın A.Ü**	4727.33 **A**	981.14 **A**	847.18 **A**	29.14 **A**	246.70 **A**
	25A.Ü:75İ.Ç	2623.54 **C**	715.54 **B**	639.59 **AB**	20.71 **C**	131.97 **B**
	50A.Ü:50İ.Ç	2985.08 **B**	738.24 **AB**	647.98 **AB**	23.87 **B**	154.45 **B**
	75A.Ü:25İ.Ç	3187.66 **B**	703.94 **B**	612.27 **B**	24.98 **B**	153.26 **B**
	Yalın İ.Ç	1788.67 **D**	556.39 **C**	500.43 **C**	13.51 **D**	68.29 **C**
	ORTALAMA	3062.30	739.05	649.49	22.44	150.93
2016	**Yalın A.Ü**	2920.17 **A**	582.75	500.49	29.00 **A**	145.39 **A**
	25A.Ü:75İ.Ç	2295.67 **B**	630.10	558.79	20.67 **C**	115.89 **B**
	50A.Ü:50İ.Ç	2432.33 **B**	592.82	517.55	24.05 **B**	124.23 **B**
	75A.Ü:25İ.Ç	2759.42 **A**	586.70	506.04	24.67 **B**	124.97 **B**
	Yalın İ.Ç	1994.67 **C**	606.66	543.45	12.72 **D**	69.32 **C**
	ORTALAMA	2480.45	599.81	525.26	22.22	115.96
Yıllar Ort.	**Yalın A.Ü**	3823.75 **A**	781.94 **A**	673.84 **A**	29.08 **A**	196.04 **A**
	25A.Ü:75İ.Ç	2459.60 **D**	672.82 **B**	599.19 **B**	20.69 **C**	123.92 **B**
	50A.Ü:50İ.Ç	2708.71 **C**	665.53 **B**	582.76 **B**	23.96 **B**	139.34 **B**
	75A.Ü:25İ.Ç	2973.57 **B**	645.32 **B**	559.16 **BC**	24.82 **B**	139.11 **B**
	Yalın İ.Ç	1891.67 **E**	581.52 **C**	521.94 **C**	13.12 **D**	68.85 **C**
	ORTALAMA	2771.45	669.43	587.38	22.33	133.45

Yalın A.Ü: Yalın olarak Anadolu üçgülü, Yalın İ.Ç: İtalyan çimi, 25A.Ü:75İ.Ç=%25 Anadolu üçgülü + %75 İtalyan çimi, 50A.Ü:50İ.Ç= %50 Anadolu üçgülü + %50 İtalyan çimi, 75A.Ü:25İ.Ç= %75 Anadolu üçgülü + %25 İtalyan çimi.

2.4. Kuru Ot Verimi (kg/da)

Kuru ot verimi 2015 yılında karışım oranından ($p<0.01$), ekim yöntemi ve ekim yöntemi × karışım oranı interaksiyonundan ($p<0.05$), 2016 yılında sadece ekim yöntemlerinden ($p<0.01$) istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilenmiştir. Birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre ise ekim yöntemi × yıl interaksiyonu ($p<0.05$), ekim yöntemi × karışım oranı ve ekim yöntemi × karışım oranı × yıl interaksiyonu (önemsiz) haricinde tüm faktörler kuru ot verimini istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilemiştir ($p<0.01$).

Tablo 5: Anadolu üçgülü ve İtalyan çiminin farklı ekim yöntemlerine göre yem verimi ve yem özelliklerine ait ortalama değerleri

Yıllar	Ekim Yöntemleri	Yeşil Ot Verimi (kg/da)	Kuru Ot Verimi (kg/da)	Kuru Madde Verimi (kg/da)	Ham Protein Oranı (%)	Ham Protein Verimi (kg/da)
2015	E_1	3209.26 **A**	773.95 **A**	682.99 **A**	22.03	157.23
	E_2	3002.83 **AB**	722.75 **AB**	634.22 **AB**	22.56	150.82
	E_3	3251.51 **A**	788.73 **A**	690.36 **A**	22.55	158.08
	E_4	2786.32 **B**	670.77 **B**	590.38 **C**	22.63	137.60
	ORT.	3062.30	739.05	649.49	22.44	150.93
2016	E_1	2317.20 **B**	552.89 **B**	483.93 **B**	21.83	105.45 **B**
	E_2	2653.87 **A**	643.31 **A**	563.29 **A**	22.86	128.46 **A**
	E_3	2628.67 **A**	641.21 **A**	561.71 **A**	22.54	125.30 **A**
	E_4	2322.67 **B**	561.82 **B**	492.13 **B**	21.66	104.62 **B**
	ORT.	2480.45	599.81	525.26	22.22	115.96
Yıllar ort.	E_1	2763.23 **AB**	663.42 **AB**	583.46 **AB**	21.93	131.34 **AB**
	E_2	2828.35 **A**	683.03 **A**	598.75 **A**	22.71	139.64 **A**
	E_3	2940.04 **A**	714.97 **A**	626.04 **A**	22.54	141.73 **A**
	E_4	2554.20 **B**	616.29 **B**	541.26 **B**	22.15	121.11 **B**
	ORT.	2771.45	669.43	587.38	22.33	133.45

E_1: Aynı sıraya ekim, E_2: Ayrı sıralara ekim E_3: dik sıralara ekim, E_4: serpme ekim.

Karışım oranlarına göre 2015 yılında yalın Anadolu üçgülünden 981.14 kg/da, 2016 yılında 25A.Ü:75İ.Ç karışımından 630.10 kg/da, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre yine yalın Anadolu üçgülü 781.94 kg/da ile en yüksek kuru ot verimini vermiştir. En düşük kuru ot verimi 2015 yılında 556.39 kg/da ile yalın İtalyan çiminden, 2016 yılında 582.75 kg/da ile yalın Anadolu üçgülünden, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre 581.52 kg/da ile yalın İtalyan çiminden elde edilmiştir (Tablo 4). Hatipoğlu vd. (2005) Çukurova koşullarında yaptıkları 3 yıllık araştırmanın iki yılında en yüksek kuru ot verimini yalın olarak ekilen Anadolu üçgülü parsellerinden aldığı sonucu araştırmamızla uyum göstermektedir. Baklagil bitkiler bünyelerinde buğdaygil bitkilere göre daha fazla su tutmaktadırlar. Bu özellik buğdaygillere herhangi bir kurutma koşuluna tabi tutulduğunda baklagillere nazaran daha fazla kuru ot yüzdesi alınabilmesine imkân sağlayarak, kuru ot verimine olumlu etki yapmaktadır. Bu etki araştırmamızın ikinci yılında kendini göstermektedir.

Ekim yöntemlerine göre en yüksek kuru ot verimi 2015 yılında 788.73 kg/da ile dik sıralara (E_3) ekimden, 2016 yılında 643.31 kg/da ile ayrı sıralara (E_2) ekimden, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre ise 714.97 kg/da ile dik sıralara (E_3) ekim yönteminden elde edilmiştir. Serpme ekim (E_4) yöntemi

yeşil ot verimine benzer şekilde kuru ot veriminde de genel itibari ile en düşük performans gösteren ekim uygulaması olup, 2015 yılında 670.77 kg/da, 2016 yılında 561.82 kg/da, birleştirilmiş yılların ortalamasına göre 616.29 kg/da kuru ot verimi vermiştir (Tablo 5). Filiz (2000), Uncuer (2003), Yolcu (2005), Peker (2013) araştırmamıza benzer şekilde en yüksek kuru ot verimini dik sıralara karışık ekimden aldıklarını bildirmişlerdir. Araştırmanın iki yılı arasında kuru ot verimi açısından 139.24 kg/da'lık farkın oluşması yeşil ot veriminde olduğu gibi, kuru ot veriminde de iklimsel faktörler ile açıklanabilir. Kurak ve kıraç şartlarda vejetasyon dönemindeki yağış miktarı, gelişimi ve dolayısıyla verimi olumlu yönde etkilemektedir.

2.5. Kuru Madde Verimi (kg/da)

Kuru madde verimi 2015 yılında karışım oranından ($p<0.01$), ekim yöntemi ve ekim yöntemi × karışım oranı interaksiyonundan ($p<0.05$), 2016 yılında sadece ekim yöntemlerinden ($p<0.01$) istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilenmiştir. Birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre ise ekim yöntemi × yıl interaksiyonu ($p<0.05$), ekim yöntemi × karışım oranı ve ekim yöntemi × karışım oranı × yıl interaksiyonu (önemsiz) haricinde tüm faktörler kuru ot verimini istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilemiştir ($p<0.01$).

Yalın Anadolu üçgülünden 2015 yılında 847.18 kg/da, 2016 yılında 25A.Ü:75İ.Ç karışımından 558.79 kg/da, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre yalın Anadolu üçgülünden 673.84 kg/da ile en yüksek kuru madde verimi elde edilmiştir. En düşük kuru madde verimi 2015 yılında 500.43 kg/da ile yalın İtalyan çiminden, 2016 yılında 500.49 kg/da ile yalın Anadolu üçgülünden, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre 521.94 kg/da ile yalın İtalyan çiminden elde edilmiştir (Tablo 4). Artan buğdaygil oranına bağlı olarak kuru madde verimlerinde artışlar görülmektedir. Bu sonuçlara göre karışımlarda kuru ot ve kuru madde verimlerinin belirlenmesinde buğdaygil oranı belirleyici unsur olarak ön planda bulunmaktadır. Stout vd. (1997) Arpa ve Anadolu üçgülü karışımından 550 kg/da, yalın Anadolu üçgülünden 490 kg/da kuru madde verimi aldıkları sonuçları araştırmamızdan daha düşük bulunmuştur.

Ekim yöntemlerine göre en yüksek kuru madde verimi 2015 yılında 690.36 kg/da ile dik sıralara (E_3) ekim, 2016 yılında 563.29 kg/da ile ayrı sıralara (E_2) ekim, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre ise 626.04 kg/da ile

dik sıralara (E_3) ekim yöntemlerinden elde edilmiştir. Serpme ekim (E_4) yöntemi yeşil ot ve kuru ot verimine benzer şekilde kuru madde veriminde de en düşük performans gösteren ekim uygulaması olup, 2015 yılında 590.38 kg/da, 2016 yılında 492.13 kg/da, birleştirilmiş yılların ortalamasına göre 541.26 kg/da kuru ot verimi vermiştir (Tablo 5). Uncuer (2003), Çakmakçı vd. (2005) ve Peker (2013) dik sıralara ekim yöntemi ile en yüksek kuru madde verimini elde etmeleri, araştırmamızın ilk yılı ve birleştirilmiş yıllara göre paralellik göstermektedir.

2.6. Ham Protein Oranı (%)

Ham protein oranı 2015, 2016 ve birleştirilmiş yılların ortalamasına göre sadece karışım oranından istatistiksel anlamda önemli düzeyde ($p<0.01$) etkilenirken, ekim yöntemi herhangi bir önemli etki göstermemiştir. Ham protein oranı karışım oranlarından önemli derecede etkilenebilmektedir (Gündüz, 2010). Yalın olarak ekilen Anadolu üçgülünden 2015 yılında %29.14, 2016 yılında %29.00 ve birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre %29.08 ile en yüksek ham protein oranları elde edilmiştir (Tablo 4). 25A.Ü:75İ.Ç, 50A.Ü:50İ.Ç ve 75A.Ü:25İ.Ç karışımları bakımından, yalın Anadolu üçgülüne en yakın ham protein oranı 75A.Ü:25İ.Ç karışımıdır. Karışımlarda Anadolu üçgülü oranında artış görüldükçe ham protein oranlarında da artış görülmektedir. Ekim yöntemleri her iki araştırma yılı ve birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre birbirine çok yakın değerler almışlardır. Ham protein oranları 2015 yılında %22.03-22.63, 2016 yılında %21.66-22.86, birleştirilmiş yıllar ortalamasına göre ise %21.93-22.71 arasında değişim göstermektedir.

2.7. Ham Protein Verimi (kg/da)

Ham protein verimi 2015 yılında sadece karışım oranından istatistiksel anlamda önemli düzeyde ($p<0.01$) etkilenirken, 2016 yılında karışım oranı ($p<0.01$) ve %1, ekim yöntemi ($p<0.05$) ayrı ayrı etki etmiştir. Birleştirilmiş yılların ortalamasına göre ekim yöntemi × yıl, ekim yöntemi × karışım oranı, ekim yöntemi × karışım oranı × yıl hariç, diğer tüm faktörler ham protein verimini istatistiksel anlamda önemli düzeyde ($p<0.01$) etkilemiştir.

Yalın Anadolu üçgülü 2015 yılında 246.70 kg/da, 2016 yılında 145.39 kg/da, birleştirilmiş yılların ortalamasına göre 196.04 kg/da ile en yüksek ham

protein verimlerini vermiştir. Yalın olarak ekilen İtalyan çimimden, sırasıyla 2015 yılında 68.29 kg/da, 2016 yılında 69.32 kg/da, birleştirilmiş yılların ortalamasına göre 68.85 kg/da ile en düşük ham protein verimi elde edilmiştir (Tablo 4). Ham protein oranında belirtildiği gibi, karışım oranlarında Anadolu üçgülü oranı arttıkça ham protein verimlerinde de kısmen artışlar görülmektedir. Altınok ve Hakyemez (2002), Bedir (2010) ve Kramberger vd. (2013)'ün sonuçları araştırmamız ile uyum göstermektedir.

Araştırmanın ilk yılı 158.08 kg/da ve birleştirilmiş yılların ortalamasına göre 141.73 kg/da ile dik sıralara (E_3) ekim, 2016 yılında ise 128.46 kg/da ile ayrı sıralara (E_2) ekim, en yüksek ham protein verimlerini vermiştir (Tablo 5). Araştırmamız, Yolcu (2005) ve Peker (2013)'ün sonuçları ile uyum göstermektedir. Diğer bir yandan; ekim yöntemlerinin ham protein verimine önemli etkisinin olduğu bulgusu araştırmamızın ikinci yılı ve birleştirilmiş yılların ortalamalarına göre, Açıkgöz ve Çakmakçı (1986), Uncuer (2003), Gummadov ve Acar (2007)'nin sonuçları ile uyum içindedir. İki yılın ham protein veriminin ortalamalarından bahsedildiğinde; araştırmanın ilk yılı ham protein verimi ortalaması 150.93 kg/da, ikinci yılında 115.96 kg/da kadardır. Bu aradaki farkın verim komponentlerinden ileri geldiği söylenebilir. Daha önceden de bahsedildiği gibi iklim faktörlerinin araştırmanın iki yılındaki farklılığı verim komponentlerini etkilemiştir. Bunun sonucunda yeşil ot verimi, kuru ot verimi ve kuru madde verimi de etkilenerek dolaylı olarak ham protein verimini de etkilemiştir.

3. SONUÇ

Araştırmadan elde edilen sonuçlar ışığında üreticinin amacı, en uygun karışım oranını ve ekim yöntemini seçmek açısından çok büyük önem arz etmektedir. Mutlak ürün gayesi var ise dik sıralara (E_3) ekim yöntemi ve yalın olarak ekilen Anadolu üçgülü Ankara koşullarında en üstün uygulama olmaktadır. Diğer bir yandan otlatma amacıyla değerlendirilmesi düşünüldüğünde, yalın olarak baklagil bitkilerden ya da buğdaygil bitkilerden kaynaklanabilecek problemleri minimum seviyelere indirebilmek için çalışmamızda 75A.Ü:25İ.Ç karışımının dik sıralara ekilmesinin yeşil ot verimi, kuru ot verimi, kuru madde verimi ve ham protein verimi bakımından uygun olduğu düşünülüp Ankara koşulları için önerilebilmektedir.

KAYNAKÇA

Acar, Z., Aşçı, Ö.Ö., Ayan, İ., Mut, H. ve Başaran, U. (2006). Yem Bitkilerinde Karışık Ekim Sistemleri. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 21(3): 379-386.

Açıkgöz, E. ve Çakmakçı, S. (1986). Bursa Koşullarında Adi fiğ ve Tahıl Karışımlarının Ot Verimi ve Kalitesi Üzerinde Araştırmalar. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 5:65-73.

Açıkgöz, E., Altınok, R.H.S., Sancak, C., Tan, A. ve Uraz, D. (2005). Yem Bitkileri Üretimi ve Sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Tarım Kongresi. 3-7 Ocak 2005. 503-518, Ankara.

Akyıldız, A.R. (1968). Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 358. Uygulama Kılavuzu, 122-214.

Albayrak, S. (2003). Ankara ekolojik koşullarına yapay mera kurulması üzerine bir araştırma. (Doktora tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara.

Altın, M. (1982). Erzurum Şartlarında Bazı Yembitkileri İle Bunların Karışımlarının Değişik Azot Dozlarındaki Kuru Ot ve Ham Protein Verimleri ile Karışımların Botanik Kompozisyonlar. TÜBİTAK VII. Bilim Kongresi, 552/TOAG 115 327-344.

Altınok S. ve Hakyemez, B.H. (2002). Ankara Koşullarında Tüylü fiğ (Vicia villosa L.) ve Koca fiğ (*Vicia narbonensis* L.)'in Arpa (*Hordeum vulgare* L.) ile Karışımlarında Farklı Karışım Oranlanın Yem Verimlerine Etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi. 8(1):45-50.

Ateş, E. ve Servet, A. (2004). Effects of row distances and cuffing dates on herb yield and some morphological characters of Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.). Cuban Journal of Agricultural Science. 38(3):317-323.

Avcı, M. (2000). Çukurova'da Geçici Yapay Mera Kurmak Amacıyla Yetiştirilebilecek Kışlık Çok Yıllık Buğdaygil - Baklagil Yem Bitkileri Karışımlarının Saptanması. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 113 Sf, Adana.

Bedir, S. (2010). Karaman İli Şartlarında Yetiştirilecek Macar fiği + Arpa Karışımda Uygun Karışım Oranının Saptanması Üzerine Bir Araştırma.

(Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 49s, Adana.

Çakmakçı, S., Aydınoğlu, B., Arslan, M. ve Bilgen, M. (2005). Farklı ekim yöntemlerinin fiğ (*Vicia sativa* L.) + ingiliz çimi (*Lolium perenne* L.) karışımlarının ot verimine etkisi. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 18(1):107-112.

Çelik, S. (2010). Kahramanmaraş Koşullarında Bazı Tahıl Türleri ile Adi fiğin (*Vicia sativa* L.) Farklı Karışım Oranlarının Ot Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 28s, Kahramanmaraş.

Darvish, A. (2009). Ankara Koşullarında Bazı Tek yıllık çim (*Lolium multiflorum* L.) Çeşitlerinin Morfolojik Özellikleri ve Yem Verimleri. (Yüksek Lisan Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 47s, Ankara.

Doğan. S. (2010). Van Koşullarında Yem bezelyesi (*Pisum sativum* spp. Arvense L.)'nin Yulaf (*Avena sativa* L.) ve Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Karışımlarının Ot Verimi ve Silaj Kalitesini Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 37s, Van.

Elçi, Ş. (2005). Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri. T.C Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Yayınları. Sf: 382-383.

Eraç, A. (1982). Bazı Tek Yıllık Yonca Tür ve Varyetelerinde Tohum ve Ot Verimi ve Verime Etkili Başlıca Karakterler Üzerinde Araştırmalar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

Erdemli, S., Colak, E. ve Kendir, H. (2007). Determination of some plant and agricultural characteristics in Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.). Tarim Bilimleri Dergisi. 13(3): 240-245.

Filiz, B. (2000). İtalyan Çimi (*Lolium multiflorum* L.) ve Adi fiğ (*Vicia sativa* L.) Karışımımda Ekim Yöntemlerinin Bu Bitkilerin Bazı Tarımsal Özelliklerine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 39s, Tekirdağ.

Gençkan, M.S. (1985). Çayır-Mer'a Kültürü Amenajmanı Islahı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No: 483.

Gummadov, N. ve Acar, R. (2007). Kışlık Baklagil Yem Bitkileri Tahıl Karışımlarında Farklı Ekim Metotlarının Verim ve Verim Unsurlarına Etkisi. Türkiye 7. Tarla Bitkileri Kongresi. 25-27 Haziran. 324-327. Erzurum.

Gündüz, T.E. (2010). Diyarbakır Koşullarında Karışım Oranlarının Macar fiği + Buğday Karışımında Ot Verimi ve Kalitesine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 37s, Adana.

Hatipoğlu, R., Kökten, K., Atış, İ. ve Kutluay, B. (2005). Çukurova kıraç koşullarında karışım oranının Anadolu üçgülü (*Trifolium resupinatum* L.) + Bir yıllık çim (*Lolium multiflorum* LAM.) karışımında ot verimi ve kalitesine etkileri üzerinde bir araştırma. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi. 5-9 Eylül, Antalya.

İptaş, S. ve Yılmaz, M. (1998).Tokat Şartlarında Yetiştirilen Değişik Macar Fiğ + Arpa Karışım Oranlarının Verim ve Kaliteye Etkileri. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi. 8(2): 106.

Kaçar, B. ve İnal, A. (2008). Bitki Analizleri. Nobel Yayınları. No:1241, Ankara.

Karakurt, E. ve Ekiz, H. (1994). İskenderiye Üçgülü (*Trifolium alexandrinum* L.) ile İtalyan Çimi (*Lolium multiflorum* L.) Karışım Oranlarının Ot Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı. 44(1-2):97-104.

Kennjo, H., Brick, M.A. ve Townsend C.E. (1987). Establishment of Cicer Milkvetch with Four Cool-Season Grasses, Crop Science. 27:810-812.

Kesiktaş, M. (2010). Karaman'da Farklı Ekim Zamanları ve Azotlu Gübre Dozu Uygulamalarının İtalyan Çiminin (*Lolium multiflorum* Westwerwoldicum caramba) Yem Verimine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Kramberger, B., Gselman, A., Podvrsnik, M., Kristl, J. ve Lesnik, M. (2013). Environmental Advantages of Binary Mixtures of *Trifolium incarnatum* and *Lolium multiflorum* Over Individual Pure Stands. Plant, Soil and Environment. 59(1): 22-28.

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A. and Yiakoulaki, M.D. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and tritikale in two seeding ratios. Field Crops Research. 99:106-113.

Meteoroloji genel Müdürlüğü (MGM). (2016). https://www.mgm.gov.tr/?il=Ankara. Erişim tarihi: 22.12.2017

New South Wales Government (NSWG). (2004). Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.). Agnote, DPI-276, 3rd edition, Department of Primary Industry, Fisheries and Mines. Northern Territory Government.

Oğan, A. (1995). Harran Ovası Koşullarında Kışlık Ara Ürün Olarak Yem bezelyesi (*Pisum arvense*) ve İtalyan Çimi (*Lolium italicum*) Karışım Oranlarının Ot Verimine Etkisi Üzerine Bir Araştırma. (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 28s, Şanlıurfa.

Özel, A. (2010). Arpa (*Hordeum vulgare* L.) + Macar Fiğ (*Vicia pannonica* Cratz.) ve Arpa (*Hordeum vulgare* L.) + Adi fiğ (*Vicia sativa* L.) Karışık Ekimlerinde Uygun Karışım Oranlarının Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 52 s, Tokat.

Özkan, U. ve Demirbağ, N.S. (2016). Türkiye'de Kaliteli Kaba Yem Kaynaklarının Mevcut Durumu. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi. 9(1): 23-27.

Parlak, A.Ö. (2005). Bazı Yapay Mera Karışımlarında Ekim Yöntemleri ve Azot Dozlarının Yem Verimi ve Kalitesine Etkileri. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 171s, Ankara.

Peker, C. (2013). Ankara Koşullarında Kırmızı üçgül (*Trifolium incarnatum* L.) ve İtalyan Çimi (*Lolium multiflorum* cv. Caramba) Karışım Oranları ve Ekim Yöntemlerinin Kaba Yem Verimine ve Verimle İlgili Özelliklerine Etkisi. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 157s, Adana.

Sabancı, C.O. ve Ürem, A. (1993). Anadolu üçgülü (*Trifolium resupinatum* L.) ve Yılık Çimin (*Lolium multiflorum* Lam) Değişik Karışım Oranlarının Yeşil Ot ve Kuru Madde Verimine Etkisi. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi. 3(2):89-97.

Singh, V.P.N. ve Uttam, S.K. (1995). Comparative Performance of Sowing Methods With Different Fertility Levels on Nutrient Uptake and Yield Measures. Anna's of Agricultural Research. 15(4): 506-508.

Stout, D.G., Brooke, B., Hall, J.W. ve Thompson, D.J. (1997). Forage yield and quality from intercropped barley, annual ryegrass and different annual legumes. Grass and forage Science. 52(3):298-308.

Suttie, J.M. (1999). Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.). In: Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes, FAO.

Taş, N. (2011). Sulu Şartlarda Yazlık ve Güzlük Ekilen Fiğ+ Buğday Karışımlarında En Uygun Karışım Oranı ve Biçim Zamanının Belirlenmesi I. Ot Verimi ve Verim Unsurları. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi. 20(2).

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2023). Bitkisel Üretim İstatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr. Erişim Tarihi: 25.09.2023.

Uncuer, D. (2003). Ankara Koşullarında Tritikale ve Tüylü fiğ (*Vicia villosa* Roth.) Karışım Oranlarının ve Ekim Yöntemlerinin Yem Verimine Etkileri. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 134s, Ankara.

Yılmaz, S. (2005). Fiğ (*Vicia sativa* L.) + Arpa (*Hordeum vulgare* L.) karışımlarında türler arası ve türiçi rekabetin saptanması. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 74 s, Adana.

Yolcu, H. (2005). Farklı Ekim Şekli ve Gübrelemenin Yonca Kılçıksız brom Karışımında Ot Verimine ve Otun Bazı Özelliklerine Etkileri. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 84s, Erzurum.

BÖLÜM 7

BUĞDAY YETİŞTİRİCİLİĞİ VE ISLAHINDA VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİNİN ARTIRILMASI İÇİN GERÇEKLEŞTİRİLEN BİYOTEKNOLOJİK YÖNTEMLER

Dr. Öğr. Üyesi | İsmail NANELİ[1*]

[1*]Dr. Öğr. Üyesi, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sakarya, Türkiye, ismailnaneli@subu.edu.tr,
Orcid ID: https://orcid.org/0000-0002-6377-5263

GİRİŞ

Buğday insan ve hayvan beslenmesinde kullanılan önemli bir kültür bitkisidir. Dünyada yaklaşık 221 milyon hektar hasat edilen alanda 771 milyon ton buğday üretimi gerçekleştirilmekte olup 34.9 $kg.ha^{-1}$ verim elde edilmiştir (FAO, 2021). Türkiye'de makarnalık buğday ekim alanı yaklaşık 1.2 milyon hektar, üretim miktarı 3.8 milyon ton, verim 31.4 $kg.ha^{-1}$ olarak belirlenmiş olup, ekmeklik buğday ekim alanı 5.4 milyon hektar, üretim miktarı 16 milyon ton, verim 29.6 $kg.ha^{-1}$ olarak saptanmıştır (TÜİK, 2022). Artan nüfus ile birlikte besin maddeleri ihtiyacının artış göstermesi ve çeşitli ürün taleplerinin karşılanması amacıyla farklı kalitede hammadde temini v.b faktörlerden dolayı birim alan buğday verim ve kalitesi artırılmalıdır. Buğdayda birim alan verimliliğin artırılmasında bazı kültürel, klasik ıslah metotlarının yanı sıra biyoteknolojik yöntemlerin uygulanması yaygınlaşmakta olup, son yıllarda biyoteknolojik yöntemler ile buğdayda verim ve kalite özelliklerinin geliştirilmesi açısından önemli bir süreç gerçekleşmiştir. Bazı buğday genlerinden verim ve kalite özelliklerine etki eden genomların saptanması, haritalanması yapılacak çalışmalar ile ürün performansının artırılmasında önemli bir faktör olarak görülmektedir (Prem vd., 2017). Buğdayda gübreleme, sulama, yabancı ot ile mücadele v.b bazı bakım işlemlerinin yanı sıra moleküler teknoloji ile verim ve kalite özelliklerinin geliştirilmesiyle istenilen ürünler elde edilecektir. Buğdayda verimli ve kaliteli ürünlerin elde edilmesiyle paçal yapımına ve üretim miktarı yetersizliğinden kaynaklı buğday ithalatına gerek kalmayacaktır. Buğday gibi karmaşık gen yapısına sahip bitkilerde özellikle NGS teknolojisi genetik alt yapının çözülmesinde önemli bir görev üstlenmiştir (Prem vd., 2017). Gen haritalaması işlemleri sırasında yabani buğday türlerinden başlayıp *Triticum monococcum*, *Triticum durum*, *Triticum aestivum* v.b buğday özelliklerinin kıyaslanmasıyla verim ve kalite özelliklerinin gelişmesi sağlanmıştır. Özellikle araştırmacıların gerçekleştirdiği çalışmalar buğdayda moleküler teknolojilerin ilerlemesini sağlamıştır. İlerleyen dönemlerde moleküler olarak verim ve kalite genlerinin saptanmasında markör teknolojisi yardımıyla kıyaslama yapılarak tür içinde daha kapsamlı ve hızlı taramalar gerçekleştirilmiştir. Teknolojik gelişmelerin her alanda zamanla ilerlemesi moleküler ve genetik çalışmaların da ilerlemesini sağlamıştır. İlerleme kaydeden genome-editing teknikleri; transkripsiyon aktivatör benzeri efektör

nükleazlar kullanılarak hedeflenen gen modifikasyonları, ZFN's ya da CRISPR buğday verim ve kalite özelliklerinin geliştirilmesinde önemli tekniklerdir. Bitki fonksiyon genomlarının düzenlenmesinde genome-editing ile GEEN önde gelen tekniklerdir (Osakabe ve Osakabe, 2014; Wolt vd., 2016; Prem vd., 2017). İlave olarak, antisense, RNAi, amiR, VIGS teknikleri bitki biyoteknoloji ve genetik mühendisliğinin gelişmesinde önemli faktörlerdir (Ricroch vd., 2016). Bahsedilen genetik ve biyoteknolojik parametreler buğdayda tanenin geometrik özelliklerinin (uzunluk, genişlik, kalınlık) gelişmesini, bitkinin kuraklık v.b stres toleransını, hastalığa dayanıklılığın gelişmesini sağlamaktadır.

1. BUĞDAYDA GEN ÖZELLİKLERİ TANIMLAMA VE FONKSİYONLARIN BELİRLENMESİNDE ''OMICS'' TEKNOLOJİLERİ

Bitki gen sistemleri tanımlanması ve fonksiyonların belirlenmesi amacıyla omics teknolojileri vasıtasıyla çok sayıda çalışmalar yapılmıştır. Omics teknolojileri: DNA, RNA, protein ve küçük metabolitlerin analizlerinde kullanılmaktadır (Ribeiro vd., 2013; Prem vd., 2017). Bu yöntem sayesinde genlerin işlev ve fonksiyonlarının belirlenmesi sağlanmaktadır. Dolayısıyla gen manipülasyonu işlemi kolaylıkla gerçekleştirilmektedir. Klasik ıslah yöntemleri uzun sürmekte olup istenilen sonucun elde edilmesi çok uzun zamanlar almaktadır. Belirli özelliklerin aktarılması için yapılan melezleme işlemi sonrası istenen özelliklerin yanı sıra istenmeyen bazı özelliklerin de bitkiye geçtiği görülmektedir. Geri melezlemeler ile istenmeyen özelliğin giderilmesi sağlanmaktadır. Fakat belirtilen melezleme, geri melezleme, tarla denemeleri v.b işlemler uzun yıllar almaktadır. İstenilen sonuçların net olarak daha kısa zamanda elde edilmesi amacıyla biyoteknolojik yöntemlerden NGS (next-generation sequencing) metodu ıslah işlemlerinin daha kısa sürede az maliyet ile gerçekleşmesini sağlamaktadır (Prem vd., 2017). Buğday gibi karmaşık genom yapısına sahip bitkilerde araştırıcılar tarafından biyoteknolojik yöntemlerin kullanımı sonrası elde edilen sonuçlar belirtilen alanda gelişmelerin hızlanmasını sağlayacaktır.

2. GENOM TARAMA TEKNOLOJİSİ

Buğdayda genomlarda bulunan farklı kromozomlar verim ve kalite özelliklerine etkileri bakımından incelendiğinde kompleks bir yapı ile karşılaşılmaktadır. Ekmeklik buğdayda endosperm dokusunda 1A, 1B, 1D kromozomlarında bulunan kalite bantlarının yanı sıra 6A, 6B, 6D kromozomları da un kalitesi bakımından etkilidir (Naneli, 2021). Makarnalık buğday da ise kromozomlarda bulunan gliadin bantları kalite açısından önem arz etmektedir. Belirtilen kromozomlarda bantların bulunup bulunmadığı veya skorlandırılmasının yapılması amacıyla makarnalık buğday endosperm dokusunda A-PAGE (Asit- poliakrilamid jel elektroforez), ekmeklik buğdayda SDS-PAGE (Sodyum dodesil sülfat–poliakrilamid jel elektroforez) analizleri yapılmaktadır (Şekil 1, Şekil 2).

Buğdayda verim özellikleri talep edilen miktarda üretimi gerçekleştirmek açısından önemlidir. Yapılan çalışmalarda araştırıcılar *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* yabani buğdaylarda QTL analizi ile belirlenen verim özelliklerinin yerel buğdaylara aktarılması sonucunda kurak çevre koşullarında tane veriminin artış gösterdiğini saptamışlardır (Prem vd., 2017). Çin'de yapılan benzer bir çalışmada 163 farklı ekmeklik buğday çeşidinin QTL analizi vasıtasıyla bazı verim ile ilgili özelliklerde bulunduğu bölgelerin gen haritalaması yapılmıştır. Bölgeleri saptanan verim özellikler: 1000 tane ağırlık, tane uzunluk-genişlik, bitki boyu, başak boyu, başakta tane ağırlığı, başakta tane sayısı, başakta başakçık sayısı, başakta fertil ve steril başakçık sayısı, sap uzunluğu, bayrak yaprak açısı, bayrak yaprak yönüdür (Sun vd., 2017). Farklı lokasyonlardan elde edilen 96 yabani buğdayda GWAS tekniği ile yapılan çalışmalarda kromozomlar üzerinde hastalığa dirençlilik bölgeleri belirlenmiştir (Gerard vd., 2017). Yabani buğdaylarda hastalığa dirençliliği saptanan bölgelerin hastalıklara hassas verimli buğday çeşitlerine aktarılması sonucunda hastalığa dayanıklı verimli buğdayların üretime alınması sağlanacak üretim miktarında artış görülecektir.

Dünyada tarımın çok daha fazla yapıldığı ülkelerde bitkilerde meydana gelen hastalık veya zararlıların görülme sıklıkları artış göstermektedir. Özellikle buğday gibi insanların temel besin maddesini oluşturan bitkilerde görülen hastalık ve zararlılar ürünlerde verim ve kalitenin düşmesine neden olmaktadır.

Şekil 1: Sodyum dodesil sülfat–poliakrilamid jel elektroforez jel yükleme

Şekil 2: Sodyum dodesil sülfat–poliakrilamid jel elektroforez jel boyama

Hastalık ve zararlılar ile mücadele sırasında kullanılan kimyasalların etkisi azalış göstermektedir. Bu durum yabancı otlar ve zararlıların dayanıklılıklarında meydana gelen artış ile açıklanmaktadır. Tarımsal üretim yapılan alanlarda bitkilerde görülen hastalık ve zararlılar ile mücadele sırasında sadece kimyasal uygulamalar gerçekleştirilmesi sürdürülebilir tarımsal üretimde optimum sonuca ulaşımı engellemektedir. Bitkide hastalık ve zararlıların olumsuz etkilerinin minimize edilmesi veya tamamen ortadan

kaldırılması için yeni yöntemler bulunmalı ve mevcut yöntemler geliştirilmelidir. Bitkilerde hastalık ve zararlı etkilerine karşı geliştirilen biyoteknolojik yöntemlerde etkili sonuçlar elde edilmiştir (Ricroch vd., 2015; Ricroch, 2017). Yapılan biyoteknolojik gen haritalamalarında bitkilerin hastalık ve zararlı etkilerine karşı dirençlilik hususunda çok sayıda lokuslarda bulunan gen bölgelerinin etkili olduğu, etki mekanizmasının kompleks bir yapıdan oluştuğu saptanmıştır. Belirtilen nedenlerden dolayı bitkilerde hastalık ve zararlı dirençliliğinin artırılması konusunda belirli aşamalar ile sonuca gidilmelidir. Avrupa'da araştırıcılar bitkilerde hastalık ve zararlılar ile mücadele sırasında en fazla kullandıkları biyoteknolojik yöntem MAS markör destekli seleksiyon olduğunu bildirmişlerdir (Ricroch, 2017). Biyoteknolojik yöntemler ile dünyanın çeşitli bölgelerinde bitki ıslah programları uygulamasıyla araştırıcılar istenilen dayanıklılığı sağlamışlardır.

3. AVRUPA'DA BUĞDAY İLE İLGİLİ YAPILAN BİYOTEKNOLOJİK ÇALIŞMALAR

Buğday bitkisinde mantari hastalıkların yaygın olduğu Belçika'da mantar hastalığına dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, Çekya'da küllemeye dayanıklı çeşitlerin gelişimi amacıyla çalışmalar yapılması kaydedilmiş önemli aşamalar olarak nitelendirilmektedir. Aynı ülkede yapılan farklı bir çalışmada buğday cücelik virüsü konusunda hangi gen bölgesinin aktif olacağı ve aktif olma biçimini belirlemek amacıyla RNAi tekniği kullanılarak önemli sonuçlar saptanmıştır (Ricroch, 2017). Fransa'da ekmeklik buğday üzerine gerçekleştirilen yaklaşık 9 yıllık farklı bir araştırmada mantari hastalıklar ve verim üzerine etkili olan gen bölgelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan araştırmalarda önemli sonuçlar elde edilmiştir (Ricroch, 2017). Almanya'da mantari hastalıklara karşı bitkide dirençlilik oluşturmak amacıyla kamu kurumları tarafından yapılan araştırmalarda gen aktarımı yoluyla önemli sonuçlar elde edilmiştir. İtalya'da yapılan araştırmalarda araştırıcılar farklı bir yöntem deneyerek poligalakturonaz ekspresyonu ile mantari hastalığa karşı dirençlilik sağlamayı amaçlamış fakat saha denemeleriyle dirençlilik konusundaki başarı oranı belirlenmemiştir. Birleşik krallık tahıl araştırmaları konusunda çok sayıda çalışmalar gerçekleştirmiş olup önemli sonuçlar elde etmiştir. Nane bitkisinde bazı hastalıklara karşı dirençlilik oluşturan gen bölgelerinin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiş olup elde edilen gen bölgeleri

buğday bitkisine aktarılmış ve yapılan saha denemelerinde işlemin etkili olduğu saptanmıştır. Diğer tahıl cinslerinden yulaf bitkisinde avenasin biyosentezini gerçekleştiren gen bölgelerinin yapılan taramalar sonucunda belirlenmesi sağlanmıştır. Buğday bitkisinde yaprak biti zararına karşı gerçekleşen alarm feromon beta-farnesen salgı etkisinin artırılması amaçlanmış olup, naneden alınan gen dizisi ile oluşturulan sentetik bir gen buğday bitkisine aktarılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda bazı yaprak bitleri türlerinin olumsuz etki göstermediği gözlenmiş olup, tarla denemelerinde yaprak biti zararında azalma saptanmıştır (Bruce vd., 2015).

Markör destekli seleksiyon (MAS) yöntemi çok sayıda ülkede yaygın olarak kullanılmaktadır. Fakat MAS yönteminden istenilen sonucun elde edilmesi uzun zaman almaktadır (Ricroch, 2017). İlave olarak, bazı ülkelerde gerçekleştirilen genetik üzerine biyoteknolojik çalışmaları devlet mevzuatları engellemektedir. Fakat dünyada pek çok ülkelerde buğday v.d bitkilerde MAS ile yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen ürünler öncelikle üretim amacıyla üreticiye sonrasında tüketim amacıyla fabrika v.b alanlara sağlanmıştır.

Buğday bitkisinde özellikle bitkinin su ihtiyacının optimum olduğu dönemlerde sulama işlemlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Optimum su ihtiyacının olduğu dönemlerde yağışların az veya olmaması, yeraltı sularının yetersizliğinden dolayı sulamanın yapılamaması v.b olumsuz faktörlerden dolayı bitki su stresine maruz kalır (Bhalla vd., 2006). Bu durum özellikle buğday bitkisinde verim ve kalite azalışına neden olmaktadır. İlave olarak yüksek sıcaklık durumu dikkate alındığında bitkide görülen su stresine bağlı olumsuz etki artış gösterecektir. Dünyada buğday üretimi gerçekleştirilen alanların yaklaşık %50'den fazlasında kuraklık nedeniyle bitki gelişimi olumsuz etkilenmektedir (Pfeiffer vd., 2005; Nezhadahmadi vd., 2013; Joshi vd., 2017). Bu nedenle, buğday bitkisinde sıcaklık ve kuraklık araştırmaları yapan araştırıcılar için temel amaç belirtilen olumsuz koşullarda bitkinin verim ve kalitesini artırmak olacaktır. Belirtilen hususlarda araştırıcılar klasik ıslah yöntemlerinin yanı sıra biyoteknolojik yöntemler gibi modern ıslah tekniklerinden de faydalanmaktadırlar. Bazı kuruluşlar kuraklığın küresel bir problem olduğunun farkındadırlar. Bu kuruluşlardan CIMMYT buğdayda kuraklığın olumsuz etkisini genetik çalışmalar ile kaldırma veya azaltmayı amaçlamaktadır (Ricroch, 2017). Buğdayda su

stresiyle ilgili genler birden fazla ve karmaşıktır. Kompleks gen durumu kuraklığa dayanıklılıkta tam sonucun alınamamasında temel neden olarak gösterilmektedir. Buğdayda kuraklığa dayanıklılık konusunda istenilen net sonuçların elde edilememesi klasik ıslah veya modern ıslah tekniklerinden farklı yöntemlerin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya koymuştur. Son yıllarda kuraklığa dayanıklılık konularında çok sayıda araştırmalar yürütülmektedir. Özellikle belirtilen konuda multidisipliner çalışmalar istenilen sonuca ulaşma olasılığını artırmaktadır. Buğdayda kuraklık etkilerine karşı protein kinazların bitkide etkin oldukları saptanmıştır. Bu durum bitkide kuralığın etkilerini azaltmak için araştırıcıların protein kinazlar üzerinde yoğunlaşmalarını sağlamıştır. Özellikle buğdayda kuraklık stresi görüldüğünde aktifleşen TMKP1 protein kinaz fosfataz (Zaidi vd., 2010) belirlenmiştir. Kurak koşullarda buğday bitki yapraklarında bulunan stomaların daralması veya tamamen kapanması istenen bir durum olup kuraklık dönemlerinde bitkide prolin aminoasit artışı görülmektedir. Yapılan çalışmalarda araştırıcılar (Yamada vd., 2005; Ghaffari vd., 2019) bitkilerde kuraklık etkilerinin azaltılmasında prolin aminoasitinin önemli etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir. Özellikle yapraklarda bulunan prolin miktarı yüksek buğdayların kuraklığa dayanıklığının daha fazla olduğu saptanmıştır (Iqbal ve Bano, 2010). Yapılan son çalışmalarda araştırıcılar buğdayda kuraklık ile verim özelliklerinde etkili olan QTL'ler belirlemiş olup farklı bir buğday çeşidine transgenik yöntem ile aktarmayı planlamaktadırlar (Ricroch, 2017). Baklagil familyasında bulunan güve fasulye (*Vigna aconitifolia*) bitkisinden alınan bir gen transgenik yollar ile buğday bitkisine aktarılmış olup gen aktarımı yapılan transgenik buğdayın kurak ortamlarda yüksek miktarda prolin birikimi gösterdiği saptanmıştır. Bu durum kuraklığın bitki üzerinde oluşturduğu olumsuz etkinin azalmasını sağlamış (Vendruscolo vd., 2007), araştırıcıları daha iyi sonuçlar için cesaretlendirmiştir.

Arpa bitkisinin tuzlu topraklara karşı dayanıklı olduğu ve tuzlu toprakların ıslahında kullanıldığı bilinmektedir. Kuraklık ve tuzluluk konularında çalışmalar yapan araştırıcılar arpa bitkisinden aldıkları HVA1 kuraklığa karşı olumlu etkisi olan geni Agrobacterium vasıtasıyla ekmeklik buğdaylara aktarımı sağlamış (Chauhan ve Khurana, 2011) olup, benzer bir çalışmada tuzluluk ve kuraklığa dayanıklılığı sağlamak için araştırıcılar arpadan alınan genleri yerel ekmeklik buğdaylara aktarımını sağlamışlardır

(Miller ve Carter, 2010). Özellikle kuraklığa toleranslı bitkiler geliştirmenin yanı sıra yapılan araştırmalar ile tuzluluk v.d olumsuz durumlarda da tolerans oranının artırılması gerekmektedir. Ben-Saad vd. (2012) makarnalık buğdaylar üzerinde yaptıkları çalışmalarda *Aeluropus littoralis* bitkisinden ekstrakte edilen AlSAP geninin aktarılmasıyla transgenik makarnalık buğdaylarda kuraklık toleransı artırılmıştır. Avrupa'da farklı ülkelerde gerçekleştirilen çalışmalar araştırıcıların perspektiflerini geliştirmektedir. Macaristan'da bazı bilimsel akademiler tarafından yapılan araştırmalarda yonca bitkisinden ekstrakt edilen aldoz-redüktaz geni yazlık buğdaylara aktarılmış olup, laboratuvar ve sera şartlarında aktarılan gen performansı yazlık buğday üzerinde incelenmektedir (Ricroch, 2017). Transgenik bitkiler üzerindeki başarılı sonuçların ardından üreticiler ve tüketicilerin ulaşıp değerlendirmesi amacıyla bazı şirketler kurulmuştur. Avrupa'da özellikle Fransa Florimond Desprez ile Trigall Genetics şirketleri vasıtasıyla transgenik buğdaylar Latin Amerika piyasasına sunulmaktadır (Ricroch, 2017). Güney Amerika devletlerinden Arjantin'de yapılan çalışmalarda araştırıcılar ayçiçeği bitkisinden ekstrakt edilerek buğday, mısır, soya fasulyesi bitkilerine aktarılan HB4 geni vasıtasıyla tuzlu ve kurak bölgelerde üretimi gerçekleştirilen HB4 gen ilaveli transgenik bitkilerde %10-15 verim artışı tahmin etmektedirler (Ricroch, 2017).

Dünyada gerçekleştirilen gen ilaveli transgenik buğday bitkileri sayesinde küresel sorun haline gelen yabancı ot ilaçlarına toleranslı, bakteri v.b zararlılara karşı dirençli, tuzluluğa toleranslı, kuraklığa dayanıklı, çölyak hastaları için faydalı olması amacıyla gliadin miktarı azaltılmış çeşitler elde edilmiştir (Lorz ve Leckband, 1998; Malcolm, 2017).

4. TRANSKRİPTOMİK

Buğdayda tüm özelliklerin saptanması, sınıflandırılması, fonksiyon ve işlevselliklerinin belirlenmesi amacıyla RNA-Seq analizi yapılmaktadır. Belirtilen analiz yöntemiyle genler arasındaki etkileşim ile aynı özellik için işlev gösteren farklı genlerde bulunan bölgelerin kolaylıkla tespiti sağlanmaktadır (Yang vd., 2015; Powell vd., 2016; Yu vd., 2016; Zhang vd., 2016). RNA-Seq analizinin diğer önemli bir özelliği, yapılacak çalışmalarda markör gelişimini sağlamaktır. Buğdayda bazı genomlarda istenen özelliklerin olup-olmama ihtimali, genetik haritalama için geliştirilen markörler

vasıtasıyla çok sayıda buğday örneğinde yapılan analizler ile hızlı, kolay, net sonuçlar elde edilebilir (Wilkinson vd., 2012; Allen vd., 2013; Prem vd., 2017). RNA-Seq analiz yöntemiyle yapılan farklı bir çalışmada *Triticum durum* buğdaylarında tuzluluk ve kuraklık durumlarında bitkinin strese girmesinde 168 NAC genleriyle korelasyon olduğu saptanmıştır (Saidi vd., 2017). Buğdayda NAC proteinleri bitki gelişiminde önemli olup, bitkinin biyotik ve abiyotik faktörlerde vereceği tepkiyi belirleyen, hormonal işlevlerin gerçekleşmesinde uyartı mekanizmasını sağlayan proteinlerdir (Puranik vd., 2012). Micro-array ve RNA-Seq analiz yöntemleriyle buğdayda kuraklık, tuzluluk, besin maddesi v.b stresler doğrultusunda gen bölgelerinde meydana gelen tepkiler tespit edilebilmektedir. Belirtilen analizler neticesinde stres koşullarıyla kolaylıkla mücadele edebilecek genetik düzenlemelerin yapıldığı buğday çeşitleri geliştirilmektedir.

5. METABOLOMİK

Genetik ile çevresel faktörlerden etkilenen substratların ve küçük moleküler metabolitlerin analizidir (Roessner ve Bowne, 2009). Buğday bitkisinde metabolomik, RNA-Seq, protein genom tarama teknolojileriyle yapılan analizlerden elde edilen veriler bitkinin fenotip ile genotip özellikleri arasındaki korelasyonu artırmaktadır (Fiehn, 2002). Metabolomikler özellikle bitki gelişim (Şekil 3) aşamasındaki değişimleri detaylı analiz etmektedir. Yapılan analiz anlık görüntü (snapshot) şeklindedir (Fernie ve Schauer, 2008; Khakimov vd., 2014; Hong vd., 2016). Araştırıcılar tarafından Zhongmai 175 ekmeklik buğday (Şekil 4) çeşidinin farklı gelişme evrelerinde 74 metabolit analizi yapılmış olup, farklı sonuçlar elde etmişlerdir (Zhen vd., 2016a). Diğer araştırmacılar tarafından yapılan araştırmalarda yüksek azotlu gübrelemenin buğday tane gelişim evrelerinde organik asitler, karbonhidratlar, yağlar, amino asitler gibi metabolitler üzerindeki etkisi incelenmiş olup önemli sonuçlar elde edilmiştir (Zhen vd., 2016b). Toprakta aşırı azot uygulamasının buğday tanesi üzerinde etkisinin incelendiği farklı bir çalışmada araştırıcılar tane dolum miktarını azalttığı yönünde olumsuz sonuç alındığını bildirmişlerdir (Kong vd., 2017).

Şekil 3: Gelişme evresinde buğday bitkisi

Şekil 4: Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum L.*) başağı

Buğdayda protein miktarı önemli kalite parametreleri arasındadır. Protein içeriğinin zengin, gluten miktarının yüksek olması üretici ve tüketiciler için önemli faktörlerdir. İlave olarak buğdayda vitamin, mineral, lif ve dirençli nişasta miktarı son yıllarda araştırıcılar tarafından odaklanılan önemli özelliklerdir. Gluten proteinlerinin kalite ve miktarının artırılmasında ekim (adaptasyon kabiliyeti yüksek çeşit seçimi v.b), bakım (gübreleme, sulama, hastalık ve zararlılar ile mücadele v.b) işlemlerinin istenilen normlarda gerçekleştirilmesinin yanı sıra Ricroch. (2017) gen aktarımı ve RNAi moleküler biyoloji ve genetik teknikleriyle gluten kalitesinin artırılabileceğini bildirmiştir. Birleşik Krallık'ta araştırıcılar buğdayda protein özellikleri ve kalitesi hususunda gluten miktarı, içeriği ve kalite özelliklerinin genetik mühendisliği yardımıyla nitelik ve nicelik bakımından artırımını sağlamayı amaçlamaktadırlar. Belirtilen hususta araştırıcılar yüksek oranda başarı sağlamak için gluten alt birimlerinin (Gliadin, glutenin v.b) ayrıntılı olarak araştırılmasını strateji olarak belirlemişlerdir. İlave olarak kuraklık v.b olumsuz çevre koşullarından gluten proteinlerinin bulunduğu gen bölgelerinin tepkilerini modern genetik mühendisliği teknikleri kullanarak belirlemeyi amaçlamışlardır. Sonuç olarak, Birleşik Krallık araştırıcıları sorunu ayrıntılarıyla tespit edip çözüme net olarak ulaşmayı hedeflemişlerdir.

6. SONUÇ

Dünyada farklı kıtalar, bölgeler ve ülkelerdeki araştırıcılar tahıllar ile ilgili çalışmalar yapmaktadırlar. Araştırıcılar buğday alanında gerçekleştirdikleri araştırmalarda klasik ıslah yöntemlerinin yanı sıra modern ıslah teknikleri kullanmaya başlamışlardır. Fakat bazı araştırıcıların ülkelerinde modern ıslah tekniklerinin gerçekleştirilmemesi konusunda yasal sınırlandırmalar bulunmaktadır. Dünyada buğday bitkisinin kompleks bir genetik yapısı olmasına rağmen gen haritalama ve gen bölgeleri işlevlerinin belirlenmesi konusunda kullanılan biyoteknolojik yöntemler ile net sonuçlar elde edilmektedir. Birleşik Krallık'ta yapılan çalışmalarda araştırıcılar son yıllarda buğday ile ilgili kuraklık stresi, zararlı etkisi v.b olumsuz durumlar karşısında sorunu ayrıntılı araştırarak gen haritalama v.b yöntemler ile belirtilen olumsuzluklardan etkilenen gen bölgelerini tespit etme yoluna gitmektedirler. Aynı ülke araştırıcıları buğdayda belirtilen sorunlar üzerinde etkili gen bölgelerinin tespiti sonrasında genellikle farklı tür veya cins

bitkilerden doğrudan gen aktarımı gerçekleştirmektedirler. Transgenik buğdaylarda elde edilen sonuç ve başarı durumu laboratuvar çalışmaları sonrası tarla denemeleriyle incelenmektedir. Başarı oranı en yüksek olan Avrupa ülkesi Birleşik Krallık olarak tespit edilmiş olup, sorunu araştırma ve ayrıntılı gen işlevlerine göre haritalandırma çalışmaları bu sonucu meydana getirmiştir. Fransa, Almanya, Çekya, İtalya'da yapılan araştırmalarda araştırıcılar önemli sonuçlar elde etmişlerdir.

Yapılan araştırmalarda ülkeler ve araştırıcıların transgenik çalışmalar konusundaki fikir ayrılıkları devam etmektedir. Klasik ıslah yöntemlerinde istenen özelliklerin yanı sıra istenmeyen karakterlerin eklenmesi, sürecin uzun olması, istenilen sonucun elde edilme olasılığının çok yüksek olmaması transgenik çalışmaların popülerliğini artırmaktadır. Bu nedenle bazı ülkelerde araştırıcıların transgenik bitki çalışmaları yapmaları lehinde yasal düzenlemeler yapılırken bazı ülkelerde özellikle gen kaynaklarının korunması hususundaki hassasiyetten dolayı transgenik bitki çalışmalarına karşı yasal yaptırım devam etmektedir.

KAYNAKÇA

Allen, A.M., Barker, G.L., Wilkinson, P., Burridge, A., Winfield, M., Coghill, J., Uauy, C., Griffiths, S., Jack, P., Berry, S., Werner, P., Melichar, J.P., McDougall, J., Gwilliam, R., Robinson, P., Edwards, K.J. (2013). Discovery and development of exome-based, co-dominant single nucleotide polymorphism markers in hexaploid wheat (*Triticum aestivum L.*). Plant Biotechnol J., Apr;11(3):279-95. doi: 10.1111/pbi.12009. Epub 2012 Dec 20. PMID: 23279710.

Bhalla, P.L., Ottenhof, H.H., Singh, M.B. (2006). Wheat transformation–an update of recent progress. Euphytica., 149(3):353–366.

Ben-Saad, R., Ben-Ramdhan, W., Zouari, N., Azaza, J., Mieulet, D., Guiderdoni, E., Ellouz, R., Hassairi, A. (2012). Marker-free transgenic durum wheat cv. Karim expressing the AlSAP gene exhibits a high level of tolerance to salinity and dehydration stresses. Mol Breed., 30 (1):521–533.

Bruce, T.J., Aradottir, G.I., Smart, L.E., Martin, J.L., Caulfield, J.C., Doherty, A., Sparks, C.A., Woodcock, C.M., Birkett, M.A., Napier, J.A., Jones, H.D., Pickett, J.A. (2015). The first crop plant genetically engineered to release an insect pheromone for defence. Sci Rep., 5:11183.

Chauhan, H., Khurana, P. (2011). Use of doubled haploid technology for development of stable drought tolerant bread wheat (*Triticum aestivum L.*) transgenics. Plant Biotechnol J., 9 (3):408–417.

Fiehn, O. (2002). Metabolomics–the link between genotypes and phenotypes. Plant Mol Biol., 48:155–171 66.

Fernie, A.R., Schauer, N. (2008). Metabolomicsassisted breeding: a viable option for crop improvement? Trends Genet, 25:39–48.

FAO. (2021). https://www.fao.org/faostat/en/#data.

Gerard, G.S., Börner, A., Lohwasser, U., Simon, M.R. (2017) Genome-wide association mapping of genetic factors controlling Septoria tritici blotch resistance and their associations with plant height and heading date in wheat. Euphytica, 213:27 47.

Ghaffari, H., Tadayon, M.R., Nadeem, M., Cheema, M., Razmjoo, J. (2019). Proline-mediated changes in antioxidant enzymatic activities and the physiology of sugar beet under drought stress. Acta Physiol Plant, 41, 23. https://doi.org/10.1007/s11738-019- 2815-z.

Hong, J., Yang, L., Zhang, D., Shi, J. (2016). Plant metabolomics: An indispensable system biology tool for plant science. Int J Mol Sci., Jun 1;17(6):767. doi: 10.3390/ijms17060767. PMID: 27258266; PMCID: PMC4926328.

Iqbal, S., Bano, A. (2010). Effect of drought and abscisic acid application on the osmotic adjustment of four wheat cultivars. J Chem Soc Pak., 32(1):13–19.

Joshi, R., Anwar, K., Das, P., Singla-Pareek, S.L., Pareek, A. (2017). Overview of methods for assessing salinity and drought tolerance of transgenic wheat lines. Wheat Biotechnology: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology, Chapter: 5, vol. 1679, DOI 10.1007/978-1-4939-7337-8_5.

Khakimov, B., Bak, S., Engelsen, S.B. (2014). High-throughput cereal metabolomics: current analytical technologies, challenges and perspectives. J Cereal Sci., 59:393–418 68.

Kong, L., Xie, Y., Hu, L., Si, J., Wang, Z. (2017). Excessive nitrogen application dampens antioxidant capacity and grain filling in wheat as revealed by metabolic and physiological analyses. Sci Rep., Feb 24;7:43363. doi: 10.1038/srep43363. PMID: 28233811; PMCID: PMC5324167.

Lorz, H., Leckband, G. (1998). Transformation and expression of a stilbene synthase gene of Vitisvinifera L.in barley and wheat for increased fungal resistance. Theor Appl Genet., 96:1004–1012.

Miller, H.I., Carter, A.C. (2010). Genetically engineered wheat, redux. Trends Biotechnol., 28 (1):1–2.

Malcolm, B. (2017). Agribusiness perspectives on transgenic wheat. Wheat Biotechnology: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology, Chapter: 7, vol. 1679, DOI 10.1007/978-1-4939-7337-8_5.

Nezhadahmadi, A., Prodhan, Z.H., Faruq, G. (2013). Drought tolerance in wheat. Sci World J., Article ID: 610721.

Naneli, İ. (2021). Determination of gluten quality of some bread wheat (*Triticum aestivum L.*) genotypes with HMW-GS bands. Fresenius Environmental Bulletin, 30(6A): 7098-7105.

Osakabe, Y., Osakabe, K. (2014). Genome editing with engineered nucleases in plants. Plant Cell Physiol., 56:389–400.

Pfeiffer, W.H., Trethowan, R.M., Van Ginkel, M., Ortiz, M.I., Rajaram, S. (2005). Breeding for abiotic stress tolerance in wheat. In: Ashraf M, Harris PJC (eds) Abiotic stresses: plant resistance through breeding and molecular approaches. The Haworth Press, New York, pp 401–489 11.

Puranik, S., Sahu, P.P., Srivastava, P.S., Prasad, M. (2012). NAC proteins: regulation and role in stress tolerance. Trends Plant Sci., Jun;17(6):369-81. doi: 10.1016/j.tplants.2012.02.004. Epub Mar 21. PMID: 22445067.

Powell, J.J., Fitzgerald, T.L., Stiller, J., Berkman, P.J., Gardiner, D.M., Manners, J.M., Henry, R.J., Kazan, K. (2016). The defence-associated transcriptome of hexaploid wheat displays homoeolog expression and induction bias. Plant

Biotechnol J., Apr;15(4):533-543. doi: 10.1111/pbi.12651. Epub 2016 Nov 11. PMID: 27735125; PMCID: PMC5362679.

Prem, L.B., Akanksha, S., Mohan, B.S. (2017). Enabling molecular technologies for trait improvement in wheat. Wheat Biotechnology: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology., vol. 1679, DOI 10.1007/978-1-4939-7337-8_1. 1679:3-24.

Roessner, U., Bowne, J. (2009). What is metabolomics all about? BioTechniques, 46:363–365 65.

Ribeiro, M., Nunes-Miranda, J.D., Branlard, G., Carrillo, J.M., Rodriguez-Quijano, M., Igrejas, G. (2013). One hundred years of grain omics: identifying the glutens that feed the world. J Proteome Res., 12:4702–4716.

Ricroch, A., Harwood, W., Svobodova´, Z., Sa´gi, L., Hundleby, P., Badea, E.M., Rosca, I., Cruz, G., Salema Fevereiro, M.P., Marfa` Riera, V., Jansson, S., Morandini, P., Bojinov, B., Cetiner, S., Custers, R., Schrader, U., Jacobsen, H-J., Martin-Laffon, J., Boisron, A., Kuntz, M. (2015). Challenges facing European agriculture and possible biotechnological solutions. Crit Rev Biotechnol., 36 (5):875–883. doi:10.3109/07388551.2015. 1055707. 1–9 (early online: 1st July 2015). http://informahealthcare.com/doi/abs/.

Ricroch, A.E., He´nard-Damave, M.C. (2016). Next biotech plants: new traits, crops, developers and technologies for addressing global challenges. Crit Rev Biotechnol., 36:675–690.

Ricroch, A.E. (2017). What will be the benefits of biotech wheat for European agriculture? Wheat Biotechnology: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology, Chapter: 2, vol. 1679, DOI 10.1007/978-1-4939-7337-8_5.

Saidi, M.N., Mergby, D., Brini, F. (2017). Identification and expression analysis of the NAC transcription factor family in durum wheat (*Triticum turgidum L. ssp. durum*). Plant Physiol Biochem., 112:117–128.

Sun, C., Zhang, F., Yan, X., Zhang, X., Dong, Z., Cui, D., Chen, F. (2017). Genome-wide association study for 13 agronomic traits reveals distribution of superior alleles in bread wheat from the Yellow and Huai Valley of China. Plant Biotechnol J., Aug;15(8):953-969. doi: 10.1111/pbi.12690. Epub. PMID: 28055148; PMCID: PMC5506658.

TÜİK. (2022). https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr.

Vendruscolo, E.C.G., Schuster, I., Pileggi, M., Scapim, C.A., Correa Molinari, H.B., Marur, C.J., Esteves Vieira, L.G. (2007). Stress-induced synthesis of proline confers tolerance to water deficit in transgenic wheat. J Plant Physiol., 164 (10):1367–1376.

Wilkinson, P.A., Winfield, M.O., Barker, G.L., Allen, A.M., Burridge, A., Coghill, J.A., Edwards, K.J. (2012). Cereals DB 2.0: an integrated resource for plant breeders and scientists. BMC Bioinformatics, Sep 3;13:219. doi: 10.1186/1471-2105-13-219. PMID: 22943283; PMCID: PMC3447715.

Wolt, J.D., Wang, K., Yang, B. (2016). The regulatory status of genome-edited crops. Plant Biotechnol J., 14:510–518.

Yamada, M., Morishita, H., Urano, K., Shiozaki, N., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., Yoshiba, Y. (2005). Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress. J Exp Bot., Jul;56(417):1975-81. doi: 10.1093/jxb/eri195. Epub 2005 May 31. PMID: 15928013.

Yang, Z.J., Peng, Z.S., Yang, H. (2015). Identification of novel and useful EST-SSR markers from de novo transcriptome sequence of wheat (*Triticum aestivum L*.) Genet Mol Res., 15:1–13 48.

Yu, Y., Zhu, D., Ma, C., Cao, H., Wang, Y., Xu, Y., Zhang, W., Yan, Y. (2016) Transcriptome analysis reveals key differentially expressed genes involved in wheat grain development. Crop J., 4:92–106 50.

Zaı¨di, I., Ebel, C., Touzri, M., Herzog, E., Evrard, J.L., Schmit, A.C., Masmoudi, K., Hanin, M. (2010). TMKP1 is a novel wheat stress responsive MAP kinase phosphatase localized in the nucleus. Plant Mol Biol., 73(3):325–338.

Zhang, N., Wang, S., Zhang, X., Dong, Z., Chen, F., Cui, D. (2016). Transcriptome analysis of the Chinese bread wheat cultivar Yunong 201 and its ethyl methanesulfonate mutant line. Gene, Jan 10;575(2 Pt 1):285-93. doi: 10.1016/j.gene.2015.09.002. Epub Sep 2. PMID: 26342963.

Zhen, S., Dong, K., Deng, X., Zhou, J., Xu, X., Han, C., Zhang, W., Xu, Y., Wang, Z., Yan, Y. (2016a). Dynamic metabolome profiling reveals significant metabolic changes during grain development of bread wheat (*Triticum aestivum L*.). J Sci Food Agric., Aug;96(11):3731-40. doi: 10.1002/jsfa.7561. Epub Jan 13. PMID: 26676564.

Zhen, S., Zhou, J., Deng, X., Zhu, G., Cao, H., Wang, Z., Yan, Y. (2016b) Metabolite profiling of the response to highnitrogen fertilizer during grain development of bread wheat (*Triticum aestivum L*.) J Cereal Sci., 69:85–94 71.

BÖLÜM 8

ÇİFTLİK HAYVANLARINDA REPRODÜKTİF BİYOTEKNOLOJİ UYGULAMALARINDA GÜNCEL GELİŞMELER

Prof. Dr. | Duygu BAKİ ACAR [1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343244

[1]Prof. Dr., Afyon Kocatepe Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Klinik Bilimler Bölümü, Doğum ve Jinekoloji Anabilim Dalı, Afyonkarahisar, Türkiye, dbakiacar@aku.edu.tr, ORCID: 0000-0002-6884-2621

GİRİŞ

Hayvansal gıda ve ürün ihtiyacı geçmişten günümüze artarak devam etmektedir. Çiftlik hayvanlarından elde edilen süt ve süt ürünleri, et, yumurta ve yapağı gibi ürünlerin yeterli miktarda ve yüksek kalitede üretiminin sağlanabilmesi için yapılan ıslah çalışmaları hızla devam etmektedir. Bununla birlikte artan dünya nüfusu ve küresel ısınma gibi nedenlerle son 20-30 yılda bilimsel ıslah araştırmaları, her bir çiftlik hayvanından elde edilen ürün miktarının birkaç kat daha artırılmasına yönelmiştir. Böylece geçmişe göre daha az sayıda hayvandan çok daha fazla ürün elde etme, hayvan popülasyonunu daha etkin üretim için kullanma, hayvansal kaynaklı çevresel kirletici oranını azaltma ve küresel ısınmada etkisi olan hayvansal kökenli metan gazı gibi sera gazlarının azaltılması hedeflenmektedir (Kaymaz, 2019; Mebratu vd., 2020; Baki Acar ve Tunç, 2022).

Hayvansal ürünlerin sürdürülebilirliği için en önemli ve ilk basamak reprodüksiyonun (üremenin) devamlılığıdır. Bunun sağlanabilmesi için hayvanların düzenli olarak belirli aralıklarla gebe kalması ve sağlıklı yavrular doğurabilmesi şarttır. Reprodüktif fizyolojinin düzenli olarak sürdürülebilmesi tüm memelilerde olduğu gibi çiftlik hayvanlarında da yumurta hücresi olan oositin, ovaryumda gelişen folikülün içinde hormonlar ve farklı endojen maddelerin etkisiyle sağlıklı bir şekilde olgunlaşması, ovulasyonu takiben oviduktta spermatozoon ile karşılaşarak fertilize olması ve uterusta uygun şartlar altında embriyonun/fetüsün gelişerek büyümesi ile olmaktadır (Costa vd., 2023). İnek, koyun ve keçi gibi çiftlik hayvanlarında reprodüktif fizyolojileri nedeniyle elde edilecek yavru sayısı sınırlıdır. İnekte genellikle yılda bir yavru alınabilirken, koyun ve keçilerde çoğul gebelikler sayesinde yılda bir-üç yavru alınabilmektedir. İneklerden embriyonal dönemden itibaren ovaryumlarında ortalama 150.000 adet farklı gelişim aşamalarında preantral folikül ve oosit bulunmasına rağmen, ideal şartlar altında yaşam boyu alınabilecek yavru sayısı yaklaşık 8-10 adettir. Çiftlik hayvanlarından elde edilecek yavru sayısını artırmak ve bu yavruların verim özelliklerini en üst seviyeye çıkarabilmek amacıyla geçmiş yıllardan günümüze farklı biyoteknolojik yöntemler geliştirilmiştir. Tüm dünyada ve ülkemizde suni tohumlama, östrus ve ovulasyonların senkronizasyonu ile sabit zamanlı suni tohumlama, süperovulasyon ve embriyo transferi, in vitro fertilizasyon, oosit ve embriyo dondurma (kriyoprezervasyon), sperma ve

embriyonun cinsiyetinin belirlenmesi, genomik seleksiyon, klonlama ve transgenik hayvan üretimi gibi birçok farklı reprodüktif biyoteknoloji yöntemi bu amaçla kullanılmaktadır (Singh vd., 2019; Kara ve Bekyürek, 2020; Ferre vd., 2020).

1. SUNİ TOHUMLAMA

Reprodüktif biyoteknoloji uygulamalarından en eski tarihli ve uzun zamandır uygulanan yöntem suni tohumlamadır. Bu yöntem ile steril ve uygun şartlar altında üstün genetik özelliklere sahip erkek hayvandan alınan sperma, özel solüsyonlarla sulandırılmakta ve dondurulmaktadır. Ardından dondurulmuş sperma çözdürülerek östrus siklusunun uygun döneminde olan dişi hayvanın genital kanalına steril şartlarda bırakılmaktadır. Suni tohumlama sayesinde dünya çapında çok uzun yıllar süren genetik seleksiyon ve ıslah çalışmaları yapılmış, çiftlik hayvanlarında reprodüktif performans ve verim artışları sağlanmış, hastalıklara ve çevresel şartlara dirençli hayvanlar elde edilmiştir. Doğru suni tohumlama uygulamaları sayesinde son 50 yılda Amerika Birleşik Devletleri'nde 1973 yılından 2020 yılına kadar sütçü ırk ineklerde laktasyon süresi uzamış ve yıllık süt verimi ortalama 4.430 kg'dan 10.632 kg'a yükselmiştir (Overton ve Cabrera, 2017; Dalton vd., 2021).

Ülkemizde de suni tohumlama yöntemi çok uzun yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır. Karacabey Harasında 1926 yılında ilk suni tohumlama uygulamaları başlamış, 1973 yılında ise sperma dondurma uygulamalarının başlamasıyla birlikte ülkemizde bu teknik önemli bir ivme kazanmıştır. İlgili bakanlık tarafından 1985 yılında yapılan bir yönetmelik değişikliği sayesinde özel ve tüzel kişilerin sığırda suni tohumlama uygulaması yapabilmesinin yolu açılmış, bu sayede serbest veteriner hekimler de suni tohumlama yaparak ülkemizde suni tohumlamanın yaygın kullanımını sağlamıştır (Gökçen, 2007).

2. ÖSTRUS VE OVULASYONLARIN SENKRONİZASYONU, SABİT ZAMANLI SUNİ TOHUMLAMA

Çiftlik hayvanlarında reprodüktif fizyolojinin ayrıntılı olarak tanımlanması ve ultrasonografinin genital kanal muayenesinde kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte ovaryum fonksiyonlarının manipülasyonu, foliküler dinamiğin kontrolü ve korpus luteuma müdahale ile östrus ve ovulasyonların

senkronizasyonu başarıyla kullanılmaya başlamıştır (Bo vd., 2019). Gonadotropin salgılatıcı hormon (GnRH), folikül uyarıcı hormon (FSH), insan koryonik gonadotropin hormonu (hCG), gebe kısrak serum gonadotropini (PMSG/eCG), progesteron ve Prostaglandin F2α (PGF2α) gibi reprodüktif hormonların eksojen yolla uygulanması ile ovaryumda gelişen foliküle müdahale edilmekte, planlanan sürede folikül gelişimi ile korpus luteumun lizisi uyarılmakta ve hayvanın istenilen zamanda kızgınlık göstermesi ya da ovulasyonun gerçekleşmesi sağlanarak gebelik oranları artırılmaktadır (Kara vd., 2023). Gelişen senkronizasyon uygulamaları sayesinde suni tohumlama uygulamasının da önceden planlanan zamanda yapılması yani Sabit Zamanlı Suni Tohumlama (SZST) yapılmasına imkân bulunmuştur. Özellikle çok fazla sayıda hayvan yetiştirilen büyük işletmelerde östrus takibinin yetersiz kalması ve hayvanların uygun zamanda tohumlanamaması nedeniyle ciddi fertilite kayıpları ve işletmede ekonomik zarar ortaya çıkmaktadır. Hayvanların doğum sonrası tekrar gebe kalma süresi uzamakta, gebelik başına tohumlama sayısı artmakta ve optimum fertilite parametreleri aksamaktadır. Bu tip işletmelerde senkronizasyon protokolleri ve SZST uygulamaları hem reprodütif etkinliği artırmakta hem de işletmenin karlılığını artırmaktadır (Bo ve Baruselli, 2014).

Koyun ve keçilerde de östrus senkronizasyon protokolleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu türler mevsimsel poliöstrik hayvanlardır ve gün ışının azalmaya başlamasıyla ovaryum fonksiyonları aktive olmaktadır. Gün ışığı süresinin arttığı dönemde ise anöstrus evresine girerler ve üreme süreci bir sonraki üreme sezonuna kadar durur (Canooğlu ve Sarıbay, 2019). Bu nedenle koyun ve keçilerde senkronizasyon uygulamaları üreme sezonunda, geçiş döneminde ve sezon dışı dönemde farklılık göstermektedir. İneklerde olduğu gibi koyun ve keçilerde de senkronizasyon amacıyla GnRH, eCG, hCG,progesteron ve PGF2α hormonları kullanılırken; ineklerden farklı olarak bu hayvanlarda melatonin hormonu da kullanılmaktadır (Baki Acar vd., 2013; Dias vd., 2020). Koyun ve keçilerde hormon uygulamaları dışında fotoperiyodun düzenlenmesi, koç/teke katımı, beslenmenin düzenlenmesi ile yapılan flushing uygulamaları gibi doğal düzenlemeler ile de östruslar senkronize edilmektedir (Hameed vd., 2021).

3. EMBRİYO TRANSFERİ

Embriyo transferi genel tanımıyla donör dişi memelinin ovidukt ya da uterusundan toplanan ya da in vitro ortamda üretilen embriyoların uygun seksüel siklus dönemindeki taşıyıcı dişiye transfer edilmesi ve embriyonun taşıyıcı hayvanın uterusunda gelişimini tamamlaması işlemidir. Embriyo transferinin amacı genetik olarak üstün özelliklere sahip dişiden bir seferde çok sayıda embriyo elde edilerek, farklı taşıyıcılara transfer edilmesi ile çok sayıda üstün genetik özelliğe sahip yavru doğumunu sağlamaktır. Böylece standart şartlarda anneden bir yılda bir yavru elde edilecek iken, uygun şartlar altında 6-8 hafta arayla aynı donörden ortalama 4-8 embriyo elde edilebilmektedir. Çiftlik hayvanlarında embriyo transferi sayesinde hayat boyu üreteceği yavru sayısı neredeyse bir seferde elde edilebilmektedir (Kidie, 2019; Mebratu vd., 2020). Ayrıca embriyo transferi sayesinde suni tohumlama ile elde edilen genetik ıslahın iki katıdan fazla hızda ve etkide gelişim sağlanmaktadır. Embriyo üretimi ve ülkeler arası taşınması, canlı hayvan taşınmasına oranla çok daha hızlı, pratik ve ucuz yapılabilmektedir. Canlı hayvan transfer sürecinde zorunlu olan karantina süreci ortadan kalkmakta, canlı hayvanın adaptasyon dönemine ihtiyaç kalmamaktadır. İthal edilen ülkede bulunan elit gen kaynakları güvenli bir şekilde farklı ülkelere aktarılabilmektedir. Hastalıktan ari olarak ve biyogüvenlik şartları sağlanarak dondurulmuş embriyo taşınması gerçekleştirilmektedir. Ancak embriyo üretim sürecinde her türlü bakteriyel ve viral patojenden uzak, yani patojen free olarak üretilmesine dikkat edilmeli, Uluslararası Embriyo Transfer Topluluğu (IETS) şartlarına uygun olarak üretildiği belgelenmelidir. Üretim prosedürü boyunca embriyonun zona pelusidasının sağlam olması, steril yıkama solüsyonları ile yıkanarak embriyoya herhangi bir patojenin tutunmasının engellenmesi gerekmektedir (Mapletoft ve Hasler, 2005).

Embriyo transferi araştırmaları Walter Heape tarafından Angora tavşanından elde edilen embriyolar ile 1890 yılında başlamış olsa da ilk başarılı embriyo transferi Umbaugh tarafından inekte 1949 yılında gerçekleştirilmiştir. 1951 yılında Willet ve ekibi tarafından embriyo transferi ile doğan ilk buzağı doğmuştur. Türkiye'de embriyo transferi konusunda yapılan araştırmalardan ilki Kılıçoğlu ve ekibi tarafından 1984 yılında koyunda gerçekleştirilmiş, ineklerde ise 1986 yılında İleri ve Sayın tarafından 1986 yılında yapılmıştır. Tekeli tarafından 1984 yılında tavşan oositlerinde

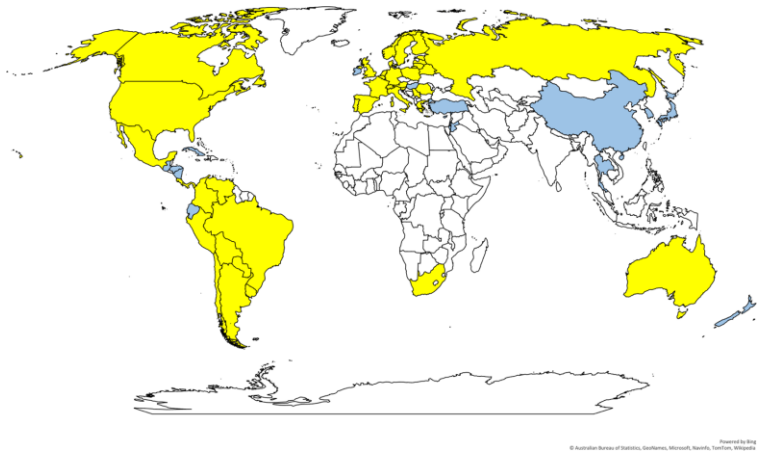
fertilizasyon araştırmaları gerçekleştirilmiştir. İneklerde embriyo transferi teknolojisi sahada yaygın olarak kullanılmaya 1970'li yıllarda Avrupa menşeili kombine verimli sığırların Kuzey Amerika, Avustralya ve Yeni Zelanda'da popüler olmasıyla başlamıştır (Kidie, 2019). Ancak ne yazık ki ülkemizde 1980'li yılların başında başlanan embriyo transferi araştırmaları, gelişmiş ülkelerde rutin saha şartlarında sürekli ve gittikçe artan oranda kullanıldığı gibi genel kullanıma geçirilememiştir. Son yıllarda farklı üniversitelerin veteriner fakültelerinde, farklı enstitülerde devam eden embriyo transferi projeleri ve araştırmaları ile bazı sığır ve koyun işletmelerinde embriyo transferi uygulamaları devam etse de daha da artırılması ve yaygınlaşması gerekmektedir (Sağırkaya, 2009).

Tablo 1: Bölgelere göre 2021 yılında *in vitro* ve *in vivo* yolla üretilen toplam sığır, koyun, keçi ve at embriyo (transfer edilebilir) sayıları (IETS, 2022).

Bölge	**Sığır**		**At**		**Koyun**		**Keçi**	
	İn vivo	***İn vitro***	***İn vivo***	***İn vitro***	***İn vivo***	***İn vitro***	***İn vivo***	***İn vitro***
Africa	0	5.421	0	0	0	0	0	0
Asya	0	0	0	0	0	0	0	0
Avrupa	134.386	42.410	772	6.775	1.385	180	648	268
Kuzey Amerika	215.745	764.650	578	1.347	10.284	446	8.689	6.087
Okyanusya	13.414	17.681	0	0	21.8780	0	1.856	0
Güney Amerika	22.829	690.856	24.125	3.497	7.636	0	0	0
2021Toplam	**386.374**	**1.521.018**	**25.475**	**11.619**	**41.183**	**626**	**11.193**	**6.355**
2020Toplam	361.728	1.156.422	25.219	8.641	29.819	141	13.177	2.275
% Değişim	+6.8	+31.5	+1.0	+34.5	+38.1	+344.0	-15.1	+179.3

Dünya çapında gerçekleştirilen embriyo transferi uygulamalarına ait IETS tarafından düzenli olarak her yıl toplanarak derlenmekte ve rapor olarak sunulmaktadır. Son raporu olan Aralık 2022 tarihli raporunda daha önceki yıllarda olduğu gibi Amerika ve Avrupa ülkelerinde yoğun embriyo transferlerinin gerçekleştirildiği, bazı Afrika ve Asya ülkelerinde ise daha az sayıda ve bilgi eksiklikleri ile verilerin sunulduğu bildirilmektedir. 2021 yılında ineklerde 2 milyon embriyonun in vivo yolla toplandığı ya da in vitro

yöntemle üretildiği, 2020 yılına oranla %31,5'lik bir artış görülerek 1.156.422 embriyo üretiminden 1.521.018 rakamına ulaşıldığı belirtilmektedir. Ayrı rapora göre koyunda, atta ve keçide gerçekleştirilen embriyo üretim oranları da artmıştır (Tablo 1; IETS, 2022). Tablo 1'den anlayabileceğimiz gibi 2021 yılında ülkemize ait embriyo üretim ve transfer kaydı bulunmazken, Şekil 1'de verilen haritaya göre Türkiye'ye ithal edilmiş olan embriyo kaydı yer almaktadır.



Şekil 1: Siyasi dünya haritasında 2021 yılına ait sarı renklendirilmiş ülkelerde bildirilen embriyo transfer verileri ve mavi renklendirilmiş ülkelere embriyo ithalat kayıtları (IETS, 2022).

3.1. *In Vivo* Embriyo Üretimi (IVD)

Embriyo transferi ile genetik olarak elit dişilerin embriyoları toplanmakta ve daha düşük kalitedeki standart sağlıklı dişilere transfer edilmektedir. Bu sayede bir seferde çok sayıda üstün nitelikli yavru üretilmektedir. Transfer edilecek embriyolar belirlenen yüksek genetik ve verim özelliklerine sahip donör hayvanlarda *in vivo* olarak süperovulasyon sonrası toplanabilir. Mezbaha materyali veya canlı hayvandan ovum pick-up (OPU) ya da ovariektomi ile *in vitro* üretim yöntemi kullanılarak da embriyo üretimi gerçekleştirilebilir (Kaymaz, 2019).

3.1.1. Donör hayvanların seçimi

Seçilecek donör dişiler genotipik ve fenotipik olarak üstün özelliklere sahip olmalı. Sığır yetiştiriciliğinde özellikle süt verimi, sütün yağ ve protein içeriği gibi birtakım parametrelerinin yüksek, hayvanın büyüme oranı ile hastalıklara direncinin istenen düzeyde olması, doğum sürecinin kolaylığı ve çok sayıda transfer edilebilir embriyo elde edilebilmesi gibi kriterler dikkate alınmaktadır (Philips ve Jahinke, 2016). Sağlıklı, düzenli östrus siklusları gösteren, yüksek fertilite geçmişi olan inekler donör olarak tercih edilmektedir. Postpartum en erken ikinci ayında olan ineklerin, daha ileri laktasyon dönemindeki ineklere göre daha fazla embriyo üretimi sağladığı; birkaç doğum yapmış genç ineklerden düvelere oranla daha fazla transfer edilebilir embriyo elde edildiği bildirilmektedir. Donör hayvanların vücut büyüklüğü ve süt verimine uygun beslenmesi, vücut kondisyon skorunun 3,00-3,50 arasında olması sağlanmalıdır. Donör hayvanların obez veya aşırı zayıf olması süperovulasyon tedavisine yanıtın azalmasına, fertilitenin düşmesine ve reprodüktif kanalda manipülasyonların zorlaşmasına yol açmaktadır. Fertiliteyi olumsuz etkileyecek viral, bakteriyel ya da diğer hastalıkları taşımayan hayvanlar donör olarak seçilmelidir. Hasta hayvanlarda transfer edilebilir kaliteli embriyo eldesi mümkün olmamaktadır. Gelişen embriyonun genetik materyalinin yarısı babadan geldiği için, kullanılacak spermanın da genetik olarak üstün özellikli, fertilitesi kanıtlanmış boğalardan elde edilmelidir (Kidie, 2019; Karasahin vd., 2021).

3.1.2. Donör hayvanların seçimi taşıyıcı hayvanların seçimi

Donör hayvanların seçimi kadar transferin yapılacağı taşıyıcı hayvanların seçimi de önemlidir. Taşıyıcı hayvanların 3-8 yaş arasında, daha önce doğum yapmış, postpartum 90 günü geçen, reprodüktif performansı bilinen, konjenital ya da enfeksiyöz hastalığı bulunmayan, güç doğum riski düşük, önceki doğumları sorunsuz gerçekleşmiş, kolay sağılabilen ve annelik içgüdüsü yüksek, yeterli beslenen ve vücut kondisyon skoru 2,5-3,00 arasında olan hayvanlar arasından seçilmesi önerilmektedir. Bu hayvanların transfer sonrası gebelik sürecini izleyecek ve onlarla ilgilenecek, doğum sürecinde gerekli takibi yapabilecek yetenekli ve bilgili personeller çalıştırılmalıdır (Selk, 2010; Scmidt, 2010).

Transfer öncesinde gerekli muayeneler yapılarak ovaryumda korpus luteum bulunan inekler seçilmeli, transfer öncesi ve sonrası üç haftaya kadar herhangi bir tedavi veya yem değişikliği yapılmamasına dikkat edilmelidir. Transfer gününde taşıyıcı hayvanların uygulamanın yapılacağı alana sorunsuz ve hızlıca getirilebileceği bir alanda tutulması, stres faktörlerinin en aza indirilmesi uygun olacaktır (Kidie, 2019).

3.1.3. Donörün süperovulasyonu

Süperovulasyon işlemi donör hayvandan elde edilecek transfer edilebilir embriyo sayısını artırmak amacıyla, belirli bir protokol dahilinde gonadotropik hormonların (FSH, eCG ve hMG) kullanılarak belirlenen süre içinde ovaryumlardan çok sayıda folikülün gelişmesi ve ovulasyonunun sağlanmasıdır. Süperovulasyon uygulaması sayesinde bir donörden ~60 gün arayla 10 ve daha fazla embriyo toplanabilir. Fertilitesi bilinen sağlıklı donörlerin %85'inin süperovulasyon tedavisine yeterli yanıt verdiği bilinmektedir. Yapılan araştırmalarda süperovulasyonun ardından genellikle 5-7 arasında değişen sayıda transfer edilebilir kalitede embriyo toplanırken, etçi ırk ineklerde ortalama 6,6 ve sütçü ırk ineklerde ortalama 5,7 adet transfer edilebilir embriyo elde edildiği belirlenmiştir (Merton vd., 2003; Kidie, 2019).

Süperovulasyonun uyarılması için eCG hormonu 2000-2500 IU kas içi yolla uygulanmaktadır. Ancak eCG'nin yarılanma ömrünün uzun olması, ovule olmayan folikül riskinin artması, ovule olmayan foliküllerden östrojen salgısının devam etmesi, buna bağlı hormonal düzensizliklerin ortaya çıkışı ve oosit ile embriyo kalitesinin bozulması gibi dezavantajları nedeniyle son yıllarda aynı amaçla FSH kullanımına yönelim artmıştır. Genel olarak kullanılan protokollerde FSH deri altı ya da kas içi yolla, 20-36 mg arasında değişebilen total dozun 12 saat arayla azalan dozlara bölünerek dört gün süreyle uygulanması şeklinde kullanılmaktadır. Süperovulasyon protokolüne progesteron salan preparatın yerleştirilmesi ile başlanmakta, tedavi başlangıcının 7. gününde FSH uygulamaları başlatılmakta ve 9. günde PGF2α uygulanarak progesteron preparatı uzaklaştırılmaktadır. Tedavinin 11. gününde hayvanların östrus belirtileri takip edilerek uygun zamanda 12 saat arayla, en az ikişer payet sperma ile iki kez suni tohumlama uygulanmaktadır (Sağırkaya, 2009; Taşdemir vd., 2016; Kaymaz, 2019). Süperovulasyon tedavisi başarısını artırmak için hormon uygulamalarına siklusun 8-12. günleri

arasında başlanarak, hem ovaryumda aktif korpus luteumun bulunduğu hem de foliküler dalganın aktif hale geldiği zaman yakalanmış olur. Süperovulasyon tedavisine alınan donörün beslenmesine dikkat edilir ve iz element takviyesi ile hayvan desteklenebilir (Kaymaz, 2019). Koyun ve keçilerde embriyo transferi amacıyla yapılan süperovulasyon protokolleri inekte uygulanan tedaviye benzerlik göstermektedir. Koyun ve keçilerde 11 ya da 12 günlük progesteron içeren sünger uygulaması ile tedaviye başlanmakta, progesteron uygulamasının 9. günü tek doz PGF2α uygulanarak aynı gün toplam 200 mg dozda ve 12 saat arayla azalan dozlara bölünerek keçilerde 3 gün, koyunlarda ise 4 günlük FSH uygulamaları ile devam etmektedir. Süperovulasyon protokolünün bitiminde koç/teke katımı yapılarak donörleri çiftleşmesi sağlanmaktadır (Ağaoğlu vd., 2014; Tur vd., 2017; Çizmeci vd., 2018; Karakaş Alkan vd., 2021).

3.1.4. Donör ve taşıyıcı hayvanların senkronizasyonu

Donör hayvanlardan toplanan embriyoların taşıyıcı hayvana transferi sonrası, embriyonun gelişim aşamasına uygun uterus ortamını bulması önemlidir. Taşıyıcı hayvanın genital kanalının embriyonun gelişim aşamasına ve yaşına (~ 7 günlük) uygun seksüel siklus döneminde olmaması halinde embriyo gelişimi aksayacak ve gebelik sağlanamayacaktır. Bu nedenle embriyo transferi sürecinin başlangıcında donör ve taşıyıcı hayvanların östrus siklusları senkronize edilir ve arada en fazla 12 saatlik bir fark olmasına dikkat edilir. Taşıyıcı hayvanlara GnRH, PGF2α ve progesteron hormonları kullanılarak farklı senkronizasyon protokolleri uygulanabilir. Bununla birlikte, en sık kullanılan ve pratik uygulama 11 gün arayla çift doz PGF2α enjeksiyonu yapılmasıdır (Mebratu vd., 2020). Bu aşamada dikkat edilecek önemli nokta taşıyıcı hayvanların senkronizasyonuna donörlerden 12-24 saat önce başlanmasıdır. Çünkü PGF2α ile indüklenen taşıyıcılarda östrus belirtileri 60-72 saat içinde başlarken, süperovulasyon uygulanan donör hayvanlarda östrus belirtileri 36-48 saat içinde gözlenir (Baruselli ve Moreno, 2002; Genzebu, 2015).

3.1.5. Embriyoların toplanması

Süperovulasyon tedavisinin ardından suni tohumlama yapılan donörlerden genellikle embriyoların uterusa ulaştığı ve transfer işlemine daha dayanıklı oldukları 7. günde ineklerde uterusun yıkanması tekniği ile, koyun

ve keçilerde ise cerrahi yöntem olan laparotomi tekniği ile embriyolar toplanmaktadır. *Cerrahi olmayan* embriyo toplama tekniği olan uterus yıkama (flushing) yönteminde travaya alınan donör ineğe alt epidural anestezi yapılır ve rektal muayene ile ön muayenesi yapılarak korpus luteum varlığı ve sayısı değerlendirilir. Perineal bölge yıkanır, temizlenir ve antisepsisi sağlanır, ardından steril koruyucu kılıf içine geçirilmiş 2 veya 3 yollu Foley kateteri vulva ve vajinadan dikkatlice ilerletilerek serviksten uterusa geçirilir. Sırasıyla her bir kornu uterinin kranialine doğru yerleştirilen ve balonu şişirilerek sabitlenen kateter yoluyla vücut sıcaklığına ısıtılmış steril yıkama solüsyonu verilir. Kateterin diğer ucuna takılmış olan embriyo toplama kabına yıkama solüsyonu geri alınır. Her bir kornu uteriden steril şartlar altında tekrarlanan yıkamalarla embriyolar yıkama solüsyonu içinde embriyo toplama kabına alınmış olur. Uterus yıkama işlemi sonunda kornu uterilere antiseptikli solüsyon ya da antibiyotik uygulaması ve kas içi PGF2α enjeksiyonu yapılır (Kaymaz, 2019).

Cerrahi yöntemle embriyo toplama işlemi çok eski yıllarda ineklerde gerçekleştirilirken, günümüzde ineklerde uterus yıkama yöntemi uygulanmaktadır. Ancak koyun, keçi, domuz, laboratuvar ve pet hayvanlarında embriyo toplama işlemi cerrahi yöntemle gerçekleştirilmektedir. Genellikle koyun ve keçilerde meme lobunun kranialinden mediyan hattan laparotomi tekniği ile anestezi altında yapılmaktadır. Laparotominin ardından uterus kornuları bulunur, konpus uteriye yerleştirilen 2 yollu foley kateterinin ucu sırasıyla her bir kornuya yönlendirilir. Oviduktun utero-tubal birleşim yerine 18 G'luk intravenöz kateter yerleştirilerek steril embriyo yıkama solüsyonu verilir. Embriyo yıkama solüsyonu ve içindeki embriyolar birlikte Foley kateteri yoluyla embriyo toplama kabına alınır (Ağaoğlu vd., 2014; Karakaş Alkan vd., 2021).

3.1.6. Embriyoların değerlendirilmesi

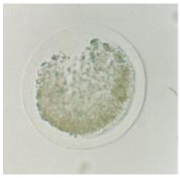
Uterustan embriyo yıkama solüsyonuna alınan embriyolar vakit kaybedilmeden hızla stereomikroskop altında incelenir ve taze hazırlanmış saklama solüsyonuna alınır. Stereomikroskop altında morfolojik değerlendirmesi yapılan embriyoların, IETS tarafından belirlenen standartlara göre kalite derecelendirmeleri yapılır (Tablo 2) ve transfer edilip edilmeyeceklerine ya da dondurulabilirliklerine karar verilir (Şekil 2, 3).

Genellikle mükemmel ve iyi kalitedeki kompakt morula ve blastosist aşamasındaki embriyolar, taze ya da dondurma sonrası transferde gebelik oranları yüksektir.

Tablo 2: Embriyonun morfolojik yapısına göre kalite puanlaması

Kod	Sınıflandırma	Morfolojik Görüntü
Kod 1	Mükemmel veya Çok iyi	Embriyo simetrik ve küre şeklinde. Blastomerler üniform boyut, renk ve yoğunlukta. Embriyo beklenen gelişim aşaması ile uyumlu. Zona pelusida düzgün yüzeyli. Petriye ya da pipete yapışmasına neden olacak konkav veya yassı yüzeye sahip değil. Hücrelerin en az %85'i düzgün ve yaşayabilir. Embriyo dondurma ve çözdürme işlemlerine dayanıklı. Uluslararası transporta uygun.
Kod 2	İyi	Embriyo kitlesi ya da şeklinde, balstomerlerin rengi ve yoğunluğunda hafif düzensizlikler var. Hücrelerin en az %50'si bütünlüğü bozulmamış ve yaşayabilir formda. Dondurma ve çözdürmeye daha az duyarlı, taze transferde gebelik oranları yüksek.
Kod 3	Zayıf veya Sağlıksız	Embriyo kitlesinde, blastomerlerin yoğunluğu, boyutu ve renginde belirgin düzensizlikler var. Hücrelerin en az %25'inin bütünlüğü bozulmamış ve yaşayabilir. Dondurma ve çözdürme işlemlerine hassas. Kültür sonrası transfer edilebilir.
Kod 4	Ölü veya Dejenere	Dejenere embriyo, oosit veya tek hücreli embriyolardır. Blastomerler dejenere, hücrelerde veziküller mevcut. Bu embriyolar transfer için kullanılamaz.

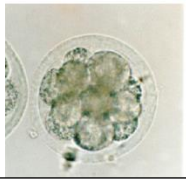
Zayıf ve sağlıksız kalitedeki embriyolarda gebelik oranları düşüktür, bu embriyoların taze transferde kullanılması önerilir (Bo ve Mapletoft, 2013; Kara ve Bekyürek, 2019; Erdem vd., 2020).



Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 1
Kalite Kodu: 4

Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 1
Kalite Kodu: 4

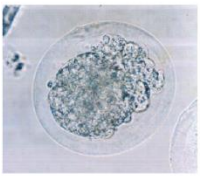
Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 1
Kalite Kodu: 4



Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 2
Kalite Kodu: 4

Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 4
Kalite Kodu: 1

Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 4
Kalite Kodu: 2

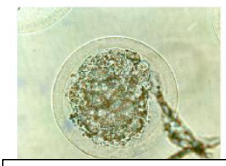


Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 4
Kalite Kodu: 2

Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 4
Kalite Kodu: 3

Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 4
Kalite Kodu: 3

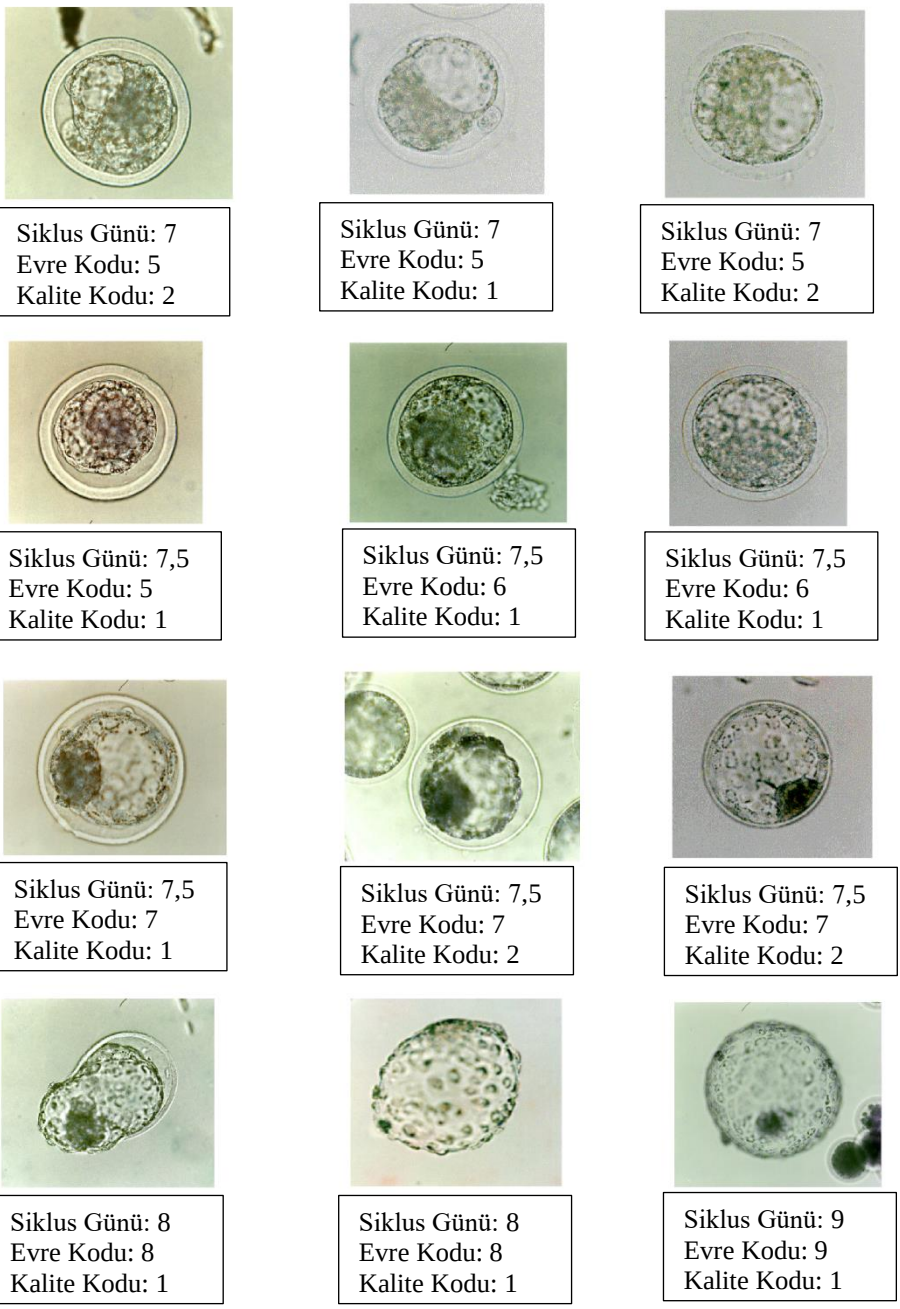
Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 4
Kalite Kodu: 3



Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 4
Kalite Kodu: 3

Siklus Günü: 7
Evre Kodu: 5
Kalite Kodu: 1

Şekil 2: Gelişim aşaması ve kalitesine göre 1-5 arası aşamalardaki inek embriyoları (Bo ve Mapletoft, 2013).

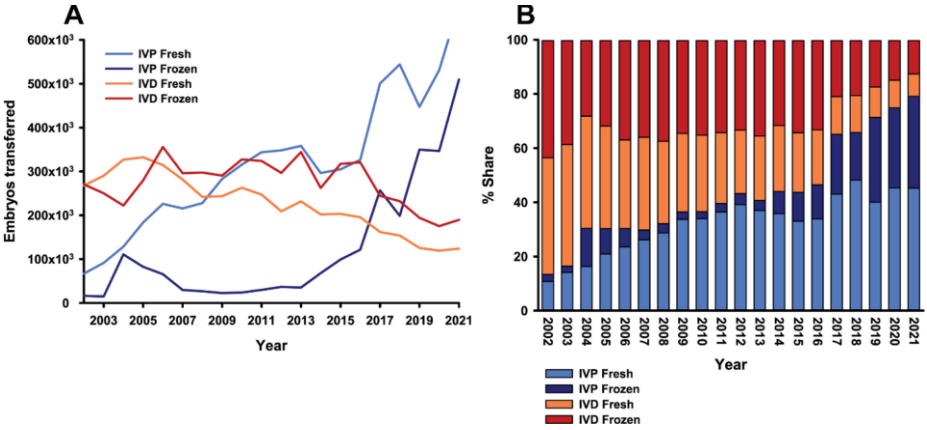


Şekil 3: Gelişim aşaması ve kalitesine göre 5-9 arası aşamalardaki inek embriyoları (Bo ve Mapletoft, 2013).

3.2. *In Vitro* Embriyo Üretimi (IVP)

In vitro embriyo üretimi, *in vivo* ortamdaki oosit maturasyonu, fertilizasyon ve ilk bir haftalık embriyo gelişim aşamalarının fizyolojik şartlara benzer ortam ve süreçlerin sağlandığı laboratuvar ortamında gerçekleştirilmesidir. *In vivo* ortamda gonadotropik hormonlar ve endojen faktörlerin etkisiyle, folikülün gelişim süreci ile paralel olarak oosit de gelişimine devam eder, preovulatör LH etkisiyle fertilizasyon öncesi maturasyon (olgunlaşma) aşamasını tamamlar. Ovulasyonun ardından matur oosit ovidukta ulaşır ve burada spermatozoon ile fertilizasyonu gerçekleşir. Fertilizasyonla birlikte spermatozoon ve oositin pronükleusları birleşerek zigotu şekillendirirler, embriyonik gelişim süreci başlamış olur (Vural vd., 2019). *In vitro* embriyo üretiminde ise tüm bu fizyolojik süreçler, *in vitro* kültür solüsyonları, maturasyon ve fertilizasyon süreleri, inkübasyon ortamı (CO_2/O_2/N oranları, pH, ısı, nem, vd.) taklit edilerek vücut dışında gerçekleştirilmektedir (Kaymaz, 2019).

In vitro oosit maturasyonu (IVM) ve *in vitro fertilizasyon* (IVF) yöntemleri ile elde edilen IVP embriyo ve yavru doğum oranları, dondurma ve çözdürme işlemlerine dayanıklılığını gösteren kriyotoleransları IVD'ye göre düşük olduğu için 2000'li yılların başında daha çok IVD tercih ediliyordu. Ancak 2017 yılından itibaren IVP oranlarında belirgin bir artış belirlendi. Günümüzde dondurulmuş ve taze IVP embriyo transfer sayıları, IVD embriyo sayılarından çok daha fazladır (Şekil 4). Bu artışın IVM, IVF ve in vitro embriyo kültürü (IVC) aşamalarında yapılan yoğun bilimsel araştırmalar ve gelişmeler sonucu embriyo gelişim süreci ve gebelik oranlarında yükselme, IVP embriyolarının dondurma ve çözdürme sonrası viabilitesinde artış, IVM, IVF ve IVC vasatlarına katılan antioksidanlar gibi farklı katkı maddelerinin embriyo gelişimini destekleyici etkileri, vb. olumlu katkılara bağlı olduğu düşünülmektedir (Baştan vd., 2010; Ferre vd., 2020; IETS, 2022; Alkan vd., 2023; Costa vd., 2023).



Şekil 4: 2002-2021 yılları arasında sığırlarda embriyo üretim tekniğine (IVD/IVP) ve embriyo türüne (taze/dondurulmuş) göre embriyo transferi. (A) transfer edilen embriyo sayıları, (B) paylaşılan yıllık embriyo transfer oranları (IETS, 2022).

3.2.1. Ovaryumdan oositlerin toplanması

In vitro embriyo üretiminde ilk basamak ovaryumda gelişen foliküllerin içinde yer alan oositin toplanmasıdır. Ovaryumlardan oosit eldesi çiftlik hayvanlarında birkaç farklı yöntemle yapılabilir: i) canlı hayvandan ultrason rehberliğinde transvaginal ovum pick up (OPU) yöntemiyle folikül aspirasyonu, ii) canlı hayvandan laparoskopik ovum pick up (LOPU), iii) canlı hayvandan ovariektomi yöntemiyle oosit aspirasyonu, iv) mezbahada kesim sonrası postmortem folikül aspirasyonu (Ferre vd., 2020; Baldassare, 2021). İneklerde OPU yöntemiyle oosit toplama işlemi üstün genetiğe sahip hayvanlarda sıklıkla tercih edilen ve uygun şartlar altında aynı hayvanda haftada iki kez uygulanabilen, tekrarlayan uygulamalarda hayvan sağlığı ya da foliküler dalgaların olumsuz etkilenmediği, çok sayıda immatür oositlerin toplanarak IVP amacıyla kullanılabildiği güvenilir bir biyoteknolojik uygulamadır (Presicce vd., 2020). Koyun ve keçilerde genital kanalın boyutunun küçük olması nedeniyle OPU uygulanamadığından, LOPU yöntemi geliştirilmiştir. Son yıllarda prepubertal sığırlarda, mandalarda, yabani ruminantlar ve geyiklerde de LOPU yöntemi ile oosit eldesi ve in vitro embriyo üretimi başarıyla uygulanmaktadır (Baldassare, 2021). OPU ve LOPU işlemleri öncesinde uygulanan hormonal uyarımlarla elde edilecek oosit sayısı ve kalitesi artırılmaktadır. Hormonal uyarım yapılmadan

gerçekleştirilen folikül aspirasyonunda her bir uygulamada 4-5 adet oosit toplanırken, folikül stimülasyonunu takiben OPU ve LOPU ile çok daha fazla immatür oosit toplanabilir (Falchi vd., 2022). Bu işlemler yapılırken hayvan refahı, tekrarlayan anestezi uygulamaları, ovaryum stromasının bütünlüğü ve muhtemel adezyonlara dikkat edilmeli ve hassas çalışılmalıdır (Ferre vd., 2020).

Çiftlik hayvanlarında oosit elde edilmesinin bir diğer yöntemi de mezbahada kesilen dişilerin ovaryumlarının hızla uygun içeriğe sahip ve ısıdaki taşıyıcı solüsyona alarak laboratuvara götürmek, laboratuvarda folikül aspirasyonu veya dilimleme metodu ile oositlerin toplanmasıdır (Polat ve Salmanoğlu, 2008; Kaymaz, 2019).

3.2.2. *In Vitro* oosit maturasyonu (IVM)

Uygun şartlar altında toplanan oositler stereomikroskop altında morfolojik değerlendirmeye alınarak kumulus oosit kompleksinin (KOK) yapısı, oositin etrafını saran kumulus hücre katı sayısı, oosit sitoplazmasının homojenitesi gibi kriterlere göre kalite sınıflandırması yapılır (Brackett ve Zuelke, 1993; Polat vd., 2009). Kalite değerlendirmesine göre zona pelusidanın tamamını saran en az dört ve daha fazla kumulus hücre katına sahip A kalite ve zonanın 1/3'ünden fazlasını saran iki ve daha fazla sayıda kumulus hücre katına sahip B kalite oositler, uygun maturasyon vasatında %5 CO_2 içeren uygun nem oranına sahip 38,5 °C'deki inkübatörün içinde 20-24 saat süreyle maturasyon sürecine alınır. Maturasyon süreci sonrası oositin nükleer ve sitoplazmik maturasyonunun şekillenmesiyle birlikte KOK'ların kumulus hücrelerinin genişlemesi (kumulus ekspansiyonu) ile perivitellin boşlukta birinci kutup cisimciğinin (polar body) görülmesi, oositin matur olduğunu gösterir. In vitro maturasyon sonrası oosit maturasyon oranları %85-90 başarıya ulaşmakta ve IVP için tatmin edici sonuçlar vermektedir (Ferre vd., 2020).

3.2.3. *In Vitro* fertilizasyon (IVF)

Maturasyonunu tamamlayan oositlerin fertilizasyon vasatı içinde 18-24 saat süreyle spermatozoonlar ile birlikte ko-inkübasyonuyla IVF gerçekleşmektedir. Bu aşamadan önce motilitesi ve fertilitesi bilinen spermatozoonların özel solüsyonlar içinde swim-up, percoll gradiyent ya da sperm yıkama teknikleri gibi farklı yöntemlere tabi tutularak seminal plazma,

debris, ölü/hasarlı spermatozoonların ayrılması, canlı ve motilitesi yüksek spermatozoonların seçilmesi gerekir. *In vitro* fertilizasyon için konvansiyonel sperma kullanılacaksa 1-2 milyon spermatozoon/ml konsantrasyon yeterliyken, cinsiyeti belirlenmiş sperma (sexed sperm) kullanıldığında fertilizasyon kapasitesi bir miktar azaldığı için spermatozoon konsantrasyonunun artırılması gerekmektedir. Cinsiyeti belirlenmiş sperma ile yapılan IVF uygulamalarında spermatozoonun oositin zona pelusidasına penetrasyonunda yetersizlik, fertilizasyon sonrası ilk bölünme (cleavage) ve embriyo gelişim oranında düşüş bildirilmiştir. Bu durumun spermatozoonların çözdürme sonrası canlılığı ve motilitesinde azalma, kapasitasyon sorunu, hiperaktivasyon, akrozom integritesi problemi ve floresan boya-DNA etkileşimlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Ferre vd., 2020; Thakur ve Birthal, 2023).

In vitro fertilizasyon işlemi oosit, spermatozoon ve izleyen süreçte embriyonun tüm ihtiyaçlarını karşılayan Doku Kültür Vasatı 199 (Tissue Culture Medium 199-TCM199), Tyrode's Albümin Laktat Piruvat (TALP), SOF, Brackett ve Oliphant (BO), Charles Rosenkrans (CR1aa) vasatları gibi farklı içerik oranlarına sahip birçok değişik embriyo kültür vasatı içinde sürekli ya da belirli aralıklarla yenilenerek/değiştirilerek 7 gün süreyle inkübatörde takip edilmektedir (Akyol vd., 2007; Baki ve Baştan, 2011; Kaymaz, 2019).

3.3. Embriyo Transferi

In vivo ya da *in vitro* yöntemle üretilen embriyolar, transfer edilecek embriyonun gelişim aşamasına göre senkronize edilmiş taşıyıcılara cerrahi ya da cerrahi olmayan yöntemle transfer edilebilir. Embriyo transferinden önce taşıyıcı hayvanların ovaryumları muayene edilerek korpus luteum varlığı ve hangi ovaryumda yer aldığı kaydedilir, embriyonun korpus luteumun olduğu kornu uteriye (ipsilateral) bırakılmasına dikkat edilir. Korpus luteum bulunmayan ya da genital kanalında patoloji saptanan hayvanlar taşıyıcı olarak kullanılmaz (Sağırkaya, 2009).

Cerrahi Yöntemle Embriyo Transferi: İneklerde embriyo transferi araştırmalarının başladığı ilk yıllarda bu yöntemle transfer işlemi uygulanırken, günümüzde cerrahi olmayan yöntemle embriyo transferi yapılmaktadır. Cerrahi yöntem koyun ve keçilerde kullanılmaktadır. Genel

anestezi altında, embriyo toplama uygulamasındaki gibi median hattan yapılan laparotomi ile kornu uteri ve ovaryumlar karın boşluğunun dışına çekilerek incelenir. Ovaryumlar üzerinde bulunan foliküller, kistik yapılar ve korpus luteumlar kaydedilir. Korpus luteumun bulunduğu kornu uteriye embriyo transferi gerçekleştirilir. Araştırmalar koyunlarda iki ya da üç adet embriyo transferinin gebelik oranlarını artırdığını göstermektedir (Falchi vd., 2022).

Cerrahi Olmayan Yöntemle Embriyo Transferi: İneklerde 1970'li yılların ortalarında yapılan araştırmalarla cerrahi işleme gerek kalmadan servikal yolla suni tohumlama işlemine benzer yöntemle embriyo transferi yapılarak gebelik elde edilebileceği ortaya konulmuştur. Transfer edilebilir kalitedeki embriyonun %15 sığır serum albümini (BSA) eklenmiş PBS ve benzeri bir solüsyonda, az miktarda sıvı içinde payete alınarak, embriyo transfer kateteri ile serviksin dikkatle geçilmesi ve ipsilateral kornu uteriye embriyonun bırakılmasıyla transfer işlemi tamamlanır. Transfer öncesinde epidural anestezi yapılmalı, perineal bölge uygun antiseptik solüsyonlar ile temizlenmelidir (Kaymaz, 2019). Dondurulmuş embriyo transferinde payetin su banyosunda bekletilerek çözdürülmesinin ardından hızla taşıyıcı hayvana transferi olan direkt embriyo transferi yapılabilir. Bir diğer yöntem de dondurulan embriyoların uygun çözdürme solüsyonlarına alınarak belirli sürelerde aşamalı olarak bekletilmesi, böylece kriyoprotektan ajanların uzaklaştırılması ve transfer solüsyonu içinde transfer payetine alınarak servikal yolla embriyonun ipsilateral kornu uteriye bırakılmasıdır. Her iki yöntemle transferde de başarılı gebelik oranları elde edilmektedir (Güler vd., 2021).

3.4. Embriyo Saklama

Transfer edilebilir kalitede embriyo edildikten sonra taze embriyo transferi yapılmayacaksa, cinsiyetin belirlenmesi, klonlama, mikromaniplasyon gibi uygulamalar yapılacaksa kısa süreli ya da kriyoprezervasyon olarak da tanımlanan dondurma işlemine tabi tutularak uzun süreli saklanabilir. Embriyoların saklanması sadece canlılığını korumak için değil, gelişimini devam ettirebilmesi için de önemli bir basamaktır. Uygun bir taşıyıcı bulunana kadar embriyolar sağlıklı bir şekilde saklanmaktadır (Mebratu vd., 2020).

Kısa Süreli Saklama: Embriyolar uygun solüsyonlar içinde oda ısısında 1 gün saklanarak canlılığını koruyabilir ve ertesi gün transfer edilebilir. Embriyoların 24-72 saat süreyle saklanması gerekiyorsa +4 ℃'de ve %50 fötal sığır serumu (FBS) eklenmiş fosfat tamponlu tuz solüsyonu (PBS), M199 veya L15 gibi vasatların içinde saklanmalıdır (Kidie, 2019).

Uzun Süreli Saklama: Embriyoların uzak mesafelere taşınması, uygun taşıyıcı hayvanın bulunmaması ya da embriyoya farklı işlemlerin yapılması için uzun süre saklanması gereken durumlarda uygulanmaktadır. Oosit ve embriyolar yavaş dondurma ya da hızlı dondurma (vitrifikasyon) yöntemlerinden bir tercih edilerek -196 ℃'de sıvı azot içinde süresiz olarak saklanabilir. Ancak dondurma işlemi uygulanan oosit ve embriyolarda %30-50 arasında değişen oranlarda, dondurma işlemi sırasında oluşan buz kristallerinin embriyonun hücrelerinde hasara yol açması nedeniyle kayıplar ortaya çıkmaktadır (Çetin ve Baştan, 2006; Kidie, 2019).

4. EMBRİYONUN CİNSİYETİNİN BELİRLENMESİ

Çiftlik hayvanlarında embriyonun cinsiyetinin belirlenmesi damızlık olarak kullanılacak elit dişilerin ve süt ineği yetiştirilen çiftliklerde süt verimi yüksek inek üretilmesi amacıyla yapılmaktadır. Embriyonun cinsiyetinin belirlenmesinde en pratik yöntem cinsiyet tayini yapılmış sperma (sex-sorted sperm, sexed semen) ile suni tohumlama yapılarak ya da IVF aşamasında bu spermler kullanılarak embriyo elde etmektir (Singh vd., 2019).

Preimplantasyon aşamasındaki embriyonun cinsiyeti noninvaziv ve invaziv tekniklerle gerçekleştirilebilir. Embriyonun bütünlüğünü bozmadan ve hasar vermeden yapılan noninvaziv uygulamalar i) Glucose-6- phosphate dehydrogenase (G6PD), hypoxanthine phosphoribosyl transferase (HPRT) ve phosphoglycerate kinase gibi X kromozomu ile bağlantılı enzimlerin tayini (X-linked enzimlerin tespiti), ii) histocompatibility-Y veya HY antijeni gibi erkeklere spesifik hücrelerde bulunan antijenlerin tespiti, iii) erkek embriyolarının dişi embriyodan daha hızlı gelişim gösterdiğini bildirine araştırmalardan yola çıkılarak cleavage ve gelişim hızına göre embriyonun cinsiyetinin belirlenmesidir. Noninvaziv yöntemler pratik ve embriyoya hasar verilmeden yapılan uygulamalar olsa da, doğruluk oranları invaziv tekniklere göre düşüktür. İnvaziv yöntemlerde genellikle 6-8 günlük embriyolardan biyopsi yöntemiyle alınan blastomer hücrelerinin analizi yapılmaktadır.

İnvaziv yöntemler i) sitogenetik cinsiyet tayini ya da karyotip analizi, ii) cinsiyet kromatinlerinin identifikasyonu, iii) SRY gei gibi Y kromozomuna ait genlerin determinaysonu, iv) PCR analizi ile cinsiyet kromozomunun belirlenmesi, v) loop-mediated isothermal amplification (LAMP) ve vi) Fluorescence in situ hybridization (FISH) analizleri ile cinsiyet kromozomlarının belirlenmesidir (Sachan vd., 2020).

5. GENOMİK SELEKSİYON VE GENOM/GEN EDİTİNG

Çiftlik hayvanlarında genetik ilerlemenin sağlanabilmesi amacıyla birçok reprodüktif ve moleküler biyoteknolojik metot geliştirilmiştir. Bu biyoteknolojik metotların tek başına ya da kombine olarak kullanılmasıyla genetik gelişmenin en üst düzeye çıkarılması mümkündür. Genomik seleksiyonda hayvanın DNA'sında bulunan genetik üstün özellikleri baz alınır. Bireyin genotipik ve fenotipik bilgilerinin kombinasyonuyla Tahmini Genomik Yetiştirme Değeri (TGYD) hesaplanır. Genomik seleksiyon ile erişkin hayvanlarda ya da preimplantasyon aşamasındaki embriyolardan elde edilen blastomerlerde yapılan moleküler analizler ile hastalıklara direnç, büyüme hızı, yemden yararlanma, mermerleşme özelliklerini artırma, verim özelliklerini maksimuma çıkarma, farklı verim özelliklerini bir araya getirme, embriyonun kriyotoleransını artırma gibi genetik iyileştirmelere olanak vermektedir. Genomik seleksiyon sayesinde çiftlik hayvanlarından minimum kaynak kullanımı ve atık üretimi ile maksimum ürün eldesi hedefi sağlanmakta, hayvancılık kaynaklı çevresel etki azalmakta, çiftlik hayvanlarının üretkenliği ve sürdürülebilirliği artmaktadır (Mueller ve Van Eenennaam, 2022). Genomik seleksiyon teknolojisinin suni tohumlama, embriyo transferi, IVP, cinsiyeti belirlenmiş embriyo üretimi gibi diğer yardımcı üreme teknikleri ile koordineli kullanımı sayesinde elit sürüler ve genetik kapasitenin üst seviyelere çıkarılması daha hızlı olmaktadır. Bu sayede MOET veya IVP için üstün özellikli özelliklere sahip genç donör dişiler ve sperm toplama için elit boğalar seçilebilir (Ferre vd., 2020).

Genetik gelişim süreçlerinin önemli araçlarından biri de genom veya gen düzenleme (gen editing) tekniğidir. Bu biyoteknolojik yenilik sayesinde hedef genlerin eklenmesi, silinmesi veya yer değiştirilmesi sağlanmaktadır. Gen editing sayesinde çiftlik hayvanlarında boynuz gelişiminin engellenmesi, tüy renginin istendiği gibi değiştirilmesi, kas gelişimi ile ilişkili myostatin

(MSTN) mutasyonu geninin inaktif edilmesi gibi birçok farklı genetik kod değişikliği gerçekleştirilmektedir. Gen editing uygulamasının genomik seleksiyonda olduğu gibi diğer reprodüktif biyoteknolojilerle birlikte kullanılması, hayvancılığın gelişmesine önemli katkılar sağlamaktadır (Mueller ve Van Eenennaam, 2022).

6. KLONLAMA VE TRANSGENİK HAYVAN ÜRETİMİ

Somatik hücre nükleer transferi (SCNT) olarak da bilinen klonlama genomik baskılama, nükleer-sitoplazmik etkileşimler ve identikal bireylerin üretimi gibi farklı uygulama alanlarında kullanılan ileri biyoteknoloji yöntemidir. Ülkemizde Birler vd. (2010) tarafından koyunda yapılan klonlama çalışmasında iki adet sağlıklı yavru elde edilirken, Arat vd. (2011) tarafından gerçekleştirilen bir araştırmada da Boz ırk sığırda yapılan klonlama ile beş adet sağlıklı klon yavru üretilmiştir. Somatik hücre nükleer transferi işleminde tamamen farklılaşmış fibroblast gibi bir hücrenin nükleusu, nükleusu çıkarılmış matür bir oosite yerleştirilmekte, ardından oosittin aktivasyonu ve bölünmelerin başlaması için elektriksel uyarım ve kimyasal aktivatörlere maruz bırakılarak embriyonal gelişim uyarılmaktadır (Singh vd., 2019; Ağca, 2020). Klonlama sayesinde genetik olarak özdeş hayvanlar üretilmekte, genetik ıslah ve verim artışı sağlanmakta, organ nakli için istenen doku geliştirilmekte, nesli tükenmekte olan hayvanlar koruma altına alınarak üretilmekte, bazı genetik hastalıkların araştırılması ve tedavisi için transgenik hayvan üretimi sağlanmaktadır. Tansgenik hayvan üretimi ile çiftlik hayvanlarında et ve süt üretim etkinliğini geliştirme ile süt kompozisyonunu düzenleme de mümkün olmaktadır.Ancak klonlama sonrası doğan yavrularda genellikle iri yavru sendromu denilen durum ortaya çıkar, gelişim anomalileri oluşabilir, bağışıklık sisteminde yetersizlikler görülebilir ve yavrular normalde büyük doğar, yavruların hayatta kalma oranları düşüktür (Bağış ve Sağırkaya, 2000; Mapletoft ve Hasler, 2005).

KAYNAKÇA

Ağaoğlu, A.R., Karakaş, K., Kaymaz, M. (2014). In vivo embryo production in some native goat breeds in Turkey. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. 38(3): 238-244.

Ağca, Y. (2020). Assisted Reproductive Technologies and Genetic Modifications in Rats. In: The Laboratory Rat, Third Edition. Elsevier, USA.

Akyol, N., Kızıl, S.H., Karaşahin, T. (2007). İn vitro sığır embriyosu üretim ve transferi. Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg. 47(1): 1-8.

Alkan, H., Satılmış, F., Demirel, M.A., Bodu, M., Yeşilkaya, O.F., Çiftçi, M.F., Erdem, H., Tekindal, M.A., Karakaş Alkan, K. (2023). Does using microfluidic sperm sorting chips in bovine IVEP affect blastocyst development? Reprod Dom Anim. 58:1012–1020.

Arat, S., Caputcu, A. T., Akkoc, T., Pabuccuoglu, S., Sagirkaya, H., Cirit, U., Nak, Y., Koban, E., Bağış, H., Demir, K., Nak, D., Şenünver, A., Kılıçaslan, R., Tuna, B., Çetinkaya, G., Denizci, M., Aslan, O. (2011). Using cell banks as a tool in conservation programmes of native domestic breeds: the production of the first cloned Anatolian Grey cattle. Reproduction, fertility and development, 23(8), 1012-1023.

Bağış, H., Sağırkaya, H. (2000). Klonlama. J Fac Vet Med 20:187-198.

Baki Acar, D., Tunç, E. (2022). Interaction Between Climate Change and Livestock Production. In: Global Climate Change: Agriculture and Food Science Perspective. Eds: Doğan, H., Fidan, H. Iksad Publications, Ankara, Türkiye.

Baki Acar, D., Baştan, A. (2011). Activation of Bovine Oocytes Following ICSI and Effect of Activation on Embryo According to Developmental Stages. Kafkas Univ Vet Fak Derg., 17 (4): 631-634.

Baki Acar, D., Birdane, M.K., Ozenc, E., Yeni, D., Dogan, I. (2013). Effectiveness of different progesterone analogues and GnRH on reproductive parameters in nulliparous Saanen goats at the end of the transition period. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 19(7): A181-A186.

Baldassarre, H. (2021). Laparoscopic Ovum Pick-Up Followed by In Vitro Embryo Production and Transfer in Assisted Breeding Programs for Ruminants. Animals. 11, 216.

Baruselli, P., Moreno, D. (2002). The control of follicular wave development for selfappointed embryo transfer programs in cattle. Theriogenology. 57: 53-72.

Baştan, A., Polat, B., Acar, D. B., Korkmaz, Ö., Çolak, A. (2010). Determination of optimal dose of EGF for bovine oocyte maturation and subsequent in vitro fertilization and culture in two media. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. 34(1): 33-38.

Birler, S., Pabuccuoğlu, S., Demir, K., Cirit, Ü., Kahraman, E., Bacınoğlu, S., Özdaş, B.A., Evecen, M., Alkan, S., Baran, A., Bakırer, G., Hamzaoğlu, İ., Öztürk, Ö.A., Özcan, C., Koçak, Ö., Kılıçarslan, R., Kaşıkçı, G., Toydemir, S., Dinç, H., Koban, E., Togan, İ., İleri, İ.K., Kemal, A. K. (2010). Production of cloned lambs: Transfer of early cleavage stage embryos to final recipients. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 36(1): 1-8.

Bo, G.A., Mapletoft, R. (2013). Evaluation and classification of bovine embryos. Anim. Reprod. 10(3): 344-348.

Bó, G. A., Baruselli, P. S. (2014). Synchronization of ovulation and fixed-time artificial insemination in beef cattle. Animal. 8(s1): 144-150.

Bó, G., Baruselli, P., Menchaca, A., Mapletoft, R. (2019). Evolution of synchronization protocols and use of fixed time artificial insemination in beef cattle in South America. Clinical Theriogenology. 11(3): 255-263.

Brackett, B.G., Zuelke, K.A. (1993). Analysis of factors involved in the in vitro production of bovine embryos. Theriogenology. 39: 43-64.

Canooğlu, E., Sarıbay, M.K. (2019). Üreme Kanalının Morfolojisi ve Üreme Fizyolojisi. Eds: Kaymaz, M., Fındık, M., Rişvanlı, A., Köker, A. In: Çiftlik Hayvanlarında Doğum ve Jinekoloji. Medipress Matbaacılık Yayıncılık Ltd. Şti., Malatya, Türkiye.

Costa, C.B., Fair, T., Seneda, M.M. (2023). Review: Environment of the ovulatory follicle: modifications and use of biotechnologies to enhance oocyte competence and increase fertility in cattle. Animal, 17: 100866.

Cetin, Y., Bastan, A. (2006). Cryopreservation of immature bovine oocytes by vitrification in straws. Animal Reproduction Science. 92(1-2): 29-36.

Çizmeci, S.Ü., Güler, M., Kaymaz, M. (2018). In vivo elde edilen Saanen keçisi embriyolarının yavaş dondurulması üzerine farklı kriyoprotektanların etkisinin karşılaştırılması. Ankara Üniv Vet Fak Derg, 65: 171-178.

Dalton, J. C., Robinson, J. Q., Price, W. J., DeJarnette, J. M., Chapwanya, A. (2021). Artificial insemination of cattle: Description and assessment of a training program for veterinary students. Journal of Dairy Science, 104(5): 6295-6303.

Dias, J., Miranda, V., Oliveira, F., Junior, S.V., Haas, C., Costa, V., Lucia Jr, T., Vieira, A., Corcini, C., and Gasperin, B. (2020). Treatment with eCG and hCG to induce onset of estrous cycles in ewes during the non-breeding season: Effects on follicular development and fertility. Animal Reproduction Science. 212: 106232.

Erdem, H., Karaşahin, T., Alkan, H., Dursun, Ş., Satılmış, F., Güler, M. (2020). Effect of embryo quality and developmental stages on pregnancy rate during fresh embryo transfer in beef heifers. Tropical Animal Health and Production, 52:2541–2547.

Falchi, L., Ledda, S., Zedda, M. T. (2022). Embryo biotechnologies in sheep: Achievements and new improvements. Reproduction in Domestic Animals. 57(Suppl. 5): 22– 33

Ferre, L.B., Kjelland, M.E., Strobech, L.B., Hyttel, P., Mermillod, P., Ross, J. (2020). Review: Recent advances in bovine in vitro embryo production: reproductive biotechnology history and methods. Animal, 14(5): 991-1004.

Genzebu, D. (2015). A review of embryo transfer technology in cattle. Global Journal of Animal Scientific Research. 3(2): 562-575.

Gökçen, H. (2007). AB uyum sürecinde ülkemizde suni tohumlama ve embriyo transferi çalışmalarının geçmişi ve geleceği. Erişim Adresi: https://www.hazimgokcen.net/mesleki-tarih/ab-uyum-surecinde-ulkemizde-suni-tohumlama-ve-embriyo-transferi-calismalarinin-gecmisi-ve-gelecegi/ Erişim tarihi: 10.11.2023.

Güler, Ş., Yıldız, M., Çetin, Y. (2021). Direkt Embriyo Transferi: Azot Tankından Uterusa. Van Vet J. 32(2): 69-73.

Hameed, N., Khan, M. I. U. R., Zubair, M., Andrabi, S. M. H. (2021). Approaches of estrous synchronization in sheep: Developments during the last two decades: A review. Tropical Animal Health and Production. 53(5): 485.

IETS, (2022). 2021 Statistics of embryo production and transfer in domestic farm animals. In: In: Embryo Technology Newsletter, v. 40, n.4.

IETS Manual, (2023). 4th Edition. Erişim Adresi: https://www.iets.org/Publications/IETS-Manual. Erişim Tarihi: 10.11.2023.

İleri, İ. K., Sayın, T. (1986). Sığırlarda embriyo transfer çalışmaları. İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 12(1):23-35.

Kara, U., Bekyürek, T. (2019). Sığır embriyolarının gelişim evreleri ve kalite değerlendirmesi. Uluslararası Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü Dergisi. 2(1): 113-129.

Kara, U., Bekyürek, T. (2020). Türkiye'de Süt Sığırcılığında Reprodüktif Biyoteknolojik Yöntemlerin Gelişimi. International Journal of Eastern Mediterranean Agricultural Research. 3(1):63-82.

Kara, U., Düzer, M., Hızlı, H., Baki Acar, D. (2023). Determining the optimum voluntary waiting period and synchronization protocol in Simmental cows. Kocatepe Veterinary Journal. 16(3): 401-409.

Karakaş Alkan, K., Alkan, H., Kaymaz, M., İzgür, İ.H. (2021). Multiple ovulation and embryo transfer during the breeding season in Angora goats: A comparison of fresh and vitrified-thawed embryo transfer. Veterinary Research Forum. 12(2): 143 – 148.

Karasahin, T., Alkan, H., Satilmis, F., Dursun, S., Erdem, H. (2021). Effect of flunixin meglumine treatment during and after embryo transfer on the pregnancy rate in cattle. Reproduction in Domestic Animals. 56: 1555–1561.

Kaymaz, M. (2019). Yardımcı Üreme Teknikleri. Eds: Kaymaz, M., Fındık, M., Rişvanlı, A., Köker, A. In: Çiftlik Hayvanlarında Doğum ve Jinekoloji. Medipress Matbaacılık Yayıncılık Ltd. Şti., Malatya, Türkiye.

Kılıçoğlu, Ç. (1984). Koyunlarda embriyo nakli üzerinde çalışmalar. Doğa Bilim Derg, 8(3): 257-270.

Kidie, H.A. (2019). Review on growth and development of multiple ovulation and embryo transfer technology in cattle. World Scientific News. 127(3): 191-211.

Mapletoft, R.J., Hasler, J.F. (2005). Assisted reproductive technologies in cattle: a review. Rev. Sci. Tech. Off. int. Epiz. 24: 393-403.

Mebratu, B., Fesseha, H., Goa, E. (2020). Embryo transfer in cattle production and its principle and applications. Int. J. Phar. & Biomedi. Rese. 7(1): 40-54.

Merton, J. S., De Roos, A. P. W., Mullaart, E., De Ruigh, L., Kaal, L., Vos, P. L. A. M., Dieleman, S. J. (2003). Factors affecting oocyte quality and quantity in commercial application of embryo technologies in the cattle breeding industry. Theriogenology. 59(2): 651-674.

Mueller, M. L., Van Eenennaam, A. L. (2022). Synergistic power of genomic selection, assisted reproductive technologies, and gene editing to drive genetic improvement of cattle. CABI Agriculture and Bioscience. 3(1): 13.

Overton, M., and V. Cabrera. 2017. Monitoring and quantifying value of change in reproductive performance. Pages 549–564 in Large Dairy Herd Management. 3rd ed. D. K. Beede, ed. American Dairy Science Association, Champaign, IL.

Philips, P., Jahinke, M. (2016). Embryo transfer (Technique, Donors, and Recipients). Articles in Veterinary Clinics of North America Food Animal Practice. Pp. 366-384.

Polat, B., Salmanoğlu, M. R. (2008). Epidermal Büyüme Faktörünün Sığır Oositlerinin In Vitro Maturasyonu ve Fertilizasyonuna Etkisi. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences. 32(6).

Polat, B., Baki Acar, D., Macun, H.C., Korkmaz, Ö., Çolak, A., Baştan, A., Akçay, A. (2009). Effect of epidermal growth factor on in vitro maturation of cat oocytes recovered from ovaries at follicular and luteal stages. Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 15(4): 623-627.

Presiccea, G.A., Negliab, G., Salzanob, A., Padalinoc, B., Longobardib, V., Vecchiod, D., De Carlodand, E., Gasparrini, B. (2020). Efficacy of repeated ovum pick-up in Podolic cattle for preservationstrategies: a pilot study. Italian Journal of Animal Science. 19(1): 31–40.

Sachan, V., Kumar, B., Kumar Agrawal, J., Kumar, A., Saxena, A. (2020). Methods of Embryo Sexing in Cattle Breeding: A Review. Iranian Journal of Applied Animal Science. 10(1): 1-8.

Sağırkaya, H. (2009). Sığırlarda Embriyo Transfer Uygulaması ve Türkiye Açısından Önemi. Uludag Univ. J. Fac. Vet. Med. 28(2): 11-19.

Selk, G. (2010). Embryo transfer in cattle. Division of Agriculture and Natural Resource, 3158, 1-4

Schmidt, J. (2010). Thriving, surviving, and nose-diving in beef recipient management. In: proceeding of America Embryo Transfer Association, Champaign, IL; p. 35-42

Singh, B., Mal, G., Gautam, S.K., Mukesh, M. (2019). Advances in Animal Biotechnology. Springer Nature, Switzerland.

Taşdemir, U., Karaşahin, T., Satılmış, M., Kızıl, S.H., Kaymaz, M. (2016). Various FSH Administration on Superovulatory Response and Embryo Yield in Anatolian Black Heifers. Kocatepe Vet J. 9(4): 322-326.

Tekeli T. (1984). Investigations on in vitro fertilization of rabbit ova. Ankara Üniv Vet Fak Derg. 31:186-96.

Thakur, A., Birthal, P.S. (2023). Sexed semen technology for cattle breeding: an interpretative review on its performance, and implications for India's dairy economy. Agricultural Economics Research Review. 36(1): 53-64.

Tur, İ., Dinç, D.A., Semacan, A. (2017). Protein based flushing related blood urea nitrogen effects on ovarian response, embryo recovery and embryo quality in superovulated ewes. Theriogenology. 98: 62-67.

Vural, R., Güzeloğlu, A., Küplülü, Ş. (2019). Gebelik ve Fizyolojisi. Eds: Kaymaz, M., Fındık, M., Rişvanlı, A., Köker, A. In: Çiftlik Hayvanlarında Doğum ve Jinekoloji. Medipress Matbaacılık Yayıncılık Ltd. Şti., Malatya, Türkiye.

BÖLÜM 9

SÜT SIĞIRCILIĞINDA REFAH KAVRAMI

Dr. Öğr. Üyesi | Orhan ERMETİN

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343481

Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yozgat, Türkiye,
orhan.ermetin@yobu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-3404-0452

GİRİŞ

Hayvan refahı, bir hayvanın yaşadığı koşulların, sağlık durumunun, yaşam kalitesinin ve mutluluğunun bir yansıması olarak tanımlanır. Bir hayvanın refah içinde olduğu kabul edilirken, bu hayvanın sağlıklı, rahat, iyi beslenmiş, güvende, türünün doğal davranışlarını sergileyebilir, korkusuzca yaşayabilir, ağrı veya stresten muzdarip olmadığı kabul edilir. Bu, hem hayvanın zihinsel hem de fiziksel sağlığını, mutluluğunu ve uzun ömrünü içerir. Genel anlamda hayvan refahı, çiftlik hayvanları, evcil hayvanlar, egzotik hayvanlar, laboratuvar hayvanları ve vahşi hayvanlar dahil olmak üzere, hayvanların bakımı, beslenmesi, barındırılması, yetiştirilmesi, nakliyesi, kesimi, tedavisi veya bilimsel araştırmalarda kullanılması sırasında ağrı, acı ve ıstıraptan uzak bir sağlık, mutluluk ve iyi durumun sağlanmasıyla ilgilidir (Antalyalı, 2007).

Hayvan refahıyla ilgili olarak, farklı ülkelerde çok sayıda yasa ve yönetmelik düzenlenmiştir. Ancak, uluslararası düzeyde hayvan hakları ve refahıyla ilgili en önemli metin, 15 Ekim 1978'de ilan edilen Hayvan Hakları Evrensel Beyannamesi'dir (Antalyalı, 2007). Avrupa Birliği, çiftlik hayvanlarının korunmasıyla ilgili direktifi (98/58/EC) ve sonraki yıllarda ek yönetmeliklerle hayvanların korunması ve refahının sağlanmasına yönelik standartlar oluşturmuştur (Anonim, 1998; Ünal, 2011; Fidan, 2012). Türkiye'de, 2004 yılında çıkarılan 5199 sayılı Hayvanları Koruma Kanunu'nun ardından, 2011 yılında yayınlanan 28151 sayılı Çiftlik Hayvanlarının Refahı ve 28152 sayılı Hayvanların Nakilleri Sırasında Refahı ve Korunmasına ilişkin yönetmelikler gibi düzenlemeler yapılmıştır (Anonim, 2011). 2014 yılında yayınlanan 29183 sayılı yönetmelik, ürün ve hizmetlerden yararlanan hayvanların refahını sağlamak amacıyla asgari standartları belirleme, hayvanların acı çekmemesi için alınması gereken önlemleri düzenleme, personel, kontrol ve kayıtların tutulmasını ve hayvanlara müdahalede dikkat edilmesini içeren genel kuralları açıkça belirlemiştir (Koçak, 2017).

Süt sığırcılığı, büyükbaş hayvancılığın önemli bir bölümünü oluşturur. Süt sığırcılığı faaliyetlerinin başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için, hayvan bakımı, yönetimi, uygun hayvan seçimi ve barınak gibi faktörlerin yanı sıra yeterli ve kaliteli yem ile etkili bir besleme programının uygulanması gerekmektedir (Alkan, 2015). Günümüzde süt sığırcılığı genellikle entansif

koşullarda büyük kapasiteli işletmelerde yapılırken, bu işletmelerde verim kontrolü ve hayvanların doğal davranışlarını sergileyebilmeleri için gerekli düzenlemeler yapılması ve hayvan refahının korunması büyük bir önem taşır. Sürü içindeki hayvanların refah seviyelerini etkileyen faktörler aşağıda sıralanmıştır.

2. SÜT SIĞIRLARININ ÇEVRESEL İSTEKLERİ

İşletmenin konumlandırılacağı bölgenin iklimsel faktörleri, işletme başarısını önemli ölçüde etkileyen iki temel kategoride değerlendirilebilir: genel iklim koşulları ve işletme içi iklim şartları.

İklim koşulları, belirli bir bölgenin sıcaklık, nem, rüzgar ve yağış gibi faktörlerini içerir. Bu koşulların optimal sınırların altında veya üstünde olması, özellikle süt sığırlarının verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilir. Süt sığırlarının yaşadığı iklim koşulları, süt üretimi, sağlık ve genel refahlarını etkileyebilir. Süt sığırları için en uygun sıcaklık genellikle 5-25°C arasındadır; ancak 10-20°C arasındaki sıcaklıklar süt sığırları için en ideal olanlardır. Yüksek sıcaklık, düşük sıcaklığa göre süt sığırları üzerinde daha fazla olumsuz etki yaratabilir. Ayrıca, nem seviyeleri de önemlidir. Süt sığırları için en uygun nem seviyeleri genellikle %50-70 arasında bulunur. Yüksek sıcaklık ve yüksek nem koşulları altında, süt sığırları verimlerini kaybedebilir ve stres yaşayabilirler (Mutaf ve Sönmez, 1984).

Hayvanlarda normal vücut sıcaklığının yükselmesine neden olan etkenlere "sıcak stresi" denir. Sıcak stresinin etkileri, vücut sıcaklığının artışıyla ölçülebilir. Süt ineklerinin normal vücut ısısı (rektal) 38,8°C'dir ve 39,3°C'nin üzerine çıktığında sıcak stresi başlar. Sıcak stresi, inekler başta olmak üzere tüm hayvanların performansını ve sağlık sistemini etkileyerek, ekonomik kayıplara neden olabilir. Büyükbaş hayvanlar, metabolizma faaliyetleri sonucu sürekli olarak ısı, gaz ve su buharı yaydıkları için sıcaklık stresine karşı hassastır.

Çiftlik hayvanlarında sıcaklık stresi derecesini tahmin etmek için farklı indeksler kullanılmaktadır. Ancak yaygın olarak kullanılan endekslerden biri sıcaklık-nem indeksi (SNİ) değeridir (Kibar vd., 2018). Süt sığırcılığı, küresel ısınmaya son derece duyarlıdır ve sıcaklık ve nem koşullarından etkilenmektedir. SNİ, ortam sıcaklığı ve bağıl nemin birleşik etkilerini dikkate alır (Sinha vd., 2017). Şekil 1'de görüleceği üzere, ortalama günlük SNİ

değerleri, sıcak stresin yokluğunu, hafif, orta, şiddetli sıcak stresi ve tehlikeli sıcak stresi kategorilerine ayırmaktadır (Armstrong, 1994). Bu nedenle süt sığırlarını sıcak stresin olumsuz etkilerinden korumak için SNİ değerlerinin izlenmesi ve gerekli sürü yönetim uygulamalarının hayata geçirilmesi son derece önemlidir (Ermetin vd., 2023).

	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%	100%
42°	48	50	52	55	57	59	62	64	66	68	71	73	75	77	80	82
41°	46	48	51	53	55	57	59	61	64	66	68	70	72	74	76	79
40°	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	67	69	71	73	75
39°	43	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63	65	66	68	70	72
38°	42	44	45	47	49	51	53	55	56	58	60	62	64	66	67	69
37°	40	42	44	45	47	49	51	52	54	56	58	59	61	63	65	66
36°	39	40	42	44	45	47	49	50	52	54	55	57	59	60	62	63
35°	37	39	40	42	44	45	47	48	50	51	53	54	56	58	59	61
34°	36	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	52	54	55	57	58
33°	34	36	37	39	40	41	43	44	46	47	48	50	51	53	54	55
32°	33	34	36	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	52	53
31°	32	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	45	47	48	49	50
30°	30	32	33	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
29°	29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	42	43	45	46
28°	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
27°	27	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
26°	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39
25°	25	25	26	27	27	28	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37
24°	24	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
23°	23	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33
22°	22	22	22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	30	30	31

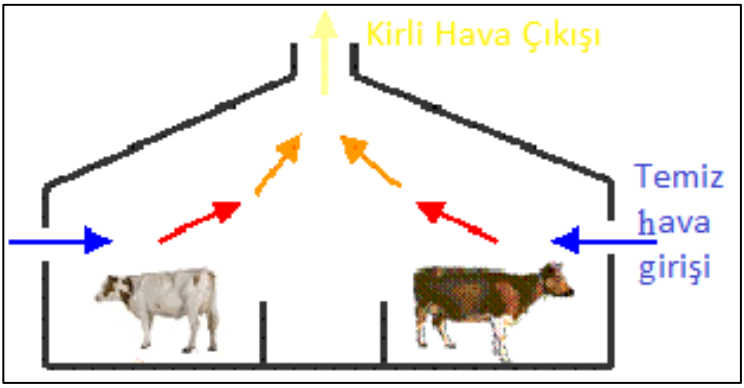
Şekil 1. Sıcaklık Nem İndeksi (SNİ) Tablosu (Anonim, 2023)

Hayvanlar, cüsselerine, canlı ağırlıklarına, yaşlarına, ırklarına, rasyonlarına, verimlerine, ortamın Sıcaklık Nem İndeksine (SNİ) ve kıl örtülerine bağlı olarak ortama farklı miktarda ısı, gaz ve nem yayabilirler. Örneğin, 500 kg ağırlığındaki bir süt sığırı, 15°C'lik bir ortamda saatte yaklaşık 650 gram su buharı yayabilirken, aynı sığır 27°C'lik bir ortamda 900 gram su buharı yayabilir (Türkmen, 2018).

Kapalı bir ahırda barındırılan sağmal inek için yaklaşık saatte 50 m3 havalandırma sağlanmalıdır. Benzer şekilde, buzağılar için de saatte yaklaşık 10 m3 hava sirkülasyonu gereklidir. Ayrıca, barınak içindeki hava kalitesi de

önemlidir. Teneffüs edilebilir toz miktarı 10 mg/m3'ü geçmemeli ve amonyak miktarı 25 ppm'yi aşmamalıdır (Kayar, 2010; Türkmen, 2018). Şekil 2, süt sığırları için doğal havalandırma yapısını göstermektedir.

Bu önemli faktörler, süt sığırlarının sağlığı, refahı ve verimliliği üzerinde doğrudan etkilidir. İklimsel ve çevresel koşulların dikkatlice yönetilmesi, süt sığırları işletmesinin başarısı için kritik bir rol oynamaktadır.



Şekil 2. Baca etkisiyle doğal havalandırma (Anonim, 2023)

Ahır içerisinde doğal aydınlatma, süt sığırlarının rahatlığı ve işletmenin etkin işleyişi için son derece önemlidir. Genellikle, ahır taban alanının %5'i kadar pencere alanı, doğal aydınlatmadan yararlanmak için yeterli olur. Doğal aydınlatma, hayvanların temel fonksiyonlarını yerine getirmeleri, çalışanların işlerini kolaylıkla yapmaları ve hayvanların izlenmesi için gereklidir.

Sığırların gece yem tüketimini teşvik etmek ve yemlik mesafesine sahip olmayan işletmelerde yem tüketimini düzenlemek amacıyla gece aydınlatmasının kullanılması gerekebilir. Bu, yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmadığı durumlarda sıcak havalarda faydalı olabilir. Sağımhane dışındaki alanlar için her metrekareye 2.5 Watt aydınlatma yeterliyken, sağımhane alanında bu değer 10 Watt olmalıdır (Türkmen, 2018).

Süt sığırcılığında çevresel gürültü, ani gürültüler dışında genellikle büyük bir sorun teşkil etmez. Uçaklar, trenler, otoyollar ve işletmede kullanılan motorlu ekipmanların oluşturduğu rutin gürültü, sığırların zamanla bu seslere alışmasını sağlar. Bu nedenle çevresel gürültü genellikle süt sığırları için büyük bir problem oluşturmaz.

3. BARINAKLAR

Süt sığırcılığı uzun vadeli bir faaliyet kolu olup, bu sektörde yapılan büyük yatırımların başka bir alana yönlendirilmesi oldukça zordur. Bu nedenle, ahır planlamaları yapılırken uzun vadeli, sürdürülebilir, hayvan refahına uygun ve çevre koşullarına uygun barınak tipleri tercih edilmelidir. İyi bir süt sığırları barınağı, zemin, havalandırma, duraklar ve yemliklerin yapısının hayvanların ihtiyaçlarına uygun olduğu ve aynı zamanda zorlu hava koşullarına dayanıklı olduğu bir yapıyı ifade eder. Bu koşullardan herhangi birinin eksikliği, süt sığırlarının performansını ve sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir (Curtis, 1987; Göncü vd., 2016).

Süt sığırları barınaklarını planlarken genellikle üç ana grupta düşünülebilirler: Bağlı duraklı ahırlar, serbest (açık) ahırlar ve serbest duraklı ahırlar (Arıcı vd., 2001; Yüksel vd., 2004). Gelişmiş ülkelerde genellikle iç mekan iklimi, dış mekan iklimine yakın olduğu için serbest veya yarı serbest ahır tipleri tercih edilmektedir (Choiniere ve Munroe, 1994).

Bağlı Duraklı Ahırlar; Bu tip barınaklar, küçük işletmelerde veya yüksek süt verimine sahip sığırların bireysel bakım ve gözlem gereksinimlerini karşılamak amacıyla kullanılır. Her sığır için ayrı bir durak bulunur ve dinlenme, yemleme, su verme, gezinme ve süt sağım işleri ayrı ayrı duraklarda gerçekleştirilir. Gübre ve idrar toplanarak dışarı çıkarılır. Bu tip barınaklar, sığırların büyük bir kısmının kış aylarını kapalı alanlarda geçirdiği işletmelerde tercih edilir. İnek sayısı 10-15 veya daha az ise, barınak tek sıralı olarak inşa edilmelidir. İnek sayısı 20'den fazla ise, çift sıralı bir barınak daha uygun olabilir (Ekmekyapar, 1975; Kayar, 2010; Özaydınlı, 2018).

Serbest (Açık) Ahırlar; Bu tip ahırlar, üç cepheli kapalı yapılardır ve genellikle güney veya doğu cepheleri açıktır. Ahırın üstü uygun bir çatı ile örtülüdür. Süt inekleri, ahır içinde dolaşırken aynı zamanda ahırın dışındaki alanlarda da dolaşabilirler. Bu tip ahırlar, sıcak veya ılıman iklimlere sahip bölgelerde tercih edilir. Serbest ahır sistemi, inşaat maliyeti ve işçilik tasarrufu açısından kapalı sistemlere göre daha ekonomiktir. Ancak, inek sayısı 20'den azsa, ayrı bir sağım yeri ve süt odası yapılması gerektiğinden inşaat maliyeti artabilir (Balaban ve Şen, 1988; Kayar, 2010; Yüksel ve Şişman, 2015; Özaydınlı, 2018).

Serbest Duraklı Ahırlar; Bu tip ahırlar, bağlı duraklı ve serbest ahır sistemlerinin avantajlarını birleştiren bir yapıya sahiptir. Her sığır için özel duraklar planlanır, ancak sığırlar durağa serbestçe girip çıkabilirler. Genellikle 100 veya daha fazla inek bulunan işletmeler için tercih edilir. Bu tip ahırlar, işletmelerin modernizasyonuna yönelik bir adım olarak kabul edilir. Yeterince iyi planlandığında, bu ahırlar mekanizasyon ve teknoloji kullanımına uygun hale getirilebilir, işçilik maliyetini azaltabilir ve üretim maliyetini düşürebilir (Arıcı vd., 2001; Kayar, 2010; Özaydınlı, 2018).

Süt sığırları barınakları, zemin özellikleri, durak boyutları, yatak yerleri, hava hareketi gibi faktörlere uygun şekilde planlanmalıdır. Bu faktörlerin herhangi birinin eksikliği, süt sığırlarının performansını ve sağlığını olumsuz etkileyebilir. Planlama ve inşaat aşamasında dikkatli bir yaklaşım, süt sığırcılığı işletmelerinin başarısını artırabilir.

4. PERSONEL-BAKICI DAVRANIŞLARI

Sığırların refah düzeyini belirleyen faktörler arasında yetiştirme koşullarının yanı sıra personel de oldukça önemli bir rol oynamaktadır. Araştırmalar, pozitif insan-hayvan etkileşimlerinin hayvanlarda kaygı, korku ve ızdırabın azaltılmasına, dolayısıyla hayvan refahının ve verimliliğin artırılmasına katkı sağlayabileceğini göstermektedir (Bozkurt vd., 2013). Yapılan çalışmalar, işlemlerinin hayvanlar tarafından alışkın oldukları bir kişi tarafından yapılmasının hayvanlar üzerinde korku seviyelerini azaltabileceğini vurgulamaktadır. Özellikle yemleme, suni tohumlama, rektal muayene gibi işlemlerin sakin bir şekilde ve deneyimli bir bakıcı tarafından gerçekleştirilmesi, olumlu bir insan-hayvan etkileşimi oluşturabilir (Waiblinger vd., 2004). Aynı şekilde, hayvanların ihtiyaçlarını karşılayan personelin hayvan davranışları konusunda deneyimli ve bilgili olması, hayvanların refah seviyelerini artırabilir (Kauppinen vd., 2012). Bu, hayvanların sağlıklı ve mutlu bir şekilde yetiştirilmelerine katkı sağlar.

Sağımda yapılan olumsuz uygulamaların sığırlarda korku ve strese neden olduğu bilinmektedir. Özellikle ineğin büyük stres yaşadığı sağım, doğum, ilk kez sağıma alıştırıldığı dönemler, kızgınlık ve çiftleşme dönemleri, hayvanları strese sokabilecek davranışlardan kaçınılması gereken zamanlardır (Rushen vd., 1999; Koçak, 2017). Ayrıca, hayvanlarda oluşabilecek korku ve stres durumlarının, sığırların verim düşüşüne, ürünlerin Pazar değerinin

azalmasına ve genel refah düzeyinin düşmesine neden olabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle çiftlik hayvanlarına bakım veren personel, hayvanları tanıyan ve güven duyan kişiler olmalıdır. Sığırların sürekli olarak farklı bakıcılarla temas etmesi veya sık sık bakıcı değişiklikleri, hayvanları olumsuz etkileyebilir ve bu nedenle mümkün olduğunca sığırların alışık oldukları ve güvendikleri bakıcılarla etkileşimde bulunmaları önemlidir. Bu, sığırların daha iyi refah ve verimlilik sağlamasına yardımcı olabilir.

5. BESLENME

Beslenme davranışları, hayvanların yaşamları boyunca temel ihtiyaçlarını karşılamak için yeme ve içme faaliyetlerini içerir. Bu faaliyetler arasında yem seçimi, yeme davranışları, içme suyunun alınması ve diğer beslenme alışkanlıkları bulunur. Bu faaliyetler, hayvanların sağlık, refah ve üretkenlik düzeylerini etkileyebilir. Süt sığırlarının beslenme ihtiyaçlarının karşılanması, genellikle merada otlatma veya barınak içinde veya dolaşım alanlarında yerleştirilmiş yemliklerle gerçekleştirilir. Yemliklerin tasarımı, hayvanların rahatça yem alabilmeleri için önemlidir. Açık alanlardaki yemlikler, basit bir çatı ile örtülerek, kötü hava koşullarından koruma sağlayabilir. Geniş bir çatı, yaz aylarında sıcaktan koruma amacıyla da faydalı olabilir. Süt sığırlarının verimliliğini artırmak ve sağlıklı bir beslenme sağlamak için, yemliklerin tasarımı önemlidir. Yemliklerin uygun yükseklikte ve boyutta olması, hayvanların yemlerini rahatça alabilmelerini sağlar. Ayrıca, serbest duraklı ahırlarda durak sayısı ve boyutları, hayvan başına yemlikte ayrılan mesafe, ineklerin geçit yerleri ve sulukların konumu gibi detaylar özenle hesaplanmalıdır (Göncü vd., 2016).

Süt sığırlarının beslenme davranışlarını gözlemlemek, hayvanların sağlık ve refah durumunu değerlendirmenin bir yoludur. Yem tüketiminde herhangi bir azalma veya değişiklik, potansiyel sağlık sorunlarının bir işareti olabilir. Bu nedenle, süt sığırlarının beslenme davranışlarını dikkatle takip etmek ve yemliklerin uygunluğunu sağlamak önemlidir.

6. HAYVAN NAKLİ

Hayvanların nakli, hayvanlar üzerinde stres yaratan ve refahlarını etkileyebilen önemli bir unsurdur. Nakil sürecinde, hayvanlar için stres kaynağı olabilen bir dizi faktör vardır ve bu faktörler et kalitesi ve hayvanların refahını etkileyebilir. Özellikle damızlık hayvanlara göre kasaplık

hayvanlarda, nakil sırasında ve üretim süreçlerinde refahla ilgili sorunlar daha fazla görülebilir. Nakil sürecinde hayvan refahı standartlarının göz ardı edilmesi, ölüm oranlarının artmasına, ağırlık kaybına, karkas deformasyonlarına ve et kalitesinde azalmalara neden olabilir. Bu nedenle hayvan refahı kurallarına uyulması büyük önem taşır. Nakil sırasında hayvanların maruz kaldığı bazı önemli faktörler arasında şunlar bulunur:

1. Nakil Araçları; Nakil araçlarının tasarımı, hayvanların hareketi ve konforu için hayati öneme sahiptir. Araçlar uygun bir süspansiyon sistemine sahip olmalı, hayvanların yükleme ve boşaltma sırasında dengelerini kaybetmelerini engellemelidir. Ayrıca, nakil araçlarının yeterli havalandırmaya sahip olmaları ve egzoz gazlarının havalandırmayla izole edilmesi gerekmektedir.

2. Yükleme ve Boşaltma; Yükleme ve boşaltma rampalarının özellikleri, hayvanların nakil sırasında yaralanma veya düşme riskini etkileyebilir. Yükleme ve boşaltma süreçlerinde özenli davranılmalıdır.

3. Nakil Süresi; Uzun süreler boyunca yem ve suya erişimin kısıtlanması hayvanlar için stres kaynağıdır. Nakil sürecinin mümkün olduğunca kısa tutulması önemlidir.

4. Yol ve İklim Koşulları; Nakil sırasında yol ve iklim koşulları da hayvanların refahını etkileyebilir. Özellikle sıcak hava koşullarında, hayvanlar için uygun bir iklim düzenlemesi yapılmalıdır.

Nakil araçlarında hayvan başına ayrılan alan, yükleme yoğunluğu ve nakil süresi gibi faktörler, hayvanların refahını etkileyen önemli parametrelerdir. Bu faktörlerin dikkatle yönetilmesi, hayvanların nakil sürecini daha az stresli ve daha güvenli hale getirebilir.

7. SONUÇ

Hayvan refahı, hayvanların fiziksel ve psikolojik ihtiyaçlarının tatmin edilmesini, aynı zamanda hayvanlara zarar ve acı veren koşulların önlenmesini içeren bir kavramdır. Bu, hayvanların yaşam kalitesini ve sağlığını etkileyen önemli bir unsurdur. Özellikle sığırlar gibi büyükbaş hayvanların yetiştirilmesi, refahlarının sağlanması açısından dikkat ve özen gerektiren bir süreçtir. Sığırlardan daha fazla verim elde etme baskısı, sığırların refahını olumsuz etkileyebilir. Bu, verim artışı hedeflense de, hayvanların fizyolojik ve davranışsal ihtiyaçlarının karşılanmasını

zorlaştırabilir. Yetersiz alan, yemlik ve suluk sayısı ile yetersiz havalandırma, sığırların stres yaşamasına ve refahlarının düşmesine neden olabilir. Ayrıca, sığırların bakımı, tecrübeli ve eğitimli personel tarafından yapılmalıdır. Personelin hayvanların davranışlarını, ihtiyaçlarını ve sağlık durumlarını anlayabilmesi çok önemlidir. Hayvanların düzenli olarak kontrol edilmesi, acının veya rahatsızlığın hızlı bir şekilde tespit edilmesini sağlar. Farklı yetiştirme sistemlerinde barındırılan hayvanlar, yeterli kontrol ve gözlem aralıklarıyla izlenmelidir. Günümüzde, tüketici taleplerinin hayvan refahına daha fazla dikkat çekmesiyle, damızlık sığır yetiştiriciliği işletmeleri, buzağı döneminden doğum anına kadar bakım ve besleme koşullarına özel dikkat göstermelidir. Sığırların normal davranışlarını sergileyebilmeleri, rahatça dinlenebilmeleri ve hareket edebilmeleri için uygun koşulların sunulması hayvan refahı açısından kritik öneme sahiptir. Yetiştiricilerin hayvanları sadece üretim araçları olarak değil, duygusal varlıklar olarak görmesi de refahlarının sağlanması açısından çok önemlidir. Hayvan refahı, hem etik bir sorumluluk hem de sürdürülebilir bir hayvancılık uygulaması için kritik bir faktördür. Daha iyi hayvan refahı koşulları, hem hayvanların yaşam kalitesini artırır hem de son ürün olan etin kalitesini etkileyebilir. Bu nedenle, yetiştiricilerin ve hayvancılık işletmelerinin hayvan refahına uygun bir şekilde yatırım yapmaları ve refah standartlarına uymaları önemlidir.

KAYNAKÇA

Alkan, S. (2015). Türkiye'de süt sığırı ahırlarında karşılaşılan başlıca sorunlar. *Akademik Ziraat Dergisi*, 4(1), 43-48.

Antalyalı, A. A. (2007). Avrupa Birliği ve Türkiye'de hayvan refahı uygulamaları. AB Uzmanlık Tezi.

Altınçekiç, Ş.Ö, Koyuncu, M. (2010). Nakil koşullarının hayvan refahı üzerine etkileri. *Hayvansal Üretim.* 51(1): 48-56.

Anonim, (1998). Council Directive 98/58/EC of 20 July 1998 concerning the protection of animals kept for farming purposes. http://eur-lex.europa.eu. (Erişim tarihi:07.08.2023).

Anonim, (2011). Hayvanların nakilleri sırasında refahı ve korunması yönetmeliği. 24/12/2011 tarih ve 28152 sayılı Resmi Gazete. http://www.resmigazete.gov.tr (Erişim tarihi:13.08.2023).

Anonim, (2023). Hayvan refahı ve konforu. https://hayvankonforu.com/sigirlarda-isi-stresi/. (Erişim tarihi:03.11.2023).

Arıcı, İ., Şimşek, E., Yaslıoğlu, E. (2001). Süt Sığırı Ahırlarının Planlaması. Sütaş Süt Hayvancılığı Eğitim Merkezi Yayınları Hayvancılık Serisi:4, Yetiştirici El Kitabı, Bursa.

Arıcı, İ., Şimşek, E., Yaslıoğlu, E. (2007). Süt Sığırı Ahırlarının Planlanması. Sütaş Eğitim Merkezi Yayınları Hayvancılık Serisi 4 , Bursa.

Armstrong, D. V.(1994).Heat stress interactions with shade and cooling.Journal of Dairy Science,77:2044-2050.

Asan, H., Metin, Ö.M. (2016). Sütçü sığırlarda refah kalitesinin değerlendirilmesi ;1 iyi beslenme, iyi barınak. *Veterinary Journal of Mehmet Akif Ersoy University*, 1(2), 55-63.

Balaban, A., Şen, E. (1988). Tarımsal Yapılar. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları:1083,Ankara.

Bozkurt, Z., Kılıç, İ., Gücüyener, Ö., Lenger, Ö. F. (2013). İnsan-hayvan etkileşimlerinin hayvan refahına etkisi. *Kocatepe Vet. J.* 6(1): 41-50.

Choiniere, Y., Munroe,J.A. (1994). You Foture Dairy Barn: Will it be Cold, Have a Modified Environment or be Warm? Factsheed, AGDEX:700, Ministry ofAgriculture and Food, Ontario, CANADA.

Curtis, S.E., (1987). Animal well-being and Animal care. The veterinary clinics of north America, Food Animal Practice, 3 Number 2, ISSN 0749-0720

Ekmekyapar, T. (1991). Hayvan Barınaklarında Çevre Koşullarının Düzenlenmesi. Atatürk Ünüversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:306, Erzurum

Ermetin, O., Kul, E., Sarı, M. (2023). KOP (Konya Ovası Projesi) Bölgesi'nde sıcaklık-nem indeks (SNİ) değerlerinin süt sığırcılığı açısından değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology,* 11(5), 954-962.

Fidan, E. D. (2012). Türkiye'de çiftlik hayvanları ile ilgili refah uygulamaları. *Animal Health Production and Hygiene,* 1(1), 39-46.

Göncü, S., Koluman, N., Serbester, U., Görgülü, M. (2016). Süt sığırcılığında refah istekleri ve kritik kontrol noktaları. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi,* 31(1), 9-20.

Kauppinen, T., Vesela, M. K., Valros, A. (2012). Farmer attitude toward improvement of animal welfare is correlated with piglet production parameters. *Livestock Science* 143:142-150.

Kayar, Y. (2010). Denizli Yöresi Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Barınakların Yapısal Yönden Değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. Aydın.

Kara N.K., Koyuncu M. (2011). Sığırlarda taşıma sırasında hayvan refahına etki eden faktörler. *Kafkas Univ Vet Fak Derg.* 17(3): 511-6.

Kibar, M., Yılmaz, A., Bakır, G. (2018). Sıcaklık nem indeks değerlerinin süt sığırcılığı açısından değerlendirilmesi: Siirt ili örneği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(1), 45-50.

Koçak, S. (2017). Damızlık sığır yetiştiriciliğinde hayvan refahının önemi. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi,* 5(2), 85-89.

Olgun, M. (1989). Serbest Duraklı Süt Sığırı Ahırlarının Planlanması ve Yapısal Özellikleri. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, İnşaat ve Kültürteknik Daire Başkanlığı Yayınları, Ankara.

Olgun, M. (2009). Tarımsal Yapılar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1577, Ders Kitabı: 529, Ankara

Özaydınlı, Y. (2018). Karacabey Süt Sığırı İşletmelerinde Hayvan Barınaklarının Hayvan Refahı Yönüyle Değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. Bursa.

Özdemir, G., Singin, E. (2016). Sığırlarda barınak, nakil ve insan-hayvan etkileşimi gibi bazı faktörlerin hayvan refahı üzerine etkileri. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi,* 13(3), 215-222.

Mutaf, S., Sönmez, R. (1984). Hayvan Barınaklarında Çevre ve Denetimi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:438, İzmir.

Ünal, N. (2007). Hayvan Refahı Ders Notları. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootekni Anabilim Dalı, Ankara,

Ünal, N., Teke, B., Özbeyaz, C. (2008). Ankara Ticaret Borsası Kesimhanesi'ne yapılan kasaplık hayvan nakillerinde bazı koşulların hayvan refahı bakımından incelenmesi. *Ankara Üniv Vet Fak Derg.* 55(1): 51-6.

Ünal, N. (2011). Avrupa Birliği ve Türkiye'de yetiştiricilikte hayvan refahıyla ilgili yasal düzenlemeler. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2332, Web-Ofset Tesisleri, Eskişehir, s. 159.

Rushen, J., Passile, D., Munksgaard, L. (1999). Fear of People by Cows and Effects on Milk Yield Behaviour and Heart Rateat Milking. *J. Dairy Sci.* 82, 720-727.

Sinha, R., Ranjan, A., Lone, S., Rahim, A., Devi, I., Tiwari, S. (2017). The impact of climate change on livestock production and reproduction: ameliorative management. *International Journal of Livestock Research,* 7(6): 2277-1964.

Türkmen, E. (2018). Avrupa Birliği Katılım Öncesi Kırsal Kalkınma Yardım Aracı (Ipard) Destekli Süt Sığırcılığı İşletmelerinin Hayvan Refahı Yönünden İncelenmesi. Yüksek lisans tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü. Bursa.

Waiblinger, S., Menke, C., Korff, J., Bucher, A. (2004). Previous handling and gentle interactions affect behaviour and heart rate of dairy cows during a veterinary procedure. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 85: 31-42.

Yüksel, A.N., Soysal, M.İ., Kocaman, İ., Soysal, S.İ. (2004). Süt Sığırcılığı Temel Kitabı (Süt Sığırı Ahırlarının Planlanması/Süt Sığırı Yetiştiriciliği). Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul

Yüksel, A.N., Şişman, C.B.. (2015). Hayvan Barınaklarının Planlanması. Hasad Yayıncılık. İstanbul.

BÖLÜM 10

PAVLONYA (*Paulownia tomentosa* L.) AĞACININ BİTKİSEL TASARIM DOĞRULTUSUNDA İNCELENMESİ

Öğr. Gör. | Şüheda Basire AKÇA YILMAZ[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343517

[1]Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Çaycuma Gıda ve Tarım Meslek Yüksekokulu, Park ve Bahçe Bitkileri Bölümü, 67900, Zonguldak/Çaycuma-Türkiye. Tel: +90 (372) 643 6601-5090, E-mail: suhedabasire@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-9390-1921[2]

GİRİŞ

Günümüzde bitkiler kent yaşamının vazgeçilmez önemli bir parçası olarak görülmektedir (Yazici ve Ünsal, 2019). Özellikle çevre bilincinin artmasıyla yeşil alan ihtiyacı doğrultusunda kent parkları ve yeşil yol çalışmaları ön planda tutulmaktadır (Atanur ve Ersöz, 2020; Güneroğlu ve Pektaş, 2022; Yazici vd., 2022).

Bitkiler, kentlerde doğal alanlardan uzaklaşan insanları fiziksel ve psikolojik olarak olumlu yönde etkileyen öğelerdir (Sarı ve Karaşah, 2018). Yaşadığımız yeryüzünün önemli bir kısmını oluşturan bitkiler, estetik ve fonksiyonel özellikleriyle de önemli bir yere sahiptir (Gülgün vd., 2007; Yazici ve Ünsal 2019; Yazici ve Arslantaş, 2019). Bitkiler estetik amaçlı kullanımında sahip oldukları gösterişli çiçek, meyve, yaprak ve dal gibi organlarının form, ölçü, doku, renk kriterleri dikkate alınırken; fonksiyonel kullanımlarında ise gölgeleme, biyolojik onarım, erozyon kontrolü, rüzgar ve gürültü perdesi oluşturma gibi özellikleri ile peyzaj düzenlemelerine katkı sağlamaktadır (Özer vd., 2009; Yazici ve Gülgün; 2017; Önder ve Gülgün, 2010).

Bitkisel tasarımlarda "ekonomik" bahçe tasarımında "peyzaj" kavramları önemlidir. Bahçe tasarımlarında şunları gerektirir; süs bitkilerinin korunması temelinde bir peyzaj oluşturacak şekilde tasarım estetiğinin ön plana çıkması gereklidir. Doğal, ekolojik mimari modellerle dikkat çekici bir temelde olmalıdır (Kılıç vd., 2019). Bitki ekosistemlerinin dengesi, bitki zararlılar ve hastalıklar ve bakım kolaylığı ve yönetim dikkate alınmalıdır (Gölbey Güneş vd., 2006; Gülgün vd., 2014) Güvenli, istikrarlı ve düzenli bir ekosistem oluşturmak için ve sürdürülebilir kalkınma hedefleri göz önüne alınmalıdır. Kentsel bahçe planlaması ve tasarım ve süs bitkilerinin korunması, süs bitkilerinin tam olarak ekolojik ortamdaki rolleri ve yerelde beklentileri karşılamak için "ekonomik çevre düzenlemesi" ve "ekolojik istekler" bir arada düşünülmelidir.

Paulownia tomentosa, çoğunlukla hızlı büyüyen büyük bir ağaççıktır. Bu bitkinin anavatanı Çin'dir. Büyük yapraklara sahip olması nedeniyle egzotik bir görünüm verilmektedir. Çiçekleri renk olarak leylak/ menekşes rengidir. Dünya'da Ukrayna şehirlerinde peyzaj tasarımlarında da kullanılmaktadır ve adaptasyon kabiliyeti yüksektir (Dubova vd., 2005).

Pawlonia ağacının tarihteki yeri ise; bu ağaca dair kanıtlar MS. 2600 dayanmaktadır. İlk olarak Japonya'da kullanılmıştır. Eski adı ' Kiri' olarak bilinir. Japonya'da yaşam anlamına gelmektedir. Japonlar için kutsal sayılan bu ağacın şans getirdiğine inanılmaktadır. Japonlar başkanlık makamında arma olarak da kullanmışlardır Tarihsel süreci MS. 200'lü yıllara takabil etmektedir.

Şekil 1: Tarihsel süreçte arma olarak kullanımı

Geniş ağaç taçları, parklarda ve halka açık bahçelerde, oturma alanlarında yoğun gölge sağlamaktadır. Özellikle egzoz gazı nedeniyle çamurlu olan endüstriyel şehirlerde hava kalitesine katkıda bulunmaktadır (Dubova vd., 2019).

Paulownia ağacı, yapraklarının büyüklüğü sayesinde her gün 22 kg CO2 ve 6 kg oksijene dönüştürebilmektedir. Paulownia'nın bulunduğu ortamın durumuna bağlı olarak 30 m yüksekliğe kadar boyu ulaşabilir. Paulownia sadece yaprakları ve çiçekleriyle egzotik bir ağaç değildir. Aynı zamanda bu bitkinin kullanıldığı birçok alanda kullanılabilir. İnsanlık bundan faydalanabilir. Ağaçların hızlı artışı, kısa sürede biyokütle elde etmek için bitkinin tüm organları kullanılabilir. Kısaca biyokütle elde etmek için gövde, yapraklar son derece uygundur (Khivrich vd., 2019). Paulownia Yetiştiriciliğinde Zaporizhzhya'da, Zaporizhzhya belediye botanik bahçesinde üretilmeye ile başlamıştır. Daha sonra Zaporizhzhia Nanional Üniversitesi bilim adamları ve öğrencileri tohumdan *Paulownia* yetiştirmeye başladılar.

"Çin kavağı" veya "Kral ağacı" olarak da bilinen *Paulownia tomentosa* ağacı; pembe, mor, açık eflatun renginde güzel kokulu çiçekleri ile son derece estetik bir görüntüye sahiptir. Çalışmada, Türkiye'de henüz tam anlamıyla tanınmayan ve dekoratif özelliklere sahip *Paulownia tomentosa* L. ağacının süs bitkisi olarak estetik (renk, doku, form, ölçü, çiçek ve meyve) ve fonksiyonel (gölgeleme, erozyon kontrolü, rüzgâr ve gürültü perdesi) özellikleri bakımından kullanımı değerlendirilmiştir.

1. PAVLONYA AĞACININ MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Paulownia cinsi (Scrophulariaceae) dokuz tür içeren; Çin ve Doğu Asya'ya özgü, hızlı büyüyen bir ağaç türüdür (Zhu vd., 1986). Bu ağaçlar Kuzey Amerika'ya Amerika, Avustralya, Avrupa ve Japonya da yetişmektedir. Kıraç bölgelerde yetişmemesine rağmen düşük su ihtiyacı olan bir bitkidir (Caparros vd., 2008). Çin, Kore ve Japonya'da *Paulownia tomentosa* Steud. (Scrophulariaceae) yaygın olarak dağılmış bir süs ağacıdır

Çürümeye karşı dirençli olması, orman ürünü olarak boyutsal kararlılık ve çok yüksek tutuşma noktası bu kerestenin dünya pazarında popüler olmasını sağlar (Bergmann,1998; Silvestre vd., 2005). Pavlonya çiçek anatomisi, embriyo ve tohum morfolijisine göre, çoğunlukla otsu türleri içeren Scrophulariaceae familyası bir üyesidir (Innes, 2009; Icka vd., 2016).

Çoğu paulownia türü son derece hızlı büyür ve kerestesi değerlidir ve yüksek kalite için 15 yıl gerekirken düşük kaliteli kereste 6-7 yaşındaki bir ağaçtan kolaylıkla üretilebilir. Tam yetişkin bir paulownia 10 ila 20 metre yüksekliğe ulaşabilir ve 3 metreye kadar büyüyebilir. Her bir paulownia ağaç 5-7 yaşlarında bir metreküp odun üretebilir; bu hektar başına yaklaşık 2000 ağaç ile yoğun plantasyonlarda yetişebilir (Caparros vd., 2008).

Şekil 2: *Paulownia tomentosa* L. yaprak ve çiçek yapısı

Tablo 1: *Paulownia tomentosa* ağacının yıl içerisinde sahip olduğu dendrolojik özellikleri

	Yapraklı dönem	Yapraklarda renk değişikliği	Çiçeklenme dönemi	Meyve etkisi	Yaprak dökme
1 ay					
2 ay					
3 ay					
4 ay					
5 ay					
6 ay					
7 ay					
8 ay					
9 ay					
10 ay					
11 ay					
12 ay					

Paulownia tomentosa ağacının yıl içerisinde sahip olduğu dendrolojik özellikleri, yapraklı dönem yapraklarda renk değişikliği, çiçeklenme

dönemi, meyve etkisi, yaprak dökme Tablo 1 ‘de verilmiştir. Tablo 2’de ise *Paulownia tomentosa* ağacının gelişim ve dayanım sürecine ait veriler verilmiştir.

Tablo 2: *Paulownia tomentosa* ağacının gelişim ve dayanım sürecine ait veriler

	Az	**Orta**	**Yüksek**
Boy gelişimi			
Taç gelişimi			
Kök gelişimi			
(-10) - (-20)°C sıcaklığa dayanım			
-30°C sıcaklığa dayanım			

Şekil 3: *Paulownia tomentosa* L. Gövde ve meyve yapısı

2. PAVLONYA AĞACININ ESTETİK ÖZELLİKLERİ

İmparatoriçe ağacı olarak da bilinen Pavlonya, Doğu Asya'nın yerli bir ağacıdır. Pavlonya, Paulowniacaeae familyasına ait geniş yapraklı, yaprak döken ve güzel çiçekleri olan bir ağaçtır. Pavlonya ailesinin benzer özelliklere sahip 20'den fazla türü vardır. Bunlar şunları içerir*:* En iyi bilinenleri *P. australis, P. catalpifolia, P. coreana, P. duclouxii, P. elongate, P. fargesii, P.*

fortune, P. glabrata, P. granfifora, P. imperialis, P. kawakamii, P. lilacina, P. longifolia, P. meridionalis, P. Mikado, P. recurva, P. rehderiana, P. shensiensis, P. silvestrii, P. taiwaniana, P. thyrsoidea, P. tomentosa, P. viscose. *P. tomentosa* ve *P. grandiflora'dır*.

Tablo 3: *Paulownia tomentosa* ağacının renk özellikleri

Paulownia tomentosa	Renk Etkisi
Yaprak (İlkbahar)	Yeşil
Yaprak (Sonbahar)	Sarı-Kahverengi
Çiçek	Eflatun-Mavi
Meyve	Sarı-Yeşil
Gövde	Kahverengi
Genç sürgün	Yeşil

Bu ağaç çok hızlı büyür ve estetik olarak güzel bir görüntüye sahiptir. Basit yaprakları vardır ve katalpa ağacına benzemektedir. Yaprak yapıları katalpa ile çok benzerdir. Büyük, uzun saplı ve kalp şeklindedirler (kordat). Yaprakların üst ve alt yüzeyleri tüylüdür.

Tablo 4: *Paulownia tomentosa* ağacının form ve doku özellikleri

Paulownia tomentosa	Form ve doku özellikleri
Taç	Dağınık
Yaprak	Normal
Çiçek	İnce dokulu
Gövde	Kaba dokulu
Form	Yuvarlak -Dikey -V Şeklinde

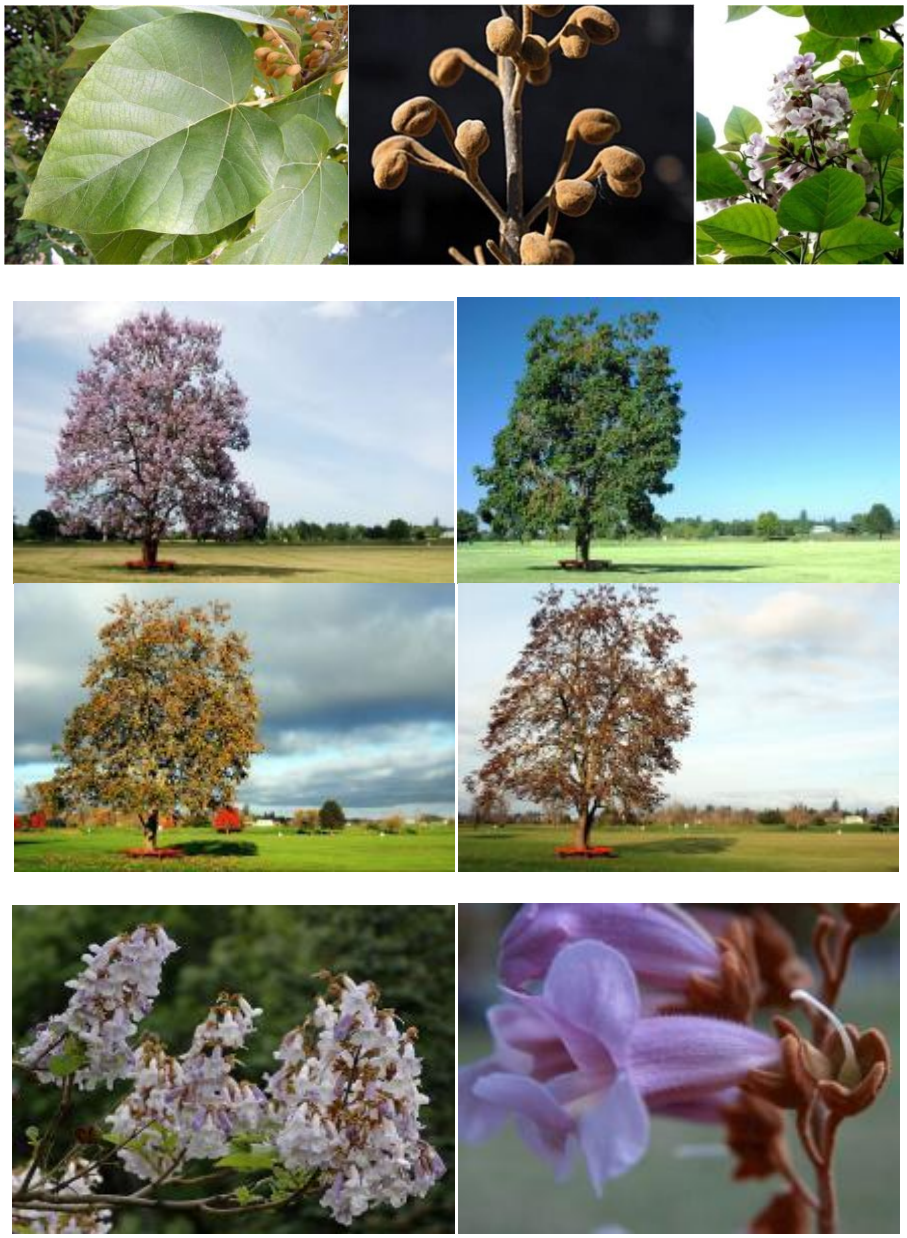
Pavlonya ağacı oldukça güzel ve geniş yapraklara sahip bir ağaç türüdür. Çabuk bir şekilde yetişen ve muntazam bir gövde yapısına sahip olan bir ağaç türüdür. Çiçekleri mükemmel ve hoş bir kokuya sahiptir. Yapılarından dolayı oksijen üretimi çok fazladır. Ayrıca toprak kaymasına engel olma niteliğine sahiptir. Pavlonya ağacı peyzaj çalışmalarında da çok kullanılan bir ağaçtır. Fabrika bahçelerinden parklara kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. Kullanım amacı tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: *Paulownia tomentosa* ağacının kullanım amacına göre değerlendirilmesi

Kullanım Amacı		**Kullanım Amacı**	
Vurgu amacıyla kullanımı	***	Yol ağacı olarak kullanımı	*
Fon amacıyla kullanımı	***	Bordür bitkisi olarak kullanımı	***
Koruma amacıyla kullanım	*	Sert görünümlü alanlarda kullanımı	***
Rüzgâr kırma amacıyla kullanım	*	Grup şeklinde kullanımı	***
Gürültü engellemek	*	Soliter olarak kullanımı	***

***: Çok iyi **: İyi *Yetersiz

Paulownia tomentosa ağacının kullanım amacına göre değerlendirilmesi Tablo 5'te değerlendirilmiştir. Çok iyi olarak değerlendirilen kullanım amaçları şunlardır; fon amacıyla kullanımı, vurgu amacıyla kullanımı, bordür bitkisi olarak kullanımı, sert görünümlü alanlarda kullanımı, grup şeklinde kullanımı, soliter olarak kullanımıdır. Yetersiz yönleri ise; koruma amacıyla kullanım rüzgâr kırma amacıyla kullanım, gürültü engellemek, yol ağacı olarak kullanımı olarak değerlendirilebilir.



Şekil 4: *Paulownia tomentosa* L. Mevsimsel görünüşü ve çiçek yapısı (Url 1)

3. SONUÇ

Kışı çok sert geçen yerler hariç ılıman bölgelerde yetişmesi, hızlı büyümesi ve yaklaşık 10-15 m boy yapması, erozyonu önleme kabiliyeti ile Pavlonya ağacının park ve bahçelerin bitkisel tasarımlarında daha fazla rol alabileceği ortaya konulmuştur. Bu çalışma ile "*Paulownia tomentosa*" ağacının peyzaj düzenlemelerinde kullanımının artması amacıyla hazırlamıştır. Yapılan bazı çalışmalarda Dubova vd. (2019) Paulownia tomentosa bitkilerinin sonbahar ve kış aylarında kışa dayanıklılığının iyi olduğu *Paulownia tomentosa*, Ukranya/ Zaporizhzhia şehrinin iklim koşullarına şu şekilde uyum sağladığı ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Hem parklar hem de meydanlar ve sanayi kentlerinde kullanılabilir. *Paulownia tomentosa* bitkilerinin sonbahar ve kış metabolizması incelendiğinde, kışa dayanıklılığının iyi olduğu sonucuna varabiliriz (Dubova vd., 2019). Dekoratif özellikleri yanı sıra fonksiyonel özellikleri ve orman sanayisinde kullanım özellikleri de bu bitkinin geniş bir yelpazede kullanımına olanak sağlamaktadır. Türkiye'de yeterince uygulama ve geliştirmesi üzerine araştırmalar bulunmamaktadır. Paulownia ağacı, yapraklarının büyüklüğü sayesinde her gün 22 kg CO_2 absorbe edebilmekte ve 6 kg oksijen oluşturabilmektedir. Paulownia'nın bulunduğu ortamın durumuna bağlı olarak 30 m yüksekliğe kadar boyu ulaşabilmektedir. Paulownia, yaprakları ve çiçekleriyle egzotik bir ağaç olmasının yanı sıra bu bitkinin birçok alanda kullanılmasıyla da ön plana çıkmaktadır. Ağacın hızlı büyüme özelliği ve biyokütle elde etmek için kullanılabilen tüm organları, özellikle gövde ve yaprakları, bu bitkiyi çevre dostu bir seçenek haline getirmektedir (Khivrich vd., 2019).

Tarihsel sürecinde estetik görüntüsü ile dikkat çeken bu bitki ile ilgili; kirli havayı temizlemesi, orman ürünü olarak kullanılması gibi farklı alanlarda etkili çalışmalar olduğu görülmektedir.

KAYNAKÇA

Atanur, G., Ersöz, N. D. (2020). Kavramsal gelişim süreçleri ve tasarım bileşenleri bağlamında kent parkları. Ağaç ve Orman, 1(1): 66-71.

Bergmann, B.A. (1998) Propagation method influences first year field survival and growth of Paulownia. New Forests, 16, 251-264

Caparros, S., M.J. Diaz, J. Ariza, F. Lopez and L. Jimenez: (2008). New perspectives for Paulownia fortunei L. valorisation of the autohydrolysis and pulping processes. Bioresource Technol., 99, 741-749

Dubova, O.V., Fendyur, L.M. (2005). The biological basis of the introduction of Paulownia tomentosa Stud. in the south of Ukraine]. In Proceedings of the international conference „ [The introduction of plants in the early twenty-first century: research and prospects for research].

Dubova O., Voitovych, O., Boika O. (2019). *Paulownıa Tomentosa* – New Specıes For The Industrıal Landscapıng, Current Trends in Natural Sciences, Vol. 8, Issue 16, pp. 19-24,.

Güneroğlu, N. ve Pektaş, S. (2022). Yenilebilir meyve özelliği olan odunsu bitki taksonlarının peyzaj mimarlığındaki önemi: KTÜ Kanuni Kampüsü örneği . Turkish Journal of Forestry , 23 (1) , 79-89 . DOI: 10.18182/tjf.1005955.

Gülgün, B., Güney, M. A., Aktaş, E., ve Yazici, K. (2014). Role of the Landscape Architecture in Interdisciplinary Planning of Sustainable Cities. Journal of Environmental Protection and Ecology, 15(4), 1877–1880.

Güneş Gölbey, A., Yörük, İ., ve Gülgün, B. (2006). Bayındır İlçesi Kamusal Yeşil Alanların Yeterliliği Ve Geliştirilebilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 43(1), 169–180.

Gülgün, B., Altuğ Turan, İ., Aktaş, E., ve Ankaya, F. (2007). Geleneksel Bahçe Stillerinden Örnekler . Ziraat Mühendisliği Dergisi, (349), 14–21.

Innes, Robin J. (2009). “Paulownia tomentosa. In: FireEffects Information System” [Online]. U.S. Department ofAgriculture, Forest Service, Rocky Mountain ResearchStation, Fire Sciences Laboratory (Producer).

Icka P., Damo R. ve Icka E. 2016. Paulownıa Tomentosa, A Fast Growıng Tımber. The Annals Of "Valahıa" Unıversıty Of Targovıste .doı: DOI: 10.1515/agr-2016-0003.

Kyev; 123-126. Khivrych, O., Humentyk, M.YA., Katelevskyy, V.N. (2019). Paulownia —цінне джерело деревини та біопалива. lyva. [Paulownia is a valuable source of wood and biofuels]. Пропозиція - головний журнал з питань агробізнесу [The Proposal - the main agribusiness magazine] Retrieved August 20, 2019, from https://propozitsiya.com/pavlovniya-cennyy-istochnik-drevesiny-i-biotopliva

Kılıç, T., ,Pekkırbızlı Zemestanı T., Yazici K., Temizel S. (2019). Research Reviews in Agriculture,Forestry and Aquaculture Sciences, Bölüm Adı:Chapter 2: Analysis of The Current Situation of Ornamental Plant Retailers İn The Province of Yozgat(Turkey), Yayın Yeri:Gece Akademi, Editör:Atilla ATİK, Cengiz YÜCEDAĞ, Basım sayısı:1, Sayfa sayısı:40, ISBN:978-605-7631-60-2, Bölüm Sayfaları:21 -40.

Sarı, D., Karaşah, B. (2018). Bitkilendirme tasarımı öğeleri, ilkeleri ve yaklaşımlarının peyzaj tasarımı uygulamalarında tercih edilirliği üzerine bir araştırma. Megaron, 13(3): 470-479.

Silvestre, A.J.D., D.V. Evtuguin, A.P.M. Sousa and A.M.S. (2005). Silva: Lignans from a hybrid Paulownia wood. Biochem. Syst. Ecol., 33, 1298-1302

Özer, S. , Atabeyoğlu, Ö. ve Zengin, M. (2009). "Prunus spinosa L." (Çakal Eriği)'nin Peyzaj Mimarlığı Çalışma Sahasında Kullanım Olanakları . Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG), 2009 (2), 1-7. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/gopzfd/issue/7335/95978.

Önder, S. ve Gülgün, B. (2010). Gürültü Kirliliği ve Alınması Gereken Önlemler Bitkisel Gürültü Perdeleri . Ziraat Mühendisliği Dergisi, , (355), 54–60.

Yazici, K., Yazici, L., ve Çolak, S. (2022). Tendency to Medıcınal and Aromatıc Plants Durıng The Covıd-19 Pandemıc Tokat Turkıye . Journal of Environmental Protection and Ecology, 23(7), 2985–2994.

Yazici, K. ve Ünsal, T. (2019). Kentsel yaşam kalitesi açısından süs bitkilerinin önemi; Tokat/Merkez-Yeşilırmak örneği. Ziraat Mühendisliği, (367): 66-76.

Yazici, K. ve Gülgün, B. (2017). Açık-Yeşil Alanlarda Dış Mekân Süs Bitkilerinin Önemi ve Yaşam Kalitesine Etkisi Tokat Kenti Örneği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 54(3), 275–284.

Yazici, K. ve Arslantaş Sağlamer, A. (2019). Tokat Kenti -Yeşilırmak Yakın Çevresinde Bulunan Rekreasyonel Alanlarda Kullanıcı Memnuniyetinin Belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(4), 756–766.

Zhu, Z.H., Chao, ., C.J. Lu X.Y. and Xiong Y.G. (1986). Paulownia in China: Cultivation and utilization. Singapore: Asian Network Biological Sciences and International Development Research Center of Canada, Canada (1986).

İnternet Kaynakları

URL 1- İnternet erişimi: http://www.bitkivt.itu.edu.tr/vt/report.php?sor=217

BÖLÜM 11

KONYA İLİNDE KURU FASULYE ÜRETİMİNİN MALİYET VE KÂRLILIĞININ GELİŞİMİ

Dr. Öğr. Üyesi | Bekir Sıtkı ŞİRİKÇİ[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343558

[1]Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, b.sitki.sirikci@yobu.edu.tr, Orcid ID: https://orcid.org/0000-0002-4780-2129

GİRİŞ

Fasulye (Phaseolus vulgaris L.), literatürde tanımlanan 30'dan fazla Phaseolus türü arasında en yaygın olarak yetiştirilen tür olarak kabul edilmektedir. Meksika, Orta Amerika ve Güney Amerika'nın And bölgesindeki kökenlerinden geniş bir coğrafyaya yayılmıştır (Gepts, 2012).

Kuru fasulye protein, enerji, lif, vitaminler ve mineraller gibi besin değerlerinin yüksek olması bakımından önemli bir bakliyattır. Latin Amerika, Afrika, Asya ve Kuzey Amerika gibi birçok bölgede üretilmektedir. Geleneksel olarak kuru fasulyeye soya fasulyesi ve buğday, mısır ve pirinç gibi temel mahsullere nazaran gereken önem verilmemiştir. Ancak son yıllarda bakliyatlar; bitki bazlı proteinler ve hayvansal protein kaynaklarına alternatif olmaları yönleri ile giderek önem kazanmıştır. Ayrıca bakliyat unları ve bunları içerin gıda maddeleri, artan besleyici özellikleriyle çeşitli gıda uygulamalarında yeni kullanım alanları bulmaktadır (Siddiq and Uebersax, 2022).

Türk yemek kültürünün geleneksel ve besleyici bir gıdası olan kuru fasulye hem iç pazarda hem de dış ticarette önemli bir yere sahiptir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2022 yılında 970.520 dekar alanda 270.000 ton üretim gerçekleşmiştir. Konya ili ise kuru fasulye üretimi bakımından önemli bir potansiyele sahiptir. Nitekim Türkiye'de kuru fasulye üretim %12.27'sini karşılamaktadır.

Bu yönüyle çalışma Konya ilindeki kuru fasulye üretiminin maliyeti ve kârlılığı üzerine odaklanmaktadır. Bu noktada Türkiye kuru fasulye üretiminde önemli bir yere sahip olan Konya'da kuru fasulye maliyet ve kârlılık göstergeleri ve bu göstergelerin gelişimi Konya ilindeki çiftçiler için üretim planlamasında kullanılabilinecektir.

Dolayıyla bu çalışma Konya ilindeki kuru fasulye üretim sürecinin maliyet yapısını incelemek ve kuru fasulye üretiminin kârlılık göstergelerini değerlendirmektir. Bu bağlamda çalışma, hem Konya ilindeki kuru fasulye üreticileri için hem de politika yapıcıların destekleme politikaları geliştirme ve/veya sürdürmesi noktalarında önemli bir referans kaynağı olmayı amaçlanmaktadır.

1. KURU FASULYEDE MALİYET VE KÂRLILIK ÜZERİNE ÇALIŞMALAR

Tshering (2002) çalışmasında Honduras'da geleneksel ve modern kuru fasulye üretimi yapan işletmelerde kuru fasulye üretiminde maliyet ve kârlılığı hesaplamıştır. Araştırma sonuçlarına göre geleneksel kuru fasulye üretimi yapan işletmelerde hektara maliyeti 208.4 Amerikan Doları, modern kuru fasulye üretimi yapan işletmelerde ise 276.6 Amerikan Doları hesaplamıştır. Berk (2016), çalışmasında Türkiye'de kuru fasulye üretimi yapan işletmelerin ekonomik analizini yapmıştır. Çalışmasında dekara kuru fasulye üretim maliyetini 663 TL, mutlak kârı 796.4 TL, nispi kârı ise 1.198 hesaplamıştır. Üretim maliyetleri içerisinde değişen masrafların payını %81.4, sabit masrafların payını ise %18.6 saptamıştır, Üretim masrafları toplamı içerisinde en yüksek pay alan maliyet unsurlarını; %19.2 ile sulama, %15.5 ile hasat ve pazarlama, %13.1 ile ise ekim ve tohum masrafı olarak tespit etmiştir. Olçay vd. (2016) çalışmalarında Karaman ilinde kuru fasulye üretiminde mekanizasyon girdi ve maliyetlerini araştırmışlardır. Dekara üretim maliyetini ortalama 868.2 TL, nispi kârı 0.94, net kârı ise negatif tespit etmişlerdir (-68.2). Venanse vd. (2016), çalışmalarında Tanzanya'da kuru faulye üretiminde brüt kârı ve kârlılığı etkileyen sosyo-ekonomik faktörleri incelemişlerdir. Yurteri (2017), çalışmasında Konya ili Kadınhanı ilçesinde damla sulama ve yağmurlama sulama ile üretilen kuru fasulyede üretim maliyetlerini tarla denemesi üzerinden belirlemiştir. Üretim masraflarını yağmurlama sulama ile üretimde dekara 482 TL, net kârı ise 446 TL saptamıştır. Damla sulama ile sulama ile üretimde ise üretim masrafını 500 TL/da, net kârı 410 TL/da hesaplamıştır. Küzeci vd. (2019), çalışmalarında Türkiye'de 2013-2017 yılları arasında kuru fasulye üretici-tüketici fiyatlarını ve pazarlama yapısını irdelemişlerdir. Das, (2021) çalışmasında Bangladeş'te kuru fasulye üretiminin maliyetini hesaplamıştır. Araştırmasında kuru fasulye üretiminde önemli etkiye sahip maliyet unsurlarını; tohum ve gübre maliyeti olarak saptamıştır. Ayçiçek ve Karakaya (2022) çalışmalarında Bingöl ilinde kuru fasulye üreten işletmelerin mevcut durumunu ve ekonomik analizini yapmışlardır. Araştırma bulgularına göre dekara kuru fasulye üretim masraflarını ortalama 1611.44 TL, brüt kârı 1218.8 TL, net kârı ise 1055.36 TL hesaplamışlardır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın ana materyalini, Konya Tarım ve Orman İl Müdürlüğünün 2006-2018 dönemi kuru fasulye maliyet verileri oluşturmaktadır. Konu ile ilgili olarak Türkiye İstatistik Kurumu, Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü verilerinden ve ilgili ulusal ve uluslararası araştırma bulgularından da yararlanılmıştır.

Ele alınan maliyet verileri 2018 Üretici Fiyat Endeksi (ÜFE) indeksi uygulanarak reel fiyatlara dönüştürülmüş ve 2018 yılı değerlerine getirilmiştir.

Kuru fasulyede kârlılık göstergelerine ilişkin brüt, mutlak (net) ve nispi kârların hesaplanmasında; "brüt kâr = gayrisafi (brüt) üretim değeri – değişen masraflar", "mutlak kâr = gayri sâfi (brüt) üretim değeri – üretim masrafları" ve "nispi kâr = gayrisafi (brüt) üretim değeri/üretim masrafları" formülleri kullanılmıştır (Açıl ve Demirci, 1984; Kıral vd., 1999; Tanrıvermiş, 2000).

Ele alınan ürünlerin yıllar itibariyle maliyet öğelerindeki değişim basit indeksle hesaplanmıştır. Bunun neticesinde yıllar arasında hangi yılda artış, hangi yılda azalmalar olduğu tespit edilmiştir.

3. BULGULAR ve TARTIŞMA

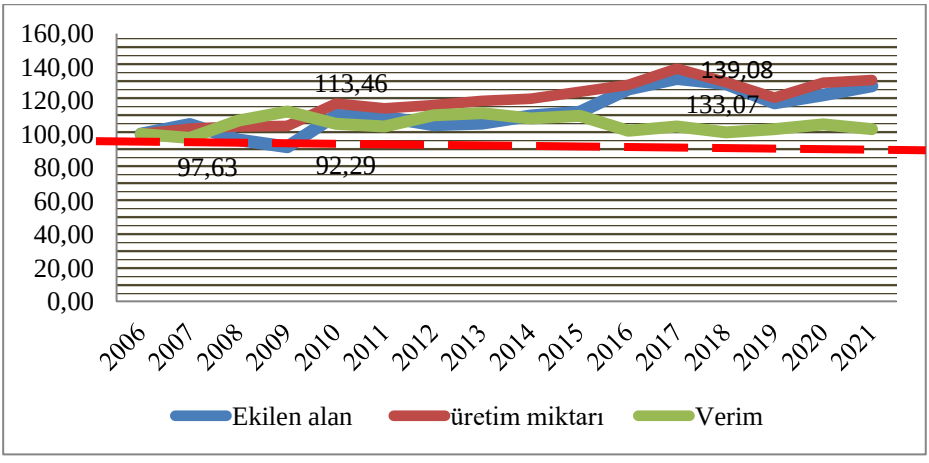
Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü 2021 yılı istatistiklerine göre dünya fasulye üretimi yaklaşık 35.920.593,00 hektar alanda 27.715.023,70 ton üretim olarak gerçekleşmiştir. Kuru fasulye verimi dünya ortalaması dekara 77.16 kg'dır. Dünya'da ilgili dönemde verimde önemli bir artış olmamıştır (%2.74). Ancak üretim miktarında %32.14 artış gerçekleşmiştir. Bu artışın ekilen alandan kaynaklandığı anlaşılmaktadır. Nitekim dünya kuru fasulye ekim alanında 2004 yılı verilerine göre %28.61 artış gerçekleşmiştir. (Tablo 1).

Tablo 1: Dünya fasulye ekim alani, üretim ve verimi

Yıllar	Ekilen Alan		Üretim Miktarı		Verim	
	Hektar	Basit İndeks (2004=100)	Ton	Basit İndeks (2004=100)	Dekar/Kg	Basit İndeks (2004=100)
2006	27.928.882,00	100.00	20.973.725,85	100.00	75.10	100.00
2007	29.521.573,00	105.70	21.646.545,19	103.21	73.32	97.63
2008	26.977.246,00	96.59	21.889.991,73	104.37	81.14	108.04
2009	25.774.280,00	92.29	21.962.688,47	104.72	85.21	113.46
2010	31.087.466,00	111.31	24.780.792,47	118.15	79.71	106.14
2011	30.761.528,00	110.14	24.155.058,26	115.17	78.52	104.55
2012	29.464.117,00	105.50	24.622.426,33	117.40	83.57	111.28
2013	29.731.983,00	106.46	25.106.810,18	119.71	84.44	112.44
2014	30.998.608,00	110.99	25.409.164,93	121.15	81.97	109.15
2015	31.604.515,00	113.16	26.291.934,88	125.36	83.19	110.77
2016	35.422.500,00	126.83	27.108.372,88	129.25	76.53	101.90
2017	37.163.941,00	133.07	29.170.468,16	139.08	78.49	104.51
2018	36.303.277,00	129.98	27.487.536,79	131.06	75.72	100.83
2019	33.086.417,00	118.47	25.553.121,76	121.83	77.23	102.84
2020	34.466.620,00	123.41	27.412.685,76	130.70	79.53	105.90
2021	35.920.593,00	128.61	27.715.023,70	132.14	77.16	102.74

Kaynak: FAO, 2023

Dünyada 2006 yılı verileri baz alındığında kuru fasulye ekim alanı 2021 yılında %28.61 artmıştır. Dünya kuru fasulye ekim alanının en fazla artış gösterdiği yıl 2017 yılı iken en fazla azalış gösterdiği yıl 2009 yılıdır (%7.71). Dünya kuru fasulye üretim miktarında en fazla artış %39.08 ile 2017 yılında iken 2006 yılına göre 2021 yılında %32.14'lük bir artış gerçekleşmiştir. Dünya kuru fasulye verimi ise 2006 yılı verilerine göre %2.74 azalmıştır. Dünya kuru fasulye üretimi 2006-2021 yılı periyodunda genel olarak artış eğilimi izlemiştir (Şekil 1).



Şekil 1: Dünya kuru fasulye ekim alanı, üretim ve ekim alanı gelişimi

Dünya fasulye üretiminde önemli ülkeler ve ihracat miktarlarına ilişkin değerler Tablo 2'de verilmiştir. Dünyada 2021 verilerine göre kuru fasulye üretiminin en fazla olduğu ülke 6.120.000 ton ile Hindistan'dır. Hindistan'ı 2.899.864.864 ton ile Brezilya 2.483.070,28 ton ile Myanmar takip etmektedir. 2021 yılı verilerine göre kuru fasulye üretiminde önde gelen ülkeler sırasıyla; Hindistan (%22.08), Brezilya (%10.46), Burma (%8.96), Tanzanya (%4.78), Çin (%4.67) ve Meksika'dır (%4.65). Bu altı ülke dünya kuru fasulye üretiminin %55.60'ını karşılamaktadır. Türkiye ise kuru fasulye üretiminde %1.10 pay ile Dünya'da 19. sırada yer almaktadır.

Dünya'da kuru fasulye üretiminde ilk on ülke arasında yer alan ülkeler arasında dünya kuru fasulye ihracat miktarı içerisinde en fazla pay alan ülke %30.21 ile Myanmar'dır. Nitekim ürettiği kuru fasulyenin %58.14'ü ihraç etmektedir. Myanmar'ı %8.80 pay ile Amerika Birleşik Devletleri takip etmektedir. 2021 yılı verilerine göre ürettikleri her 100 kg kuru fasulyenin 41.23 kg'mını ihraç etmektedir. Üretim-İhracat oranı açısından diğer önemli %8.61 pay ile Arjantin'dir. Arjantin ürettiği kuru fasulyenin yarısından fazlasını ihraç etmektedir (%54.20). Türkiye ise ürettiği her 100 kg kuru fasulyenin 38.48'ini ihraç etmektedir.

Tablo 2: Dünya fasulye üretiminde önemli ülkeler ve ihracat miktarları

Ülkeler	Üretim miktarı		İhracat miktarı		Üretim/İhracat payı
	Ton	Oran (%)	Ton	Oran (%)	Oran (%)
Hindistan	6.120.000,00	22,08	86.927,17	1.82	1.42
Brezilya	2.899.864,00	10,46	153.450,61	3.21	5.29
Myanmar	2.483.070,28	8,96	1.443.607,81	30.21	58.14
Tanzanya	1.325.701,71	4,78	83.950,63	1.76	6.33
Çin	1.292.997,20	4,67	179.222,10	3.75	13.86
Meksika	1.288.806,47	4,65	38.639,94	0.81	3.00
Amerika Birleşik Devletleri	1.020.087,00	3,68	420.546,05	8.80	41.23
Uganda	855.801,25	3,09	33.728,30	0.71	3.94
Arjantin	758.750,00	2,74	411.227,36	8.61	54.20
Kenya	666.000,00	2,40	49.663,81	1.04	7.46
Türkiye	305.000,00	1,10	117.056,25	2.45	38.38
Diğer ülkeler	8.698.945,79	31,39	1.759.944,29	36.83	20.23
Dünya	27.715.023,70	100,00	4.777.964,32	100.00	17.24

Kaynak: FAO, 2023

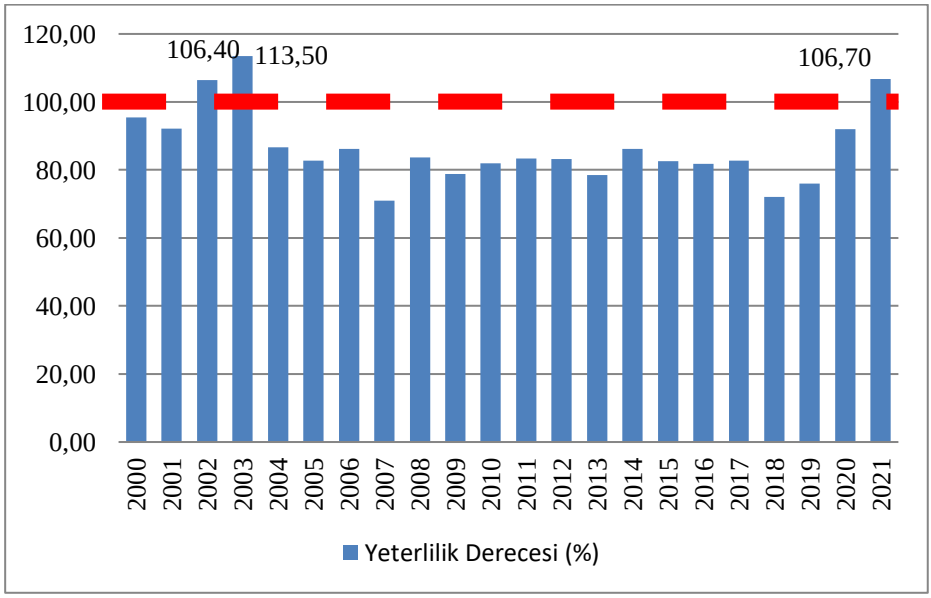
Türkiye'de kuru fasulye üretimi yıllara göre değişim göstermiştir. Buna göre 2022 yılında 970.520 dekar alanda yaklaşık 270 bin ton kuru fasulye üretimi yapılmıştır. Aynı yıl kuru fasulye verimi dekara 278 kg olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'de 2004 yılı kuru fasulye ekim alanı verileri baz alındığında 2022 yılında %37.39 düşüş gerçekleşmiştir. Buna karşın üretim miktarında ise %8 artış olmuştur. Dekara kuru fasulye verimi ise 2004 yılında 162 kg iken 1.71 kat artarak 2022 yılında 278 kg olarak tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3: Türkiye kuru fasulye üretimi, ekilen alanı ve verimi

Yıllar	Ekim Alanı		Üretim		Verim	
	Dekar	Basit İndeks (2004=100)	Ton	Basit İndeks (2004=100)	Dekar/Kg	Basit İndeks (2004=100)
2004	1.550.000	100.00	250.000	100.00	162	100.00
2005	1.412.000	91.10	210.000	84.00	149	91.98
2006	1.290.515	83.26	195.970	78.39	152	93.83
2007	1.092.497	70.48	154.243	61.70	141	87.04
2008	982.326	63.38	154.630	61.85	158	97.53
2009	949.280	61.24	181.205	72.48	191	117.90
2010	1.033.811	66.70	212.758	85.10	206	127.16
2011	946.254	61.05	200.673	80.27	212	130.86
2012	931.740	60.11	200.000	80.00	215	132.72
2013	847.630	54.69	195.000	78.00	230	141.98
2014	911.103	58.78	215.000	86.00	238	146.91
2015	935.840	60.38	235.000	94.00	251	154.94
2016	898.197	57.95	235.000	94.00	265	163.58
2017	897.221	57.89	239.000	95.60	267	164.81
2018	848.045	54.71	220.000	88.00	259	159.88
2019	889.385	57.38	225.000	90.00	253	156.17
2020	1.029.857	66.44	279.518	111.81	271	167.28
2021	1.077.964	69.55	305.000	122.00	283	174.69
2022	970.520	62.61	270.000	108.00	278	171.60

Kaynak: TÜIK, 2023

Türkiye'de kuru fasulye yeterlilik derecesi Şekil 2'de sunulmuştur. Türkiye'de kuru fasulye yeterlilik derecesi 2000-2021 döneminde genel olarak düşük seviyedir. Yeterlilik bakımından pozitif olan yıllar ise; %106.40 ile 2002 yılı, %113.50 ile 2003 yılı, %106.70 ile 2020 yılıdır (TÜIK, 2023).



Şekil 2: Türkiye Kuru Fasulye Yeterlilik Derecesi

Türkiye'de 2022 yılı verilerine göre kuru fasulye üretiminde ilk sırayı 57.505 ton üretim miktarı ile Niğde almaktadır. Bu ili takip eden iller ise sırasıyla, Nevşehir, Bitlis, Konya ve Karaman'dır. Çalışmanın odak noktası olan Konya ili ise 33.128 ton üretim ile Türkiye kuru fasulye üretiminden %12.27 pay almıştır (Tablo 4).

Tablo 4: İllere göre kuru fasulye üretimi sıralaması

Sıralama	İller	Üretim (ton)	Oran (%)
1	**Niğde**	57.505	21.30
2	**Nevşehir**	46.930	17.38
3	**Bitlis**	35.085	12.99
4	**Konya**	33.128	12.27
5	**Karaman**	23.278	8.62
6	**Kayseri**	8.418	3.12
7	**Aksaray**	7.142	2.65
8	**Kahramanmaraş**	4.019	1.49
9	**Muş**	3.863	1.43
10	**Gümüşhane**	3.441	1.27
Diğer İller		47.191	17.48
Türkiye		270.000	100.00

Kaynak: TÜIK, 2023

Konya ilinde 2004-2022 yılı döneminde kuru fasulye üretimi, ekim alanaı ve verimine ilişkin değerler Tablo 5'de sunulmuştur. Buna göre Konya

ilinde 2004 yılı verilerine göre 142.910 dekar alanda 29.681 ton kuru fasulye üretimi gerçekleşmiştir. Kuru fasulye ekim alanı 2004 yılı verilerine göre %30.53 azalmasına karşın üretim miktarı %11.61 artmıştır. Konya ilinde 2004 yılı verilerine göre dekara kuru fasulye verimi 208 kg'dır. 2004 yılı verileri baz alındığında 2022 yılında kuru fasulye veriminde %60.58 artış olmuştur (334 kg/da). Bu verim miktarı Türkiye ortalamasının üzerindedir.

Tablo 5: Konya ilinde kuru fasulye üretimi, ekilen alanı ve verimi

Yıllar	Ekim Alanı		Üretim		Verim	
	Dekar	Basit İndeks (2004=100)	Ton	Basit İndeks (2004=100)	Dekar/Kg	Basit İndeks (2004=100)
2004	142.910	100.00	29.681	100.00	208	100.00
2005	142.040	99.39	29.693	100.04	209	100.48
2006	148.693	104.05	27.830	93.76	187	89.90
2007	130.585	91.38	21.072	70.99	161	77.40
2008	138.590	96.98	26.591	89.59	192	92.31
2009	162.680	113.83	51.477	173.43	316	151.92
2010	204.291	142.95	69.446	233.97	340	163.46
2011	165.561	115.85	59.886	201.77	364	175.00
2012	161.715	113.16	56.582	190.63	350	168.27
2013	135.754	94.99	49.723	167.52	366	175.96
2014	164.897	115.39	61.158	206.05	376	180.77
2015	191.849	134.24	72.869	245.51	380	182.69
2016	202.234	141.51	69.877	235.43	367	176.44
2017	191.438	133.96	70.242	236.66	367	176.44
2018	148.111	103.64	53.439	180.04	361	173.56
2019	148.331	103.79	49.664	167.33	335	161.06
2020	185.900	130.08	62.408	210.26	336	161.54
2021	173.988	121.75	57.285	193.00	329	158.17
2022	99.282	69.47	33.128	111.61	334	160.58

Kaynak: TÜIK, 2023

Tablo 6'da Konya ilinde fasulye maliyetleri irdelenmiştir. Veriler 2006-2018 dönemini kapsamaktadır. Hesaplama yöntemi olarak cari fiyatlar, 2018=100 baz alınarak fasulye üretiminin yıllara göre reel maliyetleri hesaplanmıştır. Çalışmada Konya ilinde kuru fasulye üretim masrafları değişen ve sabit masraflar olarak sınıflandırılmıştır Kuru fasulyede değişen masraf unsurları; toprak hazırlığı, ekim, gübreleme, ilaçlama, sulama, bakım, hasat-harman, ürün sigortası, sermaye faizi ve diğer değişen masraflardır. Sabit masraf unsurları ise; tarla kirası, genel idare giderler ve diğer sabit masraflardır.

Konya ilinde 2006-2018 yılları arası dekara kuru fasulye üretim masrafları toplamı 728,37 TL ile 967,08 TL arasında değişmektedir. Üretim masrafları içerisinde değişen maliyetlerin payı %78.87 ile %83.67 arasında

değişmekte iken sabit masrafları payı %16.21 ile %21.13 arasında değişmektedir. Konya ilinde reel fiyatlarla kuru fasulye üretim masrafları toplamı 2018 yılında 870.08 TL/da'dır. Bunun %81'58'ini değişen masraflar, %18.42'sini ise sabit masraflar oluşturmaktadır (Tablo 6).

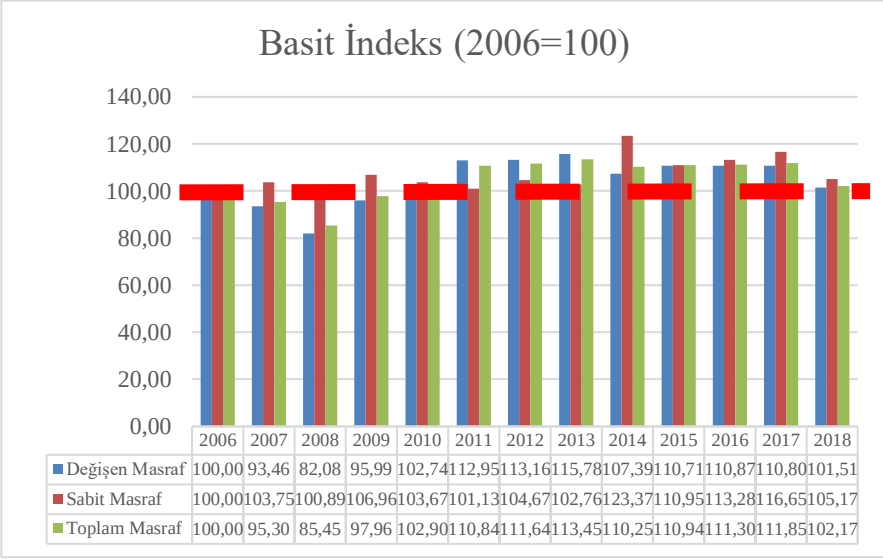
Konya ilinde 2018 yılı kuru fasulye üretim maliyetleri içerisinde en önemli masraf unsurları; sulama ve işçiliği (%20.74), hasat ve harman (%17.07),) tarla kirası ve gübre ve işçiliğidir (%14.39).

Tablo 6: 2006-2018 döneminde Konya ilinde kuru fasulye maliyetleri

Yıllar	Değişen Masraf Toplamı		Sabit Masraf Toplamı		Üretim Masrafları Toplamı	
	TL/Da	Oran (%)	TL/Da	Oran (%)	TL/Da	Oran (%)
2006	699.88	82.11	152.53	17.89	852.41	100.00
2007	654.11	80.52	158.25	19.48	812.36	100.00
2008	574.48	78.87	153.89	21.13	728.37	100.00
2009	671.84	80.46	163.15	19.54	834.99	100.00
2010	719.03	81.97	158.13	18.03	877.16	100.00
2011	790.51	83.67	154.25	16.33	944.77	100.00
2012	792.01	83.22	159.65	16.78	951.66	100.00
2013	810.34	83.79	156.74	16.21	967.08	100.00
2014	751.58	79.98	188.17	20.02	939.75	100.00
2015	774.87	81.94	169.23	17.90	945.64	100.00
2016	775.95	81.79	172.78	18.21	948.73	100.00
2017	775.47	81.34	177.93	18.66	953.39	100.00
2018	710.47	81.58	160.42	18.42	870.89	100.00

Kaynak: Anonim, 2023

Konya ilinde kuru fasulye üretim maliyetlerinin gelişimi Şekil 3'de verilmiştir. Buna göre 2006 yılı verileri baz alındığında 2018 yılında üretim masrafları toplamında %2.17 artış gerçekleşmiştir. Üretim masrafları toplamının en fazla arttığı yıl %11.30 artış ile 2011'dir. 2006 yılı verileri baz alındığında Konya ilinde reel fiyatlarla dekara kuru fasulye üretim maliyetlerinin en fazla düştüğü yıl ise %14.55 ile 2008 yılıdır.



	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Değişen Masraf	100,00	93,46	82,08	95,99	102,74	112,95	113,16	115,78	107,39	110,71	110,87	110,80	101,51
Sabit Masraf	100,00	103,75	100,89	106,96	103,67	101,13	104,67	102,76	123,37	110,95	113,28	116,65	105,17
Toplam Masraf	100,00	95,30	85,45	97,96	102,90	110,84	111,64	113,45	110,25	110,94	111,30	111,85	102,17

Şekil 3: Konya ilinde kuru fasulye maliyetlerinin gelişimi

Konya ilinde birim alana kuru fasulye kârlılık göstergelerine ilişkin veriler Tablo 7'de incelenmiştir. Buna göre kârlılık göstergeleri olarak mutlak kâr, brüt kâr ve nispi kâr hesaplanmıştır. Bu noktada verim ve satış fiyatı dolayısıyla gayri sâfi üretim değeri önem arz etmektedir. 2006-2018 döneminde dekara kuru fasulye verimi 220 kg ile 345 kg arasında değişmektedir. Konya ilinde reel fiyatlar ile kuru fasulye satış fiyatı 4.33 TL/kg ile 5.68 TL/kg arasında değişmektedir. Buna göre gayri sâfi üretim değeri 2018 yılında 1531.80 TL/da olarak hesaplanmıştır. Aynı yıl; gayri sâfi üretim değerinden değişen masrafların çıkarılmasıyla elde edilen brüt kâr 821.33 TL/da, gayri sâfi üretim değerinden üretim masrafları toplamının çıkarılmasıyla elde edilen mutlak kâr 660.91 TL/da, gayri sâfi üretim değeri ile üretim masraflarının oranlanması ile elde edilen nispi kâr ise 1.76 hesaplanmıştır.

Tablo 7: Konya ilinde kuru fasulye kârlılık göstergelerine ilişkin bilgiler

Yıllar	Verim	Fiyat	Gayri Sâfi Üretim Değeri	Mutlak kâr	Brüt kâr	Nispi kâr
	Kg/Da	TL/Kg	TL/Da			Oran (%)
2006	220.00	4.33	952.60	100.19	252.72	1.12
2007	220.00	5.08	1117.60	305.24	463.49	1.38
2008	220.00	4.70	1034.00	305.63	459.52	1.42
2009	240.00	5.57	1336.80	501.81	664.96	1.60
2010	263.56	5.68	1497.02	619.86	777.99	1.71
2011	278.45	5.45	1517.55	572.78	727.04	1.61
2012	293.18	5.58	1635.94	684.28	843.93	1.72
2013	299.95	5.56	1667.72	700.64	857.38	1.72
2014	302.24	5.51	1665.34	725.59	913.76	1.77
2015	259.05	5.38	1393.69	448.05	618.82	1.47
2016	282.31	5.88	1659.98	711.25	884.03	1.75
2017	324.91	4.51	1465.34	511.95	689.87	1.54
2018	345.00	4.44	1531.80	660.91	821.33	1.76

Kaynak: Anonim, 2023

Konya ilinde birim alana kuru fasulye kârlılık göstergelerine ilişkin verilerin gelişimi Çizelge 8'de verilmiştir. Buna göre ilgili dönem dikkate alındığında 2006 yılı verilerine göre 2018 yılında dekara kuru fasulye verimi %56.82, kuru fasulye satış fiyatı ise %2.54 artmıştır. Şekil 2'de üzerinde durulduğu üzere kuru fasulye üretim maliyetlerinde ise artış %2.17 seviyesinde kalmıştır. Bu durum kârlılık göstergeleri üzerinde olumlu yansımıştır. Nitekim mutlak kâr 6.59 kat, brüt kâr 3.25 kat, nispi kâr ise 1.57 kat artmıştır.

Tablo 8: Konya ilinde kuru fasulye kârlılık göstergelerinin gelişimi

Yıllar	**Verim**	**Fiyat**	**Gayri Sâfi Üretim Değeri**	**Mutlak Kâr**	**Brüt Kâr**	**Nispi Kâr**
	Basit indeks (2006=100)					
2006	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
2007	100.00	117.32	117.32	304.66	183.40	123.21
2008	100.00	108.55	108.55	305.05	181.83	126.79
2009	109.09	128.64	140.33	500.86	263.12	142.86
2010	119.80	131.18	157.15	618.68	307.85	152.68
2011	126.57	125.87	159.31	571.69	287.69	143.75
2012	133.26	128.87	171.73	682.98	333.94	153.57
2013	136.34	128.41	175.07	699.31	339.26	153.57
2014	137.38	127.25	174.82	724.21	361.57	158.04
2015	117.75	124.25	146.30	447.20	244.86	131.25
2016	128.32	135.80	174.26	709.90	349.81	156.25
2017	147.69	104.16	153.83	510.98	272.98	137.50
2018	156.82	102.54	160.80	659.66	325.00	157.14

4. SONUÇ

Bu çalışmada Konya kuru fasulye ekim alanı, üretim miktarı ve verimi Dünya, Türkiye ve Konya ili perspektifinde irdelenmiştir. Kuru fasulyede üretim masrafları ve kârlılığının yıllar itibariyle değişimi ise Konya ili özelinde incelenmiştir. Konya ili yıllar itibariyle değişmekle birlikte önemli bir kuru fasulye üreticisi ildir. Bu noktada maliyet ve kârlılık göstergeleri önem arz etmektedir. Konya ilinde 2006-2018 dönemini kapsayan bu çalışmada ele alınan yıllarda üretim masraflarının önemli bir kısmını değişen masraflar oluşturmaktadır.

Kuru fasulyede ilgili dönem dikkate alındığında verim ve kârlılık göstergelerinde önemli artışlar sağlanmıştır. En önemli masrafl unsurlarının sulama ve işçiliği (%20.74), hasat ve harman (%17.07),) tarla kirası ve gübre ve işçiliği (%14.39) olduğu dikkate alındığında sulama maliyetlerini düşürebilecek tasarruflu su kullanımına yönelik basınçlı sulama sistemlerinin tercihten ziyade bir zorunluluk olması noktasında gerekli politikaların uygulanması gerekmektedir. Ayrıca hasat teknolojilerinin geliştirilmesi ile ürün kayıplarının ve işgücü masraflarının azaltılması sağlanabilir. Gübre ve gübreleme işçiliği hususunda akıllı tarım sistemlerinin teşvik edilmesiyle ise birim alandan alınan verim daha da artırılabilir. Böylece üreticiler açısından hem ekonomik hem de çevresel olarak sürdürülebilir aynı zamanda ölçülebilir bir üretim modeli sağlanabilir.

KAYNAKÇA

Açıl, A.F., & Demirci, R. (1984). Tarım Ekonomisi Dersleri. T.C. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 880, Ders Kitabı: 245, 372 s., Ankara.

Anonim, (2023). T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Konya İl Müdürlüğü Kayıtları.

Ayçiçek, M., Karakaya, E. (2022). Bingöl ili kuru fasulye üreten işletmelerin mevcut durumu ve ekonomik analizi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 129-138.

Berk, A. (2016). Türkiyede kuru fasulye üreten işletmelerin ekonomik analizi ve etkinliklerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı)

Das, S.C. (2021). Fınancıal Profıtabılıty Analysıs and Estımatıng the Productıvıty of Bean Productıon ın Some Selected Areas of Mymensıngh Dıstrıct. (Master's Thesis, Faculty of Agribusiness Management Sher-e-Bangla Agricultural University)

FAO (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. (Son Erişim Tarihi:01.11.2023).

Gepts, P. (Ed.). (2012). Genetic resources of Phaseolus beans: their maintenance, domestication, evolution and utilization (Vol. 6). Springer Science & Business Media.

Kıral, T., Kasnakoğlu, H., Tatlıdil, F.F., Fidan, H., & Gündoğmuş, E. (1999). Tarımsal Ürünler İçin Maliyet Hesaplama Metodolojisi ve Veritabanı Rehberi. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları. Proje Raporu 1999-13. 143 sayfa. Ankara.

Küzeci, U., Dağdemir, V., Demir, O. (2019). Türkiye'de Kuru Fasulye Piyasasının Ekonomik Analizi ve Pazarlama Marjları. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(2), 379-386.

Olçay, N., Bayhan, A.K., Gökdoğan, O. (2016). Karaman İlinde Kuru Fasulye Yetiştiriciliğinde Mekanizasyon Girdi ve Maliyetlerinin Belirlenmesi. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG), 33(Ek Sayı), 42-51.

Siddiq, M., & Uebersax, M. A. (Eds.). (2022). Dry Beans and Pulses:

Production, Processing, and Nutrition. John Wiley & Sons.

Tanrıvermiş, H. (2000). Orta Sakarya Havzası'nda Domates Üretiminde Tarımsal İlaç Kullanımının Ekonomik Analizi. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Yayınları No: 42, Ankara.

Tshering, C. (2002). Profitability analysis of bean production in Honduras (No. 1091-2016-87482).

TÜİK (2023). Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri. https://biruni.tuik.gov.tr/medas/. (Son Erişim Tarihi:02.11.2023)

Venance, S. K., Mshenga, P., Birachi, E. A. (2016). Factors İnfluencing On-Farm Common Bean Profitability: The Case of Smallholder Bean Farmers in Babati District, Tanzania. Journal of Economics and Sustainable Development ISSN 2222-1700 (Paper) ISSN 2222-2855 (Online), 7(22).

Yurteri, E. (2017). Yağmurlama ve Damla Sulamalı Kuru Fasulye Üretiminin Ekonomik Analizi. (Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı)

BÖLÜM 12

KOP BÖLGESİNDEARAZİ TOPLULAŞTIRMANIN TARIMSAL SULAMADAKİ EKONOMİK ETKİLERİ

Dr. Öğr. Üyesi | Tuba ALBAYRAK[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343631

[1]Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Yozgat, Türkiye. E-mail: tuba.albayrak@bozok.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3745-8352

GİRİŞ

Toprak ve insan arasındaki ilişki, insanın varoluşundan beri var olan sosyo-ekonomik bir ilişkidir. Toprak, bir besin kaynağı ve topluluklar için bir güç göstergesi olarak kabul edilmiştir ve insanın hayatta kalması için hayati öneme sahiptir. Ülkemizin ekonomik faaliyetinin başında; topraktan çeşitli bitki ve ürünlerin elde edilmesi, çeşitli evcil hayvanların yetiştirilmesi ve beslenmesi ile bunlardan ürünlerin satın alınması ve değerlenmesi olarak tanımlanan "tarım sektörü" ile tarım ve hayvancılıktan maksimum verim elde etmek için çeşitli reformlar gerçekleştirilmiştir.

Toprak reformu kapsamında 2510 Sayılı Yerleşimlerin Kaldırılmasına Dair Kanunun kabulü ile Türkiye'de ilk kez toprak reformu çalışmaları başlatılmıştır. Arazinin daha verimli ve ekonomik kullanımı açısından toprak reformu çalışmalarının başında gelmektedir. Arazi toplulaştırma çalışmalarının düzenlenmesi ve araştırmalardan daha fazla faydalanılması için yasal adımlar atılmıştır. Türkiye'de arazi toplulaştırma çalışmaları; T.C. 1982 Anayasası uyarınca kabul edilen “Arazi Toplulaştırma Yönetmeliği Tarla İçi Geliştirme Hizmetleri”, “Türk Medeni Kanunu (TMK)”, 3 Temmuz 2005 tarihli ve 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, Sulanan Alanlarda Arazi Yönetimine İlişkin Tarım Reformu No.3083” ve bu Kanunun “Uygulama Yönetmeliği” esas alınarak yürütülür.

Türkiye’de miras yoluyla bölünen tarımsal arazilerde verim azalmakta ve üretim maliyetler ise oldukça yüksek olmaktadır. Özellikle sulanabilen çok parçalı ve küçük tarımsal arazilerde endüstri bitkilerinde yakıt, işgücü vb. gibi durumların arazi toplulaştırması yapılan arazilere oranla tarım ekonomisindeki payı çok düşüktür.

Bunun yanı sıra nüfusun artması ve kentleşmenin gelişmesiyle, ekilebilir arazi talebi büyük ölçüde artırmakta ve gıda güvenliği sorununa neden olmaktadır. Nüfus artışı, gıda üretimini sürdürmek için daha fazla tarım arazisi gerektirirken, kentleşme arazi toplulaştırmasını teşvik etmektedir. Bu nedenle, günümüzde birçok hükümet arazi toplulaştırması ile arazi parçalanması sorunlarını çözme yollarına gitmektedir. Özellikle arazi toplulaştırma; gıda güvenliğini sağlamak için sürdürülebilir arazi kullanımlarıyla birlikte yollar, sulama tesisleri ve diğer altyapıları inşa ederek arazilerin mekânsal yapılarını iyileştirmenin etkili bir yolu olarak görmektedir. Arazi toplulaştırması, kırsal alanların ve tarımın kalkınmasını destekleyen öenmli araçtır ve kırsal yaşam

koşullarını, arazi kullanım verimliliğini iyileştirebileceği, insan-arazi ilişkilerini değiştirebileceği ve gıda arz güvenliğini sağlayabileceği için gün geçtikçe önemli olan bir konudur.

Arazi toplulaştırmasında kurak bölgelere ve az yağış alan bölgelere öncelik verilmektedir. Türkiye'de kurak bölge veya az yağış alan bölge olarak KOP Bölgesi (Konya Ovası Projesi) ilk sırada yer almaktadır. Bu sebepden dolayı KOP Projesi kapsamındaki illerin arazi toplulaştırmada önemli yeri bulunmaktadır. Arazi toplulaştırma projelerinin amacını arazinin optimum kullanımını sağlamak ve maksimum fayda elde etmektir. Bu çalışmada KOP Projesinde yer alan illerden olan Yozgat ilinde tamamlanan arazi toplulaştırma projeleri teknik açıdan incelenmiş, daha önce kullanılamayan tarım arazilerinin ne kadar tarıma kazandırıldığı ve bu arazilerin Yozgat'ın tarım ekonomisine katkısı incelenmiştir. Ayrıca Yozgatın mevcut tarımsal potansiyelini geliştirmeyi ve arazi toplulaştırması çerçevesinde tarımsal ekonomik büyüme dinamiklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

2- ARAZİ TOPLULAŞTIRMANIN TARİHÇESİ

Arazi toplulaştırma uygulamalarının çok eski yıllara dayanan uzun bir geçmişi vardır. Antik Çin'de, ilkel toplumdan uzak, bilinçli olarak arazi ıslahı ile ilgili faaliyetler yürütülmüştür (Maspero, 1978; Eser ve Uçar, 2006; Kaya, 2020). Bilinen en eski arazi reformları, "topraklar topraksızlara" politikası yoluyla sosyal ve politik istikrarı geliştirmek amacıyla M.Ö. 6. yüzyılda Atina'da Solon ve Pisistratus tarafından gerçekleştirilmiştir (Bullard, 2007). İlerleyen dönemde bilinen toprak reformlarından ikisi ise feodalizmi ortadan kaldırmak için on sekizinci yüzyılın sonlarında yapılan Fransız Devrimi ve yirminci yüzyılın başlarında yapılan Rus Devrimi ile ilişkilidir. Belirtilen arazi reformları, Arazi Toplulaştırması (AT) gelişimini direk olarak etkilememiş olsa da arazi kullanım yapısında değişiklikler yapmıştır (Demetriou, 2014; Suha vd., 2017; Boztoprak vd., 2015).

King ve Burton (1983), AT kavramının eski bir kavram olduğunu ve Çin'li bilgin Mercuis'in M.Ö. dördüncü yüzyılda kırsal arazilerin kare birimlere bölünmesini ve küçük köylerin bu tür dokuz birimden oluşmasını önerdiğini belirtmektedir. İlk AT'nin Almanya'nın Bavyera bölgesinde (Van Dijk, 2003) ve Finlandiya'da yapıldığına (Uimonen, 2004) ilişkin farklı görüşler bulunmaktadır. AT çalışmaları ilerleyen süreçte; Hollanda'da 1435'te,

İtalya'da 1450'de, Danimarka'da 1650'de, Fransa'da 1702'de, İsviçre'de 1808'de, İspanya'da 1850'de ve Norveç'te 1859'da uygulanmıştır. Bu uygulamalar 14. yüzyılda başlamasına rağmen yasal mevzuatların oluşması için birkaç yüzyılın geçmesi gerekmiştir (Demetriou, 2014).

"Arazi Toplulaştırma" terimi ilk kez Avrupa kıtasında kullanılmış (Zhang vd., 2018) ve kıta ülkelerinde farklı tarihlerde yasal düzenlemeler oluşturulmaya başlanmıştır. İsveç'te 1749'da bir arazi toplulaştırma yasası yürürlüğe girmiştir (Meha, 2004). İlk toplulaştırma yasası Danimarka'da 1781'de (Bullard, 2007), Almanya'da 1856'da, Avusturya'da 1818'de, İsviçre'de 1893'te, İtalya'da 1896'da, Belçika'da 1900'de ve Fransa'da 1918'de yayımlanmıştır (Demetriou, 2014).

Hollanda'da ilk arazi toplulaştırma yasası 1924 yılında yayımlanmış ve AT'yi başlatmak için arazi sahiplerinin en az %25'inin talebinin olması, AT planının arazi sahiplerinin çoğunluğu tarafından onaylanması zorunluluğu ve projenin ilgili arazi sahipleri tarafından finanse edilmesi gerekliliği nedeniyle etkisi sınırlı kalmıştır (Leenen, 2014). İngiltere'de ise arazi toplulaştırması ile ilgili olarak 1801 yılında AT yasası çıkarılmış ve 1700-1845 yılları arasında, tarıma elverişli arazinin dörtte biri kadar olan yaklaşık altı milyon hektar çevrelenmiştir. Toprak sahiplerinin %1,4'ünün sahip olduğu arazi miktarı %87,1'ye çıkmıştır (Bullard, 2007).

İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, AT kentsel inşaat ve büyük ölçekli altyapı inşaatına odaklanmıştır (Zhang vd., 2018). 1950'lerde ise AT'nin amacı, parsellerin parçalanmasından kaynaklanan problemlerin ele alınmasıyla tarımsal verimliliğin artırılması olmuştur (Palmer vd., 2004). 1960'lardan sonra, bölgesel ekonomik kalkınmanın dengesizliği, bozulan ekolojik ortam, kentleşme ve sanayileşmenin hızlanması nedeniyle, AT'nin odak noktası bölgesel ekonomik kalkınmayı teşvik etmek olmuştur (Zhang vd., 2018). Kırsal alanların yalnızca tarımsal üretim değil çevre koruma, peyzaj, doğanın korunması, rekreasyon, köylerin yenilenmesi, bölgesel projeler ve genellikle kırsal alan sakinlerinin yaşam ve çalışma koşullarını etkileyen kavramlarla birlikte değerlendirilmesinin gerekliliği ilk olarak 1960'lı yıllarda anlaşılmıştır (FAO, 2003). Bunun üzerine, 1951'de Avusturya ve İsviçre, ardından 1970'de Belçika, 1973'te İspanya, 1976'da Almanya, 1980'lerde Danimarka ve 1985'te Hollanda, yasalarını bu daha geniş hedefleri içerecek şekilde değiştirmiştir (Van Dijk, 2003).

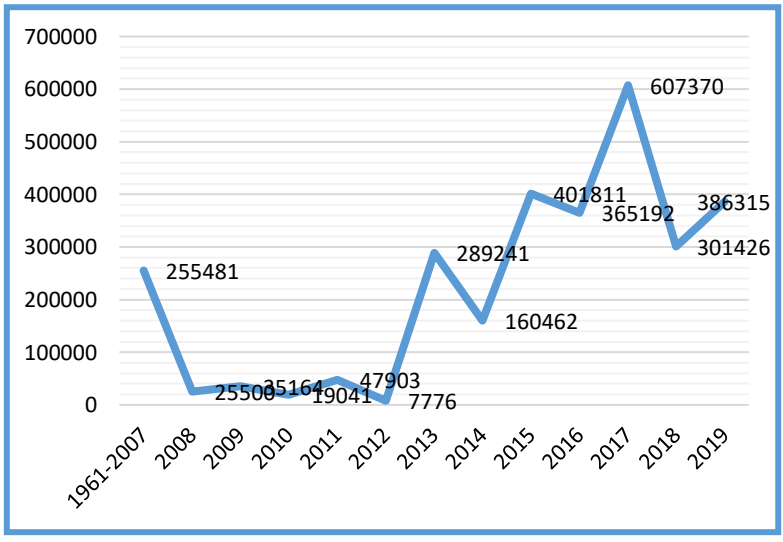
Çin Halk Cumhuriyeti kuruluşunun ardından başlattığı kampanya ile çöl ve bataklık alanları tarıma açmış, sulama sistemleri ve altyapı tesisleri kurarak büyük ölçüde iyileştirilmiş araziler elde etmiştir. Bu sayede, ülkenin kuzeyindeki "vahşi yaşam" alanını pirinç ve tahıl ambarı haline getirmiştir. Avustralya'da ise 1970'lerden bu yana, madencilik faaliyetleri nedeniyle ciddi yara alan tarım arazilerinin geliştirilmesi ve ekolojik koruma arasındaki çelişkiyi koordine etmek için kurumsal araştırma ve bilimsel araştırmalar aktif olarak gerçekleştirilmiştir (Zhang vd., 2018).

Bulgaristan'da Birinci Dünya Savaşı öncesinde var olan geleneksel küçük işletme, parçalı arazi ve emek yoğun tarımsal yapı 1920'lerde kooperatif hareketleri ile gelişmiş ve işletme ölçeklerinde büyümeler başlamıştır. 1930 ve 1940'larda tarımsal verimliliğin artırılması, tarımsal modernizasyonun geliştirilmesi, tarım arazilerinin iyileştirilmesi ve kırsal altyapının güçlendirilmesi amacıyla bazı erken AT planları uygulanmıştır (Kopeva vd., 2002). 1991 yılında bağımsızlığını ilan eden Litvanya, 2006 yılına tarım arazilerinin %94'ünün özel mülkiyete iadesini gerçekleştirmiştir. Buna bağlı olarak ortaya çıkan arazi parçalılığı artışına karşılık olarak 2020 yılında Danimarka ile ikili AT pilot projesi gerçekleştirmiştir (Pasakarnis ve Maliene, 2010).

Arazi toplulaştırmasıyla Batı Avrupa ülkelerinde %25 oranında üretim artışı ve %10 oranında işletme masraflarında azalma olduğu görülmüştür (Tekelioğlu, 2010). Bazı Avrupa ülkelerinde yapılan araştırmalara göre; AT'nin sağladığı net gelir artışı; Almanya'da %20-25, İsviçre'de %10-25, İspanya'da %31-36 ve Hollanda'da ise %10 olarak saptanmıştır. Hollanda'da yapılan bir çalışmada AT projesinin etkisiyle elde edilen net gelir artışına, parsellere ulaşım imkânının artmasının %5, parsel büyüklüklerinin artmasının %3 ve düzenli parsel şekillerinin oluşmasının %2 oranında etki ettiği tespit edilmiştir (Denig ve Maris, 1960).

Özellikle Almanya, Fransa ve Hollanda gibi bazı Avrupa ülkeleri ikinci kuşak AT'yi tamamlamış olup (Temel, 2013), Fransa'da Medeni Kanununda miras veya satış yoluyla arazi parçalanmasını önlemek için mirasçılardan birine tercihli tahsis veya kendi aralarında aldıkları kararla birine bırakılabilme hükmü yer almaktadır. Bununla birlikte, son 50 yılda Avrupa'da AT uygulamaları çok maliyetli bir şekilde gerçekleştirilmiş ve yüzlerce hatta binlerce milyon avro harcanmıştır (Ciutacu ve ark, 2015).

Türkiye'de ise; ilk arazi toplulaştırma projesinin yapıldığı 1961 yılından 2002 yılına kadar toplam 450 bin ha arazi toplulaştırılmıştır. 1961 yılında Türkiye'de ilk arazi toplululaştırması Toprak Su Genel Müdürlüğü tarafından Konya İlindeki Kakın Köyünde yapılmıştır. 2003-2007 yılları arasında 132 bin ha; 2008'de 430 bin ha; 2009'da 103 bin ha; 2010'da 26 bin ha; 2011'de yaklaşık 601 bin ha ve 2012'de 1,2 milyon ha'dan fazla; 2013-2016 yılları arasında yaklaşık 2 milyon ha alan toplulaştırılmıştır. Türkiye'de devlet politikalarının 2023 hedefleri arasında toplam 14 milyon ha arazinin toplulaştırılması planlanmaktadır (Küsek, 2014; Anonim, 2020).



Şekil 1: Türkiye'de Yıllara Göre Toplulaştırılan Alan (Kaynak: Tarım ve Orman Bakanlığı)

3- ARAZİ TOPLULAŞTIRMA VE ARAZİLERİN PARÇALANMASINI ÖNLEMEYE YÖNELİK MEVZUAT

19.07.2005 tarihli Resmi Gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren 5403 sayılı "Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu" ile tarım arazileri dört ana sınıfa ayrılmıştır. Bu tarım arazilerinden birincisi mutlak tarım arazileri olup, topografik sınırlamaların az ya da hiç olmadığı bu araziler, yöre ortalamasında ürün alınabilmesi için toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin sınırlayıcı olmadığı, ulusal ve bölgesel öneme sahip ve hâlihazırda tarımsal üretim için kullanılan veya kullanılmaya elverişli olan arazilerdir. Bu arazilerden bir diğeri özel ürün arazileridir. Özel ürün arazileri, mutlak tarım

arazilerinin dışında, toprak ve topografik sınırlamalara sahip, yöreye adapte olmuş ürünlerden ziyade özel bitkisel ürünlerin yetiştirildiği ve bunun yanı sıra su ürünleri yetiştiriciliği ve avcılığının yapılabildiği, ulusal ve bölgesel öneme sahip arazilerdir. Kanunda belirtilen üçüncü bir diğer sınıf ise dikili tarım arazileri olup, mutlak ve özel ürün arazileri dışında kalan ve üzerinde bölge ekosistemine uygun çok yıllık ağaç ve çalı formundaki bitkilerin tarımının yapıldığı ulusal ve bölgesel öneme sahip arazilerdir. Kanunda tanımı yapılan son arazi sınıfını ise marjinal tarım arazileri oluşturmaktadır. Marjinal tarım arazileri ilk üç sınıfta belirtilen arazilerin dışında kalan, topografik yapısı ve toprak özellikleri nedeniyle sadece geleneksel toprak işlemeli tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği arazilerdir. Bu arazi sınıflandırmalarının dışında aynı kanunun 8. maddesinde tarım arazilerinin korunması, geliştirilmesi ve kullanımı için daha farklı sınıflandırmaların da yapılabileceği belirtilmiştir. Bu kanun ile birlikte her ilde valilerin başkanlığında ve sekreteryasını Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yaptığı Toprak Koruma Kurulları oluşturulmuştur (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2005a).

26024 sayılı Resmi Gazetede yayımlanarak 15.12.2005 tarihinde yürürlüğe giren "Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu Uygulama Yönetmeliği" ise 5403 sayılı kanunda öngörülen toprak ve arazi varlıklarının belirlenmesinin yanı sıra, tarımsal üretim amaçlı kullanılan araziler için arazi kullanım ile toprak koruma plan ve projelerinin hazırlanması, erozyona duyarlı alanların, yeter büyüklükteki tarımsal arazi parsel büyüklüğünün belirlenmesi ve toprak koruma kurulunun çalışmalarına ilişkin usul ve esasları belirlemektedir. Bu yönetmelik arazi kullanma kabiliyet sınıfları içeren sınıflandırmayı da içermekte olup aynı yönetmeliğin 11. maddesinde, tarımsal arazilere ait parsel büyüklükleri toplumsal, ekonomik ve ekolojik veriler göz önünde bulundurularak belirlenmektedir. Yönetmeliğe göre mutlak tarım ve özel ürün arazilerinde parsel büyüklüğü 1 ha iken dikili tarım arazilerinde, örtü altı tarımı yapılan arazilerde ve marjinal tarım arazilerinde parsel büyüklükleri sırasıyla 0.5 ha, 0.3 ha ve 2 hektarın altında olmaması kaydıyla tarım makinelerinin verimli çalışmasını mümkün kılacak büyüklükte oluşturulmalıdır. Aynı yönetmelik zeytin, çay, fındık gibi ürünlerin üretilmesi için özel iklim ve toprak istekleri olan bölgelerde veya sera alanlarında daha küçük parsellerin oluşması elzem ise daha küçük parsellerin

oluşturulabilmesinin mümkün olduğu belirtilmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2005b).

25005 sayılı Resmi Gazetede 26.01.2003 tarihinde yayımlanarak yürürlüğe giren "Tarım İşletmelerinin Yeterli Tarımsal Varlığa Sahip Olup Olmadığının Tespitine Dair Yönetmelik" ise tarım işletmelerinde ekonomik bütünlüğü korumayı, arazilerin bölünmesini önleyerek tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğinin sağlanmasını ve tarımsal işletmelerin ekonomik varlıklarının yeterli olup olmadığını belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu yönetmelikte, işletmenin değerinde kayıplara neden olan parsel bölünmelerinin önlenmesi için bölünemez tarımsal parsel büyüklükleri mutlak tarım ve özel ürün arazilerinde 10 da iken, dikili tarım, örtü altı tarım ve marjinal tarım arazilerinde sırasıyla 5 da, 3 da, 20 da olması gerekmekte iken bölünemez tarımsal parsel büyüklükleri için verilen rakamların iki katından küçük parsellerin bölünemeyeceği açık bir şekilde ifade edilmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2003).

18592 sayılı Resmi Gazetede 01.12.1984 tarihinde yayımlanıp yürürlüğe giren "Sulama Alanlarında Arazi Düzenlemesine Dair Tarım Reformu Kanunu" ise, ekonomik olarak üretime olanak vermeyecek şekilde parçalanmış tarımsal arazilerin olanaklar ölçüsünde genişletilmesiyle toplulaştırılmasını, tarım arazilerinin parçalanmasını ve küçülmesini önlemeyi amaçlamaktadır. Bu kanunda belirtildiği üzere dağıtımı yapılan toprakların bölünmesi, haczedilmesi ve kiraya verilmesi mümkün olmayıp, üreticilerin sadece çiftçiliği bırakması halinde uygulayıcı kuruluşa rayiç bedeli karşılığında iade edilebilmektedir. Ayrıca bu kanunla mirasçıların, mirasın açılmasından itibaren 6 ay içinde aile ortaklığı şeklinde işletilmeyen veya kendi aralarında rızalarıyla devir ve temlik işlemlerini yapmamaları durumunda, dağıtılan toprak ve işletmeyle ilgili gayrimenkullerin bedeli uygulayıcı kuruluş tarafından geri alınmakta ve öncelikle mirasçılara olmak kaydıyla toprak sahibi olmayan ve ya sahip olduğu toprak miktarı az olan çiftçilere tahsis edebilmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 1984).

Bir başka mevzuat 24.07.2009 tarihli 27298 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması ve Arazi Toplulaştırmasına İlişkin Tüzük" ile arazi toplulaştırma yapılmasına karar verilen bölgelerdeki parseller için ilgili tapu kütüğüne arazinin toplulaştırma alanına girdiğine dair şerh konulmakta ve şerh tarihinden arazi

toplulaştırma tamamlanıp tapu tescili sonuçlandırılıncaya kadar ilgili taşınmazlar üzerinde her türlü şerh işlemleri proje idaresinin talebi ile bakanlık veya valiliklerin izni ile yapılmaktadır. Toplulaştırma şerhinden sonra araziyi satın alan kişi, arazinin daha önceki sahibinin taahhütlerini aynen kabul etmiş sayılmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2009).

Mutlak tarım arazileri, arazi yeteneği olarak I. sınıf tarım arazileri olup Türkiye'de mevcut bulunan en önemli ve verimli tarımsal ovalar bu grupta yer almaktadır. 26429 sayılı Resmi Gazete'de 09.02.2007 tarihinde yayınlanan ve yürürlüğe giren 5578 sayılı kanun ile bu arazilerde bölünemez parsel büyüklüğü, 10 da artarak 20 dekara çıkarılmıştır. Yine bu kanunun 2. maddesinde mirasa konu olmaları ve üzerinde birlikte mülkiyetin olması durumunda bölünemez büyüklükteki parseller ifraz edilememektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2007).

4. ARAZİ TOPLULAŞTIRMANIN AMAÇLARI VE FAYDALARI

Arazi toplulaştırmanın amacı ve kullanılan yöntemlerin gelişimi ülkelerin tarihsel eğilimi, kültürü, gelenekleri ve yasalarından etkilenmiştir (Temel, 2013). Örneğin İsveç'de arazi toplulaştırmada ormanların parçalandırmasında iyileştirmeye gitmek ve köylerde arazi kullanım planlaması yapmak amaç olarak değerlendirilmemektedir ama Almanya'da bu iki hedef öncelikli temel hedefler arasında yer almaktadır (Vitikainen, 2004). Ayrıca, çiftçilerin AT'den en önemli beklentileri üretim masraflarının düşürülmesi olabilirken, devlet açısından üretim maliyetlerini azaltmanın yanı sıra tarımsal üretim miktarının pazar talebine uygun olacak bir şekilde ayarlanması amaçlanabilmektedir (Vitikainen, 2004; Banger ve Şişman, 2001; Basar, 2006; Bahram ve Hazar, 1988).

Parsel genişliklerini büyüterek girdi kullanımını daha rasyonel hale getirmek ve dolayısı ile verimi artırıp, birim alanda maliyeti düşürmek AT'nin temel amaçları arasında yer almaktadır (Bayramoğlu ve Oğuz, 2004).

Türkiye'de arazi toplulaştırmasının en önemli sebplerden birisi de aile işletmelerinin ve küçük ölçekli taım işletmelerinin mülkiyetindeki dağınık arazi parçalarını birleştirerek arazi tasarrufu sağlamak ve de tarım işletmelerinin üretimini, verimliliğini, başarısını arttırmaktır.

Ayrıca arazi toplulaştırmasının diğer bir faydası ise, tarımsal üretime müsait olmayan şekilsiz, küçük- dar çok parçalı olan tarım arazilerinin bir araya toplanmasını sağlamaktır. Çiftçilerin sıkça problem yaşadığı kiracılık, yarıcılık ve ortakçılık kullanımlarının belirli bir mevzuata bağlanarak suistimallere fırsat verilmemektedir (Görgün, 2019). Tarım parsellerinin ulaşım, drenaj ve sulama ağına bağlantılı planlanmasıyla makineli tarım kolaylaşır ve ürün kayıplarında önemli oranda azalmalar olmakla birlikte sulama projelerinin uygulanmasında yatırım giderlerinden tasarruf sağlanır (Anonim, 2018).

Birçok faydanın yanısıra, küçük parsellerin birleştirilmesiyle işletme merkezi ile parseller arasındaki uzaklık kısalır ve buna bağlı olarak ulaşım giderleri azaldığından; zaman, işçilik ve yakıttan tasarruf sağlanır. Köyler ve kişiler arasındaki ihtilafların giderilmesinde önemli rol oynamaktadır. (Kendirli, 2012; Anonim, 2018).

Şekil 2: Arazi topluşatırmanın faydaları

5. ARAZI TOPLULAŞTIRMANIN AŞAMALARI

Basit kelimelerle AT; "Bir aileye veya işletmeye ait farklı, parçalanmış ve küçük parselleri bir araya getirme işidir." Genel olarak konuşursak; Kırsal düzenleme, 15 yıl içinde hedeflenen hedefe (drenaj, sulama, tesviye vb.) ulaşmak için alınan tüm önlemlerdir (Demiraslan, 2019; Ormancı, 2015).

AT aynı zamanda yüksek teknolojili ve ekonomik olarak üst düzey ve uzmanlaşmış bir iştir. Eğitim araştırmalarından projelerin hazırlanmasına ve

uygulanmasına kadar farklı meslek gruplarının farklı aşamalarda birlikte çalışması gerekmektedir. Tarım, harita, jeoloji gibi temel mühendisliğin yanı sıra projenin niteliğine bağlı olarak kartograflar ve inşaat teknikerleri de inşaat, ekipman, elektrik gibi mühendislik alanlarında görev almaktadır (Demiraslan, 2019). AT çalışmaları kayıt tutma ile başlar, arazi ve çiftçi bazında yapılan çalışmalarla şekillenir ve tapu kadastro ve kadastro ofislerinde tescile yol açar.

5.1.Etüt ve Planlama Çalışmaları

Araştırma ve planlama çalışmaları, gerçek ve özel kişilerin talep ettiği veya "Devlet Su Tesisatları Genel Müdürlüğü" tarafından belirlenen alanlarda AT çalışmaları yapmaya başlar. Çalışma aşaması, toplulaştırılacak alanların küçük ve dağınık olduğunu, topografik durumu, sulama proje sahalarının ayrılmasını, sahaların sulama kanalı ve yolundan yararlanamamasını belirler. Çalışma raporları hazırlanır ve planlama çalışmaları başlar (Demiraslan, 2019).

Araştırma aşamasında coğrafi konum, iklim özellikleri, nüfus, ulaşım konumu, arazi yapısı ve sosyo-ekonomik yapılar mühendisler tarafından tek tek incelenmektedir. Konsolidasyon projesi için ayrıca;

- Tapu kadastro ve kadastro durumu, yüzey ve yeraltı su temininin mevcudiyeti, ürünlerin yapısı
- Arsa dağıtım oranı, mülkiyet dağılımı (durum, hissedarlık durumu vb.)
- Proje alanındaki bireyler, hazineler, korucular, malzeme ocakları ve yeraltı kaynakları gibi konular detaylı olarak araştırılmaktadır (Demiraslan, 2019).

5.2.Uygulama Alanı İlanı

Çalışmanın ardından ilgili alanlar, toplulaştırma projesinin hazırlanmasından önce Devlet Su Tesisatları Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmaktadır. 2019 yılı maddesi gereğince Tarım ve Orman Bakanlığının önerisi ve Bakanlar Kurulu kararı ile AT'nin uygulama alanı "AT uygulama bölgesi" ilan edilmektedir (Demiraslan, 2019).

5.3.Toplulaştırma Projelerinin Hazırlanması ve Uygulanması

Uygulama kapsamının beyan edilmesinden sonra konsolidasyon projeleri hazırlanır. Hazırlanan projeler özel sektöre sunulmakta, merkez ve

kırsal alanlarda mühendislerden oluşan bir çalışma programı ve kontrol organizasyonu ile hazırlanmaktadır. Toplulaştırma, alan tespiti, toplulaştırma kararı, sabit nesnelerin tanımlanması, mülkiyet bilgilerinin oluşturulması, kartografik veri tabanının oluşturulması, arazi kullanım tespiti, arazi derecelendirmesi, yeni arsalar için blokların oluşturulması, çiftlik tercihlerinin alınması, yeni saha planlarının hazırlanması ve itirazların dikkate alınması, yeni saha planlarının inişe uygulanması, tesislerin tescili ve teslimi (Demiraslan, 2019) gibi çalışma aşamalarından oluşmaktadır.

5.4.Toplulaştırma Alanının Tespiti

Konsolidasyon bir köy, kasaba veya havzaya dayalı olarak bu konumun sınırları içindeki arazilerde uygulanır. Bazı durumlarda, köy sınırları içindeki arsanın bir kısmında kısmi konsolidasyon yapılabilir.

Bir toplulaştırma projesi, parçalanma durumu, sulama ve nakliye gibi mülkiyet ve altyapı ile ilgili kriterlere dayalı bir arazi araştırması sonucunda ekonomik ve faydalı kabul edilirse, konsolidasyon alanı olarak tanımlanır (Demiraslan, 2019).

Konsolidasyon projelerinin uygulanmasına karar verilen bölgelerde, bu durum toprak sahiplerine duyuru

larak, 30 gün içinde sahada konsolidasyon yapılacağı duyurulmaktadır.

5.5.Toplulaştırma Kararının Alınması

Konsolidasyonun niteliği ve onlara sağlayacağı faydalar, toplulaştırma bölgesindeki toprak sahibi çiftçilerle yapılan bireysel ve ortak görüşmelerle ayrıntılı olarak anlatılmaktadır. “DSİ”, “Karayolları”, “Devlet Demiryolları Genel Müdürlükleri” gibi diğer yatırımcı kuruluşlar da bu alanla ilgili hizmet ve fayda sağlayacaktır.

Toplulaştırma yapılacak proje alanındaki arsa sahiplerinin %67'sinin "evet" demesi, "evet" diyenlerin sahip olduğu arsa miktarının ise toplam arazinin %50'sinden fazla olması halinde bölge müdürlüğünün teklifi ve genel müdürlüğün onayı ile isteğe bağlı olarak karar alınmaktadır. Bu çözüm, proje alanındaki tüm sahipleri bağlamaktadır.

Mal sahiplerinin konsolidasyona rıza gösterememesi halinde, konsolidasyonun teknik, ekonomik, sosyal ve hukuki açıdan kesinlikle gerekli olması halinde kamu yararı esas alınarak konsolidasyona ilişkin bağlayıcı bir karar alınabilir (Demiraslan, 2019).

5.6.Sabit Tesislerin Tespiti

Toplulaştırma alanının duyurulmasının ardından proje sahası ziyaret edilerek ev, ahır, bağ, meyve bahçesi, faal kuyu, ormanlık alan ve benzeri sabit nesneler tespit edilmektedir. İşletme sahiplerine ilan tarihinden sonra yapılacak sabit nesnelerin dikkate alınmayacağı bildirilmektedir (Demiraslan, 2019).

5.7.Mülkiyet Bilgilerinin Oluşturulması

Toplulaştırma proje alanındaki köylerin tapu kaydından bir örnek Tapu Dairesi'nden alınarak bilgisayar ortamına girilir ve sahiplerinin sahip olduğu araziler alfabetik sırayla duruma göre belirlenir. Kadastro veya arazi idarelerinde mülkiyet bilgileri ile ortaya çıkan hatalar varsa bunların düzeltilmesi için ilgili kişi ve birimlerle yazışmalar yapılmaktadır (Demiraslan, 2019).

5.8.Harita Veri Tabanının Oluşturulması

Mülkiyetin eski durumunu ve proje bölgesinin sınırlarını gösteren haritalar, başlık belgelerinin kaydına kaydedilen tutarlarla karşılaştırıldığında dijitalleştirilir ve doğrulanır, herhangi bir hata düzeltilir ve eski mülk listesi ile mülk listesi sıralanır (Demiraslan, 2019).

5.9.Hali Hazır Arazi Kullanım Durumunun Tespiti

Nesne sahasındaki sitelerin, ekili bitkilerin, sabit nesnelerin hazır kullanım durumu gibi koşullar ortaya çıkarılır. Bu durumda, fotogrametrik haritaların (vektör ve ortofoto) üretimi, haritaların üretimine yönelik "Büyük Ölçekli Harita Yönetmeliğine" göre 1/5000 olabilir (Demiraslan, 2019).

5.10. Arazi Derecelendirmesi

Arazi konsolide edildiğinde, bu, sahiplerinin parçalanmış ve ortak mülkiyetin birleştirilmesi sırasında eski arazilerine eşdeğer arazi satın almalarını sağlamak için yapılır. Yeni arsaların planlanmasında, sahiplerinin eski arazilerinin düşük dereceye sahip olduğu ve çok değerli bir yerden verilmesi gerektiğinde, yeni durumda derecelendirme katsayısı kullanılarak daha az arazi verilir. Mülk sahiplerinin arazi derecesi yüksek niteliktedir, düşük bir yerden verilmesi gerekiyorsa, eski toprağından daha fazla arazinin sağlanması ile durum dengelenir.

Sıralama, sağlanacak arazi miktarını doğrudan etkilediği için büyük önem taşımaktadır. Derecelendirme Komisyonu; Genel Müdürlük tarafından Başkan ve 3 Komisyon Üyesi, toprak sahipleri tarafından kendi aralarında 2 asil ve 1 yedek üye seçilir ve 1 üye, beldelerde muhtar veya temsilci ile köylerde muhtar veya temsilci olmak üzere 7 asil 3 yedek üyeden oluşur (Demiraslan, 2019).

Bir derecelendirme komisyonu toplanarak; arsaları verimlilik, konum, operasyon merkezine ve pazara olan mesafe, saha büyüklüğü, arsa şekli ve toprak özelliklerini dikkate alarak değerlendirir.

5.11. Yeni Parselasyon İçin Blokların ve Ulaşımın Planlanması

Konsolidasyon projesi alanında; "Blok planlar" tüm sahalara ulaşımı sağlamak, arazide çalışmayı kolaylaştırmak, işçilik, zaman ve üretim maliyetlerinden tasarruf etmek, yolların uygun uzunluk ve genişliğini hesaplamak ve tüm bölümlerin yol ve sulama kanalı ile doğrudan temasını sağlamak için hazırlanmıştır.

Ayrıca projenin genel coğrafi, topografik durumu, sahanın ortalama büyüklüğü, katılımcı sahalar, altyapı tesisleri (sulama ve ulaşım raporu), mera ve hazine arazileri, akarsular, göller, göletler, sulak alanlar, doğa koruma ve parselleri, sabit yapılar, derece farklılıkları, şehrin, köyün veya belediyenin özel ihtiyaçları (su, kuyu, foseptik vb.) dikkate alınır (Demiraslan, 2019).

5.12. Çiftçi Tercihlerinin Alınması

Sıralama haritası hazırlanıp blok planlarla tamamlandıktan sonra bu sorgular tercih formlarına işlenerek, arazi sahibi çiftçilerle birebir görüşmeler yaparak arazilerini hangi blokta birleştirmek istediklerini sormak için en uygun tercihler alınmaktadır (Demiraslan, 2019).

5.13. Yeni Parselasyon Planlarının Hazırlanması ve İtirazların İncelenmesi

Arsa topografyası, operasyonel boyutları, çiftçilerin tercihleri, sabit nesnelerin durumu, derecelendirme haritası ve eski mülkiyet haritası dikkate alınarak, bilgisayarda hangi işletmelerin bulunacağı, hangi blok ve çizimlerin yapıldığı belirlenir. Yeni saha planlarının hazırlanmasında mülk sahiplerinin tercih ve istekleri dikkate alınarak işletmenin yapı ve yapıları ile bağ, meyve

bahçesi ve benzeri sabit objeler kabiliyetleri sınırları içerisinde sahiplerine sağlanarak parçalanmış, ortak ve dağınık araziler birleştirilir.

Her arsanın yol ve su kullanması planlanmaktadır. Arsaların formlarının makine tarımı ile uygun dikdörtgen olduğu belirtilmektedir. Yeni arsalar yerleştirilecekken komşu olmak isteyen ve komşu olmak istemeyen işletmeler ayrı ayrı dikkate alınır. Bu şekilde hazırlanan yeni parsel planları yerinde 30 gün süreyle askıya alınarak ilan edilir. Bu süre zarfında dile getirilen itirazlar Bölge Müdürlüğünde oluşturulan Komisyon tarafından dikkate alınır. Gerekirse tüm arsa sahipleri ile görüşülerek makul sorular düzeltilir.

İtiraz sonucu değiştirilen ve toprak sahiplerinin gereksinimlerine uygun olarak yeniden hazırlanan yeni site planlarının çizimi, Bölge Müdürlüğü ve Genel Müdürlüğün onayının ardından bilgisayar kullanılarak yeniden yapılandırılmakta ve sonuçlandırılmaktadır. Bu aşamadan sonra yeni projeler hayata geçirilmektedir (Demiraslan, 2019).

5.14. Yeni Parselasyon Planlarının Araziye Aplikasyonu

Mülkün yeni durumunu gösteren arazi planları, sahadaki mühendisler ve harita teknisyenleri tarafından her parselin köşe noktaları ve sınırları yerinde belirlenir, köşe taşları ve arsalar işaretlenir (Demiraslan, 2019).

5.1.5 Tescil ve Yer Teslimi

Yeni parsellerin yerinde kullanılması sonucunda harita ve koordinat değerleri Kadastro Müdürlüğü tarafından onaylanarak Tapu Dairesi tarafından tescil edilir, yeni yerler toprak sahibi çiftçilere teslim edilir. Çiftçiler daha sonra oluşan, birleştirilen, stoklanan, sınırları tanımlanan ve yollardan ve sudan doğrudan yararlanan yeni tarlalarını kullanmaya başlarlar (Demiraslan, 2019).

6. ARAZİ TOPLULAŞTIRMASININ SULAMA PROJELERİNE ETKİSİ

Bayram ve Hazar (1988), mühendislik hizmetleri açısından sulama projelerinden beklenen en düzenli ve faydalı sulama şebekelerini oluşturarak istenilen verimi elde etmenin daha kolay olduğunu vurgulamaktadır.

Benzer şekilde Van Nieuwkoop (1988) ve Van Huylenbroeck (1992) de arazi toplulaştırma projeleri ile verimliliği artırmak için altyapı hizmetlerinin kolayca uygulanabileceğini ve konvansiyonel tarım işletmelerinin kurulabileceğini belirtmektedir.

Türkiye'nin yüksek nüfus artışı ve tarım arazilerinin miras paylaşımı sonucunda, sürekli ayrışması nedeniyle tarımsal projelerin beklenen faydalarını güvence altına almada bazı zorluklar yaşanmaktadır. Arazi toplulaştırmasının en önemli avantajları arasında tarımsal üretime modern teknolojilerin getirilmesi, tarım arazilerinin sulama ve nakliye ağının inşası ve daha fazla arazi bölünmesinin önlenmesi yer almaktadır. Arazi toplulaştırması, tarım arazisi fiyatlarındaki sürekli artış nedeniyle proje bütçesi kadar hatta daha fazla maliyetli sulama projelerindeki kamulaştırma maliyetlerini ortadan kaldırarak inşaat, işletme ve bakım maliyetlerinde önemli bir azalmaya neden olmaktadır (Anonim 2006).

Sulama projelerinin temel amacı üretimi artırarak daha fazla gelir elde etmek ve böylece çiftçilerin refahını en üst düzeye çıkarmaktır. Ayrıca sulama projelerinde suyun dağıtımı ve su kullanımını verimli kullanılması önemli yer tutmaktadır (Çakmak, 1994). Bugüne kadar su şebekelerin fiziki yetersizliği, çiftçilerin operasyonel aşamaya katılımının sağlanamaması ve tarımsal altyapının bozulması nedeniyle istenilen hedeflere ulaşılamamıştır. Sulama projelerinde hedeflere ulaşılabilmesi için, sulama kanal ağının fiziksel engellerinin ortadan kaldırılmasına ve çiftçilerin ağın yönetimine katılımının sağlanmasına ve proje sahasındaki yapısal durumun iyileştirilmesine bağlıdır (Çevik, 1974).

Büyük sulama sistemlerinin bir parçası olan alanlarda, sulanan alanın artırılması için saha geliştirme çalışmaları çok önemlidir. Bu çalışmalarda arazinin topografyası yüzey sulamaya uygun değilse, araziler sulama kanallarından yeterince uzaksa ve su soyutlaması zor veya imkansızsa zemin kanalları yapılır, açık veya kapalı drenaj sistemi yapılır, drenaj sorunu varsa; gerekirse ıslah çalışmaları yapılır. Sahada kırsal kalkınma araştırmalarında önemli bir yer tutan arazi toplulaştırması önceden planlanan ve uygulanan sulama şebekelerinde ortaya çıkan sorunlara çözüm getirerek, eski su şebekelerinde görülen sorunları da tamamen ortadan kaldırmaktadır. Arazi toplulaştırma projeleri planlanırken sulama uzunluğu, sulama yönü ve arazilerin toprak yapısına ve arazinin eğimine uygun en- boy oranı dikkate alınarak bloklar oluşturulur. Böylece yol ve sulama planlaması tekniğine uygun olarak gerçekleştirilir (Takka, 1993). Arazi toplulaştırması ve yerel kalkınma hizmetlerinin Türkiye'deki sulama sistemlerinin verimliliğinde ve dolayısıyla

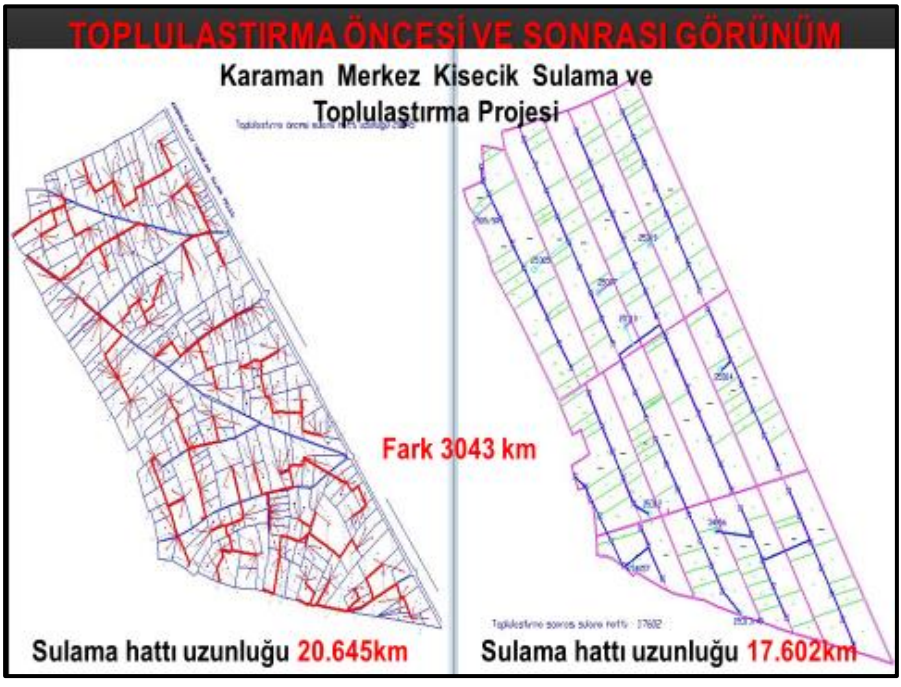
toprak ve su kaynaklarının değerlendirilmesinde büyük etkisi olacağı yaygın bir gerçektir (Çelebi, 2005).

Türkiye'de sulama tesislerinin çok az kullanılmasının nedenlerinden bazıları şunlardır: Düzensiz şekilli parsellerin sulama kanalından su alamamaları, üst parseldeki arazi sahiplerinin alt parsellere geçişine izin vermemesi, çiftçinin çamura saplanması, yağmur sonrası teçhizatı yol şebekesinin olmaması nedeniyle, kanallar parselleri daha da bölmekte, eğimli ve tesviye sorunu olan parsellerde sulama yapılamamaktadır (Yağanoğlu, 2003).

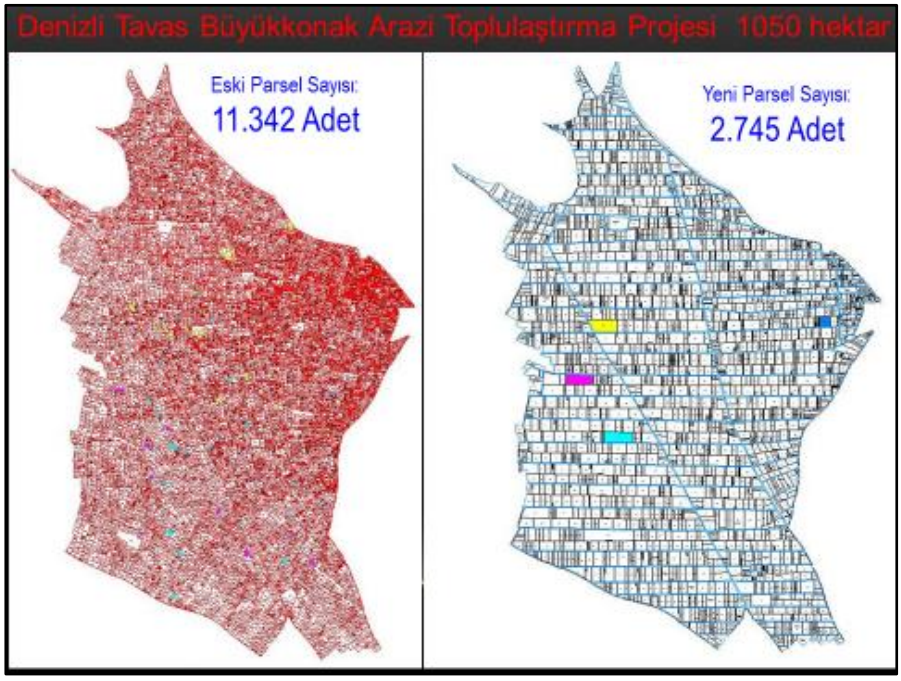
Genel olarak sulamanın gelişmesine engel olan sorunları görüp çözerek sulama oranını artırmak ve bir sulama projesinin beklenen faydalarını sağlamak mümkündür (Anonim, 2015; Erdoğan vd., 2003 Akgül ve Uçar, 1998).

Tarımda kullanılan sudan tasarruf etmek, sulama oranlarını ve verimini artırmak için basınçlı sulama yöntemlerini genişletme girişimleri tek başına sorunu çözmeye yetmemektedir. Basınçlı sulama yöntemleri tercih edilirse, zeminde düzgün bir ıslatma şeması oluşturulmalıdır. Yağmurlama ağlarındaki dağıtım sistemi elemanlarının boyutları standart olduğundan ve sistemdeki basınç belirli sınırlar içinde olduğundan, yan parçaların birbirine paralel olması ve püskürtücü aralıklarının birbirine eşit olması gerekir. Bu gereksinim, şekilsiz alanlara sahip küçük alanlarda yağmurlama ağlarının uygulanmasını zorlaştırır. Küçük veya bozuk alanlara fıskiye uygulandığında, sahada sulanan veya yeterli su almayan alanlar gibi bazı alanlarda ihtiyaç duyulandan daha fazla su alabilir. Bu nedenlerden dolayı, fıskiye ağının kurulacağı zeminde arsaların büyük ve düzgün geometrik şekillerde olması arzu edilir. Ayrıca belli bir büyüklüğün altındaki alanlarda bir birim alana düşen enerji maliyetlerinin çok yüksek olması nedeniyle yağmurlama sulama ekonomik olmaktan uzaktır (Akaya vd. 2005).

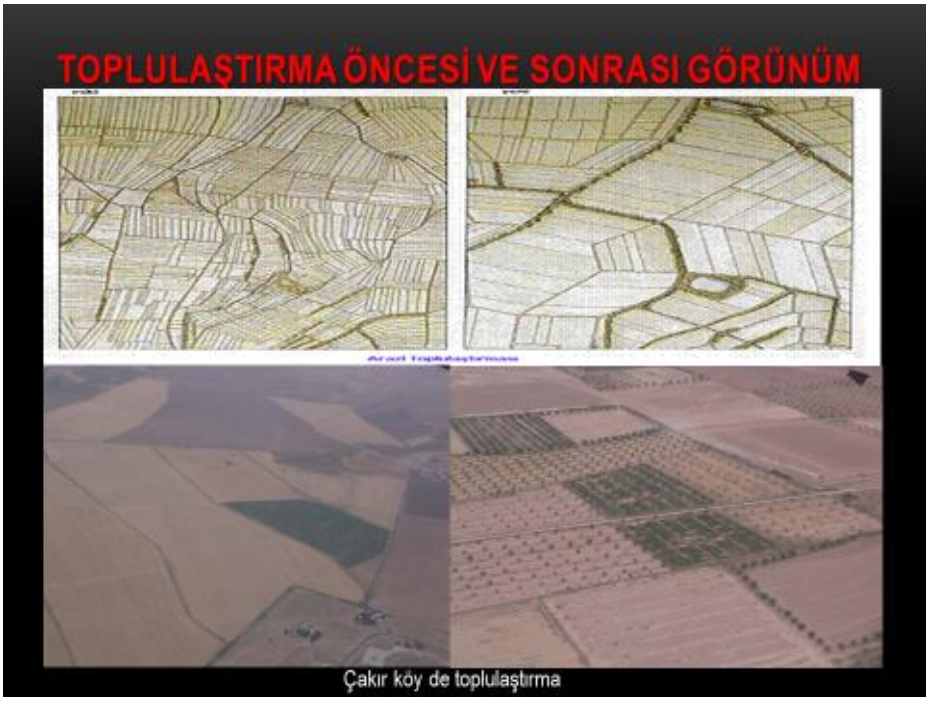
Şekil 3: Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası görünüm (Erişim 1)



Şekil 4: Karaman Merkez Kisecik Sulama ve Toplulaştırma projesi (Erişim 1)



Şekil 5: Denizli Tavas Büyükkonak arazi toplulaştırma projesi (Erişim 1)



Şekil 6: Çakır Köy Toplulaştırma Projesi (Erişim 1)

7- ARAZİ TOPLULAŞTIRMANIN TARIMSAL SULAMADAKİ EKONOMİK ETKİLERİ

Yapılan birçok araştırmada, arazi toplulaştırmasının verimliliği artırdığını ortaya koymaktadır. Ancak bu durum arazilerin yapısal dönüşümünde kırsal ekonomiyi teşvik mi ediyor yoksa engelliyor mu sorusunu ortaya çıkarmaktadır. Literatürlerde çelişkili teorik yaklaşımlar içermektedir. Ekonomik kalkınmanın gerekleri arasında en önemlilerinden birisi de, sahip olunan kaynakların tam ve etkin olarak kullanılmasıdır. Aynı kurum tarafından tek ihale ile sulama ve arazi toplulaştırmasının yapılması ihale sürecini hızlandırır. Etkileri şu şekilde sıralanabilir:

1. Aynı sahada iki farklı kurumun; birinin sulama ve drenaj inşaatını yapması diğerinin mülkiyeti düzenleyen arazi toplulaştırmasını yapması bazı zorluklar içermektedir.
2. Aynı sahanın, yatırım programlarında yer alması, ödeneklerin ayrılması, ihalelerinin eş zamanda yapılıp sonuçlanması oldukça zordur.
3. Önceden toplulaştırmasının yapılması halinde ise; sulama projesine uygun olmayan bloklar olması nedeniyle, sulama ve drenaj güzergahları için kamulaştırma yapılması gerekebilmektedir.
4. Zarar ziyan ödemeleri iki farklı kurum olması halinde daha çok artmaktadır.
5. Arazi malikleri, sulama, drenaj ve arazi toplulaştırma, tarla içi geliştirme hizmetlerinde tek kurum, tek yüklenici ile muhatap olacağı için güven duymakta ve çoğunluğu projeyi desteklemektedir.
6. DSİ' nin arazi toplulaştırma ve tarla içi geliştirme hizmetlerini, sulama projesi ile birlikte yürütmesi halinde AT proje maliyetlerinde % 10-15 oranında artışa neden olur. Ayrıca arazi toplulaştırma yapmadan kamulaştırma yaparak sulamaya açtığı sahalara göre faydaları vardır. Bunlar;
7. Arazi toplulaştırma ile boru hatları ve servis yolları düzgün uzun hatlar şeklinde olacaktır. Toplulaştırmasız sulama projelerinde kamulaştırma maliyetini artırmamak için, sulama sistemi parsel sınırlarını ve mevcut stabilize yolları takip edecektir. Bu da dirsek, şut vb. inşaat maliyetini artıracaktır.
8. Tarla içi geliştirme hizmetlerinin yapılması ile sulama oranları artacaktır.

9. Daha az miktarda su kullanarak daha çok arazi sulanacaktır. Toplulaştırmasız planlamada her parsel direkt suya kavuşmayacak, su nedeniyle husumetler devam edecektir.

Tarım ve Orman Bakanlığı, DSİ 4. Bölge Müdürlüğü, Aksaray, Karaman, Konya ve Niğde illerini içine alan KOP Bölgesinde, tarımsal sulamada kullanılan yeraltı suyu kuyularını kontrol altına alarak; hektara su miktarı tahsisini içeren "Yeraltısuyu (YAS) Eylem Planını" 2011 yılından itibaren hazırlamaya başlamış ve 2012 yılında bu planı açıklamıştır. DSİ Genel Müdürlüğü'nce uygulanacak YAS Eylem Planı kapsamında, havzada açılmış olan belgeli-belgesiz 100 binden fazla kuyuya yeniden ruhsatlandırılma işlemleri uygulanırken de AT çalışmalarında ihtiyaç olacaktır. Örneğin; 5 parça tarlası ve her tarlasında bir kuyusu olan çiftçinin, AT sonrasında tarla sayısı 1 veya 2 parçaya düşecektir. Bu durumda, kuyu sayısı da tarla sayısı kadar olacaktır. Mevcut 100 binden fazla kuyu sahasında yapılacak toplulaştırma çalışmaları sonunda, kuyuların yaklaşık %30'una ihtiyaç kalmayacağı tahmin edilmektedir (Anonim, 2013).

Tarımsal üretimde birim alan verimlerinin artırılması için sulama yatırımları büyük önem taşımaktadır. Sulama Yatırımlarının toplulaştırma ile birlikte planlanması ve uygulaması verim artışları ile birlikte su kaynaklarının verimli kullanılmasını sağlamaktadır. Baraj, gölet, elektro pompaj, yeraltı suyu tesisleri gibi sulama yatırımları arazi toplulaştırması yapılmadığında, bu tesisler için gereken alan kamulaştırılma ile karşılanmakta ve her yıl büyük meblağlarda kamulaştırma bedelleri ödenmektedir (TRGM, 2010). Toplulaştırmasız planlanan sulama projelerinde sulama kanalları üst kotlardan alt kotlara doğru parselleri bölerek geçmekte ya da kamulaştırma maliyetinden kaçınmak için sınırlar takip edilmektedir. Bu da fiziki yatırımların artmasına yol açmaktadır. Sulama projelerinin toplulaştırma ile birlikte planlanması ve uygulanması birçok açıdan önem taşımaktadır.

Tablo 1: Karaman Gödet Sulama Projesinde Toplulaştırma ile Sağlanan Tasarruflar (Çelebi, 2010)

Yapının Cinsi	Toplulaştırmasız Planlama	Toplulaştırmalı Planlama	Azalış (%)
Kanalet Uzunluğu (km)	60,97	40,975	32,8
Dirsek ve Şut Miktarı (ad)	200	55	72,5
Q80 mm Gömlek Betonlu Büz (ad)	1757	808	53,9

Arazi toplulaştırmasının modern sulama sistemleri ile birlikte inşa edilmesi sulama yönetimini kolaylaştırmakta ve su kullanımlarında da önemli tasarruflar sağlanabilmektedir. Toplulaştırma ile her parsel sulama kanalına irtibatlandırıldığından kanala doğrudan erişim sağlanabilmektedir.

Karaman ili Kisecik köyünde ortak sulama ve toplulaştırma projesinin uygulanmasında önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Böylece arsaların büyüklüğü artarken, su kullanımında önemli tasarruflar sağlanmıştır. Su atışları 14583 022 m3 olurken, zeminde modern sulama sistemlerinin kullanılması sonucu bu değer 5253 177 m3'e düşmüştür (Tablo 2). Konsolidasyon ve basınçlı sulama sistemi sonrasında pompa akış gereksinimleri azalmış, aynı sulama bölgesinde su tasarrufu %64 oranında azalmıştır (Türker ve Gencel 2010a).

Tablo 2 Karaman Merkez Kisecik Beldesi toplulaştırma ve sulama projesinin su tasarrufuna etkileri (Çelebi, 2010)

Yıl	Proje Alanı 27 500 da	Kuyu (ad)	Su Çekimi	Su Tasarrufu Oranı (%)
1999	Acık Kanal Sulama Sistem	45	14 583,022	
2010	Kapalı Sulama Sistemi	44	5 253,177	64

Ülkemizde ekonomik sulanabilir 8,5 milyon ha alanın 5,5 milyon ha alanı sulamaya açılmışken 3 milyon hektarının da 2023 yılına kadar açılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda;

1. Sulamaya açılacak 3 milyon hektar alanda sulama projeleri toplulaştırma ile birlikte ve eş güdümle yürütülmesi,

2. Toplulaştırmasız sulamaya açılan yaklaşık 4,2 milyon hektar alanda da toplulaştırmanın klasik sulama sisteminin borulu olarak revizyonu ile birlikte yapılması gerekmektedir (Anonim 2010).

Takka (1993) tarafından, Karaman Gödet Barajı sulama şebekesinde toplulaştırmadan önce ve sonraya ait projelerin keşiflerine göre toplulaştırma ile kanal uzunluğunda %32,8 (Tablo 3), sulama, tahliye sistemi ve bunların sanat yapılarının yatırım harcamalarında %42,5 tasarruf sağlandığı belirtilmiştir.

Tablo 3: Karaman Gödet Barajı sulama şebekesinde sağlanan tasarruf oranları (Takka, 1993)

Yapı Cinsi	Toplulaştırmasız Planlama	Toplulaştırmalı Planlama	Tasarruf Oranı (%)
Kanal	60970 m	40975 m	32.8
Dirsek ve Şüt	200 ad	55 ad	72.5
Ø80 mm Büzlü Geçiş	1753 ad	808 ad	53.9

Yağanoğlu vd. (2000) verilerine göre, kanalizasyon ve yol uzunluğu azalmakta, toplulaştırma ile yürütülen sulama, drenaj ve hizalama gibi projelerin hayata geçirilmesiyle sulama projelerinin sayısı azalmaktadır. Bu, projenin maliyetinin düşük olmasını sağlar. 1968 yılında Erzincan-Güllüce köyünde gerçekleştirilen arazi toplulaştırmasında sulama sistemleri birlikte planlanmış ve uygulanmıştır ve bu projede, toplulaştırma yapılmadan önce sulama istasyonu yapılmışsa sulama kanalının toplam uzunluğu 22000 m idir, ancak bu aynı sulama tesisinde 10934 m sulama kanalının toplulaştırma ile yapılması için yeterli gelmektedir. Böylece proje ekonomisinde %38 tasarruf sağlanmıştır. Yani arazi toplulaştırmasının modern sulama sistemleri ile birlikte inşa edilmesi, sulama yönetimini kolaylaştırmakta ve su kullanımlarında da önemli tasarruflar sağlanabilmektedir.

Çelebi (1989) tarafından yapılan bir çalışmada Karaman Ovasındaki arazi toplulaştırmasının kültür teknik hizmetlerine olan etkileri araştırılmıştır ve elde edilen sonuçlara göre; 6500 ha sahada toplulaştırmadan önce 229 km olan kanalet uzunluğunun, toplulaştırma ile 159 km'ye düştüğü ve kanalet boyunun da %30.6 oranında azaldığı belirtilmiştir. Diğer yandan çalışma alanındaki parsellerde kanal uzunluğunda ortalama %30.6 azalma sağlanırken, kanallardan doğrudan faydalanma oranının %100'e ulaştığı vurgulanmıştır.

Çoşkun'a (2008) göre basınçlı sulama yöntemleri ile ilk kurulum ve işletme maliyetleri yüksek olmasına rağmen suyun kontrollü kullanımı ile su tasarrufu ve suyun toprak üzerindeki olumsuz etkisi önlenmektedir. Bu yöntemlerde daha yüksek bir su dağılımı sağlanır ve böylece sulama verimliliği

artar. Yağmurlama ve damla sulama ile yüzey sulama yöntemlerine göre %28 ve %43'e varan su tasarrufu sağlanabilir.

Özer (2010) tarafından Çanakkale İli Biga İlçesi Yeniçiftlik köyünün arazisinde yapılan toplulaştırma sonrası durumu izlemek ve değerlendirmek için yapılan bir çalışmada; toplulaştırmada yer alan 50 çiftçi ile yüz yüze yapılan anketlerde, su transferi ve dağıtımının verimliliğini belirlemek için; etkinlik, eşitlik ve sulama süresine uygunluk olmak üzere üç gösterge kullanılmıştır. Arazi toplulaştırması sonrasında sulama suyunun yeterli miktarda şebeke dışına çıkmasının sağlanması, sulama suyunun adil dağılımından %96, uygun zamanda sulama suyu alımından %98 memnuniyet, sulama oranında ise %81,6 olarak bildirilmiştir.

Kirmikil (2010) tarafından sadece sulama hizmetlerinin alındığı Mustafa Kemal Paşa Ovası Sulama Proje Alanı ile sulama ve AT hizmetlerinin birleştirildiği Karacabey Ovası Sulama Proje Alanının seçilmesi ve sulama proje alanlarında arazi toplulaştırması sonucu kırsal alanlarda ortaya çıkan yapısal değişikliklerin analiz edildiği bir çalışma yapılmıştır. Çalışma sonucunda sulama sistemini kullanan saha sayısının konsolide bölgede %90,49, konsolide olmayan bölgede ise %27,24 olduğu tespit edildi. Ayrıca üçüncül düzeyde konsolide yerine konsolide edilen bir alan için ağ yoğunluğunun sırasıyla 30,11 m/ha ve 19,71 m/ha olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacıya göre, arazi toplulaştırması kamu yatırımı için gerekli arazilerin karşılanmasında ve yatırım maliyetlerinin düşürülmesinde önemli bir araçtır. Arsa sınırları kaldırılır ve çiftçilerin sahip olduğu küçük, parçalı ve dağınık araziler yeniden inşa edilir, yol ve kanal gibi kamusal alanlar için %10'a kadar azaltılır ve ortak tesislere ihtiyaç duyulan yerlerde hazine arazileri kullanılabilmektedir.

Türker ve Gençel (2010b), Karaman bölgesinin merkezindeki Kisecik Köyünde, 2750 hektarlık AT alanına sahip 700 hektarlık alanın toplulaştırılmasıyla açık kanal sulama sisteminin kapalı sulama sistemine dönüştürüldüğü bir çalışma yapmışlardır. Kapalı sulama sistemine geçiş sürecinde sulama süresinde %53, sulama suyu miktarında ise %64 tasarruf sağlanmıştır. Ayrıca kapalı sisteme geçilmesiyle açık kanal sulama sisteminde şebekenin uzunluğunun 20.645 m'den 17602 m'ye düştüğü tespit edilmiştir. Toplulaştırma öncesi sulamadan doğrudan yararlanan saha sayısı %61 iken, toplulaştırmadan sonra tüm sahalar sulamadan doğrudan fayda elde edilmiştir. Projenin detayları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Karaman-Merkez-Kisecik Köyü sulama ve toplulaştırma projesi (Çelebi, 2010).

Yıl	Sulama Sistemi	Kuyu (ad)	Debi (l/s)	Sulama Süresi (saat/yıl)	Su Çekimi (m^3)
1999	Açık Kanal	45	2 365	74 273	14 583 022
2009	Kapalı	46	1 725	68 416	9 681 290
2010	Toplulaştırma+Kapalı	44	1 635	35 064	5 253 177
Tasarruf Oranı (%)			**31**	**53**	**64**

Modern bir sulama sisteminin su kullanımına etkisini değerlendiren bir çalışmada, Gençel vd. (2011) Eskişehir- Merkez Beyazaltın Köyünde 2100 hektarlık alanda arazinin toplulaştırılmasıyla 930 hektarlık alana hizmet veren kapalı sulama projesi üzerine inceleme yapmışlardır. Proje alanında sulama suyu pompalarla zeminden çıkarılarak açık kanallar üzerinden tarlalara aktarılmış, sulama projesi sonucunda tüm kanallar sökülerek toplulaştırma projesine uygun olarak kapalı sisteme dönüştürülmüştür. Konsolidasyon projesi; İlk yatırım maliyetlerinde %30 tasarruf sağlamıştır ve incelemede yeraltı suyu soyutlamasında da %59' luk bir azalma görülmüştür. Proje hakkında ayrıntılı bilgi Tablo 5'te verilmiştir. Proje ile yeraltı suyu kuyularının işletme maliyetleri 45 l/sn'den 30 l/s'ye düşürülmüştür, transformatörler güncellenmiştir, yıllık çalışma saatleri azaltılmış ve daha az enerji ile daha verimli sulama yetenekleri sağlanmıştır. Projeden önce 1 kuyu ve 250 arazi sulanmış, 500 arazi ise devasa bir kapalı sulama sistemi yardımıyla sulanmıştır. Ağ yoğunluğu konsolidasyondan önce 5,8 m/de, konsolidasyondan sonra 3,4 m/de olmuştur.

Tablo 5: Eskişehir-Merkez-Beyazaltın Köyü sulama ve toplulaştırma projesi (Göçmen Dinçbilek 2012).

Yıl	Sulama Sitemi	Kuyu (ad)	Debi (l/s)	Sulama Süresi (saat/yıl)	Su Çekimi (m^3)
2008	Açık Kanal	13	708	13900	35 428 320
2010	Toplulaştırma+Kapalı	16	500	8135	14 643000
Tasarruf Oranı (%)			**29**	**41**	**59**

Göçmen Dinçbilek (2012) tarafından Eskişehir-Sivrihisar-Selimiye Köyünde yapılan bir çalışmada, arazi toplu yağmurlama sulamada arazi toplulaştırmanın sistemik akış ve maliyet faktörleri üzerindeki etkisi üzerine çalışmıştır. Arazi toplulaştırma öncesi ve sonrası sahanın durumuna uygun olarak maliyet faktörleri, maliyet-fayda oranları, iç kârlılık oranları ve dökme yağmurlama sulama sistemlerinden elde edilen net gelir gibi göstergeler karşılaştırılmıştır. Arazi toplulaştırması sonrasında tesis ve yatırım maliyetlerinin %17, yıllık sabit maliyetlerin %16, yıllık işletme maliyetlerinin %9 ve toplam yıllık maliyetlerin %13 olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, konsolidasyon öncesi ve sonrası sulama projelerinin fayda-maliyet oranı sırasıyla 2,4 ve 2,6, iç kârlılık oranı ise sırasıyla 26,8 ve 27,3 olarak gerçekleşmiştir.

Aydın Koçarlı Yeniköy beldesinin sulanan tarım alanları Görgün (2019) tarafından araştırma alanları olarak seçilmiş, araştırma alanının toplulaştırılmasından önceki ve sonraki duruma göre tasarlanan damla sulama sisteminin su dağıtım şebekesi için hesaplanan projedeki boşluk maliyetlerinden elde edilen maliyet unsurları Tablo 6'te gösterilmiştir.

Tablo 6: Toplulaştırmasız ve toplulaştırmalı duruma göre proje masraf unsurları (Görgün, 2019).

	Toplulaştırmasız Duruma Göre	**Toplulaştırmalı Duruma Göre**
Tesis Masrafları		
Proje Keşif Bedeli	6832034	5300925
Beklenmeyen Masraflar	1024805	795139
Toplam	7856839	6096064
Yatırım Masrafları		
Tesis Masrafları	7856839	6096064
Etüt, Proje ve Mühendislik	1178526	914409
Proje Bedeli	9035365	7010473
İnşaat Süresince Faiz	1503485	1166543
Toplam	10538850	8177016
Tesis+ Yatırım Masrafı	18395689	14273080

Konsolide olmayan durumda toplam tesis maliyetleri konsolide olmayanlarda 7.856.839 TL'den 6.096.064 TL'ye, yatırım maliyetleri ise sırasıyla 10.538.850 TL'den 8.177.016 TL'ye gerilemiştir (Görgün, 2019).

Aydın Koçarlı Yeniköy'ün sulanan tarım alanları araştırma alanları olarak seçilen bu projede, arazi toplulaştırmasının sistem akışına etkisi ve hacim damla sulamada maliyet faktörleri üzerinde çalışılmıştır. Konsolide olmayan durum için arsaların sayısı, büyüklüğü ve şekli, mülkiyet ve parçalanma durumu, ulaşım ağı, sulama sisteminin unsurları, sistemin akış hızı, 2019 yılının fiyatlarıyla nesnenin maliyeti, yatırım değeri gibi göstergeler karşılaştırılmıştır. Arazi toplulaştırma projesi sonucunda arsa sayısı 411'den 444'e, ortalama arsa büyüklüğü ise 9,25 dekardan 5,83 dekara düşmüştür. Arazi konsolidasyondan sonra bir konsensüs bölünmesi olduğundan, arsa sayısı artmıştır ve konsolidasyon oranı %-8' dir. Araştırma alanında, hidrant yerlerinin seçimi ve topraksız sulama sistemlerinin tasarımında bir su dağıtım şebekesinin oluşturulması, sahaların büyük ve düzgün şekli nedeniyle bireysel sistem tasarımlarını oldukça kolaylaştırmıştır. Konsolidasyon durumunda planlanan dökme damla sulama sistemi için 178 hidrant yeterli olurken, konsolidasyon olmayan bir durumda 285 hidrant kullanılmıştır. Hidrantların azalma oranı

%37'dir. Ön konsolidasyon durumunda, su dağıtım şebekesi planlanırken arsa sınırlarına bakıldığında boruların toplam uzunluğu 30.620 m'dir. Konsolide durumda, su dağıtım şebekesindeki boru hattının toplam uzunluğu 21.771 m'dir. Boru hattının uzunluğundaki azalma oranı %28'dir. Her iki sulama sistemi de bir su dağıtım şebekesi ile karşılaştırılır; proje arama maliyetleri, tesis maliyetleri ve yatırım maliyetleri konsolidasyon durumunda %22,41 daha düşüktür. Sulama sistemi maliyet açısından değerlendiğinde konsolidasyon yapılmaması durumunda proje açılış fiyatı sırasıyla 5.300.925 TL ve 6.832.034 TL'dir. Proje keşfi için konsolide olmayan fiyatın sağladığı indirim oranı %22,41'dir. Tesis maliyetleri açısından tahmin edildiğinde konsolidasyon dışı durumda tesisin değeri 7.856.839 TL, konsolide durumda ise 6.096.064 TL'dir. Kredi ve yatırımın maliyeti konsolide olmayan durumda 18.395.689 TL, konsolide durumda ise 14.273.080 TL'dir. Ayrıca toplulaştırma ile sulama sistemindeki boru hattı uzunlukları ve hidrantların sayısı azaltılacak, sulama birliği unsurları sistemi tanıyacak ve daha yumuşak sulama hatları nedeniyle alana hakim olacak ve sistemin yönetimi, bakımı ve onarımı kolaylaştırılacaktır. Arazi toplulaştırması yapılan alanlarda ortalama arsa büyüklüğü arttığı için tohum, gübre, ilaç gibi masrafların azalmasına ve ürünlerin ekonomik ekimi yapılmaktadır. Arazi toplulaştırması sulama suyuna olan talebi ve su kullanıcılarının sulama sistemini en iyi şekilde çalıştırma baskısını artırır. Bu nedenle arazi toplulaştırma çalışmaları, sulama sistemlerinin zamanında işletilmesi, bakımı ve onarımında itici bir güçtür (Görgün, 2019).

8-SONUÇ

Kırsal alanlar, iklim değişikliğinin etkilerine, özellikle de sel ve kuraklıklara uyum sağlama konusunda büyük zorluklarla karşı karşıyadır. Bu durum, hem kırsal işlevlerin uyarlanmasını hem de kırsal alanın iklime dayanıklı ve suya dirençli bir şekilde tasarlanmasını gerektirmektedir. Genellikle su tutma ve taşkın korumanın iyileştirilmesi anlamına gelmektedir. Mekânsal planlamada iklim değişikliğiyle ilgili bu tür hedeflerin uygulanması genellikle su yönetiminde uyarlamalar yapılmasını gerektirir, hatta arazi toplulaştırmasının önemini ortaya koymaktadır. Su yönetimi ve arazi toplulaştırması bu nedenle mekansal uyum için önemli araçlar oluşturmaktadır. Arazi toplulaştırması aynı zamanda tarım, doğa, peyzaj ve turizm işlevleri gibi yer ihtiyacı olan diğer taleplerin entegrasyonunu destekleyen bir araçtır (Akkaya vd., 2005).

Su tutma ve taşkın korumada planlanan faaliyetlerin ne ölçüde gerçekleştirildiği ve diğer işlevler için planlanan sonuçlara ne ölçüde ulaşıldığı ekonomik boyutta çok önemlidir. İklim değişikliğinin etkilerine daha fazla dikkat edilmesinden ve iklim değişikliğine uyum hedeflerinin su politikasına dahil edilmesinden dolayı tarımsal sulama boyutunda da daha etkili olacağı bir gerçektir. Arazi toplulaştırması ile su tutma ve taşkın koruma önlemleri katkı sağlanacağı gibi tarım, doğa, rekreasyon, peyzaj ve altyapı gibi birden fazla işleve daha iyi hizmet edecektir. Özellikle ekonomik boyutu multidisipliner ve katılımcı yaklaşım, kamu bilinci ve iletişimine verilen önem ve sürecin teşvik edilmesi ile artacaktır. Tarımsal arazi bölünmesi ve parsel şekillerinin düzensizliği, modern tarımın gelişmesini engelleyen yapısal bir arazi yönetimi sorunudur. Sonuç olarak; Arazi parçalanması tarımsal uygulamaları önemli ölçüde bozmakta, üretimin teknik ve ekonomik verimliliğini azaltmaktadır. Bunun yanı sıra çevresel bozulmaya katkıda bulunur ve modern tarım ekipmanlarının kullanımını engellemektedir. Ekonomik açıdan bakıldığında, arazi parçalanması Türkiye'de tarımının olumsuz etkilemektedir ve bunun sonucuda ekonomik ve sosyal alanlara yansımaktadır. Sosyal açıdan olumsuz sonuçları; çiftlik gelirlerini azaltır ve daha iyi yatırımlar için sermaye birikimini engellemektedir. Küçük miktarlarda çeşitli ürünler tedarik eden çiftçiler, yüksek verimliliği sürdürmekte zorlanmaktadır.

Arazi toplulaştırma sulama dışında da farklı alanlarda da ekonomik etkilere sahiptir. Arazi toplulaştırmasının hanehalkı işgücünün tarım içi ve

tarım dışı istihdam arasındaki dağılımı üzerindeki etkisine ilişkin tartışmalar da mevcuttur. Bu argümanların açıklığa kavuşturulabileceğini ve arazi toplulaştırmasını teknik bir çözüm olarak görmek ve ekonomik etkilerini değerlendirmek önemlidir. Çünkü arazi toplulaştırma yaklaşımı, teknik değişimle ilişkili ve ekonomik katkı sağlamalıdır. Arazi toplulaştırması dağınık arazilerin bilgisayar başında belirli programları kullanarak sadece fiziksel anlamda birleştirilmesi değildir, birim sahadan azami verimi elde etmek için tarımın bütün kollarında gerekli ıslahatın yapılarak, çiftçinin hayat seviyesini yükseltecek bütün teknik, sosyal ve kültürel tedbirlerin alınmasını hedefleyen bir yaklaşımdır.

Arazi toplulaştırmasında Nguyen ve Warr (2020) e göre teorik olarak teknik bir değişimin etkileri önyargı faktör yapısına bağlıdır. Teknik değişim işgücü dışındaki faktörlere göre nötr veya faktör yanlı ise tarım içi işgücü kullanımını artıracak, tarım dışı işgücü arzını azaltacak ve tarımsal üretimden uzaklaşan kırsal yapısal dönüşümü yavaşlatacaktır. Ekonomik boyutta etkileri üzerine çalışmalar devam etmektedir.

Arazi toplulaştırma önlemleri de şunları sağlayabilir: Arazi sınırlar da dahil olmak üzere doğrusal yapıları ve diğer doğal özellikleri kademeli olarak ortadan kaldırarak çevresel değişiklikleri engellemek, arazi şeritleri, ağaç sıraları, küçük su yolları ve göletler, acele bitki kuşakları ve otsu bitki toplulukları koruma altına almak ve doğal yaşam alanlarını korumak, su kaynaklarının doğru kullanımını olarak ön görülebilir.

KAYNAKÇA

Akaya, S., Topak, R. ve Kara, M. (2005). Konya Ovasında Yer Altı Sularının Etkin Kullanımında Toplu Yağmurlama ve Arazi Toplulaştırmasının Önemi. *I. Yer altı Suları Sempozyumu Bidiriler Kitabı*, 23-24 Aralık 2005, s. 93-99, Konya.

Akgül, M. ve Uçar, Y. (1998). Isparta Yenişarbademli İlçesi Tarım Arazilerinde Parçalanma Sorunu ve Bazı Sonuçları, *S.D.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1998, 3, 1-11.

Anonim (2001). Harita, Tapu Kadastro, Coğrafi Bilgi ve Uzaktan Alg ilama Sistemleri, Arazi ve Arsa Politikaları, Arazi Toplulaştırması, Arazi Kullanımı. Özel İhtisas Komisyonu Raporu, 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, DPT: 2554-ÖÎK: 570, Ankara.212s.

Anonim (2010). Karaman Merkez Kisecik Kasabası Sulama ve Toplulaştırması Projesi 2010.

Anonim (2020). *StructuralChangesandReforms in TurkishAgriculture 2003-2016.* Republic of TurkeyMinistry of FoodAgricultureandLivestock. 33s.

Anonim (2013). TC. Kalkınma Bakanlığı Konya Ovası Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı - KOP Bölgesinde Arazi Toplulaştırması ve Tarla İçi Geliştirme Hizmetleri Eylem Planı Önerisi - Mayıs 2013 - Konya-s.18-23.

Anonim (2015). *Toprak ve Su Kaynakları.* Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, http://www.dsi.gov.tr/hizmet-alanlari/tarim (Erişim Tarihi: 05.01.2018).

Anonim (2018). *2018 yılı performans programı,* T. C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ankara.

Anonim (2006). 52. Yılında DSİ. Rapor, 90 s.

Banger, G. ve Şişman A. (2001). Kırsal alan düzenlemelerinde yön eylem araştırması tekniklerinin uygulanması, *HKMO Dergisi*, 87, 82-98.

Basar, A. (2016). *Konya Güneysınır Merkez Arazi Toplulaştırmasının Altyapı Hizmetlerine Etkisi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2016, 37s.

Bayram, M. ve Hazar, T. (1988). Arazi Toplulaştırması Yapılan DSİ Projelerinde Kamulaştırma Çalışmaları. *Sulama Projelerinde Arazi Toplulaştırması Semineri,* s. 1-13, Bursa.

Bayramoğlu, Z. ve Oğuz, C. (2004). Arazi toplulaştırması yapılmış tarım alanlarında girdi tasarrufu üzerine bir araştırma, Çumra Küçükköy örneği, *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(34), 46-50, Konya.

Boztoprak, T., Demir, O., Çoruhlu, Y. E. ve Recep, N. (2015). Arazi Toplulaştırmasının Tarımsal İşletmelere Etkilerinin Araştırılması, *S. Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Dergisi,* c.3, s.3.

Bullard, R. (2007). Land consolidationandruraldevelopment, AngliaRuskinUniversity, *Papers in Land Management*, 10.

Ciutacu, C., Chivu, L. and Andrei, J.V. (2015). Similarities and dissimilarities between the EU agricultural and rural development model and Romanian agriculture challenges and perspectives, *Land Use Policy*, 44 (2015), 169-176.

Çakmak, B. (1994). *Konya-Çumra Sulamasında Su Dağıtım ve Kullanım Etkinliği.* AÜ. Fen Bilimleri Ens., Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD. Doktora Tezi, 134s. , Ankara.

Çalışkan, A. D. Ü., Ünal, H. B. (2005). Menemen Ovası Sulama Şebekesinin Arazi Toplulaştırması Öncesi ve Sonrası Durumunun Değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 422:109-120p. ISSN 1018-8851.

Çay, T., Satilmiş, R. (2020). Arazi Toplulaştırma Projelerinin Ekonomik Analizi: Üçhüyük Mahallesi, Çumra- Konya- Türkiye Örneği. Geomatik, 5 (2), 112-119. DOI: 10.29128/geomatik.581531 Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/geomatik/issue/52495/581531.

Çelebi, M. (2010). Toplulaştırmanın Karaman İlinde Sulama ve Diğer Tarımsal Faaliyetlerin Verimliliği Üzerinde Etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi (2), 1-6.

Çevik, B. (1974). *Konya İli Çumra-Karkın Köyünün Kültürteknik Sorunları ve Bu Sorunların Çözümünde Arazi Toplulaştırmasının Yeri ve Önemi Üzerinde Bir Araştırma.* ÇÜ. Ziraat Fakültesi, Yayın No: 52, 102 s., Ankara.

Coşkun, Z. (2008). Basınçlı Sulama Yöntemleri ve Su Tasarrufu. 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci DSİ Yurtiçi Bölgesel Su Toplantıları Sulama – Drenaj Konferansı, Bildiri Kitabı 10 – 11 Nisan 2008: 279–293, ADANA.

Demetriou, D. (2014). Land consolidation, *ResearchGate*, 10.1007/978-3-319-02347-2- 3, 1-67.

Demiraslan, M. (2019). *Kamu Yatırımlarına Yönelik Taşınmaz Ediniminin Arazi Toplulaştırma Çalışmalarıyla Sağlanması: Ankara-Niğde Otoyolu Gülağaç Bölümü Örneği*, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Aksaray.

Denig, E. ve Marıs, R. (1960). A priority scheme for Dutchland consolidation projects, *International Institutefor Land Reclamation and Improvement*, Wagenningen.

Devlet Su İşleri (DSİ) (2020). https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/784.

Eminoğlu, G. ve Çakmak, B. (2013). Burdur-Kemer-Elmacık Köyü Arazi Toplulaştırma Etkinliğinin Değerlendirilmesi, *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi.*

Erdoğan, N., Aytaç, A., Kırbıyık, N., Aytaç, H., Ünlü, F. ve Şen, N. F. (2003). Sulama Sistemlerinde Sulama Oranına Bağlı Performansın Arttırılması. *II. Sulama Kongresi Bildiriler Kitabı*, 16-19 Ekim 2003, s.74-85, Kuşadası Aydın.

Eser, O. ve Uçan, K. (2006). *Gaziantep Nurdağı Gedikli Köyü Arazi Toplulaştırması Etkinliği.* Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 44, Kahramanmaraş.

FAO (2003). The design of land consolidation pilot projects in Central and Eastern Europe, Rome.

Gençel, B., Türker, M., Parlak, Z., Yenice T. (2011). Arazi Toplulaştırması ve Modern Sulama Sistemlerinin Su Kullanımına Etkileri: Eskişehir Beyazaltın Örneği. *II. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi*, Ankara.

Görgün, Ş. İ. (2019). *Aydın-Koçarlı-Yeniköy Arazi Toplulaştırma Projesinin Toplu Damla Sulamada Proje Maliyetine Etkisi,* Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.

Kaya, M. (2020). Günümüzde Türkiye'de Yapılan Arazi Toplulaştırma Çalışmaları. CBS Ders Notları, http://193.255.248.22/CBS/1.OGRETIM_ODEVLERI/071205071%20Mehmet%2 0Kaya.pptx (Erişim tarihi: 23.02.2020).

Kendirli, B. (2012). *Kırsal Yerleşmeler Sunumu*, https://www.slideserve.com, [Ziyaret Tarihi: 27 Mart 2020].

King, R. and Burton, S. (1983). Structuralchange in agriculture: The geography of land consolidation, *Progress in Human Geography*, 7 (4), 471-501.

Kirmikil, M. (2010). *Sulama Proje Alanlarında Kırsal Alan Geliştirilmesi İçin Arazi Toplulaştırması Rolünün GIS Destekli Analizi*. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Bursa.

Kopeva, D., Noev, N. and Evtimov, V. (2002). Land fragmentation and land consolidation in the agricultural sector - A case study from Bulgaria, *Land Fragmentationand Land Consolidation in CEEC: A Gate towards Sustainable Rural Development in the New Millenium Symposium*, Münih.

Köse, T. (2009). *Arazi Toplulaştırmasının Sulama Sistemlerine Etkisi.* Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Küsek, G. (2014 a). Arazi Toplulaştırmasının Parsel Şekli ve Tarımsal Mekanizasyon Uygulamalarına Etkileri: Konya-Ereğli-Acıkuyu ve Özgürler Köyleri Örnekleri. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (2), 1-14.

Küsek, G. (2014 b). Türkiye'de Arazi Toplulaştırmasının Yasal Durumu ve Tarihsel Gelişimi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29:1, 1 – 6.

Küsek, G. (2014 c). Arazi Toplulaştırmasının Arazi Parçalılığı ve İşletme Ölçeğine Etkileri: Konya-Ereğli-Kuskuncuk Köyü Örneği, *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29 (2): 15-28.

Leenen, H. (2014). Land development in the Netherlands, ZFV– *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Land Management*, 2014-3, 166-172.

Maspero, H. (1978). *China in Antiquity,* University of Massachusetts Press.

Meha, M. (2004). Land consolidation in Kosovo and its impact on rural development, www.fig.net, [Ziyaret Tarihi: 27 Şubat 2020].

Nguyen, H. Q. & Warr, P. (2020). Land consolidation as technical change: economic impacts in rural Vietnam. World Dev. 127, 104750 (2020).

Ormancı, M. (2015). *Arazi toplulaştırmasının açık kanal ve yağmurlama sulama sistemlerinin yatırım maliyeti üzerine etkisinin belirlenmesi: Denizli-Tavas Kızılcabölük örneği.* Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 95, Aydın.

Özer, A. (2010). *Çanakkale Ili Biga ilçesi Yeniçiflik Köyü Arazi Toplulaştırması Sonrası Durumun İzlenmesi ve Değerlendirilmesi*. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.

Palmer, D., Munre-Faure, P. and Rembold, F. (2004). Land consolidation and rural development in Central and Eastern Europe, ZFV– *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformationund Land Management*, 2004-2, 132-134.

Pasakarnis, G. and Maliene V. (2010). Towards sustainable rural development in Central and Eastern Europe: Applying land consolidation, *Land Use Policy*, 27, 545-549.

Suha, S., Ar, C. ve Atakan, S. (2017). The Turkish experience in consolidation of irrigated land: productivity and efficiency implications, *17th World Bank Conference on Land and Poverty*, Washington, DC.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Sulama Alanlarında Arazi Düzenlemesine Dair Tarım Reformu Kanunu (1984). T.C. Resmi Gazete, 18592, 1 Aralık 1984.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Arazilerinin Korunması, Kullanılması ve Arazi Toplulaştırmasına İlişkin Tüzük (2009). T.C. Resmi Gazete, 27298, 24 Temmuz 2009.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım İşletmelerinin Yeterli Tarımsal Varlığa Sahip Olup Olmadığının Tespitine Dair Yönetmelik (2003). T.C. Resmi Gazete, 25005, 26 Ocak 2003.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu. (2005 a). T.C. Resmi Gazete, 25880, 19 Temmuz 2005.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu Uygulama Yönetmeliği (2005 b). T.C. Resmi Gazete, 26024, 15 Aralık 2005.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanununda Değişiklik Yapılması Hakkında Kanun (2007). T.C. Resmi Gazete, 26429, 09 Şubat 2007.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2021). Arazi toplulaştırması [Ankara İl Tarım ve Orman Müdürlüğü]. https://ankara.tarimorman.gov.tr/Belgeler/liftet/arazitoplulastirmasi.pdf adresinden edinilmiştir.

Takka, S. (1993). *Arazi Toplulaştırması*, Kültür teknik Derneği Yayınları, No: 1, 248 s., Ankara.

Tekelioğlu, Y. (2010). Toprak reformu ve Türkiye uygulamaları, *Akdeniz İİBF Dergisi*, 10(19), 43-80.

Temel, M. (2013). *Kırsal alanların korunarak kalkınmasında ve planlanmasında bir araç olarak arazi toplulaştırması: Avrupa Birliği-Türkiye karşılaştırması*, Gazi Üniversitesi fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

TRGM (2010). Tarım Reformu Genel Müdürlüğü faaliyet Raporları.

Türker M ve Gencel, B. (2010 a). Türkiye'de Arazi Toplulaştırması ve Modern Sulama Sistemlerinin Sulama suyu Tasarrufuna Etkileri, *Uluslararası Su ve Atık Su Yönetimi Sempozyumu 26-28.10.2010*, Konya.

Türker, M. ve Gençel, B. (2010 b). Türkiye'de Arazi Toplulaştırması ve Modern Sulama Sistemlerinin Sulama Suyu Tasarrufuna Etkileri. *Uluslararası Su ve Atık Su Yönetimi Sempozyumu,* Konya.

Uimonen, M. (2004). *Actualdevelopments of landconsolidation in Finland*, Proceedings of Symposium on modern landconsolidation, France.

Van Dijk, T. (2003). *Dealing with Central European land fragmentation*, Eburon, Delft.

Vitikainen, A. (2004). An overview of land consolidation in Europe, *Nordic Journal of Surveying and real Estate research*, 1 (1).

Yağanoğlu, A.V. (2003). Sulama Projelerinde Arazi Toplulaştırmasının Gerekliliği. *II. Sulama Kongresi Bildiriler Kitabı*, 16-19 Ekim 2003, s. 261-267, Kuşadası Aydın.

Yağanoğlu, A.V., Okuroğlu M., Hanay A. (2000). *Arazi Toplulaştırması*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları. No: 159, 169s, Erzurum.

BÖLÜM 13

HAYVAN GÜBRESİNDEN BİYOGAZ ÜRETİM POTANSİYELİNİN BELİRLENMESİ: KARAMAN İLİ ÖRNEK HESAPLAMA

Doç. Dr. | Tanzer ERYILMAZ[1]

Dr. | Murat ERTUĞRUL[2]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343687

[1]Doç Dr., Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Yozgat, Türkiye, tanzer.eryılmaz@bozok.edu.tr, Orcid ID: https://orcid.org/0000-0002-2340-8362

[2] Dr, Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü Tarım Makineleri Programı, Yozgat, Türkiye, murat.ertugrul@bozok.edu.tr, Orcid ID: https://orcid.org/0000-0001-9582-1546

GİRİŞ

Ülkelerin gelişmişlik seviyeleri kişi başına enerji tüketimi belirlemektedir. Dünya enerji arzında fosil yakıtlar önemli bir yere sahiptir. Fosil yakıtların üretimde çevreye zarar verildiği bilinmektedir. Bu sebepten dolayı enerji kaynakları çevreye vereceği etkiler ile değerlendirilmektedir. Fosil yakıtların yakın gelecekte tükenecek olması ihtimali yeni enerji kaynakların araştırılmasını ve kullanılmasını zorunlu hale getirmektedir. Ülkelerin fosil yakıt üretene ülkelere bağımlı olması çeşitli ekonomik ve siyasi sorunlara neden olmaktadır. Bu durumların neticesinde fiyat istikrasızlıklarına yol açmaktadır. Yeni enerji kaynkaları hidrolik, jeotermal, güneş, rüzgâr, biyokütle, dalga, hidrojen vb. olan yenilenebilir enerji kaynakları üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır (Aksüt vd.,2022).

Bitkisel, hayvansal ve organik kökenli tarımsal ve endüstriyel atıklardan oluşan biyokütle enerjisi yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde önemli bir konumda bulunmaktadır (Aksu, 2019). Biyokütle enerjisinden faydalı yararlanma yöntemi doğrudan yakma haricinde farklı biyoyakıtlar elde edilerek kullanılabilmektedir. Farklı biyoyakıtlardan birisi ise biyogaz elde edilmesidir. Biyogaz bitkisel ve hayvansal atıklardan elde edilen yanıcı bir gaz özelliği taşımaktadır (Kapluhan, 2014). Enerjiden yoksun bölgelerin gelişimine katkı sağlanmasında ve istihdamın artırılmasında biyokütle enerjisinin önemi artmaktadır (Yenigün vd.,2021). Biyogaz teknoloji çevresel sorunlara neden olan organic atıkları dönüştürerek etkisiz hale geitmesi ile öne çıkmaktadır (Yokuş vd., 2012; Abdeshahian vd.,2016).

Biyogaz, biyokütlenin oksijensiz ortamda fermante edilmesi ile renksiz, kokusuz, havadan hafif, parlak, mavi alevli ve içeriğide yaklaşık olarak; % 40-70 CH_4, % 30-60 CO_2, % 0-3 H_2S ile az miktarda N ve H bulunan biyogaz karışımdan oluşmaktadır (Cevik, 2016). Biyogazın; gaz içeriğine göre CH_4 oranın ısıl değeri 17-25 MJ/m^3 aralığında değişmektedir (Gül, 2014).

Dünyada büyükbaş hayvanların gübreleri en fazla biyogaz üretiminde kullanılmaktadır. Günlük gübre miktarları diğer hayvanların günlük gübre miktarına göre fazla olmasıdır. Besi sığırlarından elde edilen katı madde miktarı süt sığırlarına göre oranı daha düşük olmaktadır. Süt sığırlarında düşük metan gazı oranın elde edilmesi; gübre içeriğindeki lifler yüksek düzeyde çürümeye dirençli olduğu ve su ile lif içerikleri yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Yağlı vd., 2019).

Kümes hayvanların gübresinde biyolojik parçalanabilen daha fazla organik madde içermektedir. Bir tavuk başına yaş gübre oluşumu 0.08-0.125 kg/gün aralığında katı madde oranı ise ortalama %20-25 arasında bulunmaktadır. Gübrenin %55-65 aralığı da ise uçucu katı madde içermektedir. Kümes hayvanlarının gübresi önemli bir biyogaz kaynağı olduğunu göstermektedir (Görmüş, 2018).

Bu çalışma kapsamında, Karaman ili Merkez ve ilçelerinde hayvansal atıkların, biyogaz üretim potansiyelinin ve enerji eşdeğerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Karaman ilinde ileriye dönük proje ve araştırmalar için bir veri tabanı oluşturacaktır.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

1.1. Materyal ve Yöntem

Karaman İl Tarım ve Orman Müdürlüğünün 2022 yılı verileri kullanılarak, İldeki mevcut kümes, küçükbaş ve büyükbaş hayvan varlığından elde edilen atık miktarları ve biyogaz potansiyelinin hesabı yapılmıştır. Karaman ili 2022 yılı İl Tarım ve Orman Müdürlüğü verilerine göre, büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan işletme sayıları ilçelere göre dağılımı Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Karaman ili 2022 yılı hayvan işletme sayıları

İLÇE	BÜYÜKBAŞ	KÜÇÜKBAŞ	KANATLI
Ayrancı	192	1.040	145
Başyayla	137	71	58
Ermenek	773	259	396
Kazımkarabekir	75	240	35
Merkez	1.505	2.630	1142
Sarıveliler	787	151	231
TOPLAM	**3.469**	**4.391**	**2007**

Hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz potansiyelinin belirlenebilmesi amacıyla, Karaman merkez ve ilçelerine ait hayvan sayıları ele alınmış, gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Değerlendirmelere esas olan veriler TUİK ve Karaman İl Tarım ve Orman Müdürlüğü'nden temin edilmiştir.

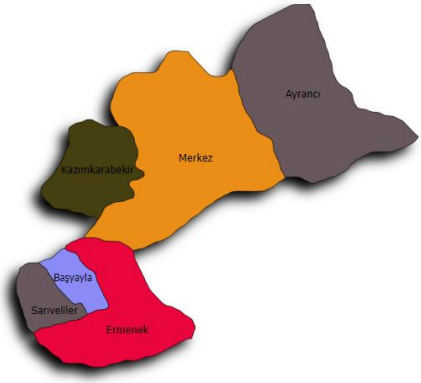
Büyükbaş hayvanlarda canlı ağırlık ortalama 450 kg, küçükbaş hayvanlarda ise ortalama 50 kg ve kanatlılarda ise 2 kg alınmıştır (Yokuş 2011).

Büyükbaş hayvanlarda atık miktarı 10-20 kg/gün (yaş) atık verimi kabul edilmektedir. Günlük atık miktarı ise canlı ağırlığın %5-6'sı da günlük atık miktarı olarak alınmaktadır. Küçükbaş hayvanlarda günlük atık miktarı 2 kg (yaş)/gün veya canlı ağırlığın %4-5'i olarak kabuledilebilmektedir. Kanatlı hayvanlarda ise günlük atık miktarı 0.08-0.1 kg (yaş) veya canlı ağırlığın %3-4'ü kabul edilebilmektedir (Yokuş 2011).

Hayvansal atıklar ile ilgili kabuller; büyükbaş hayvanlar için 2.02 kg, küçükbaş hayvanlar için 0.0975 kg, kanatlı hayvanlar için ise 0.035 kg günlük katı madde atık üretimi hesaplanmıştır. Bu değerler kullanılarak Karaman ili ve ilçeleri yıllara göre biyogaz verim hesaplanmıştır. Hesaplamalarda 1 ton katı hayvansal atıktan elde edilen biyogaz miktarı 200 m^3 ve biyogazın ısıl değeri 22.7 MJ/m^3 olarak alınmıştır (Yokuş, 2011).

1.2.Çalışma Alanı

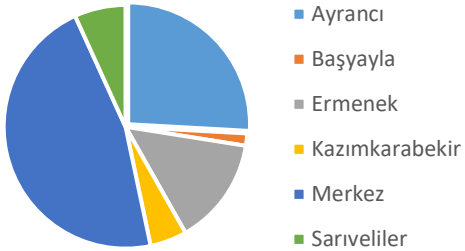
Karaman, 37.11 kuzey enlemleri, 33.15 doğu boylamları arasında İç Anadolu Bölgesinin güneyinde yer alır. Kuzeyinde Konya, güneyinde Mersin, doğusunda Ereğli, güneydoğusunda Silifke, batısında Antalya ili bulunmaktadır. Deniz seviyesinden 1033 metre yükseklikte yer almaktadır. İlin genel yüzölçümü 8869 km²'dir. Şekil 1'de Karaman ilinin merkez ilçe dahil 6 ilçesi vardır. Bunlar; Merkez ilçe, Ayrancı, Başyayla, Ermenek, Kazımkarabekir ve Sarıveliler'dir (Anonim, 2023a). Tablo 2'de Karaman ilinin merkez ve ilçelerinin yüzölçümleri verilmiştir.



Şekil 1: Karaman merkez ve ilçeleri haritası

Tablo 2: Karaman ilinin ilçelere göre yüzölçümü (Anonim, 2023b)

İLÇE	Yüz Ölçümü (km^2)
Ayrancı	2245
Başyayla	141
Ermenek	1242
Kazımkarabekir	423
Merkez	4036
Sarıveliler	590



Karaman Merkez ve ilçelerinin 2022 yılına ait büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı (kümes hayvanı) sayıları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: Karaman ili 2022 yılı hayvan sayıları (TÜİK, 2023)

İLÇE	BÜYÜKBAŞ	KÜÇÜKBAŞ	KANATLI
Ayrancı	7179	246405	4741
Başyayla	1472	9835	475
Ermenek	4901	47820	10016
Kazımkarabekir	2807	41989	1022
Merkez	44877	523542	1404989
Sarıveliler	4294	19365	2576

2. BULGULAR VE TARTIŞMA

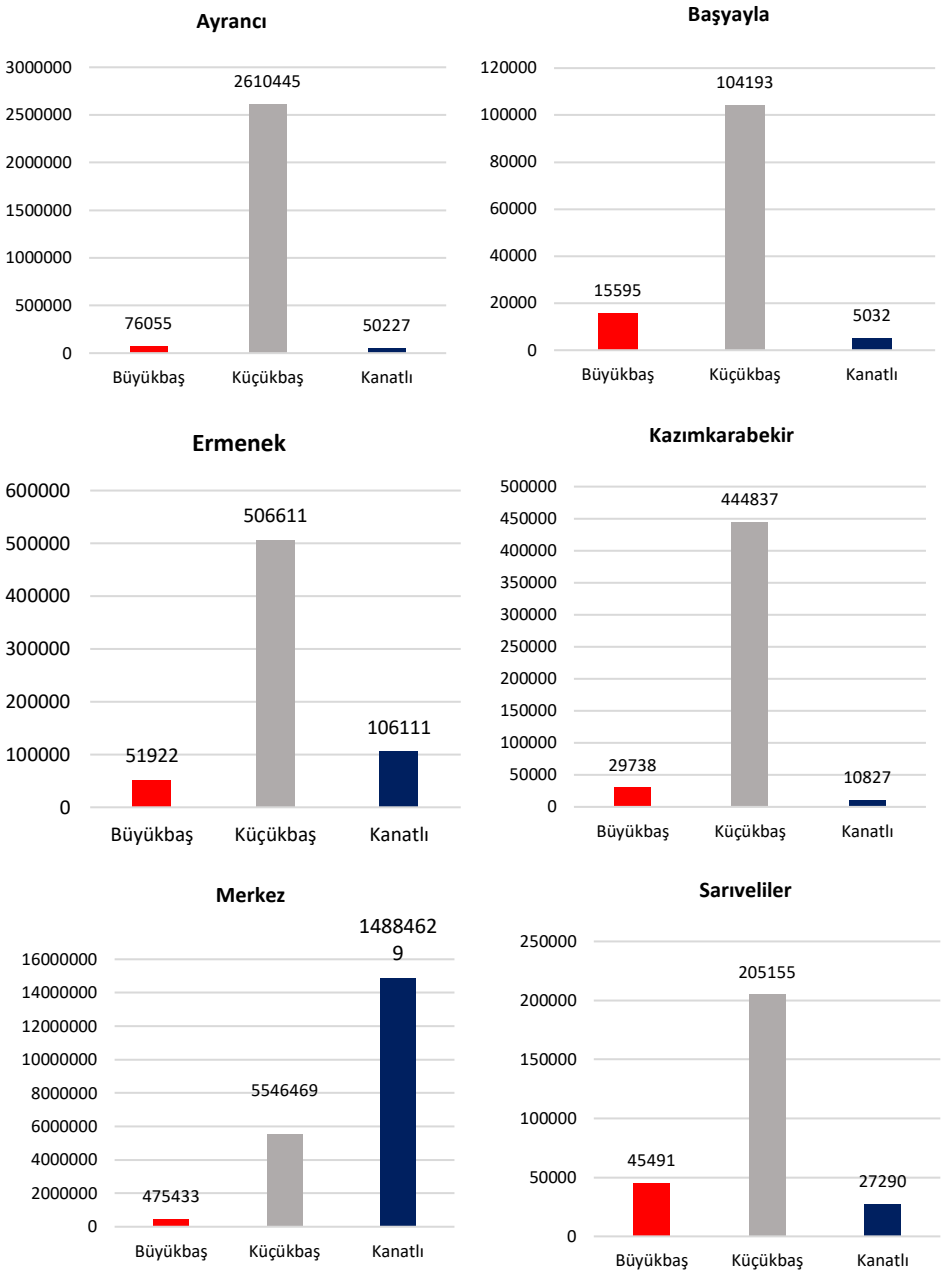
Karaman ilinde kanatlı hayvan yetiştiriciliği yüksek sayıda yapılmaktadır. Kanatlı hayvan yetiştiriciliğinin çoğunluğunu yumurta tavukçuluğu oluşturmaktadır. Bunun yanında küçükbaş hayvancılığı da önemli bir yer tutmaktadır. Büyük ölçüde mera hayvancılığı yapılan küçükbaş türleri olarak; koyun ve keçi beslenmektedir. Diğer taraftan büyükbaş besi hayvancılığı da gittikçe artış göstermektedir. İlin hayvan varlığı, ilçelere göre Tablo 4'te gösterilmiştir. Tablo 4 verilerine göre Karman ili genelinde toplamda 2378305 adet hayvan varlığı bulunmaktadır. İlin hayvan varlığının ilçelere göre dağılımı Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Hayvan sayısına göre elde edilebilir atık miktarları

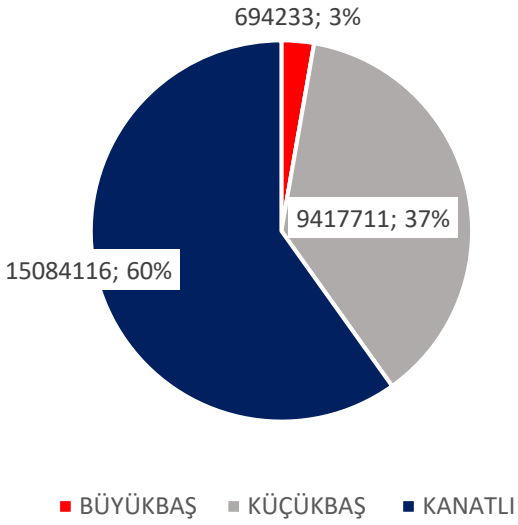
İLÇE	BÜYÜKBAŞ Atık Miktarı (ton/yıl)	KÜÇÜKBAŞ Atık Miktarı (ton/yıl)	KANATLI Atık Miktarı (ton/yıl)
Ayrancı	76055	2610445	50227
Başyayla	15595	104193	5032
Ermenek	51922	506611	106111
Kazımkarabekir	29738	444837	10827
Merkez	475433	5546469	14884629
Sarıveliler	45491	205155	27290

Şekil 2'ye göre Ayrancı, Başyayla, Ermenek, Kazımkarabekir, Merkez ve Sarıveliler ilçelerinde küçükbaş hayvanların yoğun olduğu, Merkez ilçede ise kanatlı hayvan sayısının yüksek olduğu görülmektedir. Büyükbaş olarak da en fazla Merkez ilçesinde bulunmaktadır.

Araştırmada, hayvan sayılarına göre elde edilebilir atık miktarı hesaplanmış ve Tablo 4'te verilmiştir. Bu tabloya göre; Karaman ilindeki atık miktarı yıllık 351573 tondur. Şekil 3'e göre, bu atığın büyük çoğunluğu (%60) kanatlı hayvan gübresinden elde edilmektedir. İlçeler bazında da yarısından fazlası Merkez ilçeden sağlanmaktadır. Diğer ilçelerde ise bibirine yakın değerler gösterilmiştir.



Şekil 2: İlçeler bazında ve hayvan türüne göre atık miktarı

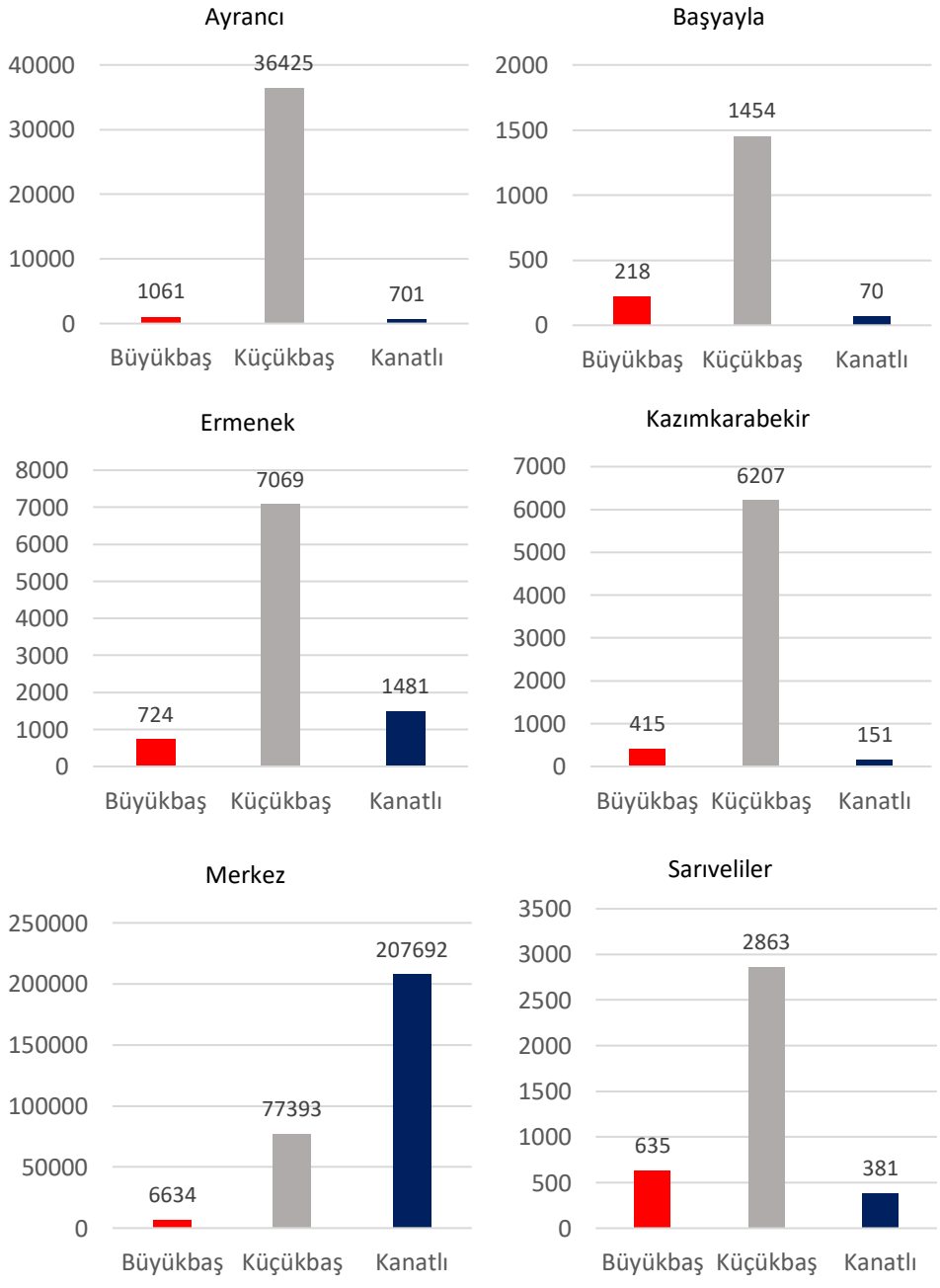


Şekil 3: Hayvan türüne göre atık miktarı

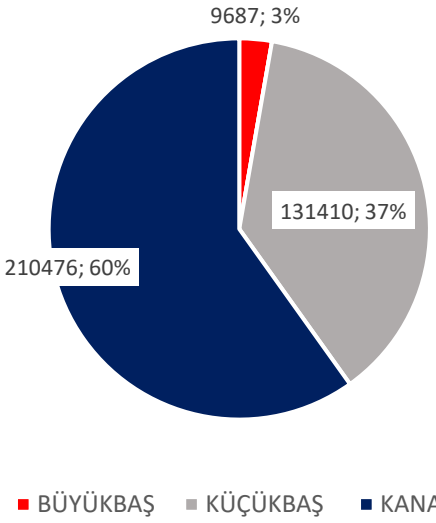
Kullanılabilir atık miktarından hesaplanan İl genelinde üretilebilecek biyogaz potansiyeli Tablo 5'te verilmiştir. Verilere göre yıllık üretilebilecek biyogaz miktarı 351573 m^3 'tür. Bu değerin %60'ı kanatlı hayvan atığından elde edilmektedir. Geri kalan %37'si küçükbaş ve %3'ü de büyükbaş hayvanlardan sağlanmaktadır. Bu durum Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekil 3'te ilçe bazında en büyük biyogaz potansiyelinin Merkez ilçesi olduğu görülmektedir.

Tablo 5: Hayvanların yılda ürettikleri gübre miktarlarına göre biyogaz üretim potansiyeli

İLÇE	**BÜYÜKBAŞ** Biyogaz Miktari (m^3/Yıl)	**KÜÇÜKBAŞ** Biyogaz Miktari (m^3/Yıl)	**KANATLI** Biyogaz Miktari (m^3/Yıl)
Ayrancı	1061	36425	701
Başyayla	218	1454	70
Ermenek	724	7069	1481
Kazımkarabekir	415	6207	151
Merkez	6634	77393	207692
Sarıveliler	635	2863	381
TOPLAM	**9687**	**131410**	**210476**



Şekil 4: İlçeler bazında ve hayvan türüne göre biyogaz



Şekil 5: Hayvan atıklarından elde edilebilir biyogaz potansiyeli (%)

İlin biyogaz enerji potansiyelinin enerji kaynaklarındaki karşılığı Tablo 6'da verilmiştir. Tablo incelendiğinde; biyogaz potansiyelinin yıllık 7980706 GJ ve günde 886745 kWh elektriksel eşdeğeri olduğu hesaplanmıştır.

Tablo 6: Toplam yıllık elde edilebilir enerji potansiyeli ve günlük elektriksel eşdeğeri

Hayvan Türü	Elde Edilebilir Enerji Potansiyeli (GJ/yıl)	Elektriksel Eşdeğeri (kWh/gün)
Büyükbaş	219894	24433
Küçükbaş	2983005	331445
Kanatlı	4777806	530867
TOPLAM	**7980706**	**886745**

3. SONUÇ

Türkiye, iklimsel özellikleri sayesinde tarım ve hayvancılık konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. Ülkemizin aynı zamanda gelişmekte olan ülkeler arasında bulunmasından dolayı enerjiye olan talep her geçen gün artmaktadır. Yenilebilir enerji kaynaklarının araştırılması ve kullanılması enerji güvenliği için önem arz etmektedir. Milli ve yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde olan biyokütle enerjisinin ülkemiz için önemli bir kaynak olduğu bilinmektedir. Biyokütleden de biyogaz elde edilmesi günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hayvansal, bitkisel ve endüstriyel organik atıklar önemli bir biyogaz potansiyeli meydana getirmektedir. Karaman ilinin hayvan varlığına göre biyogaz potansiyeli ve enerji eşdeğeri hesaplanmıştır. Buna göre ilin hayvan varlığına göre elde edilebilir yıllık 351573 m^3 biyogaz potansiyeli olduğu görülmektedir. Bunun da elde edilebilir enerji potansiyeli yıllık 7980706 GJ ve elektriksel eşdeğeri günde 886745 kWh'tır. İlçeler bazında da en yüksek elde edilebilir biyogaz potansiyeli Merkez ilçenin sahip olduğu görülmektedir. Sonuç olarak; Karaman ilinde kurulacak biyogaz tesisinin hem ekonomik hem de kırsal kalkınma açısından başta bölge illeri olmak üzere Türkiye'ye önemli katkılar sunacağı düşünülmektedir. Kurulacak tesisin, Merkez ilçeye yakın bir konumda kurulmasının taşımacılık açısından uygun olacağı söylenebilir.

KAYNAKÇA

Abdeshahian P, Lim JS, Ho WS, Hashim H, Lee CT. (2016). Potential of biogas pro-duction from farm animal waste in Malaysia. Renew Sustain Energy Rev. 2016;60:714e23. http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.

Aksu, Y. (2019). Amasya İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Belirlenmesi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. (Yüksek Lisan Tezi). Tokat.

Aksüt, B., Dursun, S.K., Ergüneş, G. (2022). Determination of Biogas Potential from Animal Waste in Tokat Province, Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 10(5): 958-963.

Anonim, (2023a). T.C. Karaman İli Valiliği, İlin Coğrafi Bilgileri, http://www.karaman.gov.tr/ilin-cografi-bilgileri.

Anonim, (2023b). Karaman'ın İlçeleri, https://tr.wikipedia.org/wiki/Karaman%27%C4%B1n_il%C3%A7eleri.

Çevik, A. (2016). Çanakkale ilindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyelinin Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale.

Görmüş, C. (2018). Türkiye' deki hayvan gübrelerinin biyogaz enerji potansiyelinin belirlenmesi, Yüksek Lisans tezi, Tekirdağ Namik Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.

Gül, A. (2014). Sebze ve Meyve Atıklarının Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kapluhan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu, Marmara Coğrafya Dergisi 30 (2014): 97-125.

TÜİK. (2023). Tarım: Hayvancılık İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1.

Yağlı, H., Koç, Y. (2019). Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Adana İli Örnek Hesaplama" (Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi) Sayı:34(3), ss.35-48.

Yenigün, İ., Gülşen, H., Yenigün, A. (2021). Determination of biogas potential from animal waste in Mardin province, DÜMF Mühendislik Dergisi 12:3 (2021): pp. 479-486.

Yokuş, İ., 2011. Sivas İlindeki Hayvansal Atıkların Biyogaz Potansiyeli. (Yüksek Lisans Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Ankara.

BÖLÜM 14

BUĞDAY ÜRETİM MALİYETLERİ VE ÜRETİCİLERİN ÇEŞİT TERCİHLERİNİN İNCELENMESİ:

YOZGAT İLİ SARIKAYA İLÇESİ ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi | Tuba ALBAYRAK[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343744

[1]Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, Yozgat, Türkiye. E-mail: tuba.albayrak@bozok.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3745-8352

GİRİŞ

Dünyada üretim tarımla başlamış ve tarımsal üretim tarih boyunca bütün canlılar için büyük önem taşımıştır. Tahıl bazlı ürünlerin insanların düzenli beslenmesinin önemli bir parçası olduğu ve olmaya devam ettiği gerçektir. Besleyici özellikleri, onları insan vücudu için önemli enerji kaynakları olarak önermektedir. Bu ürünlerin popülerliğine katkıda bulunan diğer faktörler arasında dünya çapında yayılması, satın alınabilirliği ve yaygın tercih/kabul görmesi yer almaktadır.

Türkiye ise, ekmeğin hammaddesi olan buğdayın anavatanı olarak kabul edilen Anadolu toprakları üzerine kurulu bir ülkedir. Anavatanı Anadolu olarak kabul edilen buğday üretimi ülkemizde önemli bir yere sahiptir. Tarım sektörü, insanların beslenmesi, istihdamı, ekonomiye katkısı ve ihracat potansiyeli bakımından büyük önem taşımaktadır (Olgun vd., 1999; Yıldız vd., 2013; Karabak vd., 2013;Kızılarslan, 2004; Sade vd., 1999). Buğday (Triticum), buğdaygiller (Poaceae) familyasından olup, bütün dünyada en fazla üretilen ve tüketilen bir hububat çeşididir. Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte gıda ihtiyacı çok fazla olacak; gelişmekte olan ülkeler doğal gıdalara yönelirken gelişmiş ülkeler genetiği değiştirilmiş gıdalara yönelecektir. (Tan, 2010; Şen, 2005; Oğuz vd., 1999). Buğday, çok büyük üretici kitlesini ilgilendirmekle beraber temel besin gıdası olan ekmeğin hammaddesini oluşturması bakımından çok önemli bir üründür. Ülkeler her Global krizde stoklamaya yönelmişler, ihracat kısıntına ya da yasaklama yoluna gitmişler (gıda milliyetçiliği), bireyler ise gıda temin güvensizliği ve panikle temel ürünlerde stoğa yönelmişlerdir. Geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip olan buğday, üretim bakımından Türkiye'nin neredeyse her bölgesinde yapılmaktadır. Buğday başta ekmek olmak üzere un, makarna, bulgur, nişasta gibi maddelerin üretilmesine ek olarak sap ve samanından hayvan yemi olarak faydalanılmaktadır. Üreticinin buğday üretimine devam edebilmesi için birim alandan yeterli ürün elde etmesi gerekmektedir. Arazinin kıt ve makro anlamda üretilemez olması, eldeki mevcut arazilerden daha fazla ürün alınması için tarımsal üretim araçlarının daha etkin ve verimli kullanılması problemini ortaya çıkarmaktadır (Altıntaş ve Altıntaş, 2012; Uzundumlu, 2011; Yazar vd., 2005). Maliyet, yapılan masraflardır ve diğer tüm ekonomik sektörlerde olduğu gibi tarım sektöründe de işletme faaliyet sonuçlarının ekonomik analizi açısından

önem taşımaktadır. Genel olarak buğday tarımında işgücü talebi, aile işgücü varlığı ile karşılanmakta ve geçici yabancı işgücü çalıştırılmamaktadır. Masraf unsurları sıralandığında işçilik (sürüm, kültivatör, tırmık, ekim),tohumluk, bitki koruma ve mücadele, hasat ve harman, gübreleme, arazi kirası, materyal, pazarlama, sigorta bedeli, genel idare masrafları ile sermayenin faizi temel alınmıştır.

Buğday, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de ekiliş ve üretim bakımından ilk sırayı alan önemli kültür bitkilerinden biridir. Bitkisel Üretim Anketi (http://www.turkstat.gov.tr/) sonuçlarına göre, buğday ekilen alanlar %48,9 ile toplam ekili alanda en büyük ekili alanını oluşturmaktadır. Buğday üretimi, %29,8 ile hububat üretiminde başta gelmektedir. Toplam hububat alanından elde edilen ürünlerin dağılımı değerlendirildiğinde, %58,1 ile buğday üretimidir. Modern kültür bitkilerinden yüksek verimli çeşitleri baskınlık gösterse de bazı bölgelerde yerel çeşitler hala ekilmektedir. Modern buğday çeşitleri genel olarak Batı Anadolu'nun sulanabilir ve vadi tabanı arazilerinde yoğunlaşırken, çiftçiler kendi hane kullanımları için ekmeklik ve makarnalık yerel buğday çeşitleri üretimine hala devam etmektedir (Tan, 1996; Tan, 2002). Türkiye'de birim alandan elde edilen buğday tane verimi dünya ortalamasının altındadır (Anonim 2005). Dünya ortalamasının üzerine çıkartılabilmesi için yüksek verim potansiyeline sahip çeşitlerin ekilmesi öncelik taşımaktadır. Buğday, ithal edilen tarımsal ürünlerin başında gelmektedir (Armağan, 2008). Çin Halk Cumhuriyeti I, yılda 131.447.224 ton üretimle dünyanın en büyük buğday üreticisidir. 99.700.000 ton yıllık üretim ile Hindistan ikinci sırada yer alıyor. Yıllık 72.136.149 ton üretimle Rusya Federasyonu, üçüncü sırada buğday üreticisidir. 20.000.000 ton üretimiyle Türkiye 11 olarak sıralanmıştır.

Ülkelere Göre Dünya Buğday Üretimi

Ülke	Üretim (Ton)	Kişi Başı Üretim (Kg)	Yüzölçümü (Hektar)	Verim (Kg / Hektar)
Çin Halk Cumhuriyeti	131.447.224	94,304	24.268.794	5.416,3
Hindistan	99.700.000	74,599	29.580.000	3.370,5
Rusya Federasyonu	72.136.149	491,133	26.472.051	2.725
Amerika Birleşik Devletleri	51.286.540	156,474	16.027.750	3.199,9
Fransa	35.798.234	531,944	5.231.615	6.842,7
Kanada	31.769.200	853,699	9.881.000	3.215,2
Pakistan	25.076.149	124,218	8.797.227	2.850,5
Ukrayna	24.652.840	583,308	6.619.600	3.724,2
Avustralya	20.941.134	835,993	10.919.180	1.917,8
Almanya	20.263.500	244,903	3.036.300	6.673,7
Türkiye	20.000.000	247,493	7.288.622	2.744

Şekil 1: Buğday tane verimi dünya ortalaması

Aynı tarladaki bir buğday bile birbirinden farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılığa iklim, toprak ve çeşit etki eder. Buğday kalitesini belirlemede kullanılan en önemli etken protein miktarıdır (Kıral ve Kasnakoğlu, 1999). Ünal (2012) ülkemizdeki protein miktarını ekmeklik buğdaylarda % 10-15; makarnalık buğdaylarda % 11-17 arasında değiştiğini bildirmektedir. Protein miktarına çevresel ve kalıtsal faktörler etki eder ve çevresel faktörlerin başında toprak verimliliği, sıcaklık, yağış miktarı ve hastalıklar oluşturur (Taşcı ve Oğuz, 2014; Polat vd., 2010; Korkut vd., 1993; Tosun ve Yurtman, 1973). Çevreden çok fazla etkilenmesine rağmen kalıtsal özelliği en önemli etkisini oluşturur.

Buğday yetiştirilen tarım işletmelerinde toprak genellikle 5 defa sürülmektedir. Buğdayın ekimi mibzer ile Ekim ayında yapılmaktadır. İşletmelerde genellikle bir önceki yılın üretiminden ayrılan tohum kullanılmaktadır. Ekimden önce tohum, toprak altı zararlılarına karşı ilaçlanmaktadır. Alt gübrelemesi genellikle ekimle birlikte yapılmakta ve bu amaçla DAP ve kompoze gübre (20.20.0) kullanılmaktadır. Üst gübresi ise gübre dağıtma makinası ile verilmekte ve üst gübre olarak üre ve amonyum nitrat türevleri kullanılmaktadır. İlçede buğday tarımında yabancı ot mücadelesi için genellikle herbisitler kullanılmaktadır. İşletmelerde kullanılan tohumun önemli bir kısmını bir önceki yılın üretiminden ayrılan ürünler oluşturmakta ve bunlar selektörden geçirilmekte ve ilaçlanarak ekilmektedir. İşletmelerde bitki besin maddesi olarak 9,19 kg azot ve 7,26 kg fosfor

kullanılmakta olup, birim alana toplam gübre kullanımı 16,45 kg/dekardır. İşletmelerde hastalık ve zararlılar ile mücadele için etkili madde olarak toplam 67,42 gram/dekar pestisit kullanıldığı belirlenmiştir. (Gündoğmuş,1996). Buğdayda verim ve kalitenin kullanılan çeşide, bölgenin ekolojik yapısına ve uygulanan kültürel işlemlere göre değiştiğini göstermektedir (Arsoy ve Oğuz, 2005; Aydemri 2001; Alemdar vd., 2014; Açıl, 1973; Kumbasaroğlu Tosun, 1987; ve Dağdemir, 2010; Naneli vd., 2015). Aydoğan vd. (2012) İklimsel olarak Yozgat'a benzeyen Konya ilinde yaptıkları bir çalışmaya göre kuru koşullardaki yetiştiricilikte tane verimi bakımından Kızıltan-91, bin tane ağırlığı bakımından Mirzabey-2000 çeşitleri ve sulu koşullarda ise tane verimi bakımından Ç-1252 öne çıkmıştır.

Bu çalışmanın amacı Yozgat İli Sarıkaya İlçesinde buğday üreten işletmelerde buğdayın üretim maliyetini belirlemek, buğday çeşidi tercihinde göz önüne alınan nedenleri tespit etmektir. Bundan sonra konuyla ilgili yapılacak çalışmalara bir katkı sağlaması amaçlanmaktadır. Bu çalışmanın amacı bölge çiftçisi için ekonomik anlamda büyük öneme sahip buğdayın üretim maliyetini hesaplayarak yüksek verimli çeşitleri belirlemektir. Sarıkaya ilçesindeki çiftçilerin yüksek verim sağlayan buğday çeşitlerine yönlenmesine öncülük etmesi hedeflenmektedir. Çalışma ile belirlenecek olan yüksek verimli buğday potansiyeli, bölgeye yapılacak kamu ve özel yatırımlara kaynak oluşturacaktır.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmanın ana materyalini 10 köyde 50 işletmeden elde edilen veriler kullanılarak anket yapılmıştır. Veriler 2018- 2022 buğday üretim sezonuna aittir. Anket verileri bölgede buğday hasat edildikten sonra Temmuz- Eylül aylarında çalışma araştırıcısı tarafından toplanmıştır. Çalışmada ayrıca daha önce konu ile ilgili yayınlanmış araştırma sonuçlarından, kurum ve kuruluşların istatistiki verilerinden yararlanılmıştır. Araştırmada işletmelerden toplanacak bilgilerle elde edilecek bulguların doğruluğunu arttırmak ve popülasyondaki farklı bölümlerin yeterince temsil edilmesini sağlamak (Güneş ve Arıkan 1985) amacıyla tabakalı örnekleme metodu kullanılmıştır. Çalışma verilerinin analizinde PSPP ve Jamovi istatistik programları kullanılmıştır.

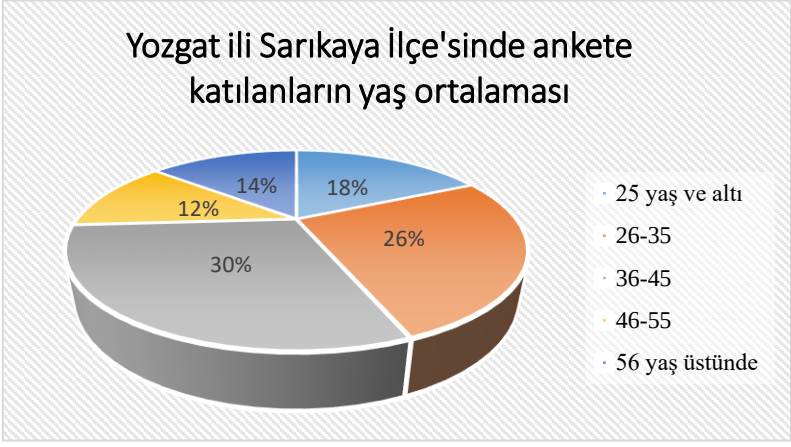
Maliyet hesapları yapılırken aşağıdaki formüllerden faydalanılmıştır.

Kg Maliyeti= Masraflar Toplamı/ Ortalama ürün verimi* Ürün birim fiyatı

Net Gelir= Yan ürün verimi* Yan ürün geliri + Ortalama verim* Ürün birim fiyatı - Masraflar Toplamı

2. BULGULAR

Yozgat ili Sarıkaya ilçesinde yapılan çalışma verilerine göre anketimize 15-25 yaş aralığında 9, 26-35 yaş aralığında 13,36-45 yaş aralığında 15, 46-55 yaş aralığında 6 ve 56 yaş üstünde ise 7 çiftçi katılım sağlamıştır.



Şekil 2: Yozgat ili Sarıkaya İlçe'sinde ankete katılanların yaş ortalaması

Bu katılımcılar Yukarısarıkaya, Burunkışla, Selimli, Babayağmur, Kadılı, Doğansaray, Çıkrıkçı, Bağlıca, Akbenliçiftliği ve Küçükçalağıl köylerinin çiftçileridir. Köyler belirlenirken ilçenin genel tarımsal üretim yapısı oluşturulmaya çalışılarak seçilmiştir. Aşağıda Maliyet kaleminin büyük bir unsuru olan tohum fiyatları yıllara göre çıkarılmıştır. Tarım ve Orman Bakanlığı buğday için ekim normunu 23 kg/da olarak belirlemesine rağmen bölge çiftçisi 26-27 kg/da'a kadar çıkarmaktadır. Katılımcılar özellikle ÇMVA (Çiftlik Muhasebe Veri Ağı) Çiftçilerinden seçilerek bilinçli bir örneklem oluşturulmaya çalışılmıştır. Maliyet hesaplarında bütünlük olması amacıyla ekim normu 25 kg/da 'da sabit tutularak hesaplar yapılmıştır.

Tablo 1: 2018-2022 yılları Buğday ton Tohum Fiyatları

YILLAR B.çeşidi (ton/tl)	2018	2019	2020	2021	2022
Eminbey	1.650	1.950	2.500	3.250	5.000
Kızıltan	1.600	1.900	2.600	3.100	5.000
Çeşit-1252	1.600	1.900	2.500	3.100	5.000
Mirzabey	1.750	2.000	2.750	3.400	5.000
Odesca	1.650	1.950	2.550	3.250	5.000
Troubadur	1.600	1.850	2.550	3.050	4.750

Sarıkaya ilçesinde yetiştirilen buğdayın %78'i Makarnalık, %22 'si ise ekmeklik buğdaydır. Makarnalık buğdayın %70'ini Kızıltan, %15'ini Çeşit-1252, %10'unu Eminbey ve kalan %5'lik kısmını ise Mirzabey, İmren gibi çeşitler oluşturmaktadır. Sarıkaya'da üretimi yapılan buğdayın %22'lik kısmını ekmeklik buğday oluşturmaktadır. Ekmeklik çeşitleri Tosunbey, Bayraktar-2000, Bezostaya-1, Ekiz, Gerek-79, Krasunia Odes'ka, Kenanbey, Seval ve ikizce-96, Pehlivan, Sönmez-01'dir. Ayrıca Vehbibey, Kunduru-1149, Mimmo ve Troubadur çeşitleri ise 2017-2018-2019 yıllarında Sarıkayalı üreticiler tarafından birer yıllık üretimle sınırlanmıştır. İstenen verim elde edilemeyince bu çeşitlerden vazgeçilmiştir. Tablo 2' de Yıllara göre buğday çeşidi tercihleri ve maliyetleri verilmiştir.

Sonuç olarak; 2018 yılında 291.233 dekar Makarnalık Buğday üretimini 3728 çiftçi yapmıştır. Aynı yıl 18.836 dekarlık alanda 274 çiftçi Ekmeklik Buğday yetiştirmiştir. Bu yıl bölge çiftçisi %93.15 Makarnalık buğdayın %65.21'lik kısmı Kızıltan, %13.97'lik kısmı Çeşit-1252, %9.31'lik kısmı Eminbey ve % 4.66'lık kısmını Mirzabey ve İmren çeşitleri oluşturmuştur. Ekmeklik buğdayı çiftçilerimizin %6.85'i tercih etmiştir. Bu çeşitlerin tercihi %1.71 Tosunbey, %1.50 Krasunia Odesca, %1.23 Bezostaya-01 %1.03 Pehlivan ve %0.68'ini İkizce-96 %0.34 Bayraktar ve kalan %0.36'sını Gerek 79, Demir-2000, Seval gibi çeşitler oluşturmaktadır.

2019 yılında 263.165 dekar Makarnalık Buğday üretimini 3672 çiftçi yapmıştır. Aynı yıl 10.995 dekarlık alanda 190 çiftçi Ekmeklik Buğday yetiştirmiştir. Bu yıl bölge çiftçisi %95.08 Makarnalık buğdayda %66.55'lik kısmı Kızıltan, %14.26 Çeşit-1252, % 9.50 Eminbey ve % 9.69'unu Mirzabey ve İmren çeşitleri oluşturmuştur. Ekmeklik buğdayı çiftçilerimizin %4.92'si

tercih etmiştir. Bu çeşitlerin tercihi %1.23 Tosunbey, %1.08 Krasunia Odesca, %0.88 Bezostaya-01 %0.74 Pehlivan ve %0.49'ini İkizce-96 %0.24 Bayraktar ve kalan %0.26'sını Gerek-79, Demir-2000, Seval gibi çeşitler oluşturmaktadır.

Tablo 2: Yıllara göre buğday çeşidi tercihleri ve maliyetleri

Masraflar					
Buğday Çeşidi	**Eminbey**	**Kızıltan**	**Çeşit-1252**	**Mirzabey**	**Kızıltan**
Yıllar	**2018**	**2019**	**2020**	**2021**	**2022**
Maliyet Kalemi					
Tarla Kirası	35	55	75	85	275
Gübreleme	45	60	75	85	360
İlk Sürüm	26	30	35	38	85
Kültivatör	12	15	20	22	45
Tohumluk	41,25	47,50	62,50	85	125
Tırmık	12	15	20	22	40
Ekim	12	16	25	27	60
Koruma ve Mücadele	12	15	20	23	68
Hasat ve Harman	12	18	20	23	85
Pazarlama	10	12	14	15	45
Sigorta Bedeli	3	4	6,5	8,5	41
Masraflar Toplamı/da	**220,25**	**287,50**	**373**	**433,50**	**1229**
Ortalama Verim (kg/da)	285	260	290	180	285
Ürün Birim Fiyatı (TL/kg)	1	1,5	1,8	2,9	6,7
Yan Ürün Verimi (kg/da)	180	180	180	160	150
Yan Ürün Geliri (TL/kg)	0,25	0,25	0,30	0,45	0,50
Kg / Maliyeti	0,77	1,10	0,71	0,83	0,64
NET GELİR/da	**109,75**	**147,50**	**203**	**160,50**	**755.50**

2020 yılında 235.225 dekar Makarnalık Buğday üretimini 3.297 çiftçi yapmıştır. Aynı yıl 8.027 dekarlık alanda 158 çiftçi Ekmeklik Buğday yetiştirmiştir. Bu yıl bölge çiftçisi %95.43 Makarnalık buğdayda %66.80'lik kısmı Kızıltan, %14.31 Çeşit-1252, %9.54 Eminbey ve % 9.35'ini Mirzabey ve İmren çeşitleri oluşturmuştur. Ekmeklik buğdayı çiftçilerimizin %4.57'si tercih etmiştir. Bu çeşitlerin tercihi %1.14 Tosunbey, %1.01 Krasunia Odesca, % 0.82 Bezostaya-01 %0.69 Pehlivan ve %0.46'sını İkizce-96 % 0.23 Bayraktar ve kalan %'0.22' sini Gerek-79, Demir-2000, Seval gibi çeşitler

oluşturmaktadır.

2021 yılında 275.078 dekar Makarnalık Buğday üretimini 3207 çiftçi yapmıştır. Aynı yıl 6.105 dekarlık alanda 47 çiftçi Ekmeklik Buğday yetiştirmiştir. Bu yıl bölge çiftçisi %98.56 Makarnalık buğdayda %68.99'luk kısmı Kızıltan, %14.78 Çeşit-1252, % 9.85 Eminbey ve % 6,38'ini Mirzabey ve İmren çeşitleri oluşturmuştur. Ekmeklik buğdayı çiftçilerimizin %1.44'ü tercih etmiştir. Bu çeşitlerin tercihi %0.36'sını Tosunbey, %0.32'sini Krasunia Odesca, %0.26'sını Bezostaya-01 %0.22'sini Pehlivan ve %0.14'ünü İkizce-96 %0.27 Bayraktar ve kalan %'sını Gerek-79, Demir-2000, Seval gibi çeşitler oluşturmaktadır.

2022 yılında 289.950 dekar Makarnalık Buğday üretimini 3808 çiftçi yapmıştır. Aynı yıl 5.931 dekarlık alanda 93 çiftçi Ekmeklik Buğday yetiştirmiştir. Bu yıl bölge çiftçisi %97.61 Makarnalık buğdayda %68.33'lük kısmı Kızıltan, %14.64 Çeşit-1252, %9.76 Eminbey ve % %5.27 Mirzabey ve %2'sini İmren çeşitleri oluşturmuştur. Ekmeklik buğdayı çiftçilerimizin %2.39'u tercih etmiştir. Bu çeşitlerin tercihi %0.60'ını Tosunbey, %0.53 Krasunia Odesca, %0.36'sını İkizce %0.36'sını Troubadur ve %0.19'u ise Pehlivan çeşididir.

Tablo 3: Sarıkaya'da Son 5 Yıla Ait Buğday Verileri

Sarıkaya'da Son 5 Yıla Ait Buğday Verileri		**Alan**	**Çiftçi Sayısı**	**Yüzdelik (%)**
2018	Makarnalık	291.233	3728	93.15
	Ekmeklik	18.836	274	6.85
2019	Makarnalık	263.165	3.672	95.08
	Ekmeklik	10.995	190	4.92
2020	Makarnalık	253.225	3.297	95.43
	Ekmeklik	8.027	158	4.57
2021	Makarnalık	275.078	3207	98.56
	Ekmeklik	6.105	47	1.44
2022	Makarnalık	289.950	3.808	97.61
	Ekmeklik	5.931	93	2.39

Sarıkaya'da Son 5 Yıla Ait Buğday Verileri

3. SONUÇ

Buğdayın kültüre alınması ve kullanımının tarihi, insanların kendilerini açlıktan koruma ve gıda kaynakları üzerinde kontrol sahibi olma çabalarıyla yakından ilişkilidir. Dünya'da birçok ülkede yetiştirilen buğday en önemli

besin kaynağı haline gelmiştir. Yüzyıllar boyunca ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) insanlara enerji ve temel besin maddeleri sağlamak için yetiştirilmiştir. Günümüzde Çin ve Hindistan en çok buğday üreten iki ülkedir, bunun nedeni buğdayın diğer benzer ürünlere kıyasla daha az su gerektirmesi ve modern, çoğunlukla kentsel yaşamda değerli olan çeşitli işlenmiş gıdaların ana maddesi olması avantajına sahip olmasıdır. Yüzyılı aşkın bir süredir ıslahçılar, tahıl verimini ve son zamanlarda teknolojik kaliteyi etkileyen faktörlere odaklanarak buğdayı sürekli olarak geliştirmiştir. Buğdayın farklı gıda ürünlerine işlenmesi için ideal olan özellikleri, glüteni oluşturan depolama proteinleri üzerinde yapılan detaylı araştırmalar sayesinde 1960'lardan bu yana büyük ölçüde geliştirilmiştir. Günümüzde ortak genetik kaynakların kullanımı, tanımlama, teknolojik işleme için ortak analitik protokoller ve özellikle iklimsel ve diğer çevresel faktörlere karşı dayanıklı çeşit geliştirme, karakterizasyonunu gibi araştırma alanlarında daha fazla ilerleme kaydedilmesi çok önemlidir. Tüketiciler besin değeri (lif, mineraller, makro ve mikro besinler, vitaminler) ve olumlu ya da olumsuz sağlık etkileri konusunda giderek daha bilinçli ve endişeli hale geldiğinden, teknolojik özellikler buğdayın kalite özelliği için yeterli ölçüt olamamaktadır. Dünya genelinde ekmeklik buğdayın önem ve geliştirme hedefleri olduğu gibi Türkiye'de de durum benzerdir (Atlı, 1999; Bayramoğlu vd., 2005; Çarkacı ve Elgun, 2010).

Türkiye'nin buğday çeşitlerini gen bankalarında (ex situ koruma) muhafaza etmek için iyi stratejisi olmalıdır ancak bunların çiftçi koşullarında muhafaza edilmesine (in situ muhafaza) daha fazla odaklanmalı ve organik tarım uygulamaları, coğrafi göstergeler kullanarak muhafaza ve sürdürülebilirlik stratejilerini geliştirmelidir. Dağlık üretim uygulamaları ve yerel ürünlere vurgu yapılmalıdır. Üreticilere verilen her bir destek zamanında ve buğday maliyeti dikkate alınarak verilmelidir. Sarıkaya gibi iklimsel koşulların elverişli olmadığı yerlerde destekler belirlenirken bölgesel dezavantajlara dikkat edilmelidir. Aynı şekilde Sarıkaya iklimi tohumluk buğday üretimi için elverişli olduğundan Çiftçinin yönlendirilmesi ona göre yapılmalıdır. Kuraklığın bir gerçek olduğunun farkına varılarak Tarım Sigortası yaptırılması önemi vurgulanmalıdır. Bölgeye uyum sağlayacak maliyeti düşük ve verimi yüksek çeşitler deneme parselleri kurularak belirlenmelidir. Sertifikalı tohum kullanılması önemlidir. İşçilik maliyetlerinin düşmesi için modern makineler kullanılmalı, birden fazla işlemi aynı anda yapan

ekipmanlardan faydalanılmalıdır. Ayrıca arazinin parçalı durumlarda maliyeti arttıracağı göz önüne alındığında arazi toplulaştırması yaygınlaştırılmalıdır.

KAYNAKÇA

Açıl, A.F. (1977). Tarımsal Ürün Maliyetlerinin Hesaplanması ve Memleketimiz Tarımsal Ürün Maliyetlerindeki Gelişmeler, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No:665, Ankara,1977.

Alemdar, T., Seçer, A., Demirdöğen, S., Öztornacı, B., ve Aykanat, S. (2014). Çukurova Bölgesinde Başlıca Tarla Ürünlerinin Üretim Maliyetleri ve Pazarlama Yapıları. Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, TEPGE. Proje No: Ç.Ü.-ZF2011BAP7. Tepge Yayın No: 230, Ankara. Altıntaş, G. 2009. Tokat, Amasya ve Yozgat İllerinde Yetiştirilen Bazı Tarım Ürünlerinin 2009 Yılı Üretim Girdi ve Maliyetleri. Toprak ve Su Kaynakları Tokat Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Basılı doküman. Tokat.

Altıntaş, G., Altıntaş, A., (2012). Tokat, Amasya, Yozgat ve Sivas yörelerinde yetiştirilen bazı tarım ürünlerinin 2012 yılı üretim girdileri maliyetleri. Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Yayınları. Enstitü Yayın No: 253-P-22. 2012 Tokat.

Anonim, (2001). Türkiye'de bazı önemli bölgeler için önemli ürünlerde girdi kullanımı ve üretim maliyetleri, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü. Yayın No: 64. Ankara.

Anonim (2005). Yozgat Tarım İl Müdürlüğü Kayıtları. Birinci, A. ve Küçük, N. 2004. Erzurum İli Tarım İşletmelerinde Buğday Üretim Maliyetinin Hesaplanması. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 35(3-4), 177-181.

Anonim, (2016). T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Verileri. http://www.tarim.gov.tr/Konular/Makro-Ekonomik-Gostergeler Anonim, 2016b.

Arısoy, H., Oğuz, C, (2005). Tarımsal araştırma enstitüleri tarafından yeni geliştirilen buğday çeşitlerinin tarım işletmelerinde kullanım düzeyi ve geleneksel çeşitler ile karşılaştırmalı ekonomik analizi Konya İli örneği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü. Yayın no :130 ISBN:975-407-174-8 . 2005 Ankara.

Atlı, A. (1999). Buğday ve Ürünleri Kalitesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Semp., 8-11 Haziran, 498-506, Konya.

Aydemir, T., Barut, A., Yılmaz, K.ve Sezer. N. (2001). 2001 yılı milli çeşit listesinde yer alan ekmeklik buğdayların bölgeler bazında verim ve kalite yönünden irdelenmesi. Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi: 37-44. 17-21 Eylül 2001, Tekirdağ.

Aydoğan, S. (2013). Orta Anadolu Bölgesi Ekmeklik Buğday Islah Çalışmalarında Bazı Tarımsal Karakterlerin Araştırılması, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2013, 22 (1): 32-40.

Aydoğan, S., Şahin, M., Göçmen Akçacik, A., Kaya, Y., Kara İ., Türköz, M., Akçura, M. (2012). Bazı Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 5 (1): 82-85, 2012.*

Bayramoğlu ,Z., Göktolga, Z,G. ve Gündüz, O, (2005). Tokat İli Zile İlçesinde yetiştirilen bazı önemli tarla ürünlerinde fiziki üretim girdileri ve maliyet analizleri. Tarım Ekonomisi Dergisi, 11(2):101-109.

Çağlayan, M. ve Elgün, A. (1999). Değişik Çevre şartlarında Yetiştirilen Ekmeklik Buğday Hat ve Çeşitlerinin Bazı Teknolojik Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 8-11 Haziran, 513-518, Konya.

Çarkacı, D.A, Yokuş, S. (2010). Konya, Isparta ve Burdur İlleri Bazı Tarımsal Ürünlerin Üretim Girdi ve Maliyetleri (2010 yılı). Konya Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Basılmamış doküman. Konya.

Gündoğmuş, E. (1996). Ankara İli Akyurt İlçesi Tarım İşletmelerinde Ekmeklik Buğday Üretiminin Fonksiyonel Analizi ve Üretim Maliyetlerinin Hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Karabak,S.,Taşcı,R., Özkan, N., Bozdemir,Ç. Ve Demirtaş,R.,(2012). Ankara İlinde buğday çeşitlerinin yaygınlığı ve ekonomik analizi. 10. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi Kitabı syf 694-702 5-7 Eylül 2012.Konya.

Kıral, T., Kasnakoğlu, H. (1999). Tarımsal ürünler için maliyet hesaplama metodolojisi ve veri tabanı rehberi. Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü Proje Raporu 1999-13. Ankara.

Kızılaslan, H. (2004). Dünya'da ve Türkiye'de buğday üretimi ve uygulanan politikaların karşılaştırılması. GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2), 23-38.

Korkut, K.Z., Sağlam, N. ve Başer, Ġ. (1993). Ekmeklik ve Makarnalık Buğdaylarda Verimi Etkileyen Bazı Özellikler Üzerine Araştırmalar. Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2 (2): 111-118.

Kumbasaroğlu, H. ve Dağdemir, V. (2010). Erzurum ilinde buğday, arpa ve çavdarda girdi talebi araştırması. Tarım Bilimleri Dergisi, 16,194-204.

Naneli, İ. , Sakin, M. A. ve Kıral, A. S. (2015). Tokat-Kazova Şartlarında Bazı Ekmeklik Buğday (Triticum aestivum L.) Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi . Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG) , 32 (1) , 91-103 . DOI: 10.13002/jafag846

Oğuz, C. , Kabukçu, M.A. , Ermetin, A.Ü., Erdoğmuş, A. Ve Bozdilli, A. , (1999). Orta Anadolu hububat yetiştiren tarım işletmelerinin yapısı, işleyişi, sorunları ve çözüm yolları üzerine bir araştırma. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 8-11 Haziran, Konya.

Olgun, M., T. Yıldırım ve F. Partigöç. (1999). Doğu Anadolu Bölgesi'nde bazı buğday çeşitlerine ait çeşitli özelliklerin belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu: 612-615. 8- 11 Haziran 1999, Konya.

Polat, M,. Yurtseven, E., Akın.M., Çakıcıer.E., (2010). Eskişehir İlinde yetiştirilen arpa, buğday, şeker pancarı, mısır, yeşil mercimek, nohut, domates, kuru fasulye, haşhaş, kanola, kuru soğan, ayçiçeği ve aspirin üretim girdi maliyetlerinin belirlenmesi proje kitabı. GKAE Eskişehir.

Sade, B., Topal, A. ve Soylu, S., (1999). Konya Sulu Koşullarında Yetiştirilebilecek Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 8-11 Haziran, 91-96, Konya.

Süzer, S., 2002, Buğday Tarımı, www.ttae.gov.tr/makaleler/ makale_bugday/htm.

Şen,N. (2005). Ankara İli Polatlı İlçesi tarım işletmelerinde sulu ve kuru koşullarda buğday ve arpa üretiminin ekonomik analizi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.2005 Ankara.

Tan, A. (2010). Türkiye Gida Ve Tarim Bitki Genetik Kaynaklarinin Durumu. *Ege tarımsal Araştırma Enstitüsü Gıda ve Tarım için Bitki Kaynaklarının*

Muhafazası ve Sürdürülebilir Kullanımına İlişkin TÜRKİYE İkinci Ülke Raporu.2010. İzmir

Taşçı, R. , Oğuz, C. (2014). Buğday Üretim Maliyetleri ve Üreticilerin Çeşit Tercihleri; Ankara İli Haymana İlçesi Örneği. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarım Ekonomisi Bölümü, Ankara.* XI. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi 3-5 Eylül 2014, Samsun.

Tosun, O. ve Yurtman, N., (1973). Ekmeklik Buğdaylarda (Triticum aestivum L. em Thell) Verime Etkili Morfolojik ve Fizyolojik Özellikler. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yıllığı, 23: 418-434.

Tosun, O. (1987). Türkiye'nin Tahıl Yetiştirme Sorunları ve Bunların Çözüm Yolları. TÜBĠTAK Türkiye Tahıl Sempozyumu, 6-9 Ekim, TOAG, 3-8, Bursa.

Uzundumlu, A.S. (2011). Tarım Sektörünün Ülke Ekonomisindeki Yeri ve Önemi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü,2011,* Erzurum.

TÜİK.http://rapory.tuik.gov.tr/02-10-2016-10:24:32-156306955837885414771055256 8.html?.

Yazar, S., Salantur, A., Özdemir,B., Alyamaç, M.E., Kaplan Evlice, A., Pehlivan, A., Akan, K. Ve Mut, Z., Aydın, N., Özcan, H., Bayramoğlu, H.O.(2005). Orta Karadeniz Bölgesinde Ekmeklik Buğday (Triticum aestivum L.) Genotiplerinin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Ondokuzmayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun.

Yıldız, S. Pazarcık, Y. Taşkıran, E. Deniz, A. ve Beyazit, N. (2013). buğday üreticilerinin yönetsel, üretimsel, iktisadi ve pazarlama problemleri üzerine Kars İlinde bir araştırma. Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 12:73-95.

İnternet erişimleri:

https://kutuphane.tarimorman.gov.tr/pdf_goster?file=3b0e6e978485387915f6f72fd864a7ff#book/3

https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/1427660

https://www.youtube.com/watch?v=LbYo8FxmyOM Youtube üretim analiz çalışması

https://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/tur/docs/turkey2_tur.pdf

BÖLÜM 15

BİTKİSEL ÜRETİMDE SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM UYGULAMALARI

Doç. Dr. | Levent YAZİCİ[1]

DOI: https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10343781

[1] Doç. Dr, Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat, levent.yazici@yobu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-6839-5366

GİRİŞ

Tarım insan yaşamı için gerekli olan bitkisel ve hayvansal ürünlerin üretilmesi, yetiştirilen ürünlerin uygun koşullarda işlenmesi ile gıdaya dönüştürülmesi faaliyetlerini kapsayan bir bilim dalıdır. Dolayısıyla bitkisel ve hayvansal üretim en temel faaliyetler olup iki temel üretim dalından oluşmaktadır.

Tarımsal kaynaklı ekolojik kirlilik yeşil devrimle birlikte önemli oranda artmıştır. Tarımsal yetiştiricilikte kullanılan yoğun kimyasallar her geçen gün fazlalaşmakta ve önemli risk ve tehditler içermektedir. Bundan dolayı tarımda kullanılan girdilerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için alternatif tarım sistemleri geliştirilmeye başlanmıştır (Güneş Gölbey vd., 2006; Güneş Gölbey vd., 2005; Gülgün vd., 2014).

İnsanoğlunun yaşamlarını sürdürülebilmeleri için en temel ihtiyaçlarından biri olan tarım, oldukça kritik ve önemli bir sektördür. Dünya nüfusunun 8.1 milyara kadar yükselmiş olması ve tarımsal tüketimin önemli oranda artması bu sektörü oldukça zorlamaya başlamıştır. Dolayısıyla bu yüzyılda ve gelecekte tarım sektörünün stratejik öneminin daha fazla artacağı söylenebilir.

İnsanların ve doğanın sağlığını gözeten uygulamalar olan sürdürülebilir tarım, gıda maddelerinin uygun ve yeterli miktarda üretimini, ekolojinin ve doğal kaynakların korunmasını gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılanmasına imkan sağlayarak doğal kaynakları tüketmeden uzun süre dayanmasını içermektedir. Sürdürülebilir tarım, doğa dostu üretim sistemleri yanında teknolojin ölçülü ve işletme yönetiminin doğru kullanılması olarak tanımlanmaktadır (Hess, 1991). Bir başka tanıma göre, toprak, su ve biyolojik çeşitliliği koruyarak aynı zamanda gıda ve enerji ihtiyacının karşılanması olarak tanımlanan bir uygulama şekli olarak ifade edilmektedir (Aydın Eryılmaz vd., 2019).

Bitkisel üretim yetiştiriciliğinde, insan sağlığı ve ekosistem üzerinde olumsuz etkilerin olmadığı üretim şekilleri dikkate alınmalıdır. Sürdürülebilir tarım uygulamaları ile insan ve çevreye zarar vermeden güvenilir tarımsal üretim, toprak ve su kaynaklarının korunması yanında bitkisel ve hayvansal gen kaynakların korunmasını, çevre kalitesinin iyileştirilmesini, verimliliğin ve kalitenin artırılmasını, işletmelerin ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanması ve kırsal kesimin yaşam kalitesinin iyileştirilmesi gibi faydalar sağlamaktadır.

Sürdürülebilir tarım, geleceğin ihtiyaçlarını tehlikeye atmadan karşılaması, genetik kaynakların biyolojik çeşitliliğin korunması, uygun ilaç ve gübre yönetimi, doğal kaynakların korunması, erozyonun önlenmesi, uygun yetiştirme teknikleri ile verimlilik ve kalitenin artırılması için son derece üzerinde durulması gereken bir konudur. Bu çalışmada bitkisel üretimde sürdürülebilir yaklaşımlar değerlendirilmiştir.

1. BİTKİSEL ÜRETİMDE SÜRDÜRÜLEBİLİR TARIM UYGULAMALARI

1.1 Toprak İşleme Yönteminde Sürdürülebilirlik

İnsanlığın varoluşundan beri insan ve toprak arasında daima bir alaka bulunmaktadır. Toprakların on bin yıl önce işlenmeye başladığı, MÖ 1500 yıllarda pulluk gibi tarım aletlerin kullanıldığı tespit edilmiştir. İnsanların toprağa ve topraktan elde ettiklerine olan ihtiyaç daima daha fazla artarak devam edecektir (Sezgin ve Varol, 2012, Demirkıran, 2020).

Çeşitli teknikler kullanılarak toprağın işlendiği tarımsal süreç toprak işleme olarak tanımlanmaktadır. Bitkisel üretimde toprak işleme toprak yapısı, iklim koşulları, ekilen veya dikilen bitkinin çeşidi gibi birçok faktöre bağlı olarak değişmektedir. Tarlayı bitkisel üretim için ekim ve dikime hazır hale getirmek, yabancı ot kontrolü, toprak yüzeyindeki bitki artıkların gömülmesi ve erozyon kontrolü gibi birçok amaçlarla toprak işleme yapılmaktadır. Tarımsal üretimde hatalı toprak işleme ile başlayan fiziksel yapı bozulmasına ek olarak verim ve kaliteyi artırmaya yönelik yapılan kimyasal gübre ve ilaç uygulamaları toprağın kimyasal, biyolojik ve fiziksel yapısının bozulmasına sebep olmaktadır. Sınırlı toprak kaynaklarımızı sürdürülebilir uygulamalar ile toprak sağlığının korunması ve iyileştirilmesi yanında yapılan maliyetler azaltılarak karlılık artırılabilmektedir. Toprak yapısı ekosistem ve arazi kullanım sınırları içinde, bitki ve hayvan sağlığını ve verimliliğini etkilemektedir. Ayrıca kaliteli toprak; su ve hava kalitesini korumak, iyileştirmek için hayati bir canlı sistem olarak işlev görmektedir. Tarımsal sürdürülebilirlikte, toprak tarımsal verimi optimize ederken ekosistem hizmet sunumunu korumaktır. Toprak işlemede ekosistem dengesini bozmayacak ve bitki verim ve kalitesini etkileyen, toprak özelliklerini zayıflatan sistemlerin kullanılmasından kaçınılması gerekmektedir (Kirişçi ve Korucu, 2001).

Son yıllarda, sürdürülebilir tarım kapsamında kullanılan teknik ve teknolojiler oldukça önem kazanmıştır (Subedi vd., 2009). Sürdürülebilir toprak yönetiminde yapılması gereken bazı uygulamalar aşağıda sıralanmıştır.

- ✓ Toprağın kalitesini korumak için doğru zamanlama ve uygun ekipman ile toprak işleme çalışmaları yapılmalıdır.
- ✓ Verimlilik açısından önemli olan toprak tekstürü (bünye), toprak strüktürü (yapı), toprak rengi, toprak yoğunluğu ve hacim ağırlığı gibi toprak fiziksel özelliklerin korunması için gereğinden fazla toprak işleme yapılmaması, toprak neminin uygun olduğu bir zamanda toprak işlemenin yapılması, ekim nöbeti ve organik atıkların toprağa ilave edilmesi gerekmektedir.
- ✓ Toprak organik madde seviyesini korumak için yeşil gübreleme, bitki artıkları, hayvan gübresi, kompost, zararsız hale getirilmiş endüstriyel atıklar toprağa ilave edilmelidir.
- ✓ Tarım yapılacak arazide, bitkisel üretime başlamadan önce gerekli toprak analizleri yapılmalıdır.
- ✓ Toprak özelliklerine bağlı kalarak yetiştirilmek istenen bitkisel üretim için ihtiyaç duyulan uygun gübreleme proğramları yapılmalıdır.

1.2. Sulama Yönteminde Sürdürülebilirlik

Dünyada su kaynaklarına olan ihtiyaç her geçen gün daha fazla artmaktadır. İklim değişikliğinin en önemli sonucu su kaynakları üzerine yarattığı olumsuz etkilerdir. Sürdürülebilir bir üretim için su kaynaklarının verimli kullanılması tarımsal üretiminde en önemli faktörlerden biridir. Kısıtlı su kaynakları ile artan su talebi ile su eksikliği birçok bölgede tarımsal üretimi kısıtlamaktadır. Bundan dolayı tarımda kullanılan suyun etkinliğinin artırılması gereklilik haline gelmiştir (TOB, 2020; Mirze ve Yazici, 2023).

Tarımsal sulamada suyun dağıtımı sırasında su kayıpların önlenmesi ve sulanan alanlarda suyun etkin kullanımı sağlanarak su talebinin azaltılması önemli unsurlardandır. Sulama suyunun çevreye zarar vermeden zamanında ve sürdürülebilir bir şekilde sulanan alanlara ulaşması sulama yönetiminde önemli bir görevdir (Kırmızıgül ve Ekmekçi, 2020).

İklim değişikliği, nüfus artışı, kentleşme ve sanayileşme ile birlikte yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının azalması, suyun etkin ve verimli kullanımını

daha önemli hale getirmiştir. Tarım, endüstri, çevre ve artan nüfusun talebini karşılaması bakımından yeterli miktar ve kalitede su temini için su kaynaklarının sürdürülebilir olarak kullanılması mecburi gereklilik haline gelmiştir (Özkan vd., 2013).

Bitkisel üretimde verim artışını sağlayabilmek için suyun toprağa tekniğine uygun ekonomik bir şekilde verilmesi esastır. Su kullanımında karşılaşılan sorunlardan başlıca su kirliliği ve açık sulama sistemleri ile suyun dağıtımının yapılması söylenebilir. Bunun için sulama suyunun kalitesi ve miktarı, arazinin büyüklüğü, bitki çeşidi, iklim ve toprak özellikleri gibi faktörler dikkate alınarak uygun sulama yöntemi seçilmelidir (Aras, 2006; Can vd., 2015).

Tarımdan sanayiye, konuttan enerjiye kadar tüm sektörlerde su kesintileri yaşanıyor. Birçok bölgede yaşanan su kıtlığı nedeniyle atık suların normalleştirilerek tarım ve sanayi gibi birçok alanda kullanılabilir hale getirilmesi, sulamada drenaj sularının kullanılması ve tarımda basınçlı sulama sistemlerinin uygulanması önemli sürdürülebilir yaklaşımlardır (Gökkür, 2016). Küresel ölçekte su tüketimi çok hızlı artarken, tarımsal su ihtiyacının mevcut büyüme oranları sürdürülemez olmakta, çevre kirliliği ve sanayileşmeden dolayı temiz su kaynakları hızla azalmaktadır. Doğal su kaynaklarının etkin bir şekilde kullanılması suyun en çok kullanıldığı tarım sektöründe su kullanımının bilinçli kullanılarak verimliliğinin artırılması önemli hale gelmiştir (KB, 2018).

Bitkisel üretimde sürdürülebilir su uygulamaları kapsamında; yenilenebilir enerji kaynakların kullanılması, açık şebekelerin teknik olarak uygun olanların borulu sisteme dönüştürülmesi, geleneksel sulama yöntemlerinden kaçınılarak su tasarrufunun sağlandığı modern ve gelişmekte olan sulama yöntemlerinin kullanılması, sulama ekipmanlarının kalibrasyonu ve filtrasyon sistemlerinin kurulması, sulama suyunun etkin ve verimli kullanılması için eğitim çalışmalarının yapılması, üretim planlamalarının su potansiyeli dikkate alınarak yapılması, yeraltı suyun kullanımın azaltılması, kuraklığa dayanıklı çeşitlerin ıslahı, bitkinin su ihtiyacına göre sulama proğramların hazırlanması, su kaynaklarında kirliliğin azaltılması için tedbirlerin alınması, suyun her aşamada ölçümünün yapılarak gerçek ihtiyaçlar ölçüsünde kullanılması, su dağıtım proğramların düzenlenmesi, suyun uygunluğu için periyodik olarak analizlerin yapılması gibi bazı önlemler

sürdürülebilir yaklaşımlar olarak sıralanabilir (GTHB, 2018; Kırmızıgül ve Ekmekçi, 2020).

1.3. Gübreleme Yönteminde Sürdürülebilirlik

Artan nüfus ve buna bağlı olarak ortaya çıkan kullanım baskısı nedeniyle tarım topraklarına aşırı baskı yapılmaktadır. Bu durum toprakta mevcut olan besin elementlerini azaltarak, doğru işlev görme kabiliyetleri üzerinde olumsuz etkilemektedir. Tarım topraklarının gıda, lif ve enerji üretmek için yeterli miktar ve kalite seviyelerini korunması önemlidir. Mineral gübrelerin kullanımı uzun zamandır kullanılmaktadır. Bu gübreler toprak besin elementlerini dengelemek ve böylece artan verim elde etmek için önemli bir araç olmuştur (Wang vd., 2020; Liu vd., 2021; Stewart, 2022).

Çoğunlukla azotlu ve fosfatlı mineral gübrelerin uygunsuz kullanımı nedeniyle sadece kimyasal boyutta değil aynı zamanda fiziksel ve biyolojik olarak da birçok verimli toprağın işlev kabiliyeti engellenmiştir. Dolayısıyla, uygun olmayan gübreleme yöntemlerinin toprak sağlığı ve toprakla ilgili ekosistem döngüsü üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir. Kimyasal gübrelerin dengesiz kullanımı toprak pH'ını değiştirebilir, asitlenmeyi ve toprak kabuğunu artırabilir, bu da toprak organik karbonunun ve yararlı organizmaların azalmasına, bitki büyümesinin ve veriminin düşmesine ve hatta sera gazlarının emisyonuna yol açabilir (Pahalvi vd., 2021; Ozlu vd., 2018).

Sürdürülebilir tarımda gübreleme ile ilgili yapılan çalışmalarında; coğrafya, arazi ve toprak ile ürün çeşidi ve teknik (uygulama) sistemler çeşitlilik göstermektedir. Üre ve fosfat gibi üzerinde çok çalışılan sentetik gübrelerin aksine, organik gübreler (hayvan gübreleri, bitki artıkları, çiftlik gübresi) ve biyo-gübreler (faydalı mikroplar) sadece ürün verimliliğini artırmakla kalmaz, aynı zamanda toprak karbon stoklarını artırır ve toprağın fiziksel ve biyolojik özelliklerini iyileştirebilir (Amanullah Fahad, 2018; Bhardwa vd., 2014; Wang vd., 2020). Bu farklı çalışmalar, bu ürünlerin toprak kalitesini iyileştirmek için bir besin kaynağı olarak bilinen yararlılığını göstermenin yanı sıra, farklı organik gübre türleri (tarımsal ve hayvansal atıklar, endüstriyel ve kentsel atıklar) üzerinde orijinal sonuçlar ortaya koymuştur. Doğru gübreleme ile toprağın ve ürünün daha iyi yönetilmesine ve sürdürülebilir bir şekilde sağlıklı toprak ve sağlıklı gıda sağlanabilir. Son yıllarda geleneksel gübre uygulamalarına alternatif olarak birçok bitkide

büyüme ve gelişmede etkisi irdelenmiş organik kökenli gübreler olan vermikompost (solucan gübresi), büyükbaş, küçükbaş ve kanatlı hayvan gübreleri, yarasa gübresi, deniz yosunu, biochar, organominarel gübreler ve yeşil gübreler gibi bazı gübreler sürdürülebilir tarımda kullanılan gübreler arasında bulunmaktadır (Göksu, 2012; Çelik Albayrak, 2015; Yeşilbaş, 2015; FAO, 2019; Çakır vd., 2020).

1.4. Hastalık ve Zararlı Mücadelesi ve Yabancı Ot Kontrolünde Sürdürülebilirlik

Bitki hastalık ve zararlıları insan sağlığı, çevre ve doğal kaynaklar üzerine çok fazla negatif etkiye sebep olabilmektedir. Bitkisel üretimde de meydana getirdiği verim ve kalite kayıpları gıda noksanlığına bunun yanında bunların mücadelesinde yapılan uygulamalar ekonomik zararlara, biyoçeşitliliğin azalmasına sebep olmaktadır.

Bitkiler ve patojenleri sürekli bir evrimsel mücadele içindedir ve sürdürülebilir mücadele kısa ve uzun vadeli hastalık ve zararlı kontrolüne elverişli ortamlar yaratmak için yeni sistemler gerektirir. Hastalık ve zararlı kontrolünde modern metotların kullanılması ile kaliteli ve sağlıklı ürünler elde edilmesini sağlamak, başta biyolojik mücadele, entegre mücadele, kültürel önlemler, hastalık ve zararlılara karşı dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, tahmin ve erken uyarı sistemlerin güncellenerek geliştirilmesi, zirai karantina tedbirlerin alınması, zorunlu olmadıkça kimyasal ilacın kullanılmaması kullanıldığında çevre dostu ilaçların en uygun dozda ve zamanda kullanılması ile pestisit kullanımını sınırlamak sürdürülebilir yaklaşımlardır (Akbaş, 2019).

Tarımın başlangıcından itibaren yabancı otlar bitkisel üretimde sorun olmuş ve önemli zararlar vermiştir. Kimyasalların gelişmesi ile birlikte herbisit kullanımı artmış bunun sonucunda kalıntı problemleri gibi istenmeyen olumsuz etkiler oluşmuştur. Yabancı otlardan kurtulmak için kontrol yöntemleri olarak çeşitli kültürel, biyolojik, entegre, mekanik, fiziksel, kimyasal önleyici kullanılabilmektedir. (Uygur ve Uygur, 2010).

Yabancı ot kontrolü, özellikle herbisitlerin bir seçenek olmadığı durumlarda, yeni stratejilerinin geliştirilmesine ihtiyaç duymaktadır. Bununla birlikte, yabancı ot yönetimi karar verme prosedürlerinin çok yönlü incelenmesi, özellikle de herbisitlere dirençli yabancı otların görülme sıklığının önemli ölçüde arttığı günümüzde, etkili bir yabancı ot kontrol programının işe

yaraması için dikkatle tasarlanmış bir yaklaşım gerektirmektedir. Yabancı ot mücadelesinde, yabancı otun dağılımı, çeşitliliği, büyüme şekilleri ve direnç seviyelerini tespit etmek gerekmektedir. Kültürel, mekanik, biyolojik, ekolojik ve kimyasal yabancı ot kontrol yöntemleri birçok koşul değerlendirilerek kullanılmalıdır. Özellikle biyolojik mücadele yabancı ot kontolünde her geçen gün sürdürülebilir bir yaklaşım olarak daha fazla önem kazanmaktadır.

1.5. Genetik Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı

Genetik kaynaklar tarım ve gıda sistemlerine somut pek çok fayda sağlamaktadır. Doğal kaynakların korunmasını ve sürdürülebilir kullanımını esas alarak sosyo-ekonomik gelişmeyi ve gelecek kuşakların haklarının korunmasını hedefleyen bir kalkınma süreci olan sürdürülebilir gelişmenin en önemli bileşenlerinden birisi de genetik kaynak çeşitliliğidir (Dilbirliği, 2007). Genetik kaynak çeşitliliği, bir bölgedeki gen, tür ve ekosistem zenginliğini ifade etmektedir (Özhatay, vd., 2009). Bunun yanısıra genetik çeşitlilik, yeryüzünde canlılığın ve insanlığın devamı için gerekli olan yaşam destek sistemlerinin de temelini oluşturmakta, tür, gen kaynağı ve ekosistem çeşitliliği bakımından insanoğlunun yaşamını sürdürmesinde önemli rol almaktadır. Genetik kaynak çeşitliliği ve doğal kaynaklar üzerindeki bu tahribat, nüfus artışı, şehirleşme ve sanayileşmeyle birlikte artarken, bu kaynakları korumakla ilgili girişimler çok daha düşük bir oranda artmakta ve bunların da önemli bir kısmı sosyal ve ekonomik zorluklar karşısında sonuca ulaşamamaktadır. Genetik çeşitliliğin korunması ve sürdürülebilir kullanımı, öncelikli olarak ülkenin arazi kullanım politikalarında kökten bir iyileştirme ile ulusal tarım, hayvancılık, istihdam ve sağlık politikalarında ciddi bir değişimi gerektirmektedir.

Genetik çeşitlilik, türler ve ekosistemler içinde ve arasındaki çeşitliliği içermek yanında sadece canlı varlıkları değil aynı zamanda bulundukları çevreyi de kapsamaktadır. Sürdürülebilir gelişme politikalarının uygulanabilmesi ile biyoçeşitlilik ve genetik kaynakların korunması ve sürdürülebilir kullanımının gıda ve sağlık sektörleri açısından kritik bir önemi olduğu yadsınamaz bir gerçektir (Demirayak, 2002). Bu nedenle, genetik kaynak çeşitliliğinin korunmasını ve sürdürülebilir gelişmeyi ülkelerin politikası haline getirmek için somut adımların atılması gerekmektedir.

Günümüzde ve gelecekte bitkisel araştırmaların kullanımında ve yeni çeşitlerin ıslah edilmesinde genetik kaynaklardan yararlanılmaktadır. Kaynakların aşırı kullanımı (aşırı otlatma, doğadan üretmeden yapılan toplanma, bitkilerin yaşam ortamlarının bozulması), kirlilik, iklimsel değişiklikler, gelişme baskısı gibi çevresel tahripler ve genetik erozyon gibi nedenlerle bu kaynaklar hızla azalmakta ya da kaybolmaktadır. Bu kaynakların, kaybolma riskine karşın muhafaza çalışmaları ve toplanma proğramlarının oluşturulması günümüzde ve gelecekteki bitkisel araştırmaların kullanımına hazır bir şekilde saklanması çok önemli sürdürülebilir yaklaşımlardır.

2. SONUÇ

Günümüz dünyasında aşırı kimyasal girdilerin kullanılması ile oluşan çevre kirliliği ve artan yoğun nüfusu beslemek için yeterli miktarda bitkisel ürün elde edebilme kaygısı, insanoğlu tarafından çokça sorgulanmaya başlanmıştır. Bitkisel üretimde sürdürülebilirlik kavramı özellikle son yıllarda daha fazla gündeme gelmiş, araştırma ve uygulama çalışmaları yoğunlaşmıştır. Tarımsal faaliyetlerde yanlış uygulanan kimyasal ilaç ve gübreler ile değişen iklim faktörleri sonucu tarım alanların sürdürülebilirliği olumsuz etkilenmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler besin üretimini artırmanın yollarını ararken, tüm toplumların üretim ve tüketim yapısında temel değişim gerektiren evrensel bir zorunluluk ve sorumluluk olduğu görülmektedir. İklim değişikliğinden en çok olumsuz etkilenen tarım sektöründe uygulanan yanlış yetiştirme teknikleri, hem tarımsal alanları hem de insan sağlığını olumsuz yönde etkilemekte, geri getirilmeyecek önemli zararlara neden olabilmektedir. Sürdürülebilir bitkisel üretimi sağlamak, gelecek nesilleri tehlikeye atmadan ihtiyaçlarını karşılamak, çevreye ve doğaya zarar vermeden sürdürülebilir tarımsal uygulamaların yapılması önem arz etmektedir. Doğa ile uyumlu sürdürülebilir tarım uygulamaları ile sonuçta bozulan dengenin yeniden tesisi ile doğal kaynakların korunması, genetik kaynakların devamlılığı, toprağın uzun süre yaşatılması, kimyasal kirliliğin önlenmesi sağlanmış olacaktır. Sürdürülebilir tarım ile tarımsal kaynaklı çevresel sorunlar çözülecek, aynı zamanda üreticinin ekonomik katkısı ve tarım alanlarının devamlılığı sağlanacaktır.

KAYNAKÇA

Akbaş, B. (2019). Bitki Sağlığının Sürdürülebilir Tarımdaki Yeri Ziraat Mühendisliği, (368), 6-13 DOI: 10.33724/zm.606199

Amanullah; Fahad, S.(2018) Integrated Nutrient Management in Corn Production: Symbiosis for Food Security and Grower's Income in Arid and Semiarid Climates. In *Corn—Production and Human Health in Changing Climate*; Amanullah, Fahad, S., Eds.; IntechOpen: London, UK, 2018; pp. 3–12.

Aras, İ. (2006). Damla Sulama Yöntemi, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 15(1-2). 49-60, 2006.

Bhardwaj, D., Ansari, M.W.; Sahoo, R.K., Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microb. Cell Fact.* 2014, *13*, 66.

Can, E., Serçe, E. ve Bingöl, O. (2015). "Güneş Enerjili Android Cihaz Kontrollü Sulama Sistemi", 3. Ulusal Sulama Sistemleri Sempozyumu, 15-16 Ekim 2015, Ankara.

Çakır, A., Alp, Y. ve İşlek, F. (2020). Bahçe Bitkileri Yetiştiriciliğinde Sürdürülebilir Gübre Uygulamaları. Kökten, K. (Ed.), Tarımda Yenilikçi Yaklaşımlar; Sürdürülebilir Tarım ve Biyoçeşitlilik. (İksad Publishing House), Bölüm 10, s.211-262 Ankara/Türkiye.

Çelik Albayrak, B., (2015). Farklı Gübre Tiplerinin Bezelye (Pisum sativum L.)' nin Verim ve Verim Özelliklerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Diyarbakır

Demirayak, F. (2002). Biyolojik çeşitlilik-Doğa koruma ve sürdürülebilir kalkınma. TÜBİTAK Vizyon 2023 Projesi Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Paneli.rkiye'nin çevre konusunda verdiği sözler, Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, sayı 8, s.14-17.

Dilbirliği, E. (2007). Biyolojik çeşitlilik ve genetik kaynakların sürdürülebilir stratejilerinin değerlendirilmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 239 s.

Demirkıran, A.R. (2020). Toprak Verimliliğinin Sürdürülebilir Tarım İçin Önemi, Tarımda Yenilikçi Yaklaşımlar; Tarımda Yenilikçi Yaklaşımlar; Sürdürülebilir Tarım Ve Biyoçeşitlilik (Editör: Prof. Dr. Kağan Gökten).

Eryılmaz, A., Kılıç, G., Boz, O., (2019). Türkiye'de Organik Tarım ve İyi Tarım Uygulamalarının Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Sürdürülebilirlik Açısından Değerlendirilmesi YYÜ TAR BİL DERG (YYU J AGR SCI) 29 (2): 352-361 .

FAO., 2019. Türkiye'nin Biyoçeşitliliği: Genetik Kaynakların Sürdürülebilir Tarım ve Gıda Sistemlerine Katkısı. Ankara. 222 s. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

Gökkür S. (2016). Sürdürülebilir Yaşam için Sürdürülebilir Sulama, Apelasyon, ISSN:2149-4908, Ocak 2016, Sayı 26, http://apelasyon.com/Yazi/382-surdurulebilir-yasamicin-surdurulebilir-sulama

Göksu, E., (2012). Bezelye (Pisum sativum L.)'De Kimyasal, Organik ve Mikrobiyal Gübrelemenin Verim ve Verim Özelliklerine Etkileri (Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.

Gülgün, B., Güney, M. A., Aktaş, E., ve Yazici, K. (2014). Role of the Landscape Architecture in Interdisciplinary Planning of Sustainable Cities. Journal of Environmental Protection and Ecology, 15(4), 1877–1880.

Güneş Gölbey, A. ve Gülgün, B. (2006). Doğa Koruma Alanlarının Belirlenmesinde Sürdürülebilirlik Ve Biyoçeşitlilik Kavramları. Ziraat Mühendisliği Dergisi, (347), 4–7.

Güneş Gölbey, A., Gülgün, B. ve Yörük, İ. (2005). Sürdürülebilir Kentler Ve Peyzaj Mimarlığ. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 42(2), 215–226.

Hess, C. E. (1991). The U.S. Department of Agriculture Commitment to sustainable agriculture; Sustainable agriculture research and education in the field; a proceedings. National Academy Press, Washington.

KB, (2018). Tarımda Toprak Ve Suyun Sürdürülebilir Kullanımı, Özel İhtisas Komisyonu Raporu TC. Kalkınma Bakanlığı.

Kırmızıgül, O., Ekmekçi, M. (2020). Sürdürülebilir Tarımda Sulama Birliklerinin Yeri Ve Önemi, Tarımda Yenilikçi Yaklaşımlar; Sürdürülebilir Tarım Ve Biyoçeşitlilik (Editör: Prof. Dr. Kağan Gökten).

Kirişçi V, Korucu T., (2001). Ekolojik tarımda toprak işleme uygulamaları. Türkiye 2. Ekolojik Tarım Sepozyumu, 14-16 Kasım 2001. s:144, Antalya

Liu, Q., Xu, H., Yi, H.(2021). Impact of Fertilizer on Crop Yield and C:N:P Stoichiometry in Arid and Semi-Arid Soil. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021, *18*, 4341.].

Mirze, O. ve Yazici, L. (2023). "Endüstriyel Kenevir (*Cannabis sativa* L.) Üretiminde Sulama," V. International Halich Congress On Multidisciplinary Scientific Research , İstanbul, Turkey, 2023

Ozlu, E., Kumar, S.(2018). Response of Soil Organic Carbon, pH, Electrical Conductivity, and Water Stable Aggregates to Long-Term Annual Manure and Inorganic Fertilizer. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2018, *82*, 1243.

Özhatay, N., Kültür, Ş. ve Aslan, S. (2009). Check-list of Additional Taxa to the Supplement Flora of Turkey IV. Turk J Bot. 33:191-226. doi:10.3906/bot-0805-12.

Özkan, E., Aydın, B., Hurma, H., Aktaş, E., Özdemir, G., Azabağaoğlu, Ö. ve Günay S., 2013. Sulama İşletmeciliğini Üstlenen Organizasyonların Etkinlik ve Verimlilikleri. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, Kırklareli.

Pahalvi, H.N.; Rafiya, L.; Rashid, S.; Nisar, B.; Kamili, A.N.(2021). Chemical Fertilizers and Their Impact on Soil Health. In *Microbiota and Biofertilizers*; Dar, G.H., Bhat, R.A., Mehmood, M.A., Hakeem, K.R., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2021; Volume 2, pp. 1–20.

Sezgin, D., Varol, Ç. (2012). Ankara'daki Kentsel Büyüme Ve Saçaklanmanın Verimli Tarım Topraklarının Amaç Dışı Kullanımına Etkisi, METU JFA 2012/1 (29:1) 273-288.

Subedi, M., Hocking, T.J., Fullen, M.A., McCrea, A.R., Milne, E., Bo-zhi W.U., and Mitchell, D.J. (2009). An Awareness-adoption matrix for strategic decision making in agricultural development projects: A case study in Yunnan Province, China. Agricultural Sciences in China, 8(9): 1112-1119.

Stewart, R.E. (2022). Fertilizer. Encyclopedia Britannica. Available online: https://www.britannica.com/topic/fertilizer (accessed on 18 March 2022).

TOB, 2020. İklim Değişikliği ve Tarım, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Tarımsal Çevre ve Doğal Kaynakları Koruma Daire Başkanlığı, Ankara.

Wang, X.; Yan, J.; Zhang, X.; Zhang, S.; Chen, Y.(2020). Organic manure input improves soil water and nutrients use for sustainable maize (*Zea mays* L.) productivity on the Loess Plateau. *PLoS ONE* 2020, *15*, e0238042.

Wang, Z.; Hassan, M.U.; Nadeem, F.; Wu, L.; Zhang, F., Li, X. (2020) Magnesium Fertilization Improves Crop Yield in Most Production Systems: A Meta-Analysis. *Front. Plant Sci.* 2020, *10*, 1727.

Uygur, S., Uygur, F.N., 2010. Yabancı otların biyolojik mücadelesi Türk. biyo. müc. derg., 2010, 1 (1): 79-95 ISSN 2146-0035.

Yeşilbaş, C., (2015). Van Koşullarında Organik ve İnorganik Gübrelemenin Mercimekte (Lens Culinaris Medic.) Verim ve Bazı Verim Öğeleri Üzerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

ISBN: 978-625-367-461-8