TARIM BİLİMLERİ ALANINDA

MULTİDİSİPLİNER GÜNCEL ÇALIŞMALAR II

2023

Editörler
Doç. Dr. Hülya DOĞAN
Doç. Dr. Kübra YAZİCİ

İKSAD
Publishing House

TARIM BİLİMLERİ ALANINDA MULTİDİSİPLİNER GÜNCEL ÇALIŞMALAR II

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Hülya DOĞAN

Doç. Dr. Kübra YAZİCİ

YAZARLAR

Prof. Dr. Halil Erhan EROĞLU
Prof. Dr. Ayhan GÖKÇE
Prof. Dr. Serkan URANBEY
Prof. Dr. Melehat AVCI BİRSİN
Prof. Dr. Okan ACAR
Prof. Dr. Recep ŞAHİNGÖZ
Prof. Dr. Hatice KANBUR ÇAVUŞ
Prof. Dr. Ali SARI
Doç. Dr. Mustafa ALKAN
Doç. Dr. Şeyda SAVALAN
Doç. Dr. Sefer DEMİRBAŞ
Doç. Dr. Halil ERDEM
Doç. Dr. Berna YAVUZ PEHLİVANLI
Dr. Öğr. Üyesi Sadiye Ayşe ÇELİK
Dr. Öğr. Üyesi İrem AYRAN ÇOLAK
Dr. Öğr. Üyesi Ferzat TURAN
Dr. Öğr. Üyesi Hacer TÜFEKCİ
Dr. Öğr. Üyesi Fatma HAYIT
Arş. Gör Güzella YILMAZ VURAL
Öğr. Gör. Nilay KAYIN
Öğr. Gör. Caner İLDEŞ
Dr. Çiğdem BOZDEMİR
Dr. Fatma Ruveyda ALKAN
Jeoloji Yük. Müh. Öncü ARSLAN
Uzman Didem TAŞTEKİN
Uzman Müge TEKER YILDIZ

İKSAD 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)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75 USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com www.iksadyayinevi.com
It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2023©
ISBN: 978-625-367-159-4
Cover Design: Kübra YAZİCİ
June / 2023
Ankara / Türkiye
Size = 16 x 24 cm

İÇİNDEKİLER

EDİTÖRLERDEN
ÖNSÖZ……... 1

BÖLÜM 1
YÜKSEK BİTKİLERDE TEMEL KROMOZOM SAYILARI, DİSPLOİDİ VE POLİPLOİDİ
Prof. Dr. Halil Erhan EROĞLU ……...…….. 3

BÖLÜM 2
İNSEKTİSİDAL AKTİVİTEYE SAHİP FARKLI BİTKİLERİN UÇUCU YAĞ VE FENOLİK MADDE İÇERİKLERİ
Doç. Dr. Mustafa ALKAN
Prof. Dr. Ayhan GÖKÇE……...…….. 23

BÖLÜM 3
BAHARATLAR VE ETKEN MADDELERİ
Dr. Öğr. Üyesi Sadiye Ayşe ÇELİK
Dr. Öğr. Üyesi İrem AYRAN ÇOLAK…… 47

BÖLÜM 4
TIBBİ BİTKİ OLARAK BİLİNEN SARI KANTARON (*Hypericum perforatum* L.) BİTKİSİNİN FİTOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BİYOTEKNOLOJİDE KULLANIMI
Uzm. Didem TAŞTEKİN
Doç. Dr. Şeyda SAVALAN…….. 71

BÖLÜM 5
ANKARA EKOLOJİK KOŞULLARINDA İYİ TARIM UYGULAMALARI İLE YETİŞTİRİLEN FARKLI ÇÖREKOTU (*Nigella Sativa* L.) GENOTİPLERİNİN FENOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ
Dr. Çiğdem BOZDEMİR
Prof. Dr. Serkan URANBEY……..……... 95

BÖLÜM 6
YEREL KARAKILÇIK MAKARNALIK BUĞDAY (*Triticum turgidum* subsp. *durum* (DESF.) Husn.) GENOTİPLERİNİN BAZI FENOLOJİK GÖZLEMLERİ
Dr. Fatma Ruveyda ALKAN
Prof.Dr. Melehat AVCI BİRSİN……. 113

BÖLÜM 7
AYÇİÇEĞİ (*Helianthus annuus* L.) ISLAHINDA KLASİK VE MODERN YAKLAŞIMLAR
Dr. Öğr. Üyesi Ferzat TURAN……. 163

BÖLÜM 8
GELENEKSEL VE MODERN BİTKİ ISLAHININ METODOLOJİSİNDEKİ GELİŞMELER
Öğr. Gör. Nilay KAYIN
Dr. Öğr. Üyesi Ferzat TURAN……... 183

BÖLÜM 9
BUĞDAYDA STRES FİZYOLOJİSİ TEMELİNDE PRİMİNG ÇALIŞMALARINA GENEL BİR BAKIŞ
Doç. Dr. Sefer DEMİRBAŞ
Prof. Dr. Okan ACAR…… 211

BÖLÜM 10
ARPA TARIMINDA ABİYOTİK STRES SINIRLAMALARINA KARŞI PGPR'LERİN KULLANIMI
Uzm. Müge TEKER YILDIZ
Prof. Dr. Okan ACAR…… 241

BÖLÜM 11
KÜÇÜKBAŞ HAYVANLARDA STRES FAKTÖRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN BAZI PARAMETRELER
Dr. Öğr. Üyesi Hacer TÜFEKCİ ……... 267

BÖLÜM 12
HİNT İNCİRİ (*Opuntia engelmannii*) BİTKİSİNDEN ALINAN SÜRGÜNLERİN BİOCHAR İLAVELİ FARKLI ORTAMLARDAKİ KÖKLENME VE GELİŞİM PERFORMANSLARI
Arş. Gör. Güzella YILMAZ VURAL
Doç. Dr. Halil ERDEM……...……. 287

BÖLÜM 13
GİLABURU (*Viburnum opulus* L.)'NUN BİYOKİMYASAL BİLEŞENLERİ SAĞLIKLA İLİŞKİSİ VE GASTRONOMİK AÇIDAN ÖNEMİ
Dr. Öğr. Üyesi Fatma HAYIT……. 301

BÖLÜM 14
YARDIMCI ABSORPLAYICI OLARAK OKSİN TÜREVLERİNİN KULLANILMASININ BOYA DUYARLI GÜNEŞ PİLLERİNİNE ETKİSİ
Prof. Dr. Recep ŞAHİNGÖZ
Prof. Dr. Hatice KANBUR ÇAVUŞ
Öğr. Gör. Caner İLDEŞ…… 321

BÖLÜM 15
ARSLANLI (SEYİTÖMER/KÜTAHYA) SAHASI BİTÜMLÜ ŞEYLLERİNDE REDOKSA DUYARLI İZ ELEMENTLER İLE ZİRKON'NUN JEOKİMYASAL DAVRANIŞLARI VE ORGANİK MADDE İLE OLAN İLİŞKİLERİ
Jeoloji Yük. Müh. Öncü ARSLAN
Prof. Dr. Ali SARI
Doç. Dr. Berna YAVUZ PEHLİVANLI…..……... 337

Haziran/2023

ÖNSÖZ

Değerli okuyucularımız,

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 birlikte 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, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme, Su Ürünleri, Zootekni, Biyoloji, Fizik, Jeoloji Mühendisliği) kapsayacak şekilde derleme ve araştırma makalesi niteliğindeki çalışmalardan oluşturulurmuştur.

"Tarım Bilimleri Alanında Multidsipliner Güncel Çalışmalar II" 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. Hülya DOĞAN
Doç. Dr. Kübra YAZICI

6 Şubat 2023 Maraş merkezli depremlerde Adana, Adıyaman, Diyarbakır, Hatay, Gaziantep, Kilis, Malatya, Maraş, Osmaniye, Şanlıurfa illerinde hayatını kaybeden vatandaşlarımız anısına…

BÖLÜM 1

YÜKSEK BİTKİLERDE TEMEL KROMOZOM SAYILARI, DİSPLOİDİ VE POLİPLOİDİ

Prof. Dr. | Halil Erhan EROĞLU [1]

[1]Yozgat Bozok University, Faculty of Science and Art, Biology Department, Yozgat, Türkiye, herhan.eroglu@bozok.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-4509-4712

GİRİŞ

1. TEMEL KROMOZOM SAYISI

Temel kromozom sayısı kavramı ilk kez 1927 yılında kullanılmıştır ve bu kavram "*x*" ifadesi ile gösterilir (Cusimano vd., 2012). Gamet hücrelerinde, monoploid kavramı ile ifade edilen haploid kromozom sayısı ile temel kromozom sayısının eşitliği söz konusudur ($x = n$). Bu eşitlik iki kat şeklinde somatik hücrelerde de geçerlidir ($2n = 2x$) (Eroğlu, 2022a). Poliploid hücrelerde ise $2x$, $3x$, $4x$, $5x$ gibi ploidi seviyelerinin ifade edilmesinde kullanılır $x < n$ durumu söz konusudur (Darlington, 1937). Temel sayı (x) ve diploid sayı ($2n$) varyasyonları disploidi ve poliploidinin bir sonucudur (Eroğlu vd., 2020).

2. DİSPLOİDİ VE POLİPLOİDİ

Disploidi, genetik materyalde önemli bir kayıp veya kazanç olmaksızın, genellikle füzyon yoluyla temel kromozom sayısında varyasyon oluşturan bir mekanizmadır (Rottgardt, 1956; Pajaron, 1982; Fiz vd., 2006).

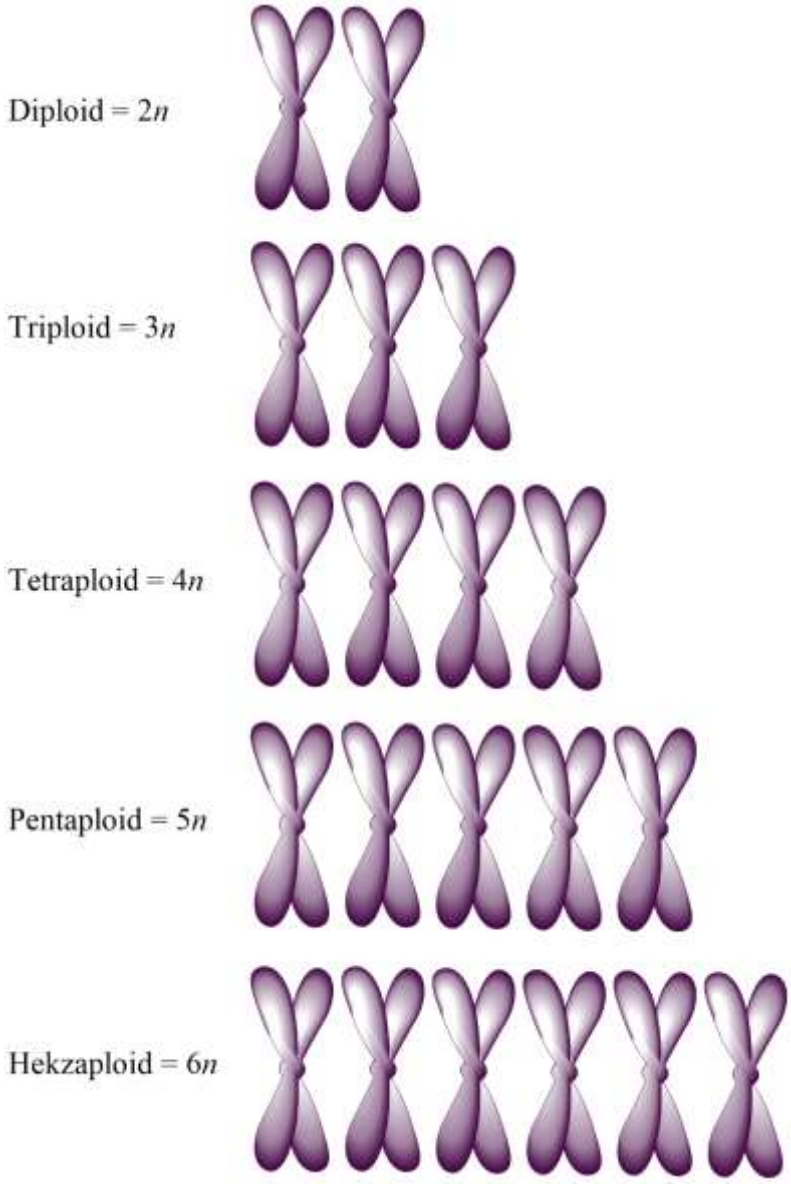
Poliploidi, somatik hücrelerde ikiden fazla kromozom setinin bulunması durumudur. Organizmalarda, tek bir kromozom seti (monoploidi, n), iki normal kromozom seti (diploidi, $2n$) veya birden fazla kromozom seti (poliploidi) bulunabilir. Poliploidi, ekstra kromozom setlerinin sayısı ile belirlenir ve üç kromozom seti triploidi ($3n$), dört kromozom seti tetraploidi ($4n$), beş kromozom seti pentaploidi ($5n$) ve altı kromozom seti hekzaploidi ($6n$) olarak ifade edilir (Şekil 1) ve bu durum artarak devam eder (Eroğlu, 2022b).

3. BİTKİLERDE TEMEL KROMOZOM SAYISI

Yüksek bitkilerde temel kromozom sayısı oldukça geniş bir aralıkta dağılım göstermektedir (Wanscher, 1934). Yüksek bitkilerdeki temel kromozom sayısının belirlenmesinde "Chromosome Count Database (CCDB, version, 1.66)" veri tabanı kullanılmıştır (CCDB, 2023). Bitkilerde bilinen en düşük temel sayı olan x =3'ten başlayarak x = 20'ye kadar tüm temel sayıları içeren bitki cinsleri değerlendirmeye alınmıştır.

Cinslerin belirlenmesinde monobazik, dibazik veya polibazik olsun mutlaka bir temel sayının baskın olmasına ve değerlendirmeye alınan cinsin en az 10 türünün kromozomal verisinin rapor edilmesine dikkat edilmiştir. Bu

kromozomal verilerden sadece ana arama sayfasındaki ilk raporlar değerlendirmeye alınmıştır. Buna göre değerlendirmede kullanılan bazı cinslerin (*Ixora* ve *Glycine* gibi) veri tabanında sadece 14 taksonu varken, bazılarının ise (*Ranunculus* ve *Hieracium* gibi) veri tabanında iki yüzden fazla kromozomal raporu bulunmaktadır (Tablo 1). Tablo 1'de 25 cins içerisinde yer alan toplam takson sayısı 1766'dır.



Şekil 1: Diploid ve poliploid kromozom setlerinin genel görünümü.

Tablo 1: Çalışmada değerlendirilen cinsler ve CCDB (2023) veri tabanında kromozom sayısı kaydı bulunan takson sayıları

Cins	**Takson Sayısı**
Crocus L.	77
Bellevalia Lapeyr.	39
Sorghum Moench	26
Sesbania Scop.	29
Matthiola L.	30
Scorzonera L.	72
Potentilla L.	140
Helichrysum Mill.	82
Pentaschistis (Nees) Spach	27
Consolida Riv. ex Ruppius	30
Ranunculus L.	239
Hieracium L.	217
Asparagus L.	50
Isoetes L.	37
Ixora L.	14
Fritillaria L.	102
Inga Mill.	18
Cousinia Cass.	157
Berberis L.	67
Dianthus L.	125
Smilax L.	49
Helianthus L.	65
Sambucus L.	18
Phalaenopsis Blume	42
Glycine Willd.	14

4. HER GENUS İÇİN KARYOLOJİK ÖZET

Her bitki cinsine ait temel kromozom sayısı, disploidi ve poliploidi durumları ile ilgili genel karyolojik özet aşağıda listelenmiştir.

4.1. *Crocus* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 77 takson değerlendirilmiştir. Temel kromozom sayısı x = 3 (23 takson), x = 4 (22 takson), x = 5 (12 takson), x = 7 (7 takson), x = 11 (4 takson), x = 13 (7 takson), x = 15 (1 takson), x = 17 (1 takson) şeklindedir ve buna göre polibazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 3'tür. Diploid kromozom sayısı ise $2n$ = 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 64, 70 şeklindedir ve buna göre $2x$ (diploid), $4x$ (tetraploid), $6x$ (hexaploid), $8x$ (octoploid) ve $10x$ (decaploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Değişken temel kromozom sayıları ve ploidi seviyeleri, cinste çok fazla disploidi ve poliploidi meydana geldiğine işaret etmektedir.

4.2. *Bellevalia* Lapeyr.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 39 takson değerlendirilmiştir. Bu 39 taksonun tamamında temel kromozom sayısı x = 4 şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 4'tür.Diploid kromozom sayısı ise $2n$ = 8 (26 takson), $2n$ = 16 (10 takson), $2n$ = 24 (2 takson) ve $2n$ = 32 (1 takson) şeklindedir ve buna göre $2x$ (diploid), $4x$ (tetraploid), $6x$ (hexaploid) ve $8x$ (octoploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Bellevalia longistyla* (Miscz.) Grossh. türünde $2n$ = 31, 33, 35 şeklinde olduğu gibi) poliploidi raporları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.3. *Sorghum* Moench

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 26 takson değerlendirilmiştir. Bu 26 taksonun tamamında temel kromozom sayısı x = 5 şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 5'tir. Diploid kromozom sayısı ise $2n$ = 10 (11 takson), $2n$ = 20 (7 takson), $2n$ = 30 (3 takson) ve $2n$ = 40 (5 takson) şeklindedir ve buna göre $2x$ (diploid), $4x$ (tetraploid), $6x$ (hexaploid) ve $8x$ (octoploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Sorghum halepense* (L.) Pers. türünde $2n$ = 41, 42, 43 şeklinde olduğu gibi) poliploidi raporları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.4. *Sesbania* Scop.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 29 takson değerlendirilmiştir. Bu 29 taksonun tamamında temel kromozom sayısı x = 6 şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 6'dır. Diploid kromozom sayısı ise 2n = 12 (22 takson) ve 2n = 24 (7 takson) şeklindedir ve buna göre 2x (diploid) ve 4x (tetraploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Sesbania bispinosa* (Jacq.) W. Wight türünde 2n = 11, 13, 14 şeklinde olduğu gibi) farklı diploid sayıları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.5. *Matthiola* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 30 takson değerlendirilmiştir. Bu 30 taksonun 19 tanesinde temel kromozom sayısı x = 6, 11 tanesinde ise x = 7 şeklindedir ve buna göre dibazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 6'dır. Diploid kromozom sayısı ise 2n = 11 (1 takson), 2n = 12 (17 takson), 2n = 14 (11 takson) ve 2n = 24 (1 takson) şeklindedir ve buna göre 2x (diploid) ve 4x (tetraploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). *Matthiola capiomontana* (Dur.) Pomel türünün diploid kromozom sayısı 2n = 10 + 2B olarak rapor edilmiştir ve muhtemelen diploid sayı 2n = 12 şeklindedir. Bazı taksonların (örneğin *Matthiola lunata* DC. türünde 2n = 10, 11 şeklinde olduğu gibi) farklı diploid sayıları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.6. *Scorzonera* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 72 takson değerlendirilmiştir. Bu 72 taksonun 22 tanesinde temel kromozom sayısı x = 6, 50 tanesinde ise x = 7 şeklindedir ve buna göre dibazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 7'dir. Diploid kromozom sayısı ise 2n = 12 (22 takson), 2n = 14 (45 takson), 2n = 28 (4 takson) ve 2n = 42 (1 takson) şeklindedir ve buna göre 2x (diploid), 4x (tetraploid) ve 6x (hexaploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Scorzonera bicolor* Freyn & Sint. türünde 2n = 28 şeklinde olduğu gibi) diploid rapor dışında poliploidi raporları da bulunmaktadır.

4.7. *Potentilla* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 140 takson değerlendirilmiştir. Bu 140 taksonun tamamında temel kromozom sayısı $x = 7$ şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı $x = 7$'dir. Diploid kromozom sayısı ise $2n = 14$ (47 takson), $2n = 21$ (1 takson), $2n = 28$ (45 takson) ve $2n = 42$ (26 takson), $2n = 56$ (10 takson), $2n = 70$ (6 takson) ve $2n = 84$ (3 takson) şeklindedir ve buna göre $2x$ (diploid), $3x$ (triploid), $4x$ (tetraploid), $6x$ (hexaploid), $8x$ (octoploid), $10x$ (decaploid) ve $12x$ (dodecaploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Potentilla drummondii* Lehm. türünde $2n = 64$, 92, 108 şeklinde olduğu gibi) poliploidi raporları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.8. *Helichrysum* Mill.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 82 takson değerlendirilmiştir. Bu 82 taksonun 77 tanesinde temel kromozom sayısı $x = 7$ şeklindedir ve buna göre muhtemelen monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı $x = 7$'dir. Fakat azda olsa $x = 4$ ve $x = 11$ gibi temel kromozom sayılarına da rastlanmaktadır. Diploid kromozom sayısı ise $2n = 8$ (3 takson), $2n = 14$ (29 takson), $2n = 22$ (1 takson), $2n = 28$ (44 takson), $2n = 42$ (1 takson), $2n = 48$ (1 takson) ve $2n = 56$ (3 takson) şeklindedir ve buna göre $2x$ (diploid), $4x$ (tetraploid), $6x$ (hexaploid) ve $8x$ (octoploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Helichrysum bracteatum* (Venten.) Willd. türünde $2n = 26$, 30 şeklinde olduğu gibi) poliploidi raporları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.9. *Pentaschistis* (Nees) Spach

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 27 takson değerlendirilmiştir. Bu 27 taksonun 23 tanesinde temel kromozom sayısı $x = 7$, 4 tanesinde ise $x = 13$ şeklindedir ve buna göre dibazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı $x = 7$'dir. Diploid kromozom sayısı ise $2n = 14$ (11 takson), $2n = 26$ (1 takson), $2n = 28$ (9 takson), $2n = 42$ (2 takson), $2n = 52$ (2 takson), $2n = 56$ (1 takson) ve $2n = 84$ (1 takson) şeklindedir ve buna göre $2x$ (diploid), $4x$ (tetraploid), $6x$ (hexaploid), $8x$ (octoploid) ve $12x$

(dodecaploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Pentaschistis tomentella* Stapf türünde 2*n* = 30 şeklinde olduğu gibi) poliploidi raporları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.10. *Consolida* Riv. ex Ruppius

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 30 takson değerlendirilmiştir. Bu 30 taksonun 29 tanesinde temel kromozom sayısı *x* = 8, *Consolida persica* (Boiss.) Schrödinger türünde ise *x* = 7 şeklindedir ve buna göre muhtemelen monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı *x* = 8'dir. Diploid kromozom sayısı ise 2*n* = 14 (1 takson) ve 2*n* = 16 (29 takson) şeklindedir ve buna göre 2*x* (diploid) ploidi seviyesi bulunmaktadır (Tablo 2). *Consolida ajacis* (L.) Schur türünün 2*n* = 3*x* = 24, 26 şeklinde poliploidi raporları da bulunmaktadır ve 2*n* = 26 muhtemelen disploidi sonucudur.

4.11. *Ranunculus* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 239 takson değerlendirilmiştir. Bu 239 taksonun 22 tanesinde temel kromozom sayısı *x* = 6, 31 tanesinde *x* = 7, 186 tanesinde ise *x* = 8 şeklindedir ve buna göre polibazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı *x* = 8'dir. Diploid kromozom sayısı ise 2*n* = 14 (11 takson), 2*n* = 16 (105 takson), 2*n* = 24 (5 takson), 2*n* = 28 (20 takson), 2*n* = 32 (71 takson), 2*n* = 40 (1 takson), 2*n* = 48 (16 takson), 2*n* = 56 (1 takson), 2*n* = 64 (7 takson) ve 2*n* = 80 (2 takson) şeklindedir ve buna göre 2*x* (diploid), 4*x* (tetraploid), 5*x* (pentaploid), 6*x* (hexaploid), 8*x* (octoploid) ve 10*x* (decaploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Değişken temel kromozom sayıları ve ploidi seviyeleri, cinste çok fazla disploidi ve poliploidi meydana geldiğine işaret etmektedir. Bazı taksonların (örneğin *Ranunculus sulphureus* Sol. türünde 2*n* = 92 ve *Ranunculus lingua* L. türünde 2*n* = 128 şeklinde olduğu gibi) yüksek poliploidi raporları da bulunmaktadır.

4.12. *Hieracium* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 217 takson değerlendirilmiştir. Bu 217 taksonun tamamında temel kromozom sayısı *x* = 9

şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 9'dur. Diploid kromozom sayısı ise 2n = 18 (76 takson), 2n = 26 (1 takson), 2n = 35 (1 takson), 2n = 36 (135 takson), 2n = 54 (4 takson) şeklindedir ve buna göre 2x (diploid), 3x (triploid), 4x (tetraploid) ve 6x (hexaploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). *Hieracium scapigerum* Boiss., Orph. & Heldr. türünün 2n = 26 ve *Hieracium excellens* Murr ex Zahn türünün 2n = 35 şeklindeki poliploidi raporları muhtemelen disploidi sonucudur.

4.13. *Asparagus* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 50 takson değerlendirilmiştir. Bu 50 taksonun tamamında temel kromozom sayısı x = 10 şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 10'dur. Diploid kromozom sayısı ise 2n = 20 (30 takson), 2n = 40 (15 takson), 2n = 60 (5 takson) şeklindedir ve buna göre 2x (diploid), 4x (tetraploid) ve 6x (hexaploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Asparagus gonoclados* Baker türünde 2n = 64 şeklinde olduğu gibi) poliploidi raporları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.14. *Isoetes* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 37 takson değerlendirilmiştir. Bu 50 taksonun tamamında temel kromozom sayısı x = 11 şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 11'dir. Diploid kromozom sayısı ise 2n = 22 (17 takson), 2n = 44 (13 takson), 2n = 66 (5 takson), 2n = 110 (1 takson), 2n = 132 (1 takson) şeklindedir ve buna göre 2x (diploid), 4x (tetraploid), 6x (hexaploid), 10x (decaploid) ve 12x (dodecaploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Isoetes lacustris* L. türünde 2n = 105, 108 şeklinde olduğu gibi) poliploidi raporları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.15. *Ixora* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 14 takson değerlendirilmiştir. Bu 14 taksonun tamamında temel kromozom sayısı x = 11

şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 12'dir. Diploid kromozom sayısı ise 2n = 22 (14 takson) şeklindedir ve buna göre 2x (diploid) ploidi seviyesi bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Ixora cuneifolia* Roxb. türünde 2n = 33 şeklinde olduğu gibi) poliploidi raporları da bulunmaktadır.

4.16. *Fritillaria* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 102 takson değerlendirilmiştir. Bu 102 taksonun 99 tanesinde temel kromozom sayısı x = 12 şeklindedir ve buna göre muhtemelen monobazik cins kategorisindedir. Fakat azda olsa x = 9 ve x = 11 gibi temel kromozom sayılarına da rastlanmaktadır. Baskın temel sayı x = 12'dir. Diploid kromozom sayısı ise 2n = 22 (1 takson), 2n = 24 (99 takson), 2n = 27 (1 takson), 2n = 54 (1 takson) şeklindedir ve buna göre 2x (diploid) ve 4x (tetraploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). *Fritillaria legionensis* Llamas & J. Andrés türünün 2n = 54 şeklindeki poliploidi raporu muhtemelen disploidi sonucudur.

4.17. *Inga* Mill.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 18 takson değerlendirilmiştir. Bu 18 taksonun tamamında temel kromozom sayısı x = 13 şeklindedir ve buna göre muhtemelen monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 13'tür. Diploid kromozom sayısı ise 2n = 26 (16 takson), 2n = 52 (1 takson), 2n = 104 (1 takson) şeklindedir ve buna göre 2x (diploid), 4x (tetraploid) ve 8x (octoploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). *Inga laurina* (Sw.) Willd. türünün 2n = 26, 27 şeklindeki raporlarından 2n = 27 muhtemelen disploidi sonucudur.

4.18. *Cousinia* Cass.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 157 takson değerlendirilmiştir. Bu 157 taksonun 20 tanesinde temel kromozom sayısı x = 9, 3 tanesinde x = 10, 7 tanesinde ise x = 11, 61 tanesinde ise x = 12, 66 tanesinde ise x = 13 şeklindedir ve buna göre polibazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı x = 13'tür. Diploid kromozom sayısı ise 2n = 18 (11 takson), 2n = 20 (3 takson), 2n = 22 (7 takson), 2n = 24 (61 takson), 2n = 26 (66 takson), ve 2n = 36 (9 takson) şeklindedir ve buna göre 2x (diploid) ve 4x

(tetraploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonlarda (örneğin *Cousinia congesta* Bunge türünde 2*n* = 24, 26 şeklinde olduğu gibi) iki temel sayıya uygun raporlar bulunmaktadır ve bu muhtemelen disploidi sonucudur.

4.19. *Berberis* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 67 takson değerlendirilmiştir. Bu 67 taksonun tamamında temel kromozom sayısı *x* = 14 şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı *x* = 14'tür. Diploid kromozom sayısı ise 2*n* = 28 (65 takson), 2*n* = 56 (2 takson) şeklindedir ve buna göre 2*x* (diploid) ve 4*x* (tetraploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Berberis microphylla* G. Forst. türünde 2*n* = 28, 56 şeklinde olduğu gibi) hem diploidi hem de poliploidi raporları bulunmaktadır.

4.20. *Dianthus* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 125 takson değerlendirilmiştir. Bu 125 taksonun tamamında temel kromozom sayısı *x* = 15 şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı *x* = 15'tir. Diploid kromozom sayısı ise 2*n* = 30 (86 takson), 2*n* = 60 (22 takson), 2*n* = 90 (17 takson) şeklindedir ve buna göre 2*x* (diploid), 4*x* (tetraploid) ve 6*x* (hexaploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Dianthus plumarius* L. türünde 2*n* = 30, 60, 90 şeklinde olduğu gibi) hem diploidi hem de poliploidi raporları bulunmaktadır.

4.21. *Smilax* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 49 takson değerlendirilmiştir. Bu 49 taksonun 9 tanesinde temel kromozom sayısı *x* = 13, 1 tanesinde *x* = 15, 16 tanesinde ise *x* = 39 şeklindedir ve buna göre muhtemelen dibazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı *x* = 16'dır. Diploid kromozom sayısı ise 2*n* = 26 (8 takson), 2*n* = 30 (1 takson), 2*n* = 32 (34 takson), 2*n* = 64 (3 takson), 2*n* = 96 (2 takson) ve 2*n* = 104 (1 takson) şeklindedir ve buna göre 2*x* (diploid), 4*x* (tetraploid) ve 8*x* (octoploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). Bazı taksonların (örneğin *Smilax ferox*

Wall. ex Kunth türünde 2*n* = 52, 96, 104 şeklinde olduğu gibi) poliploidi raporları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.22. *Helianthus* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 65 takson değerlendirilmiştir. Bu 65 taksonun tamamında temel kromozom sayısı *x* = 17 şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı *x* = 17'dir. Diploid kromozom sayısı ise 2*n* = 34 (55 takson), 2*n* = 68 (6 takson), 2*n* = 102 (4 takson) şeklindedir ve buna göre 2*x* (diploid), 4*x* (tetraploid) ve 6*x* (hexaploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır. Bazı taksonların (örneğin *Helianthus ciliaris* DC. türünde 2*n* = 62 şeklinde olduğu gibi) poliploidi raporları da bulunmaktadır ve bunlar muhtemelen disploidi sonucudur.

4.23. *Sambucus* L.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 18 takson değerlendirilmiştir. Temel kromozom sayısı *x* = 18 (12 takson), *x* = 19 (4 takson), *x* = 20 (1 takson) şeklindedir ve buna göre polibazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı *x* = 18'dir. Diploid kromozom sayısı ise 2*n* = 36 (12 takson), 2*n* = 37 (1 takson), 2*n* = 38 (4 takson) ve 2*n* = 40 (1 takson) şeklindedir ve buna göre 2*x* (diploid) ploidi seviyesi bulunmaktadır (Tablo 2). *Sambucus australis* Cham. & Schltdl. türünün 2*n* = 37 diploid kromozom sayısı muhtemelen disploidi sonucudur.

4.24. *Phalaenopsis* Blume

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 42 takson değerlendirilmiştir. Bu 42 taksonun 41 tanesinde temel kromozom sayısı *x* = 19, *Phalaenopsis taenialis* (Lindl.) Christenson & Pradhan türünde ise *x* = 19, 20 şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı *x* = 19'dur. Diploid kromozom sayısı ise 2*n* = 38 (41 takson) ve 2*n* = 38, 40 (1 takson) şeklindedir ve buna göre 2*x* (diploid) ploidi seviyesi bulunmaktadır (Tablo 2). *Phalaenopsis taenialis* türünün 2*n* = 4*x* = 57, 60 şeklinde poliploidi raporları da bulunmaktadır.

4.25. *Glycine* Willd.

CCDB veri tabanında kabul edilmiş durumda bulunan 14 takson değerlendirilmiştir. Bu 14 taksonun tamamında temel kromozom sayısı $x = 20$ şeklindedir ve buna göre monobazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı $x = 20$'dir. Diploid kromozom sayısı ise $2n = 39$ (1 takson), $2n = 40$ (12 takson) ve $2n = 80$ (1 takson) şeklindedir ve buna göre $2x$ (diploid) ve $4x$ (tetraploid) ploidi seviyeleri bulunmaktadır (Tablo 2). *Glycine tomentella* Hayata türünün $2n = 39$ diploid kromozom sayısı muhtemelen disploidi sonucudur.

Tablo 2. Çalışmada değerlendirilen cinslerin CCDB (2023) veri tabanına göre temel (x) ve diploid kromozom ($2n$) sayıları ile ploidi seviyeleri. Temel kromozom sayısının monobazik, dibazik veya polibazik olmak üzere üç farklı tipi bulunmaktadır.

Cins	**Temel sayı (x) (takson sayısı)**	**Temel sayıya göre tip**	**$2n$**	**Ploidi seviyesi**
Crocus	$x = 3$ (23) $x = 4$ (22) $x = 5$ (12) $x = 7$ (7) $x = 11$ (4) $x = 13$ (7) $x = 15$ (1) $x = 17$ (1)	Polibazik	$2n = 6$ $2n = 8$ $2n = 10$ $2n = 12$ $2n = 14$ $2n = 16$ $2n = 18$ $2n = 20$ $2n = 22$ $2n = 24$ $2n = 26$ $2n = 28$ $2n = 30$ $2n = 32$ $2n = 34$ $2n = 64$ $2n = 70$	$2x$ (diploid) $4x$ (tetraploid) $6x$ (hexaploid) $8x$ (octoploid) $10x$ (decaploid)
Bellevalia	$x = 4$ (39)	Monobazik	$2n = 8$ $2n = 16$ $2n = 24$ $2n = 32$	$2x$ (diploid) $4x$ (tetraploid) $6x$ (hexaploid) $8x$ (octoploid)
Sorghum	$x = 5$ (26)	Monobazik	$2n = 10$ $2n = 20$	$2x$ (diploid) $4x$ (tetraploid)

			2*n* = 30 2*n* = 40	6*x* (hexaploid) 8*x* (octoploid)
Sesbania	*x* = 6 (29)	Monobazik	2*n* = 12 2*n* = 24	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid)
Matthiola	*x* = 6 (19) *x* = 7 (11)	Dibazik	2*n* = 11* 2*n* = 12 2*n* = 14 2*n* = 24	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid)
Scorzonera	*x* = 6 (22) *x* = 7 (50)	Dibazik	2*n* = 12 2*n* = 14 2*n* = 28 2*n* = 42	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid) 6*x* (hexaploid)
Potentilla	*x* = 7 (140)	Monobazik	2*n* = 14 2*n* = 21 2*n* = 28 2*n* = 42 2*n* = 56 2*n* = 70 2*n* = 84	2*x* (diploid) 3*x* (triploid) 4*x* (tetraploid) 6*x* (hexaploid) 8*x* (octoploid) 10*x* (decaploid) 12*x* (dodecaploid)
Helichrysum	*x* = 7 (77)	Monobazik**	2*n* = 8 2*n* = 14 2*n* = 22 2*n* = 28 2*n* = 42 2*n* = 48 2*n* = 56	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid) 6*x* (hexaploid) 8*x* (octoploid)
Pentaschistis	*x* = 7 (23) *x* = 13 (4)	Dibazik	2*n* = 14 2*n* = 26 2*n* = 28 2*n* = 42 2*n* = 52 2*n* = 56 2*n* = 84	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid) 6*x* (hexaploid) 8*x* (octoploid) 12*x* (dodecaploid)
Consolida	*x* = 7 (1)* *x* = 8 (29)	Monobazik**	2*n* = 14 2*n* = 16	2*x* (diploid)
Ranunculus	*x* = 6 (22) *x* = 7 (31) *x* = 8 (186)	Polibazik	2*n* = 14 2*n* = 16 2*n* = 24 2*n* = 28 2*n* = 32 2*n* = 40 2*n* = 48	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid) 5*x* (pentaploid) 6*x* (hexaploid) 8*x* (octoploid) 10*x* (decaploid)

			2*n* = 56 2*n* = 64 2*n* = 80	
Hieracium	*x* = 9 (217)	Monobazik	2*n* = 18 2*n* = 26* 2*n* = 35* 2*n* = 36 2*n* = 54	2*x* (diploid) 3*x* (triploid) 4*x* (tetraploid) 6*x* (hexaploid)
Asparagus	*x* = 10 (50)	Monobazik	2*n* = 20 2*n* = 40 2*n* = 60	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid) 6*x* (hexaploid)
Isoetes	*x* = 11 (37)	Monobazik	2*n* = 22 2*n* = 44 2*n* = 66 2*n* = 110 2*n* = 132	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid) 6*x* (hexaploid) 10*x* (decaploid) 12*x* (dodecaploid)
Ixora	*x* = 11 (14)	Monobazik	2*n* = 22	2*x* (diploid)
Fritillaria	*x* = 12 (99)	Monobazik**	2*n* = 22 2*n* = 24 2*n* = 27* 2*n* = 54*	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid)
Inga	*x* = 13 (18)	Monobazik	2*n* = 26 2*n* = 52 2*n* = 104	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid) 8*x* (octoploid)
Cousinia	*x* = 9 (20) *x* = 10 (3) *x* = 11 (7) *x* = 12 (61) *x* = 13 (66)	Polibazik	2*n* = 18 2*n* = 20 2*n* = 22 2*n* = 24 2*n* = 26 2*n* = 36	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid)
Berberis	*x* = 14 (67)	Monobazik	2*n* = 28 2*n* = 56	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid)
Dianthus	*x* = 15 (125)	Monobazik	2*n* = 30 2*n* = 60 2*n* = 90	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid) 6*x* (hexaploid)
Smilax	*x* = 13 (9) *x* = 15 (1)* *x* = 16 (39)	Dibazik	2*n* = 26 2*n* = 30* 2*n* = 32 2*n* = 64 2*n* = 96 2*n* = 104	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid) 8*x* (octoploid)
Helianthus	*x* = 17	Monobazik	2*n* = 34	2*x* (diploid)

			2*n* = 68 2*n* = 102	4*x* (tetraploid) 6*x* (hexaploid)
Sambucus	*x* = 18 (12) *x* = 19 (4) *x* = 20 (1) *x* = belirsiz (1)	Polibazik	2*n* = 36 2*n* = 37* 2*n* = 38 2*n* = 40	2*x* (diploid)
Phalaenopsis	*x* = 19 (41) *x* = 20 (1)*	Monobazik	2*n* = 38 2*n* = 40	2*x* (diploid)
Glycine	*x* = 20 (14)	Monobazik	2*n* = 39* 2*n* = 40 2*n* = 80	2*x* (diploid) 4*x* (tetraploid)

* muhtemelen disploidi

** muhtemelen monobazik

5. GENEL DEĞERLENDİRME

Temel kromozom sayısı, disploidi ve poliploidi varyasyonları bitki sitotaksonomisinde kullanılan oldukça önemli karakterlerdir. Bitkilerdeki bu varyasyonları net bir şekilde ortaya koymak için 25 cins içerisinde yer alan oldukça fazla sayıda taksonun (1766) karyolojik verileri ele alınmıştır. Bu bitki cinslerinde *x* = 3'ten *x* = 20'ye kadar tüm temel kromozom sayıları bulunmaktadır. Burada "bazı temel sayılar diğerinin katları değil mi" şeklinde bir soru akla gelebilir veya bu soru "*x* = 12 olarak verilen bir temel sayı, *x* = 6 olarak da yazılamaz mı" şeklinde de ifade edilebilir. Buradaki fark minimum diploid sayı baz alınarak sağlanmıştır. Temel kromozom sayısı *x* = 6 olan bir cinsin minimum diploid sayısı 2*n* = 12 iken, *x* = 12 olan bir cinste ise minimum diploid sayı 2*n* = 24'tür ve bu cinsin hiçbir türünde 2*n* = 12 raporu bulunmamaktadır.

Bitki cinslerinin 17 tanesi monobazik, 4 tanesi dibazik ve 4 tanesi de polibazik cins kategorisindedir. Baskın temel sayı olarak beş cinste *x* = 7, iki cinste *x* = 8, iki cinste *x* = 12, iki cinste *x* = 13 ve diğer tüm cinslerde ise bunlar dışındaki diğer temel sayılar birer kez ortaya çıkmaktadır. Dibazik ve polibazik cinslerde görülen temel sayı varyasyonları disploidi mekanizmasının bir sonucudur.

Poliploidi bitkilerde oldukça yaygın bir mekanizmadır ve tohumlu bitkilerin %50'den fazlasında bilinmektedir (De Bodt vd., 2005; Meyers ve Levin, 2006; Otto, 2007; Rieseberg ve Willis, 2007; One thousand plant transcriptomes and the phylogenomics of green plants, 2019). Bu durum

Tablo 2'de açık bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Diploid durum dışında 3*x* (triploid), 4*x* (tetraploid), 5*x* (pentaploid), 6*x* (hexaploid), 8*x* (octoploid), 10*x* (decaploid) ve 12*x* (dodecaploid) gibi farklı ploidi seviyeleri bulunmaktadır. *Consolida*, *Sambucus*, *Phalaenopsis* cinslerinde diğer cinslere oranla poliploidi raporu daha azdır. Buna karşılık birçok cinste ise poliploidi varyasyonları oldukça yaygındır. Örneğin Potentilla cinsinde 3*x* (triploid), 4*x* (tetraploid), 6*x* (hexaploid), 8*x* (octoploid), 10*x* (decaploid) ve 12*x* (dodecaploid) gibi farklı ploidi seviyeleri rapor edilmiştir.

KAYNAKÇA

CCDB. (2023). Retrieved from http://ccdb.tau.ac.il/. (Erişim tarihi: 05.05.2023).

Cusimano, N., Sousa, A., Ronner, S.S. (2012). Maximum likelihood inference implies a high, not a low, ancestral haploid chromosome number in Araceae, with a critique of the bias introduced by "*x*". *Annals of Botany*, 109(4), 681-692.

Darlington, C.D. (1937). Recent advances in cytology. J.ve A. Churchill Ltd., London.

De Bodt, S., Maere, S., Van de Peer, Y. (2005). Genome duplication and the origin of angiosperms. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(11), 591-597.

Eroğlu, H. E. (2022a). Önemli sitotaksonomik karakterler ve karyotip asimetrisi. In: Yazıcı, K., Doğan, H (eds). Tarım Bilimleri Alanında Multidsipliner Güncel Çalışmalar I, İksad Yayınevi, Ankara, pp. 3-19.

Eroğlu, H. E. (2022b). The polyploidy mechanism as response to global climate change. In: Doğan, H., Fidan, H. (eds). Global Climate Change: Agriculture and Food Science Perspective, İksad Yayınevi, Ankara, pp. 135-147.

Fiz, O., Vargas, P., Alarcón, M. L., Aldasoro, J. J. (2006). Phylogenetic relationships and evolution in *Erodium* (Geraniaceae) based on trnL-trnF sequences. *Systematic Botany*, 31(4), 739-763.

Meyers, L. A., Levin, D. A. (2006). On the abundance of polyploids in flowering plants. *International Journal of Organic Evolution*, 60(6), 1198-1206.

One thousand plant transcriptomes and the phylogenomics of green plants. (2019). One thousand plant transcriptomes and the phylogenomics of green plants. *Nature*, 574 (7780), 679-685.

Otto, S. P. (2007). The evolutionary consequences of polyploidy. *Cell*, 131(3), 452-462.

Pajaron, N. (1982). Números cromosomá ticos de plantas occidentales, 169-175. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 38(2), 519-522.

Rieseberg, L. H., Willis, J. H. (2007). Plant speciation. *Science*, 317(5840), 910-914.

Rottgardt, K. (1956). Morphologische, citologische und physiologische untersuchungen von okotypen in Schleswig- Holstein. *Beiträge zur Biologie der Pflanzen*, 32, 225-278.

Schubert I (2007). Chromosome evolution. Current Opinion in Plant Biology 10, 109-115.

Wanscher, J. H. (1934). The basic chromosome number of the higher plants. *The New Phytologist*, 33(2), 101-126.

BÖLÜM 2

İNSEKTİSİDAL AKTİVİTEYE SAHİP FARKLI BİTKİLERİN UÇUCU YAĞ VE FENOLİK MADDE İÇERİKLERİ

Doç. Dr.| Mustafa ALKAN[1]

Prof. Dr. | Ayhan GÖKÇE[2]

[1]Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü mustafa.alkan@yobu.edu.tr ORCID ID: 0000-0001-7125-2270
[2]Niğde Ömerhalisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, ayhan.gokce@ohu.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-5617-1349

GİRİŞ

Zararlılar ile mücadelede 1945'ten sonra sentetik kimyasalların yüksek oranda kullanılmaya başlanması ile insan ve çevre sağlığını etkileyen pek çok olumsuz etki ortaya çıkmaya başlamıştır. Sentetik pestisitlerin ekosistemdeki yüksek kalıcılıklarının, sıcak kanlılara toksisitelerinin ve faydalılara yan etkilerinin ortaya çıkmasıyla beraber kullanımları 1960'lı yıllardan itibaren sınırlandırılmaya başlamış ve 2009-2011 yılları arasında Türkiye'de 158 adet aktif madde yasaklanmıştır (Anonim, 2010). Yasaklanan aktif maddeler nedeniyle üreticilerin zararlılar ile mücadelede kullanabilecekleri yeni aktif maddelere olan ihtiyacı artmış ve bu bağlamda yeni aktif madde arayışları hız kazanmıştır. Bu araştırmalar sonucunda keşfedilen yeni aktif maddelerin kullanımı hızla artmıştır (Yu, 2008).

Çevre duyarlılığının giderek arttığı günümüz dünyasında tarımsal savaşım girdilerinden kaynaklanan birçok olumsuz faktörün ortadan kaldırılması için çalışmalar yapılmakta ve bu çalışmaların bir ayağını da bitki ekstraktlarının tarımsal zararlı böcekler ile mücadelede kullanım olanakları oluşturmaktadır. Bitki ekstraktlarının tarımsal zararlılar ile mücadelede kullanımının yaklaşık 2000 yıllık bir geçmişe sahip olduğu bilinmektedir (Thacker, 2002). Organik klorlu ve organik fosforlu insektisitlerin keşfinden önce bitki ekstraktlarının mücadelede kullanımları önemli bir yer tutmuştur (Isman, 1997).

Bitkisel kökenli bileşiklerden sekonder metabolitler, bitkilerde zararlılardan ve diğer stres oluşturabilecek çevresel faktörlerden (Ultra Viole Işın, kuraklık, tuzluluk) korunmak amacıyla sentezlenen bileşiklerdir (Bourgaud, 2001). Bugüne kadar farklı bitki türlerinden yüzbine yakın sekonder metabolit izole edilmiş ve tanımlamaları yapılmış. Bu sayıya her yıl yaklaşık olarak 4000 yeni sekonder bileşiğin eklendiği bilinmektedir (Verpoorte vd. 1999). Belirlenen sekonder metabolitler içerisinde, insektisit, herbisit, uzaklaştırıcı, cezbedici vb. özelliklere sahip olanları bulunmaktadır (Charwood ve Rhodes, 1990).

Sekonder metabolitlerin zararlıların davranışları (uzaklaştırıcı, cezbedici, beslenmeyi engelleme) üzerinde etkileri özellikle azadirachtin hem toksik hem de böcek büyüme düzenleyici ve beslenmeyi engelleyici olarak büyük başarı göstermesinden sonra daha yoğun olarak araştırılmaya başlanmıştır (Isman, 2006). Zararlılar üzerinde davranışsal ve fizyolojik

etkilere sahip olan bu metabolitler farklı kategorilerde sınıflandırılmaktadırlar (Güncan ve Durmuşoğlu, 2004). Bu katagorilerin en önemlilerinin alkoloidler, glikozitler, fenoller, terpenoidler, taninler ve saponinler olduğu bildirilmiştir (Shanker ve Solanki, 2000). Tarımsal zararlılara karşı bitkisel kökenli maddelerin kullanımı ile ilgili çalışmalar 1980'li yıllardan itibaren önemli bir hız kazanmış ve değişik familyalardan bitkilerin etkinlikleri laboratuarda çalışılmıştır (Nitao, 1987; Pascual-Villalobos ve Robledoet, 1999; Chiasson vd., 2004). Bitkilerin, insektisitler için önemli potansiyel kaynaklar olduğu birçok araştırıcı tarafından ortaya konulmuştur. Parakash ve Rao (1996) 866 bitkinin, Ahmed ve Grainger (1988) ise 1535 bitkinin tarımda zararlı olan böceklere çeşitli şekillerde etkili olduğunu belirtmektedirler. Öncüer (2000) ise bu rakamın 2000'i aşmış olduğunu bildirmektedir. Bu çalışmalara rağmen, uygulamada kullanılabilecek bitkisel kökenli pestisit sayısı günümüzde halen çok kısıtlı sayıda bulunmaktadır (Isman, 2006). Bitkiler, doğal insektisit kaynağı olarak önemli bir yer tutmaktadır ve gelişen sentetik insektisitlerin insan, hayvan ve çevreye verdikleri zararı engellemenin yolu bitkisel kökenli insektisitlerin araştırılmasından geçtiği düşünülmektedir.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

1.1. Çalışmada kullanılan bitkiler ve kullanılan kısımları

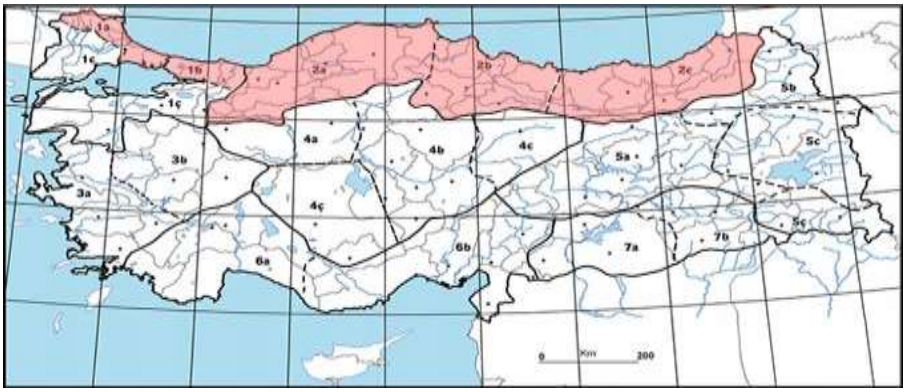
Çalışmanın ana materyalini, altı farklı bitkiden (*Acanthus dioscoridis* L., *Achillea millefolium* L., *Bifora radians* M. Bieb., *Heracleum platytaenium* Boiss, *Humulus lupulus* L., *Phlomis tuberosa* (L.) Moench) elde edilmiş bitki ekstraktları oluşturmaktadır. Çalışmada kullanılan bitkilerin bilimsel isimleri, familyaları, ekstraksiyonda kullanılan aksamları ve toplanma yerleri Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmada kullanılan bitkiler 27-DPT-01-07-01 nolu DPT (Devlet Planlama Teşkilatı) projesi kapsamında toplanmış ve TAGEM-BS-12 / 04-04 / 01-04 nolu Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen proje kapsamında çalışılmıştır. Bitkilerin teşhisi Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Dr. Öğr. Üyesi Bedrettin SELVİ ve Erzincan Binaliyıldırım Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Ali KANDEMİR tarafından yapılmıştır.

Tablo 1: Denemelerde kullanılan bitkiler, kullanılan kısımları ve toplanma yerleri

Botanik ismi	Familya	Kullanılan kısmı	Toplama yeri
Acanthus dioscoridis L.	Acanthaceae	Yaprak, Gövde, Çiçek	Erzincan
Achillea millefolium L.	Asteraceae	Yaprak, Gövde, Çiçek	Tokat
Bifora radians M. Bieb.	Apiaceae	Yaprak, Gövde	Tokat
Heracleum platytaenium	Apiaceae	Yaprak, Gövde	Trabzon
Humulus lupulus L.	Cannabaceae	Kozalak	Tokat
Phlomis tuberosa (L.)	Lamiaceae	Yaprak, Gövde, Çiçek	Erzincan

1.1.1. *Humulus lupulus* L. (Cannabaceae)

Çok yıllık bir bitki olan *Humulus lupulus* ülkemizde Şerbetçi otu, bira çiçeği, maya çiçeği, maya otu, ömer otu gibi isimlerle anılmaktadır. Özellikle çalılık alanlarda bulunan bitkinin çiçeklenme dönemi 6. ve 8. aylar arasındadır. Dünya üzerinde Avrupa, Batı ve Orta Asya'da yayılış göstermektedir. Ülkemizde ise kuzey bölgelerde yayılmış durumdadır (Öztekin, 2012). Aşağıda Türkiye'de yayılış gösterdiği alanlar verilmiştir (Şekil 1).

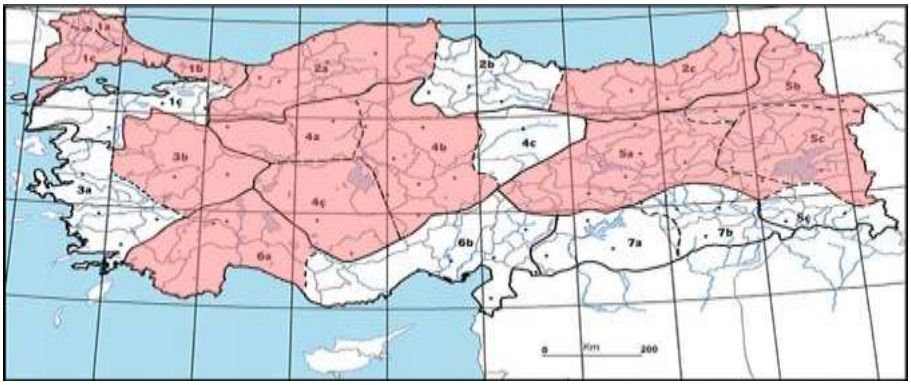


Şeki 1: *Humulus lupulus*'un Türkiye'de yayılış haritası (Anonim, 2023)

1.1.2. *Bifora radians* M. Bieb. (Apiaceae)

Kokar ot olarak bilinen bitki, tek yıllık olup bölgelere göre değişmekle birlikte 4. ve 8. aylar arasında çiçeklenmektedir. 700 ile 1800 m arasındaki yüksekliklerde bulunan bitki özellikle tarla kenarlarını ve boş alanları tercih etmektedir. Dünya üzerinde Güney ve Orta Avrupa, Kafkasya, Kuzey ve Batı

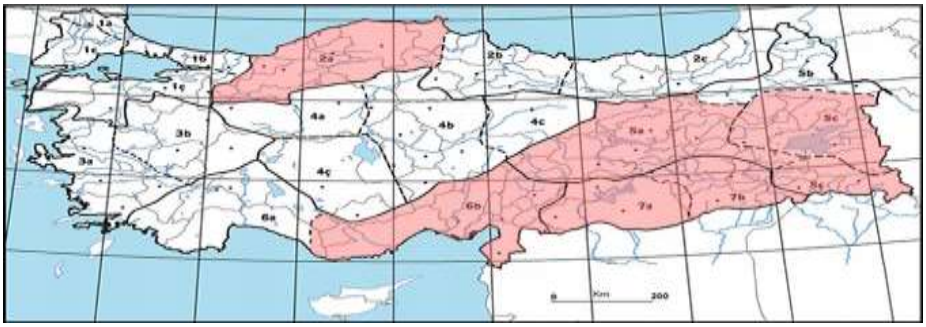
İran'da bulunan bitki Türkiye'de geniş bir yayılış alanına sahiptir (Menemen, 2012). Aşağıda Türkiye'de bulunduğu bölgeler verilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: *Bifora radians*'ın Türkiye'de yayılış haritası (Anonim, 2023)

1.1.3. *Acanthus dioscoridis* L. (Acanthaceae)

Çok yıllık ot formundadır. İlk çiçeklenmesi mayıs ayında ve son çiçeklenmesi ağustos ayında olmaktadır. Volkanik kayalar, uçurumlar, tebeşirli topraklar, nadas tarlaları ve bozkırlar habitatları olarak belirlenmiştir. Bu bitki 1300 m ile 2200 m arası yükseltilerde yetişmektedir. Ülkemizde Doğu Anadolu bölgesinde yoğun olarak bulunmaktadır (Şekil 3). Genel dağılımı ise Lübnan, Kuzey Irak, İran ve Yemen'dir (Sadıkoğlu, 2012).

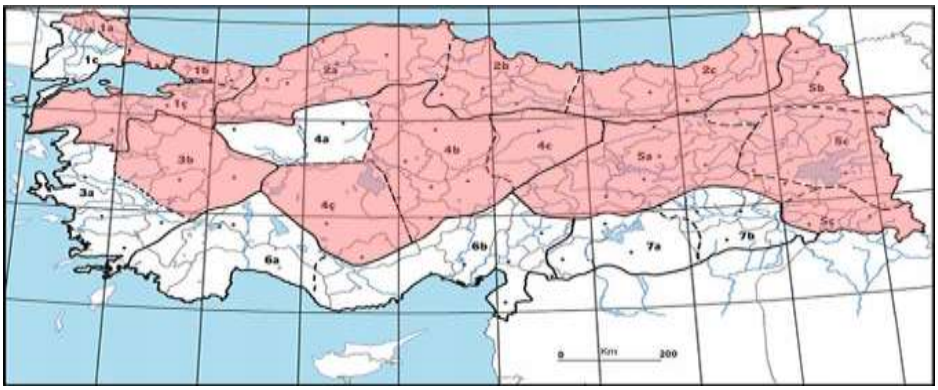


Şekil 3: *Acanthus dioscoridis*'in Türkiye'de yayılış haritası (Anonim, 2023)

1.1.4. *Achillea millefolium* L. (Asteraceae)

Binbiryaprak, Yaşlı Adam Biberi, Asker Yarası, Şövalye, Binyaprağı, Bin ot, Burun kanaması, Marangoz Otu, Kan değeri, Sağlam Ot gibi değişik isimler ile anılmaktadır. Civanperçemi 20-50 cm boyunda, tek dallıdır, lifli ve

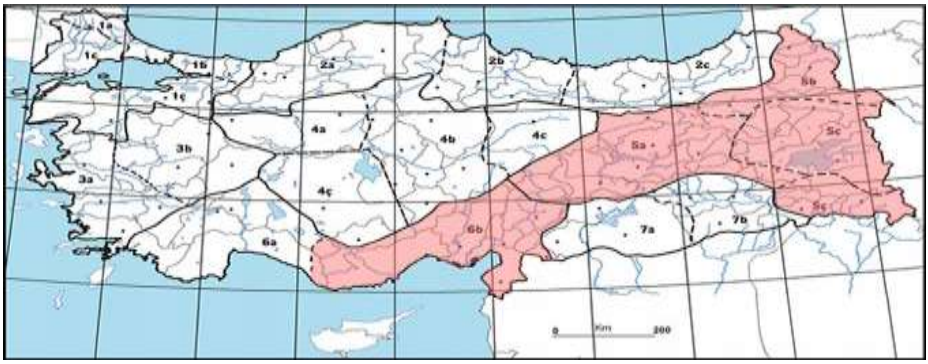
tüylüdür. Birbiri ardına sıralı olan yaprakları 8-10 cm uzunluğunda olup ve 2 cm genişliğindedir. Yaprak şekli, çok parçalıdır, rengi koyu yeşil renklidir, üstü tüylerle kaplıdır. Çiçekleri, çeşitli ve üzeri düz demetler halindedir, beyaz çiçeklerinin tepeleri küçük ve çiçek topluluğundan ibarettir. Küçücük olan çiçeklerinin her biri papatyaya benzemektedir. Bitkinin tamamı az çok tüylüdür. Çiçekleri Mayıs-Ağustos aylarında çiçeklenir. Ülkemizde Karadeniz, Orta Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde yayılış göstermektedir (Arabacı, 2012) (Şekil 4).



Şekil 4: *Achillea millefolium*'un Türkiye'de yayılış haritası (Anonim, 2023)

1.1.5. *Phlomis tuberosa* (L.) Moench (Lamiaceae)

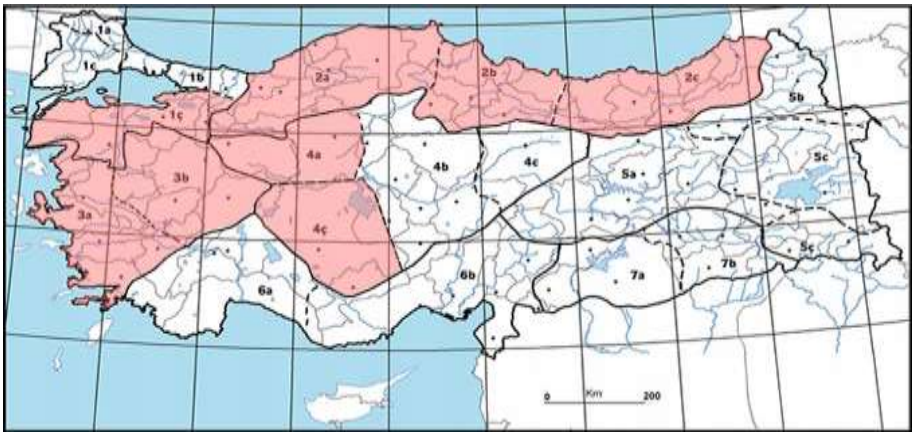
Çok yıllık, ot formundadır. İlk çiçeklenme zamanı haziran ayı son çiçeklenme zamanı ise Temmuz ayıdır. Kuru taşlı yamaçlar, nadas tarlaları, bozkırlar ve çayırlık alanlarda yetişmektedir. 1400-2300 m arasındaki yükseltilerde bulunmaktadır. Kuzey ve Doğu Anadolu bölgelerinde yayılış göstermektedir (Şekil 5) (Dadandı, 2012).



Şekil 5: *Phlomis tuberosa*'nın Türkiye'de yayılış haritası (Anonim, 2023)

1.1.6. *Heracleum platytaenium* Boiss (Apiaceae)

Çok yıllık, ot formundadır. Çiçeklenme zamanı Haziran ve Temmuz aylarındadır. Nemli çayırlar, kayalık sel yatakları ve dere yakınlarında, 1400-2600 m yükseltilerde bulunmaktadır. Kuzeydoğu Anadolu'da yayılış göstermektedir (Duran, 2012) (Şekil 6).



Şekil 6: *Heracleum platytaenium*'un Türkiye'de yayılış haritası (Anonim, 2023).

1.2. Bitkilerin ekstraksiyonu

Toplanan bitki materyalleri, çeşitli vejetatif organlara (yaprak, gövde, çiçek veya meyve) ayrılarak direkt olarak güneş ışığı almayacak şekilde oda sıcaklığında kurutulmuşlardır. Kurutulmuş bitki materyalleri değirmen vasıtasıyla öğütülerek, cam kavanozlara aktarılmış ve oda sıcaklığında çalışmada kullanılıncaya kadar karanlık koşullarda saklanmışlardır. *H. lupulus*, *B. radians* ve *A. millefolium* ekstraktlarının elde edilmesinde Gökçe vd. (2007)'de belirtilen yöntem kullanılmıştır. Bu yönteme göre her bir bitki materyalinden 50 g tartılarak 1000 ml'lik erlen-mayer içerisine konulmuş ve üzerine 500 ml metanol eklenmiştir. Üzeri alüminyum folyo ile kapatılan erlen-mayerler çalkalayıcıya yerleştirilerek karanlık koşullarda 24 saat çalkalanmıştır. Bitkisel süspansiyon filtre kağıdından geçirilerek bitki materyalinin süspansiyondan ayrılması sağlanmıştır. Elde edilen süspansiyondaki çözücüler evaporatör ile uçurularak bitkisel rezüdüler elde edilmiştir.

Phlomis tuberosa, *A. dioscoridis* ve *H. platytaenium* bitkileri Alkan ve Gökçe (2012)'de belirtildiği üzere maserasyon tekniğine göre ekstrakte

edilmiştir. Buna göre farklı polariteye sahip olan hekzan (polarite indeksi: 0.1), etil asetat (polarite indeksi: 4.4) ve metanol (polarite indeksi: 5.1) kullanılarak yeni ekstraktlar elde edilmiştir. Öğütülen bitki kısımlarından 200 g tartılarak cam kavanozlara alınmış ve üzerlerini örtecek şekilde ilk olarak hekzan konulmuş ve 24 saat karanlık koşullarda tutulmuştur. Yirmidört saatin sonunda bitkisel süspansiyon fitre kâğıdından geçirilerek hekzan ekstraktı bitkisel materyalden ayrılmıştır. Süzme işlemini takiben bitkisel materyal tekrar cam kavanoza aktarılmış ve üzerine etil asetat eklenmiştir. Yine 24 saat süre ile bitkisel materyal etil asetat ile muamele edilmiş ve bu sürenin sonunda filtre kâğıdı ile etil asetat ekstraktı bitki kısmından ayrılmıştır. Son olarak bitki materyali üzerine metanol eklenmiş ve aynı işlem bu çözücü içinde tekrarlanmıştır. Her bir bitki kısmı için farklı çözücüler kullanılarak elde edilen süspansiyondaki çözücüler evoparotör ile uçurularak bitkisel ekstraktlar elde edilmiştir.

1.3. Bitki ekstraktlarının uçucu yağ analizleri

Heracleum platytaenium, H. lupulus, A. dioscoridis, B. radians, P. tuberosa, A. millefolium bitkilerinin yağ asidi bileşenlerinin belirlenmesi için metanol ve hekzan ekstrelerine esterleştirme işlemi uygulanmıştır.

Tablo 2: Bitkilerin metanol ekstraktları için GC-MS analiz koşulları

	Artış °C/dk	Sıcaklık °C	Hold time min
Başlangıçta		100	10
Aşama 1	5	180	15
Aşama 2	20	300	25
Total			62

İnlet sıcaklığı : 250 °C
Split modu : Split (4:1)
Enjeksiyon Hacmi : 1 µl
Akış hızı (He) : 1ml/min (constant flow)
Kolon özellikleri : 30 m x 320 µm x 0.25 µm; HP-5 (%5 fenil metil siloksan)
Detektör sıcaklığı : 230 °C
İyonlaştırma modu : EI+
İyonlaştırma voltajı: 70 eV
Kütüphane : NIST05, Wiley7n
Low Mass : 50.0
High Mass : 550.0

Esterleştirme işlemi için 50 mg bitki ekstreleri 5 ml hekzan ile çözülerek üzerine 5 ml 1M KOH (MeOH'de çözünmüş) ilave edilmiş ve vorteks cihazı ile 30 saniye boyunca kuvvetli bir şekilde karıştırılmıştır.

Karışımlarda oluşan yağ asidi metil esterlerinin bulunduğu üst fazlardan (hekzan fazı) 1 ml alınarak şırınga yardımıyla 0,45 mikronluk filtreden viallere süzülmüş ve GC-MS'e verilmiştir. Analizlerde Agilent 5975C inert MSD with triple-Axis Detector model kütle detektörü olan Agilent Technologies Marka 7890A model GC-MS cihazı kullanılmıştır. Analizlerdeki koşullar aşağıda verilmiştir (Tablo 2 ve 3).

Tablo 3: Bitkilerin hekzan ekstraktları için GC-MS analiz koşulları

	Artış °C/dk	Sıcaklık °C	Hold time min
Başlangıçta		150	5
Aşama 1	20	200	5
Aşama 2	20	300	15
Total			32,5

Split modu : Split (5:1)
Enjeksiyon Hacmi : 1 µl
Akış hızı (He) : 1ml/min (constant flow)
Kolon özellikleri : 30 m x 320 µm x 0.25 µm; HP-5 (%5 fenil metil siloksan)
Detektör sıcaklığı : 230 °C
İyonlaştırma modu : EI+
İyonlaştırma voltajı: 70 eV
Kütüphane : NIST05, Wiley7n
Low Mass : 50.0
High Mass : 550.0

1.4. Bitki ekstraktlarının fenolik madde analizleri

Heracleum platytaenium, H. lupulus, A. dioscoridis, B. radians, P. tuberosa, A. millefolium bitkilerinin MeOH ekstraktlarının fenolik içeriğinin belirlenmesi için kuru ham ekstrelerden bir miktar alınarak örnek çözeltilerin derişimleri 200 ppm olacak şekilde MeOH'de çözülerek şırınga yardımıyla 0,45 mikronluk filtreden viallere süzülmüş ve HPLC-TOF cihazında verilmiştir. Bu arada mevcut olan 25 adet fenolik standardın 25, 50, 100, 250, 500, 1000 ve 2500 ppb'lik karışım çözeltileri hazırlanmış ve süzülerek HPLC-TOF/MS'e verilmiştir. Standartların farklı derişimdeki çözeltilerinden elde edilen kalibrasyon eğrilerinden yararlanılarak 200 ppm derişimde verilen örneklerdeki fenoliklerin derişimleri hesaplanmıştır Bu derişimlerden yararlanılarak fenoliklerin bitkideki miktarları belirlenmiştir. Bitkideki fenoliklerin kalitatif analizleri fenoliklerin alıkonma zamanı ve m/z değerleri ile karşılaştırılarak yapıldı. Fenoliklerin kalitatif ve kantitatif analizleri 1260 infinity LC, 6210 TOF-MS cihazı ile yapılmıştır. Bitki ekstrelerinin HPLC-

TOF/MS analizleri süresince kullanılan analiz koşulları ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir (Tablo 4.).

Tablo 4: Fenolik maddelerin belirlenmesinde kullanılan mobil fazlar %0,1 Formik asitli su (A) ve Asetonitril (B)

	Zaman (dk)	A (%)	B (%)
1	0	90	10
2	1	90	10
3	20	50	50
4	23	20	80
5	25	90	10
6	30	90	10

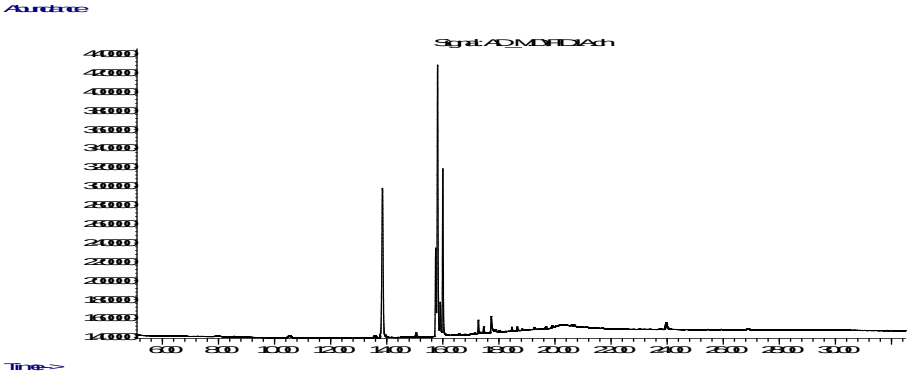
Enjeksiyon hacmi : 10 µL
Akış Hızı : 0,6 ml/dk
Kolon sıcaklığı : 35 ^{0}C
Kolon modeli : ZORBAX SB-C18 4,6x100mm, 3.5µm

2. BULGULAR

2.1.Bitki ekstraktların GC-MS ile Yağ Asitlerinin Belirlenmesi

Denemede kullanılan bitkilerin MeOH ekstraktlarının GC-MS ile yağ asitleri belirlenmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir. Örneklerdeki bileşenlerin kalitatif analizleri "Supelco 37 component fame mix" karışımındaki bileşenlerin alıkonma zamanlarından ve W8N05ST, NIST ve WILEY7N kütüphanelerinden yararlanılarak yapılmıştır.

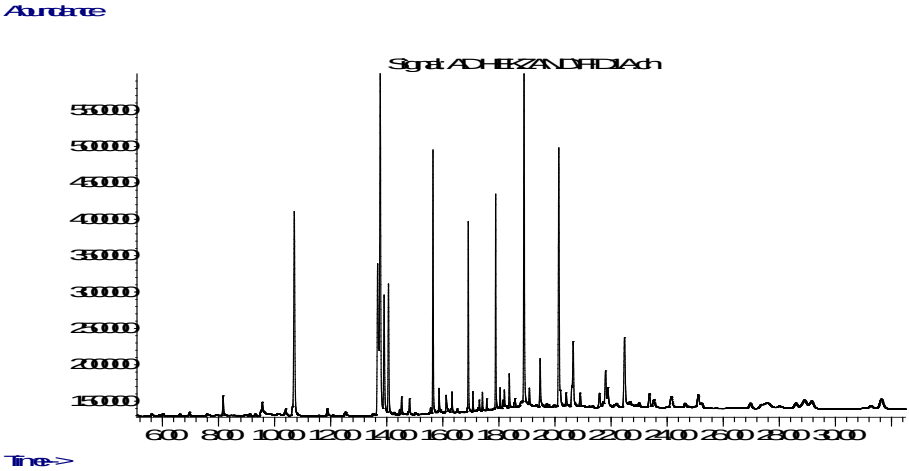
Acanthus dioscoridis bitkisinin MeOH ekstraktlarına esterleştirme işlemi uygulandıktan sonra elde edilen karışımların GC-MS analizleri sonucunda elde edilen FID kromatogramları (Şekil 7) ile yağ asidi bileşenleri Tablo 5'te verilmiştir. Aynı zamanda *A. dioscoridis* bitkisinin hekzan ekstraktına ait FID kromotogramları Şekil 6'da, yağ asidi bileşenleri ise Tablo 6'da verilmiştir.



Şekil 7: *Acanthus dioscoridis* bitkisinin MeOH ekstraktına ait FID kromotogramı

Tablo 5: *Acanthus dioscoridis* bitkisinin MeOH ekstraktının yağ asidi bileşenleri

Pik	Gelme	Bileşik ismi	% Alan
1	13.876	Hexadecanoic acid	29.75
2	15.770	1-Tetradecyne	10.64
3	15.838	9,12,15-Octadecatrienoic acid	35.84
4	15.930	16-Heptadecenal	4.58
5	16.027	Octadecanoic acid	19.18

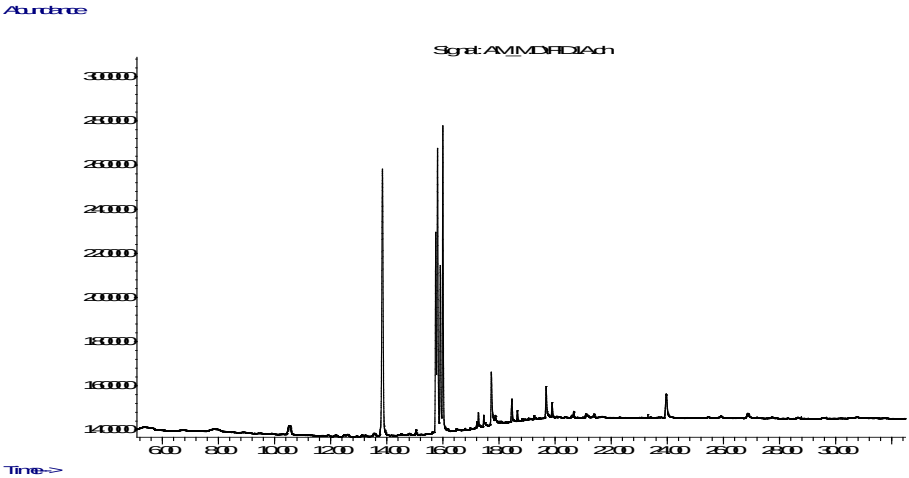


Şekil 8: *Acanthus dioscoridis* bitkisinin Hekzan ekstraktına ait FID kromotogramı

Tablo 6: *Acanthus dioscoridis* bitkisinin Hekzan ekstraktının yağ asidi bileşenleri

Pik	Gelme	Bileşik ismi	% Alan
1	10.729	Hexadecanoic acid	14.58
2	13.698	9,12-Octadecadienoic acid	8.12
3	13.790	9,12,15-Octadecatrienoic acid	17.09
4	13.927	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	7.30
5	14.088	Octadecanoic acid	6.75
6	15.673	Heneicosane	8.45
7	16.931	Docosane	4.82
8	17.910	Tricosane	5.26
9	18.923	Tetracosane	11.65
10	19.501	Pentacosane	1.05
11	20.164	Hexacosane	10.05
12	20.679	Cholestadiene	2.10
13	22.510	Stigmastan-3,5-diene	2.76

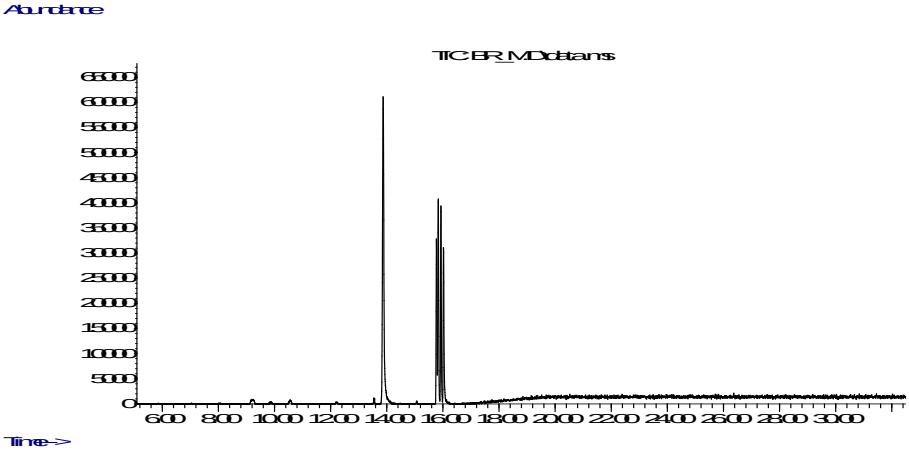
Achillea millefolium bitkisinin MeOH ekstraktlarına esterleştirme işlemi uygulandıktan sonra elde edilen karışımların GC-MS analizleri sonucunda elde edilen FID kromatogramları (Şekil 9) ile yağ asidi bileşenleri aşağıda verilmiştir (Tablo 7).



Tablo 7: *Achillea millefolium* bitkisinin MeOH ekstraktının yağ asidi bileşenleri

Pik No	Gelme	Bileşik ismi	% Alan
1	13.870	Hexadecanoic acid	29.84
2	15.770	1-Tetradecyne	13.99
3	15.833	9,12,15-Octadecatrienoic acid	23.54
4	15.930	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	12.43
5	16.027	Octadecanoic acid	20.19

Bifora radians bitkisinin MeOH ekstraktlarına esterleştirme işlemi uygulandıktan sonra elde edilen karışımların GC-MS analizleri sonucunda elde edilen FID kromatogramları (Şekil 10) ile yağ asidi bileşenleri aşağıda verilmiştir (Tablo 8).

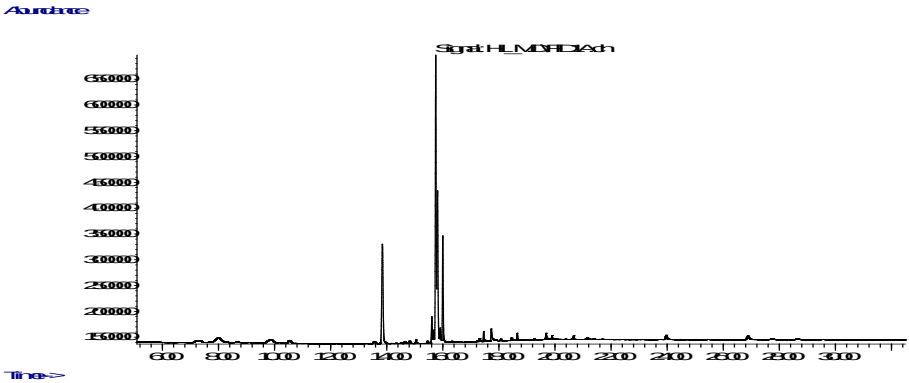


Şekil 10: *Bifora radians* bitkisinin MeOH ekstraktına ait FID kromotogramı

Tablo 8: *Bifora radians* bitkisinin MeOH ekstraktının yağ asidi bileşenleri

Pik No	Gelme Zamanı	Bileşik ismi	% Alan
1	13.876	Hexadecanoic acid	30.37
2	15.776	9,12-Octadecadienoic acid	20.12
3	15.838	9,12,15-Octadecatrienoic acid	25.04
4	15.936	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	11.90
5	16.027	Octadecanoic acid	12.54

Humulus lupulus bitkisinin MeOH ekstraktlarına esterleştirme işlemi uygulandıktan sonra elde edilen karışımların GC-MS analizleri sonucunda elde edilen FID kromatogramları (Şekil 11) ile yağ asidi bileşenleri aşağıda verilmiştir (Tablo 9).

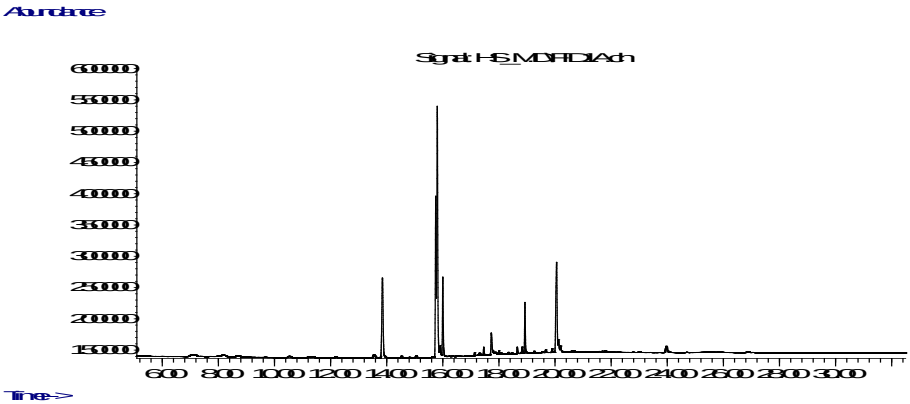


Şekil 11: *Humulus lupulus* bitkisinin MeOH ekstraktına ait FID kromotogramı

Tablo 9: *Humulus lupulus* bitkisinin MeOH ekstraktının yağ asidi bileşenleri

Pik	Gelme	Bileşik ismi	% Alan
1	13.870	Hexadecanoic acid	21.89
2	15.770	9,12-Octadecadienoic acid	39.99
3	15.833	9,12,15-Octadecatrienoic acid	24.79
4	16.027	Octadecanoic acid	13.31

Heracleum platytaenium bitkisinin MeOH ekstraktlarına esterleştirme işlemi uygulandıktan sonra elde edilen karışımların GC-MS analizleri sonucunda elde edilen FID kromatogramları (Şekil 12) ile yağ asidi bileşenleri aşağıda verilmiştir (Tablo 10).

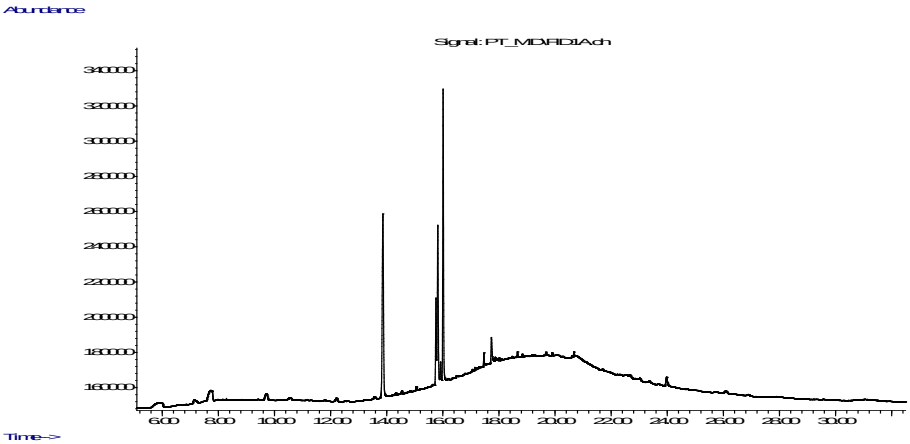


Şekil 12: *Heracleum platytaenium* bitkisinin MeOH ekstraktına ait FID kromotogramı

Tablo 10: *Heracleum platytaenium* bitkisinin MeOH ekstraktının yağ asidi bileşenleri

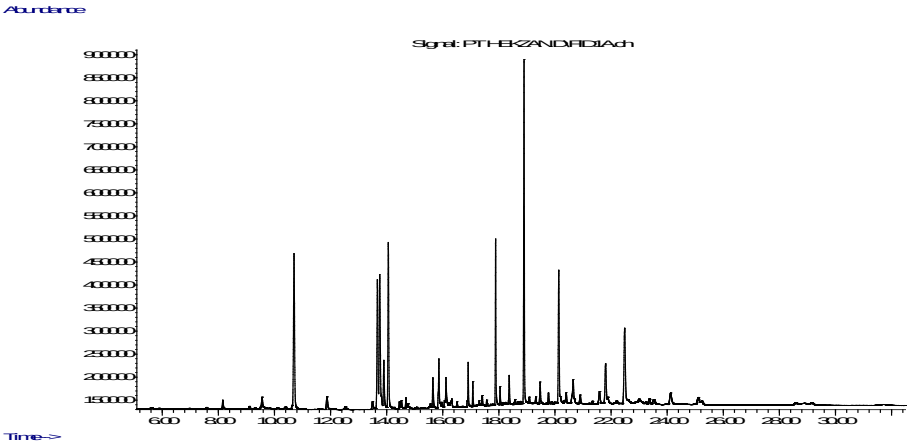
Pik	Gelme	Bileşik ismi	% Alan
1	13.870	Hexadecanoic acid	19.80
2	15.775	9,12-Octadecadienoic acid	14.81
3	15.827	9,12,15-Octadecatrienoic acid	43.58
4	16.027	Octadecanoic acid	11.80

Phlomis tuberosa bitkisinin MeOH ekstraktlarına esterleştirme işlemi uygulandıktan sonra elde edilen karışımların GC-MS analizleri sonucunda elde edilen FID kromatogramları (Şekil 13) ile yağ asidi bileşenleri aşağıda verilmiştir (Tablo 11). Ayrıca *P. tuberosa* bitkisinin hekzan ekstraktına ait FID kromotogramları Şekil 14'te yağ asidi bileşenleri ise Tablo 12'de verilmiştir.



Tablo 11: *Phlomis tuberosa* bitkisinin MeOH ekstraktının yağ asidi bileşenleri

Pik No	Gelme	Bileşik ismi	% Alan
1	13.893	Hexadecanoic acid	49.92
2	16.039	Octadecanoic acid	50.08



Şekil 14: *Phlomis tuberosa* bitkisinin Hekzan ekstraktına ait FID kromotogramı

Tablo 12: *Phlomis tuberosa* bitkisinin Hekzan ekstraktının yağ asidi bileşenleri

Pik	Gelme	Bileşik ismi	% Alan
1	10.723	Hexadecanoic acid	12.15
2	13.693	9,12-Octadecadienoic acid	8.90
3	13.773	9-Octadecenoic acid	11.06
4	13.921	3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol	3.25
5	14.082	Octadecanoic acid	10.19
6	15.667	Heneicosane	1.79
7	15.890	Eicosanoic acid	2.92
8	16.931	Docosane	2.05
9	17.910	Tricosane	7.11
10	18.396	Eicosane, 7-hexyl-	1.48
11	18.928	Tetracosane	17.43
12	20.158	Hexacosane	8.95
13	20.685	Cholestadiene	0.89
14	21.835	Nonacosane	3.13
15	22.516	Stigmastan-3,5-dien	7.36

2.2. Bitki Ekstraktlarının HPLC-TOF Cihazı ile Fenolik Madde Miktarlarının Belirlenmesi

Humulus lupulus, H. platytaenium, P. tuberosa, A. millefolium, A. dioscoridis ve *B. radians* bitkilerinin metanol ekstraktlarının kalitatif analizleri sonucunda tespit edilen fenoliklerin ilk önce cihaza verilen 100 ppm'lik çözeltilerindeki derişimleri, bu derişim değerlerinden yararlanılarak da bitki ekstresindeki ve bitkideki miktarları hesaplanmıştır. Fenolik bileşiklerin aşağıdaki mg fenolik/kg bitki olarak Tablo 13'te verilmiştir. *H.*

platytaenium ekstraktının yüksek miktarda Vanilik asit içerdiği (21,35 mg/ kg bitki) ve bu fenolik miktarını 11,42 mg/ kg bitki ile 4-hidroksibenzoik asitin takip ettiği görülmektedir. Bu bitki ekstraktı ayrıca yukarıda söylenen iki fenolik maddeye nazaran miktarı az olsada Gallik asit, Gentisik asit, Kateşin, Klorojenik asit, p-kumarik asit, Karsetin ve Kamferol içerdiği belirlenmiştir. *Acanthus dioscoridis* bitkisinin sahip olduğu fenolik madde miktarları incelendiğinde bu bitkinin yüksek miktarda Vanilik asit içerdiği (124,65 mg/ kg bitki) ikinci olarak ise 45,93 mg/kg bitki ile Gentisik asit'e sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca bu bitki ekstraktının az miktarda da olsa Gallik asit, Kateşin, Klorojenik asit ve 4-hidroksibenzoik asit içerdiği görülmektedir. *Phlomis tuberosa* bitkisinden elde edilen MeOH ekstraktının fenolik madde içeriği incelendiğinde bu bitki ekstraktının yüksek miktarda Klorojenik asit'e sahip olduğu görülmektedir. Bu fenolik maddeyi miktar olarak Salisilik asit 54,11 mg/ kg bitki ile izlemektedir. Ayrıca bu bitkinin metanol ekstraktı 23,01 mg/ kg bitki Kateşin ve 16,11 Rosmarinik asit içerdiği görülmektedir. HPLC-TOF analizleri sonucu *A. millefolium* ekstraktında standart olarak kullanılan 23 fenolik maddeden 12'sini içerdiği ve en yüksek miktarda yani 244 mg/ kg bitki ile Klorojenik asite sahip olduğu görülmektedir. Bu fenolik maddeyi 33,60 mg/ kg bitki ile Vanilik asit izlemektedir. Fenolik madde içeriği bakımında *H. lupulus* bitkisinin yüksek miktarda Klorojenik asit (44,17 mg/ kg bitki) ve Rutin (41,66 mg/ kg bitki) içerdiği görülmektedir. Ayrıca karşılaştırması yapılan 23 adet fenolik maddeden 7 tanesini bu biti ekstraktının yapısında bulundurduğu saptanmıştır yukarıda bahsedilen iki fenolikten başka bu bitki ekstraktı Gallik asit, Gentisik asit, 4-hidroksibenzoik asit, Rosmarinik asit ve Kersetin içermektedir. Fenolik maddeleri belirlenen diğer bir ekstrakt olan *B. radians*'ın standart olarak kullanılan 23 adet fenolikten 10 tanesini içerdiği belirlenmiştir. Bitki ekstraktının bu belirlenen maddelerden en yüksek miktarda Klorojenik asit'i içerdiği (7,61 mg/ kg bitki) bunu 2,83 mg/ kg bitki ile Ferulik asitin izlediği saptanmıştır. Ayrıca bu bitki ekstraktının Gallik asit, Gentisik asit, 4-hidroksibenzoik asit, Rutin, Rosmarinik asit, Kersetin ve Kamferol içerdiği ortaya konulmuştur.

Tablo 13: Bitkilerden elde edilen metanol (MeOH) ekstraktlarına ait fenolik madde miktarları (HPLC-TOF)

	H. platytaenium		*A. dioscoridis*		*P. tuberosa*		*A. millefolium*		*H. lupulus*		*B. radians*	
	ppb	mg /1kg	ppb	mg /1kg	ppb	mg /1kg	ppb	mg /1kg	ppb	mg /1kg	ppb	mg /1kg
Gallik asit	9,63	1,96	9,50	5,92	10,57	9,01	9,59	3,74	12,0	6,03	9,20	1,84
Gentisik asit	2,57	0,52	73,70	45,93	11,10	9,46	14,49	5,65	20,3	10,16	6,47	1,29
Kateşin	27,00	5,50	27,00	16,83	27,00	23,01		0,00		0,00		0,00
Klorojenik asit	11,60	2,36	9,22	5,75	1384,0	1179,64	627,0	244,29	88,3	44,17	38,0	7,61
4-hidroksibenzoik asit	56,05	11,42	29,00	18,07	13,44	11,46	3,63	1,41	6,61	3,31	7,65	1,53
Protokateşik asit		0,00	0,48	0,30		0,00	9,80	3,82		0,00	0,54	0,11
Kafeik asit		0,00		0,00		0,00	25,32	9,86		0,00		0,00
Vanilik asit	104,8	21,35	200,0	124,65	6,33	5,40	86,25	33,60		0,00		0,00
4-hidroksibenzaldehit	0,00	0,00	0,38	0,24		0,00		0,00		0,00		0,00
Rutin	0,30	0,06		0,00		0,00	5,60	2,18	83,3	41,66	3,17	0,63
p-kumarik asit	0,87	0,18		0,00	0,87	0,74	1,49	0,58		0,00		0,00
Ellagic asit		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Sisorik asit		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Ferulik asit		0,00	1,55	0,97		0,00		0,00		0,00	14,1	2,83
Hesperidin		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Apigenin-7-glikozit		0,00		0,00	3,08	2,63		0,00		0,00		0,00
Rosmarinik asit		0,00	0,90	0,56	18,90	16,11	6,61	2,58	0,67	0,34	1,08	0,22
Protokateşik asit etil		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Salisilik asit		0,00		0,00	63,48	54,11	24,29	9,46		0,00		0,00
Resveratrol		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Kersetin	0,51	0,10	0,40	0,25	0,63	0,54	13,70	5,34	6,13	3,07	7,93	1,59
Naringenin		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
Kamferol	1,18	0,24		0,00		0,00		0,00		0,00	1,90	0,38

3. SONUÇ

Yağ asitleri bakımından bitki ekstraktları değerlendirildiğinde Acanthus dioscoridis bitkisinin hekzan ekstraktında yüksek oranda doymamış yağ asidi olan 9,12,15-Octadecatrienoic asid ve Hexadecanoic asidin bulunduğu saptanmıştır. Aynı ekstraktta yüksek oranda uzun düz zincirli hidrokarbonlar ve az miktarda steroid Cholestadiene ve Stigmastan-3,5-diene'nin bulunduğu tesbit edilmiştir. A. dioscoridis bitkisinin MeOH ekstraktında ise aynı bitkinin hekzan ekstraktında olduğu gibi yüksek oranda 9,12,15-Octadecatrienoic asid ve Hexadecanoic asid bulunduğu saptanmıştır. Bu iki ana bileşen açısından düşünecek olursak, ekstraksiyon yönteminde kullanılan çözücünün bileşenlerin oranlarına etkisinin fazla olmadığı söylenebilir. Fakat çözücü olarak hekzan kullanıldığında yüksek oranda uzun zincirli hidrokarbonların ve daha fazla sayıda bileşenin ekstrakte edildiği görülmektedir. Bifora radians bitkisinin Metanol ekstraktında yüksek oranda doymamış yağ asidi olan 9,12,15-Octadecatrienoic asid ve 9,12-Octadecadienoic asid'in bulunduğu belirlenmiştir. Doymamış yağ asidlerinden ise Hexadecanoic asidin yüksek oranda bulunduğu saptanmıştır. Humulu lupulus'un metanol ekstraktının bileşenleri GC-MS ile incelendiğinde yüksek oranda doymamış yağ asitlerinden 9,12-Octadecadienoic asid ve 9,12,15-Octadecatrienoic asid'in bulunduğu saptanmıştır. Geriye kalan bileşenlerin ise doymuş yağ asidleri olan Hexadecanoic asid ve Octadecanoic asid olduğu belirlenmiştir. Heracleum platytaenium bitkisinin metanol ekstraktın da ise benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu iki bitki ekstraktı açısından farklılık ise yüksek oranda 9,12,15-Octadecatrienoic asid (% 43)'in bulunmasıdır. Phlomis tuberosa bitkisinin metanol ekstraktında doymamış yağ asidinin olmadığı ve yaklaşık aynı oranda Hexadecanoic asid ve Octadecanoic asid'in bulunduğu saptanmıştır. Bu bitkinin hekzan ekstraktında ise ana bileşen olarak Hexadecanoic asid ve Octadecanoic asid, doymamış yağ asidlerinden ise 9-Octadecenoic asid ve 9,12-Octadecadienoic asid olduğu belirlenmiştir. Ayrıca önemli oranda bir steroid olan Stigmastan-3,5-dien (% 7) varlığı belirlenmiştir. Yukarıdaki sonuçlar özetlenecek olursa ekstraksiyon yöntemi incelendiğinde hekzan ekstraksiyonundan elde edilen madde sayısı metanol ekstraktından daha fazla olduğu belirlenmiştir. Doymamış yağ asidi oranı açısından *H. platytaenium* ve *H. lupulus* ekstraktlarının daha zengin olduğu, doymuş yağ asidi açısından *B. radians, A. dioscoridis, A. millefolium, P.*

tuberosa bitkilerinin zengin olduğu belirlenmiştir. *Acanthu dioscoridis* ve P. tuberosa ekstraktlarının ise belli oranda steroid varlığı belirlenmiştir. Daha önce yapılan çalışmalar bitkilerin bünyesinde bulunan yağ asitlerinin herbivorlara karşı savunmada bitkiye avantaj kazandırdığını ayrıca beslenme engelleyici, yumurta bırakmayı engelleyici ve sinerjist etki aktivitelerinin olduğunu ortaya koymaktadır (Guoqing v. 2001; Sivakumar vd. 2011).

Sekonder metabolitler bitkinin herbivorlara karşı savunmasında önemli rol oynamaktadırlar. Bu maddeler herbivorlara karşı toksik olabilecekleri gibi davranışsal olarak ta etki edebilmektedirler. Bitki sekonder metabolitleri üç ana grupta toplanmaktadırlar. Bunlar, terpenler, fenolikler ve nitrojenli bileşiklerdir (Taiz ve Zeiger, 2002). Yapılan HPLC-TOF analizleri sonuçlarına fenolik madde bakımından H. platytaenium ve A. dioscoridis bitkilerinin vanilik asit bakımından zengin olduğu belirlenmiştir. Buna karşın diğer bitki ekstraktlarının (P. tuberosa, A. millefolium, H. lupulus, B. radians) ise klorjenik asit bakımından zengin olduğu belirlenmiştir. Bitkilerinin sahip olduğu fenolik bileşiklerin böcekler üzerinde farklı etkilerinin olduğu bilinmektedir (Michałowicz ve Duda, 2007). Bu amaçla farklı böcek türleri ve bitkilerle birçok çalışma yürütülmüş ve bu çalışmalar devam etmektedir. Goławska vd. (2008) yaptıkları çalışmada Pisum sativum'dan elde ettikleri quercetin, kaempferol+RCO-, kaempferol, tricin, apigenin+RCO- ve apigeninin fenoliklerini bir bezelye zararlısına (Acyrthosiphon pisum) karşı denemişler, özellikle kaempferol+RCO- maddesinin etkin olduğunu ve bu zararlı ile mücadelede potansiyelinin olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışma ve buna benzer çalışmalar (Singh vd. 2014; Karthik vd. 2011) fenolik maddelerin zararlılar ile mücadele kullanılma potansiyelinin olduğunu ortaya koymaktadır. Fenolik maddelerin etkinliklerinin daha detaylı çalışılmasının ileriye dönük daha uygulanabilir sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

AÇIKLAMA: Bu kitap bölümü; Prof. Dr. Ayhan GÖKÇE danışmanlığında 2014 yılında tamamlanan "Bazı Bitki Ekstraktlarının Patates Böceği [*Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Coleoptera, Chrysomelidae)] Üzerine Kontakt ve Davranışsal Etkileri" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir (Alkan, 2014, Doktora Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bitki Koruma Anabilim Dalı, Tokat, Türkiye).

KAYNAKÇA

Ahmed, S. ve Grainge, M., 1988. Handbook of Plants with Pest Control Properties. John Wiley&Sons Limited, 470pp.

Alkan, M. ve Gökçe, A., 2012. Tanacetum abrotanifolium (L.) DRUCE (Asteraceae)' un gövde ve çiçek ekstraktlarının Sitophilus granarius ve Sitophilus oryzae (Col., Curculionidae)'ye olan kontakt ve davranışsal etkileri. Türk. Entomol. Dergisi, 36 (3), 377-389.

Anonim, 2023. Bizimbitkiler (2013). <http://www.bizimbitkiler.org.tr>, [er. tar.: 29 05 2023].

Anonim, 2010. Ruhsatlı Bitki Koruma Ürünleri Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, Ankara

Arabacı, T. (2012). Achillea. Şu sitede: Bizimbitkiler (2013). <http://www.bizimbitkiler.org.tr>, [er. tar.: 29 05 2023].

Bourgaud, F., Gravot, A., Milesi, S., Gontier, E., 2001. Production of plant secondary metabolites; a historical perspective. Plant Science , 161: 839-851.

Charwood, B.V. ve Rhodes, M. J. C., 1990. Secondary Products from Plant Tissue Culture, Oxford University Press, USA, 307pp.

Chiasson, H., Vincent, C., Bostanian, B., 2004. Insecticidal properties of a Chenopodıum based botanical, Journal of Economic Entomology, 97, 1378-1383.

Dadandı, M.Y. (2012). Phlomis. Şu sitede: Bizimbitkiler (2013). <http://www.bizimbitkiler.org.tr>, [er. tar.: 29 05 2023].

Duran, A. (2012). Heracleum. Şu sitede: Bizimbitkiler (2013). <http://www.bizimbitkiler.org.tr>, [er. tar.: 29 05 2023].

Goławska, S., Kapusta, I., Łukasık, I., Wójcıcka. A., 2008. Effect of phenolics on the pea aphid, Acyrthosiphon pisum (Harris) population on Pisum sativum L. (Fabaceae). Pestycydy/Pesticides, 3(4), 71-77.

Gökce¸ A., Whalon, M. E., Cam, H., Yanar, Y., Demirtas, I., Goren, N., 2007. Contact and Residual Toxicities of 30 Plant Extracts to Colorado Potato Beetle Larvae. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 149(2), 1 – 10.

Guoqing, L., Zhaojun, H., Lili, M., Xiaoran, Q., Changkun, C., Yinchang, W., 2001. Natural oviposition-deterring chemicals in female cotton bollworm, Helicoverpa armigera (Hubner). Journal of Insect Physiology, 47, 951-956.

Güncan, A., ve Durmuşoğlu, E. 2004. Bitkisel kökenli doğal insektisitler üzerine bir değerlendirme. Hasad, 233, 26-32.

Isman, M. B., 1997. Neem and other biological insecticides: Barriers to commercialization. Phytoparasitica, 25(4), 239-249.

Isman, M.B., 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world, Annual Review of Entomology ,51, 45-66.

Karthik, S., Nandini, K.C., Prashith Kekuda, T.R.,Vinayaka, K.S., Mukunda, S., 2011. Total phenol content, Insecticidal and Amylase inhibitory efficacy of Heterodermia leucomela (L). Annals of Biological Research, 2 (4), 38-43.

Menemen, Y. (2012). Bifora. Şu sitede: Bizimbitkiler (2013). <http://www.bizimbitkiler.org.tr>, [er. tar.: 29 05 2023]

Michałowicz, J. ve Duda, W., 2007. Phenols – Sources and Toxicity. Polish J. of Environ. Stud. Vol. 16 (3), 347-362.

Nitao, J.K., 1987. Test for toxicity of Coniine to a polyphagous herbivore, Heliothis zea (Lepidoptera:Noctuidae), Environmantal Entomology, 16, 656-659.

Öncüer, C., 2000. Tarımsal Zararlılarla Savaş Yöntem ve İlaçları. Adnan Menderes Üniversitesi Yayınları. No:13, Aydın, s 333.

Öztekin, M. (2012). Humulus. Şu sitede: Bizimbitkiler (2013). <http://www.bizimbitkiler.org.tr>, [er. tar.: 29 05 2023].

Parakash, A. ve Rao, J., 1996. Botanical Pesticides in Agriculture. CRC pres. LewisPublishers, pp 443.

Pascual-Villalobos, M.J. ve Robledo, A., 1999. Anti-insect activity of plant extracts from the wild flora in southeastern Spain. Biochemical Systematics and Ecology, 27, 1-10.

Sadıkoğlu, N. (2012). Acanthus. Şu sitede: Bizimbitkiler (2013). <http://www.bizimbitkiler.org.tr>, [er. tar.: 29 05 2023].

Shanker, C. ve Solanki, K.R., 2000. Botanical insecticides: A historical perspective. India, Asian Agrihistory, 4(2), 21-30.

Singh, H., Dixit, S., Verma, P. C., Singh, P. K., 2014. Evaluation of Total Phenolic Compounds and Insecticidal and Antioxidant Activities of Tomato Hairy Root Extract. J. Agric. Food Chem., 62 (12), 2588–2594.

Sivakumar, R., Jebanesan, A., Govindarajan, M., Rajasekar, P., 2011. Oviposition attractancy of dodecanoic, hexadecanoic and tetradecanoic acids against Aedes aegypti and Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae). Eur Rev Med Pharmacol Sci., 15 (10), 1172.

Taiz, L. Ve Zaiger, E., 2002. Plant physiology. Sinauer Associates; 3 edition (Aug 30 2002). ISBN: 0878938230

Thacker, J.M.R., 2002. An introduction to arthropod pest control, Cambridge University Pres, Cambridge, UK.

Verpoorte, R., Van Der Heıjden, R., Ten Hoopen, H. J. G., Memelink, J., 1999. Metabolic engineering of plant secondary metabolite pathways for the production of fine chemical. Biotechnology Letters, 21:467-479.

Yu, S., 2008. The Toxicology and Biochemistry of Insecticides, CRC Press, USA, 296p

BÖLÜM 3

BAHARATLAR VE ETKEN MADDELERİ

Dr. Öğr. Üyesi Sadiye Ayşe ÇELİK[1]

Dr. Öğr. Üyesi İrem AYRAN ÇOLAK[1]

[1] Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tıbbi Bitkiler Anabilim Dalı sacelik@selcuk.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-0765-645X; irem.ayran@selcuk.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-8005-8231

GİRİŞ

İnsanoğlu varoluşundan bu yana daha sağlıklı ve kaliteli bir yaşam sürebilmek için doğayı ve canlıları gözlemleyerek bitkileri kokusundan, tadından, renginden ayırt etmiş ve deneme yanılma yoluyla beslenme, barınma, ısınma, tedavi olma gibi temel ihtiyaçlarında kullanmıştır. Ülkemizin farklı coğrafi ve iklim özelliklerine sahip olması bitkisel çeşitliliğin fazla olmasına bununla beraber toplum beslenme kültürünün zenginleşmesine katkı sağlamıştır. Tıbbi ve aromatik bitkiler gıda, renk, koku, kozmetik, ilaç hammaddesi, aromaterapi, fitoterapi, süs bitkisi gibi bir çok formda değerlendirilmektedir (Faydaoğlu ve Sürücüoğlu, 2011). Nüfusun artması ve ardından tarımın başlamasıyla beraber bitkisel üretim gelişmiştir. Daha fazla gıdaya ve gıdaların depolanmasına ihtiyaç duyulmuştur ve bunun sonucunda baharatların kullanımının başladığı düşünülmektedir (Şahin, 2021).

Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği (Tebliğ No: 2022/7)'nin yaptığı tanıma göre baharat; çeşitli bitkilerin tohum, tomurcuk, çekirdek, meyve, çiçek, kabuk, kök, gövde, rizom, yumru, yaprak, sap, soğan gibi kısımlarının kurutulup; bütün halde ve/veya ufalanması ve/veya öğütülmesi ile elde edilen gıdalara renk, tat, koku ve lezzet vermek için kullanılan maddeleri ifade etmektedir (Türk Gıda Kodeksi, 2022). 'Bahar' kelimesi Arapçada 'koku' demektir. Çoğul bir kelime olan baharat kokular anlamına gelir ve Türkçe 'de baharata 'ıssı ot' denilmiştir (Yerasimos, 2014). Baharatlar, bitkilerin meyve (kırmızıbiber, karabiber), tohum (kişniş, anason, kimyon, hardal), kök, rizom (zencefil, zerdeçal), yaprak (kekik, nane, biberiye), çiçek, tomurcuk (karanfil, safran) ve soğan (sarımsak, soğan) gibi bitki aksamlarından elde edilir (Çoban ve Patır, 2010).

İnsanoğlu binlerce yıldır yemeklerine aroma katmak, lezzetini artırmak ve güzelleştirmek (Yeşilada, 2012), besin kalitesini korumak, renk ve görüntü bakımından hoş hale getirmek için baharatları kurutulmuş ya da taze olarak tüketmektedir. Baharat bitkileri yemeklerde tek başına veya karışım halinde kullanılır (Yankey, 2014). Baharatlar, tek başlarına temel gıda maddesi değildir. Bazı baharatlar yemek pişirilirken az miktarda kullanılmaktadır. Bu nedenlede besin değerleri ve faydaları çok az veya hiç yoktur. Ama bunlar damak tadımıza hitap ettiğinden ve yemeklere tat verdiğinden dolayı tercih edilmektedir. Ayrıca baharatlarda bulunan biyoaktif maddeler çoğunlukla mantar, bakteri ve mikroplara karşı etkili olduğundan gıda ürünlerinin

bozulmasını önlerler veya en azından geciktirirler. Ayrıca biberiye, adaçayı, zencefil ve yeni bahar gibi bazı baharatların oksitlenmeyi engelleyici (antiksidan) etkileri vardır. Zencefil, zerdeçal, nane, kekik, fesleğen hem kuru hem de taze olarak tüketilen baharatlara örnek verilebilir (Lange, 2004). Baharatlar aynı zamanda önemli birer tıbbi ve aromatik bitkidir. Gıda sanayisinin haricinde tıp, kozmetik, parfümeri ve kapsül benzeri formlardaki ürünlerde de kullanılmaktadır (Baydar, 2019).

İlk belgeler, avcıların ve toplayıcıların eti çalı yapraklarına sardıklarını ve bu işlemin etin tadını arttırdığını tesadüfen keşfettiklerini göstermektedir (Tapsell vd., 2006). Antik Mısır, Antik Mezopotamya, Erken Dönem Çin, Hindistan, Antik Yunanistan, Roma ve Arapların tarihte yaygın olarak baharatları kullanıldıkları kaydedilmiştir. Mezopotamya'da bulunan tarihî kayıtlarda hardal, rezene, kekik ve safran gibi baharatların adı geçmektedir. Antik uygarlıklarda çok sayıda baharat üretilip çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. Eski Yunan ve Roma döneminde baharatların kullanımının yaygınlaşmaya başladığı bilinmektedir. Ortaçağ Avrupası'nda Haçlı seferlerinden önce baharatlar çok pahalı olduğu için zenginler ve soylular tarafından kullanılmaktayken; Haçlı seferlerinin başlamasıyla Uzak Doğu ve Avrupa arasındaki ticaretin geliştiği ve baharatlara ulaşımın daha kolay olduğu bilinmektedir. Bu dönemde, Avrupa'da baharat ve bitki yetiştiriciliği büyük ölçüde kilise tarafından kontrol edilmekteydi ve baharatlar sadece yemeklerde değil, ilaç yapımında, kutsal yağ ve aromatik maddelerin hazırlanmasında da kullanılmaktaydı (Anonim, 2023).

1. BAHARATLARIN GELENEKSEL VE FARMAKOLOJİK KULLANIMI

İnsanlar karınlarını doyurmak, enerji sağlamak ve beslenmek için gıdaları kullanırken zaman içerisinde yedikleri yemeklerin faydalarının yanında keyif vermesi, aroma ve tatlarının iyileştirilmesi için, çeşitli bitkisel ürünleri sofralarında kullanmaya başlamışlardır (İlisulu, 1992). Günümüzde birçok yemeğin aroma ve lezzetini artırmak için baharatlar kullanılmaktadır. Baharatlar, halk arasında lezzet, aroma, çeşni, koku ve renk verme amaçlı (Yeşilada, 2012) kullanılmasının yanında içeriğinde bulunan biyoaktif maddeler sayesinde virüs, bakteri, mantar gibi mikroorganizmalara karşı etkili

olup gıda ürünlerinin bozulmasını geciktirmek amacıyla da kullanılmaktadır (Yaşar vd., 2018; Ayyıldız ve Sarper, 2019).

Çin, Sümer, Mısır, Eski Yunan, Asur ve Roma'lıların çok eskiden bu yana hastalıkları iyileştirmek için ilaç yapımında, kutsal yağ olarak ve aromatik maddelerin hazırlanmasında baharatlardan faydalandıkları bilinmektedir. Hippokrates, Galenos ve Pedanios, Dioskorides gibi önemli hekimler baharatları kullanarak ilaçlar yapmıştır. El-Razi, El-Zehravi, İbni Baytar ve İbni Sina gibi islam dünyasının ünlü hekimleri de pek çok hastalığın tedavisinde baharatları kullanmıştır. Baharat ve şifalı otların tıpta kullanımı günümüzde de geçerliliğini yitirmemiştir (Tunçel vd., 2016; Anonim, 2019; Baydar, 2019).

Gıda sanayisinde baharatlar hazır et, sucuk, salam ve sosis çeşitleri, çeşitli soslar, sirke, hazır hardal, turşu, konserve, bisküvi, kurabiye, kek, pasta, çörek, meşrubat ve şekerleme ürünlerinde kullanılır (Tunçel vd., 2016). Baharatların aroma, lezzet verici ve bozulmayı önleyici özelliklerinin, yapılarında bulunan uçucu yağlar ve uçucu yağ içeren reçineler (oleorezin) sayesinde olduğu düşünülmektedir (Paksoy, 2016).

Mutfaklarımızda kullanılan baharatlardan karabiber, yenibahar, muskat, kekik, nane, kimyon, kırmızıbiber çorba ve et yemeklerinde kullanılırken; safran, zerdeçal, aspir çiçeği gıdalara renk vermede; susam, haşhaş tohumu ve çörekotu hamur işlerini süslemede; meyan, mahlep, salep gibi ürünler içecek olarak; zencefil, havlıcan, demirhindi, tarçın, vanilya, kakao ise tatlılarda ve içeceklerde aroma ve tat vermede kullanılır (Ayyıldız ve Sarper, 2019). Baharatlar sadece tat ve aroma verici olarak değil aynı zamanda tedavi amaçlı da kullanılmıştır. Baharatların; antimikrobiyal, antioksidatif, spazmodik, mide rahatlatıcı ve uykusuzluk giderici vb. etkilerinin yanı sıra düşük kalorili olması nedeniyle insanların günlük beslenmesinde, kozmetik sanayide, eczacılık sektöründe olmak üzere çeşitli amaçlarla kullanımı mevcuttur (Kılıçhan ve Çalhan, 2015).

Türkiye'de en fazla kullanılan baharatlar, kimyon, kekik, tarçın, karanfil, karabiber, zencefil, yenibahar, kırmızıbiber, nane ve anasondur. Bu baharatlar antioksidatif, antienflamatuar, antidiyabetik, antihipertansif ve antimikrobiyal aktivite özelliği gibi terapötik etkileri nedeniyle geleneksel ve tıbbi uygulamalarda da kullanılmaktadırlar (Vázquez-Fresno vd., 2019; Karakol ve Kapı, 2021). Aynı zamanda mikroorganizmalar üzerinde inhibe

edici etkileri ile gıdalarda mikrobiyal stabilizasyonda da kullanılırlar (Chakraborty vd., 2020). Günümüzde sağlıklı beslenme, doğal gıdalara yönelim ve fonksiyonel özellikleri nedeniyle, bitkilerin, bitki ekstraktlarının veya uçucu yağlarının gıdalara eklenmesi büyük ilgi çekmektedir. Yaygın olarak tüketilen baharat ve yenilebilir tıbbi ve aromatik bitkiler ile diğer yan ürünlerinin hem gıdalarda hem de diğer tüketilen gıda takviyelerinde patojenik ve bozulmaya neden olan mikroorganizmalara karşı antagonistik etkileri hakkında çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Ayrıca baharat olarak kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler bünyelerinde birçok biyoaktif madde bulundurmalarından fonksiyonel gıda olarak kabul edilip diyetlerde ve özel beslenme gruplarında kullanılmaktadır. Bu bileşenler fitokimyasallar olarak adlandırılmakta ve antioksidan, antimikrobiyolojik, aneljezik vb. etkilere sahip oldukları bilinmektedir (Clarke vd.,2015). Son yıllarda baharatın kendisi, yağı/esansiyel yağı veya ekstrakt formu ile yapılan çalışmalar baharatların yapısında bulunan fenolik bileşiklerin gösterdiği antioksidan etkinin yanısıra antiinflamatuar antikarsinojenik etkilere ve prebiyotik potansiyele de sahip olduğunu göstermiştir (Lackova vd., 2017; Çetin, 2019). Yapılarında bulunan en önemli bileşenlerin başında gıdalarda mikrobiyolojik bozulmayı önleyici ve geciktirici olan uçucu yağlar, flavonoidler, antosiyaninler ve sabit yağlar gelmektedir. Flavonoidlerin baharatların antioksidan aktivite etkisine sahip olmasında önemli rol oynadığı ve redoks reaksiyonları ile etki ettikleri bildirilmiştir. Bu etkilere sahip tıbbi ve aromatik bitkiler ise çoğunlukla Labiate, Rosaceae, Umbelliferae, Asteraceae familyalarında bulunmaktadır (Baydar, 2019). Örnek olarak biberiye, kekik, fesleğen, adaçayı, gül, rezene, anason, meryemana dikeni ve papatya verilebilir. Bununla birlikte kişniş, dereotu, rezene, maydanoz, karanfil vb. de antioksidan aktivitesi yüksek bitkilere örnek gösterilebilir. Kırmızıbiber, karabiber, zencefil, zerdeçal, kimyon, tarçın ve safran ise antioksidan aktivitesi yüksek baharatlardan birkaçıdır. Nane, kimyon, anason, rezene ve kekik gibi bitkiler hem baharat hem de drog (mide rahatlatıcı, süt arttırıcı ve gaz giderci v.b.) olarak kullanılır (Linares vd., 2020).

2. BAHARATLARIN SINIFLANDIRILMASI

Baharatların sınıflandırılmasında tadları (ekşi, acı, tuzlu, keskin v.b.), aromaları kullanım sıklığı, kullanılan bitki aksamı, kullanıldığı yerler gibi birçok kategori etkili olmuştur.

Baharatların birçok sınıflandırılması mevcuttur. Kullanım sıklıklarına göre Paksoy (2016) baharatları majör ve minör baharatlar olmak üzere iki gruba ayırmıştır. Majör baharatlar; karabiber, kırmızı biber, zencefil, zerdeçal, kakule; minör baharatlara ise rezene, kimyon, kişniş, anason, dereotu tohumu, çemen otu, safran ve vanilya örnek verilebilir.

Diğer bir sınıflandırmada ise baharatlar yaprak, meyve, tohum, kök ve kabuk olarak sınıflandırılmıştır. Yaprak olarak sınıflandırılanlar; kekik, maydanoz, reyhan, defne, biberiye, adaçayı, tarhun; meyve olarak sınıflandırılanlar, kişniş, kimyon, dereotu, rezene, karabiber, anason; tohum olarak sınıflandırılanlar, hardal, hindistan cevizi, haşhaş, susam, kök olarak sınıflandırılanlar; sarımsak, zencefil, soğan, zerdeçal, kabuk olarak kullanılan baharatlara ise tarçın ve çınar dalı örnek teşkil etmektedir (Yalçın, 2000).

Diğer bir grupta ise tat ve kokularına göre ekşi, acı, hoş kokulu olarak sınıflandırılmıştır. Baharatların tat ve kokularına göre sınıflandırılmasında ekşi baharatlara limon, sirke, sumak; acı baharatlara kırmızı biber, karabiber, sarımsak, soğan, çemen, karanfil; hoş kokulu baharatlara ise nane, kekik, tarçın, vanilya, anason, zencefil, maydanoz, biberiye, reyhan örnek verilebilir (Soner vd., 2002).

Yankey (2014) baharatları 5 sınıfa ayırmıştır. Bunlar acı baharatlar (kırmızı biber, arnavut biberi, siyah ve beyaz biber, zencefil, hardal), hafif baharatlar (paprika, kişniş), aromatik baharatlar (yenibahar, kakule, tarçın, karanfil, çemen, hindistan cevizi), bitkiler (fesleğen, tarhun, kekik) ve aromatik bitkiler (soğan, sarımsak)'dir.

Bir diğer baharatların sınıflandırılması ise acı, tuzlu, eksi ve tatlı olarak yapılmıştır (Stanway, 2014). Acı baharatlara ardıç, çörekotu, dere otu, hardal, kakao, kimyon, meyan kökü, safran, zerdeçalı; tuzlu baharatlara meyan kökü; ekşi baharatlara ardıç meyvesi, demir hindi, limon otu, sumak; tatlıya ise karanfil, tarçın, vanilya gibi bitkiler örnek verilebilir.

3. DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE BAHARATLAR

Dünyada ve Türkiye'de baharat üretimi, tüketimi ve ticareti her geçen gün artmaktadır. Bu durumun nedenleri arasında doğal ürünlere olan talebin artması, baharat bitkilerinin aroma, lezzet, renk ve koku bakımından gıdaları çeşitlendirmesi, hazır gıdaların sağlığa zararlarının fark edilmesi sonucunda yöresel yemeklerin sağlık, lezzet ve besleyicilik bakımından ön plana çıkması, baharatların içerdiği sekonder metabolitlerin öneminin gündeme gelmesi, artan nüfus ile beslenme ihtiyacının ve çeşitliliğinin artması gibi faktörler yer almaktadır. Baharat ticareti M.Ö.3000'li yıllarda Çin'de tarçın, kakule, zencefil ve zerdeçal ile başlamıştır. Araplar tarafından M.S. 200'lü yıllara kadar bu ticaret geliştirilmiştir (Yıkmış vd., 2017). Orta Çağda, baharatları taşımak için Hindistan'dan başlayıp İran Körfezi ve Irak üzerinden Suriye limanlarına Kızıldeniz yoluyla Süveyşe ve oradan da kara yoluyla İskenderiye'ye ulaşan baharat yolu tesis edilmiştir. Böylece Hindistan ve Çin'de bulunan baharatlar Avrupa'ya taşınmıştır. 15. yüzyıl itibari ile Orta Doğu ve Akdeniz'in kontrolünün Osmanlı'lara geçmesiyle baharat yolu önemini yitirmiştir (Baydar, 2019). Dünyada yaklaşık 350 kadar baharat türü bulunmakta olup bunlardan 75'inin tüketildiği bilinmektedir. Dünyada yaygın olarak tüketilen ve ticareti yapılan baharatlar arasında ilk sırada yer alanlar; soğan, sarımsak, besbase, çemen, tarhun, nane, dereotu, kimyon, kişniş, rezene, hardal, karabiber, defne, mango, limonotu, kakule, karanfil, kekik, kırmızı biber, karanfil, muskat, safran, tarçın, vanilya, maydonoz, biberiye, zencefil, zerdeçal ve yenibahardır (Demircioğlu, 2007; Tunçel vd., 2016).

Dünya baharat üretimi yıllık 5 milyon tondan ve baharat ticareti yıllık 15 milyar dolardan fazladır. Dünyada baharat üretimi ve ihracatında en yüksek 3 ülke sırasıyla Hindistan, Vietnam ve Çin'dir. Baharat dış alım ve satımında önemli ülkeler arasında ABD ve Almanya da dikkat çekmektedir. Türkiye baharat ticaretinde ilk 20 ülke arasında yer almaktadır. Dünya baharat ticaretinde miktar bakımından karabiber, vanilya ve zencefil başta gelmektedir (Anonim, 2019). Dünya genelinde baharatlara ayrılan alanlar incelendiğinde 2,08 milyon dekar alan ile 'anason, kimyon, rezene, kişniş' grubu ve 1,73 milyon dekar alan ile kırmızı biber yer almaktadır. Son 5 yılda ' anason, kimyon, rezene, kişniş' grubu için ayrılan alanda %80,40 artış olmuştur (Baharat Sektör Raporu, 2021).

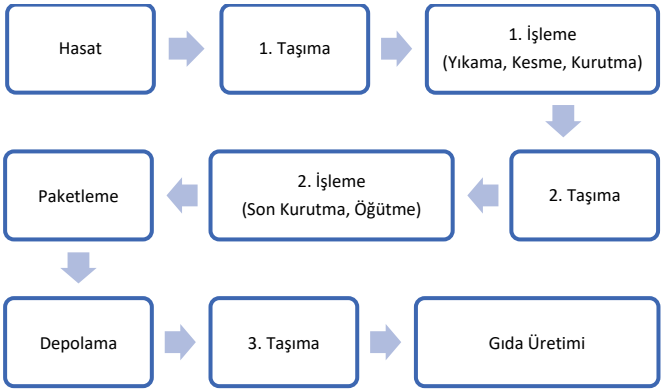
Türkiye'nin yıllık baharat ihracatı yaklaşık 150.000.000 doları aşmıştır. Özellikle haşhaş tohumu, kekik, nane, kimyon, anason ihracatı toplam 120.000.000 doları bulmuştur. Türkiye'de baharat üretim ve ticaretinde ülkenin %75'ini Ege Bölgesi karşılamaktadır (Baydar, 2019).

Türkiye'de 2020 yılında 361.544 ton baharat üretimi gerçekleşmiştir. Ülkemizde en çok üretimi yapılan baharat bitkileri sırasıyla biber, defne yaprağı, kekik ve kimyondur. Son yıllarda rezene üretiminde %77,15, kekik üretiminde %63,09 artış, kimyon üretiminde ise %25 azalış olmuştur (Anonim, 2021).

Türkiye'den ihracatı yapılan baharatlar sırasıyla haşhaş, kekik, defne, kimyon, anason, sumak, biber, adaçayı, nane, çemen, rezene, kişniş, çörek otu, kapari ve mahleptir. Ülkemizde aktar ve baharat reyonlarında en çok satılan ve halk tarafından en çok tüketilen baharatlar adaçayı, anason, biberiye, çemen, çörekotu, defne yaprağı, dere otu, fesleğen, hardal, hatmi, hindistan cevizi, kakule, karabaş otu, süpürge otu, karabiber, karanfil, kekik, kırmızı biber, kimyon, kişniş, mahlep nane, oğulotu, rezene, sumak, susam, tarçın, vanilya, yeni bahar, zahter, zencefil ve zerdeçaldır (Kılıçhan ve Çalhan, 2015; Yaşar Fırat vd., 2018; Bulut, 2019).

4. BAHARATLARIN HASAT VE SONRASI İŞLEMLERİ

Baharatların hasadı ve hasat sonrası işlemleri ile ilgili çalışmalara da son yıllarda ağırlık verilmiştir. Baharatların hasat edilip tüketim aşamasına geçene kadar taşıma, işleme, paketleme ve depolama işlemlerinden geçmektedir. İşleme aşaması paketlemeden önce ve sonra 2 kez olup, 1.işlemede yıkama, kesme, kurutma; 2.işlemede ise son kurutma ve öğütme işlemi gerçekleştirilir (Şekil 1) (Duru vd., 2019).



Şekil 1: Baharat Bitkilerinin işleme aşamaları (Szekacs vd., 2018, Duru vd., 2019)

5.1. Hasat

Baharatlar, tıbbi ve aromatik bitkilerden oluşmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler doğadan toplanarak ya da kültüre alınıp üretimi yapılarak elde edilmektedir. Doğadan toplama işlemi çoğunlukla bitkinin yetiştiği bölgedeki yerel halk tarafından, kültüre alınanlarda ise hasat çoğunlukla o alanda çalışan işçilerce yapılmaktadır. Doğadan toplanan tıbbi ve aromatik bitkilerde; bitkinin yetiştiği yer, bitkinin zehirli olup olmadığı, bitkinin toplanacağı ortamın, mevsim ve saatin uygunluğu, bitkinin aksamı gibi kriterlere dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca tıbbi ve aromatik bitkilerin toplanmasında dikkat edilmesi gereken konuların başında, bitkinin sürekliliği, doğanın korunması ve bitkinin neslinin devamı da gelmektedir. Hasat işleminin yapılmasında bazı dikkat edilecek noktalar vardır. Tohumlu bitkilerde istenen olgunluğa gelmesi, güneşli havalarda bitkilerin sabah erken saatlerde toplanması gibi örnekler verilebilir. Bunun sebebi ise bitkilerin içeriklerinde bulunan sekonder metabolitlerin kaybının önüne geçmektir. Rengi bozuk, tam olgunlaşmamış, böcekler tarafından yenmiş bitki parçaları toplanmamalıdır.

5.2. Hasat Sonrası İşlemler

Kurutma: Hasat ve/veya toplama sonrasında bitkisel materyalin, işlenmesine kadar belli bir süre geçmektedir. Hasat edildikten hemen sonra, yağmur, nem ve benzeri faktörlerin etkisiyle bozulmalar başlamaktadır. Bu aşamada yalnızca doğrudan güneş ışığında kurutulacak bitkiler toplama alanında bırakılmaktadır. Bitki materyali taze olarak kullanılacaksa mümkün

olduğunca çabuk işleme tesisine gönderilmelidir. Tesis tarlanın yanında değilse, bitkisel materyalin, yükleme, ulaşım ve boşaltma için geçen zaman aralığında sıcaklık değişimi ve mikroorganizmaların etkilerinden korunması gereklidir. Bu nedenle kurutma işlemi hasat sonrası vakit geçirmeden yapılmalıdır. Kurutma alanı veya tesisinin bitkinin tarımının yapıldığı yere yakın olması bu nedenle önemlidir. Genelde ülkemizde kurutma gölgede kurutma şeklinde belirli kapalı alanlarda kurutma ünitelerinin üzerine serilerek yapılmaktadır. Burada kurutma yapılmadan önce baharat bitkilerinin temizlenmesi ve yabancı otlardan arındırılması gerekmektedir. Çürümüş veya toplama sırasında hasar görmüş bitki parçaları, bitkiyle birlikte gelen taş ve toprak ortamdan uzaklaştırılmalıdır. Kök ve yumru olarak kullanılan baharat bitkilerinde ise üzerlerinde bulunan toprak yıkama ile uzaklaştırıldıktan sonra kurutma işlemine geçilir. Taze bitkiler içerdikleri nemden dolayı küf ve mantar gelişimine çok yatkındır. Bu nedenlerden dolayı kurutma cihazları veya uygun kurutma sistemleri bitkinin yetiştirildiği alana çok yakın kurulmalıdır. Kurutmanın asıl amacı suyu hızla uzaklaştırarak çürümeye ve bozulmaya neden olan faktörleri ortadan kaldırmaktır. Genel olarak kurutma sonunda drogların su içeriği % 8-12 arasında olmalıdır (Başer, 2010).

Birçok kurutma yöntemi vardır. Bunlar güneşte doğrudan ve dolaylı kurutma, gölgede kurutma, sıcak hava ile kurutma, mikrodalga ile kurutma ve liyofilizasyondur. Ancak çoğunlukla ülkemizde güneşte ve gölgede kurutma yöntemleri ile sıcak havada fırın sistemi ile kurutma yapılmaktadır. Kurutmada dikkat edilecek en önemli koşul, baharat bitkilerinin renginin korunmasıdır. Bu nedenle kurutmada kızışma, fırınlarda yüksek sıcaklık gibi faktörlere dikkat edilmelidir. Genellikle kurutma sıcaklığı 40-65 ºC aralığındadır (Türk Gıda Kodeksi, 2022).

Kurutma Sonrası İşlemler: Türk Gıda Kodeksine göre baharat bitkilerinde kurutma sonrası işlemler olarak öğütme, hijyen, ambalajlama/paketleme, etiketleme, depolama, ve sevkiyat olarak belirtilmiştir (Türk Gıda Kodeksi, 2022).

Kurutmadan sonra ambalajlama yapılmadan önce kurutulmuş baharatlar, her türlü yabancı maddelerden temizlenmeli ve sınıflandırılarak ambalajlamaya hazırlanmalıdır. Her baharatın şekil, büyüklük, renk, tat ve aroma gibi farklı özelliklerine göre farklı sınıflandırmalar yapılmaktadır.

Çeşitli ulusal ve uluslararası baharat standartlarında belirlenmiş baharat kalite standartları bulunmaktadır (Abbas vd.,2003; Onoğur Altuğ, 2019).

Baharatlar kullanım amacına göre farklı şekilde işlenerek ambalajlanmaktadır. Ambalajlamadaki asıl amaç, baharatlardaki lezzet ve aroma veren bileşiklerin azalmasını ve/veya bozulmasını önlemektir. Tüm olarak, öğütülmüş, baharat karışımları şeklinde, baharatlardan elde edilen uçucu yağlar, özel işlenmiş baharatlar vb. gibi farklı şekillerde baharat türevleri olması nedeniyle ambalajlama yapılırken son ürünlere göre ambalaj tercih edilmektedir. Ambalajlamada dikkat edilecek en önemli husus baharatların sterilize olması, mikrobiyal bulaşmanın olmaması ve paketlerde böceklenmenin yaşanmamasıdır. Bunun için ışınlama, fümügasyon, pastörizasyon, infrared teknoloji gibi ısıl işlem uygulaması, özel basınç ve sıcaklık uygulaması, sterilizasyon işlemleri yapılmaktadır. Bunun yanında ambalaj materyalinin seçimi ve ambalajlamanın yapıldığı alan, şartlar önem arz etmektedir. Ambalaj materyali baharatın niteliğine göre ve bozulmada etkili faktörleri giderecek özellikte seçilmelidir. Baharatların tür ve özelliğine göre cam, kağıt, çelik, plastik, alüminyum, bakır, bez vb. ambalajlama materyalleri kullanılmaktadır. Ambalajlamada su, sıcaklık, ışık, mikroorganizmalar, iz metaller gibi bozulmaya etki eden faktörlere de dikkat edilerek paketleme yapılmalıdır (Kırımer, 2010).

Ambalajlama aşamasından sonra depolama ve sevkiyat aşamaları bilindiği gibi uzun sürmektedir. Ambalajlar depolama ve sevkiyatta sıkı kapatılmalı ve zarar görmemelidir. Depo sıcaklığı 20 ^{0}C nin altında ve ışık görmemeli, depolamada mutlaka kayıt tutulmalı, etiketleme dikkatli olarak yapılmalı, daha eski depolanan ürünler önce sevk edilerek depolamada sıraya dikkat edilmelidir. Depolarda özel havalandırma sistemi bulunmalıdır ve baharat türlerine göre tasnif edilerek sınıflandırılıp depolanmalıdır. Depolar baharat türüne göre önceden sterilize edilmelidir. Baharatlar raf ömrüne göre depolanarak 1 yılı aşkın süre gibi uzun zaman dilimi depolanmamalı ve süreye uygun olarak sevkiyat yapılmalıdır. Sevkiyatlarda kullanılan kamyon, gemi, tırların baharatların taşınmasında da aynı depolamadaki gibi özenli bir şekilde taşınmalıdır. Soğutucu olan, özel rafları bulunan, sıcaklık ve nemin ayarlanabildiği sevkiyat araçları kullanılmalıdır (Akgül, 1993).

Baharatlarda hasattan tüketiceye ulaşana kadar mikrobiyolojik (küf sporları, bakteriler ve mayalar), duyusal ve kimyasal bozulmalar olabilir

(Coşkun, 2010). Tüm bitkilerde olduğu gibi baharatlarda da üretim, işleme, ambalajlama, depolama ve satımı yapılan yerlerde dikkat edilmez ise *Salmonella, Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Clostridium perfringens ve Bacillus cereus* gibi bakteriler ve patojen mikroorganizmalarla kontamine olabilmektedir (Kızıl vd., 2015).

Tablo 1: Türkiye'de en çok kullanılan baharatlar ve özellikleri (Ceylan, 1995; Baydar, 2019; Tunçel vd., 2016; Soltanbeigi ve Özliman, 2022)

Bitki Adı	Kullanılan Kısımları	Etkili bileşenleri	Baharat olarak kullanımları
Adaçayı *Salvia sericeotomentosa* Rech.f. *Salvia officinalis* L. *Salvia fruticosa* Mill.	yaprakları	α-tujon, 1,8-sineol	Et ve et ürünlerinde çeşnilendirmesinde, ızgaralarda, çorba ve tencere yemeklerinde, soslarda, salatalarda ve dolma içlerinde kullanılır.
Anason *Pimpinella anisum* L.	meyveleri	anethol, metilkavikol	İştah açıcı, karın ağrısı ve şişkinlik giderici, sindirime yardımcı, aroma verici ve ürünlerin bozulmasını geciktirmek için kullanılır.
Ardıç *Juniperus communis* L.	meyveleri	α-pinen, β-pinen, apigenin	Güveç yemeklerinde, soslarda, marinatlarda, tatlılarda ve keklerde aroma, koku ve renk vermede kullanılır.
Aspir *Carthamus tinctorius* L.	çiçekleri	kartamin, kartamidin	Renklendirme, tad verme ve antioksidan olarak kullanılır.
Biberiye *Rosmarinus officinalis* L.	yaprakları	kafur, 1,8-sineol, α-pinen, β-pinen	Sebze çorbalarına ve soslara ve domatese yakışır. Et, sebze yemekleri ve salatalarda kullanılmaktadır.
Cedvar *Curcuma zedoaria* (Christm.)	rizomları	seskiterpenler, 1,8-sineol, kafur	Likör formülasyonlarında, tentür ve sıvı ekstrakt ve acı içeceklerde kullanılır.
Çam fıstığı *Pinus pinea*	endosperm kısmı	E ve K vitamini ve demir, magnezyum, potasyum, niasin ve riboflavin	Tad ve koku verici, pesto ve diğer soslar, salatalar, aşure, geleneksel sebze, balık ve et yemekleri, tatlılar, kurabiyeler, kekler, hamur işleri, şekerlemeler, çikolata, granola ve barların içeriklerine eklenir.

Çemen *Trigonella foenum-graecum* L.	tohumları	asetik asit, bütanoik asit, izovalerik asit, kaproik asit	Aroma, tad verici, antimikrobiyal, gıda koruyucu, iştahsızlık ve gastrit gibi mide rahatsızlıklarında, kabızlıkta kullanılır. Et ürünlerinde lezzetlendirici ve koruyucu olarak kullanılır. Soslara katılır.
Çörekotu *Nigella sativa* L. *Nigella damascena* L.	tohumları	timokinon	Hamur işlerinde hem lezzete katkısı olur hem de oksidasyonu önler. Sindirime iyi gelir.
Çörtükotu *Echinophora tenuifolia* L. subsp. sibthorpiana (Guss.) Tutin	yaprakları	1-8 sineol, β-mirsen, germakren	Çorbalara, sebze yemeklerine lezzet katar. Sindirime yardımcıdır.
Defne yaprağı *Laurus nobilis* L.	yaprakları	1,8 sineol, kampen, limonen	Çorbalar, yahniler salamuralara eklenir ve domates sosları gibi sosları tatlandırmak için kullanılır.
Dereotu *Anethum graveolens* L.	meyveleri	apiole, karvon	Yemeklere aromatik koku ve tad verir. Hamur işleri, salatalara,atıştırmalıklara, çeşnilere ve et ürünlerine sıklıkla eklenir.
Fesleğen *Ocimum basilicum* L.	yaprak, çiçek ve sürgün uçları	öjenol, estragol, kafur	Mutfaklarda tad aroma verici, spazm giderici, gaz giderici, sindirimi rahatlatıcı olarak çorba, güveç, dolma, pilav, balık, tavuk, sebze ve et yemeklerinde kullanılır.
Frenk kimyonu *Carum carvi* L.	meyveleri	karvon, limonen	Koku, aroma verici ve koruyucu olarak et, gıda ve içki sanayinde kullanılır.
Hardal *Brassica nigra* (L.) K.Koch, *Brassica juncea* (L.) Czern., *Sinapis alba* L.	tohumları	glukozinolat	Fastfood soslarında, salatalarda kullanılır.
Haşhaş *Papaver somniferum* L.	tohumları	doymamış yağ asitleri	Hamur işlerinde, börek, çöreklerde ve süslemede kullanılır.
Havlıcan *Alpinia officinarum* Hance	rizomları	1,8 sineol, α-fenil asetat	Yemeklere acımsı bir tad, aroma katar. Kurutulmuş kökleri hamur işlerinde kökü ise meşrubatlarda, dondurma, şekerleme ve çikolata çeşitlerinde kullanılmaktadır.

Hindistan cevizi *Cocos nucifera* L.	meyveleri	Önemli yağ asitleri, niasin, riboflavin, pantotenik asit, tiamin, E vitamini	Pasta, börekçilikte ve içeceklere koku ve tad vermek amaçlı kullanılır.
Kakule *Elettaria cardamomum* L. Maton	meyve ve tohumları	1,8 sineole, α-pinen, α-terpineol	Hem tuzlu, hem de tatlı yiyeceklerde, hamur işlerinde, kahve ve çaylarda kullanılır.
Karabiber çeşitleri; *Piper nigrum* L.	meyveleri	kapsaisin	Karabiber klasik tatlılar hariç hemen hemen tüm yemeklerde kullanılabilir. Acı tat vermek için kullanılan karabiber, Et suları, ızgara ve kızartmalarda, her türlü çorba, bakliyat ve sebze yemeklerinde kullanılmaktadır.
Karanfil *Eugenia caryophyllata* Thunb	çiçek tomurcukları	öjenol	İştah açıcı tatlı yiyeceklere, et ve balık haşlamalarına, salamuraya yatırılan meyve ve sebzelerde, çeşitli kompostolarda, tatlılarda, reçellerde kek ve kurabiyelerde lezzetlendirici olarak kullanılmaktadır.
Kekik *Origanum* spp., *Thymus* spp., *Coridothymus* spp., *Satureja* spp.,	yaprak, çiçek ve sürgün uçları	karvakrol, timol	Et ürünlerinde, çorba, dolma, çeşitli soslarda, domates peynir gibi ürünlerin çeşnilendirilmesinde, hamur işlerinde de kullanılır.
Kırmızıbiber *Capsicum* spp.	meyve	kapsaisin	Gıdalara tatlandırıcı, renklendirici ve çeşni olarak eklenir. Etlerin, çorbaların, yahnilerin, sosislerin, peynirlerin, atıştırmalıkların, salataların ve salata soslarının, pizzaların, acı sosların lezzetini artırır.
Kimyon *Cuminum cyminum* L.	meyve	kuminalaldehit	Kimyon daha çok pastırma ve sucuk yapımında, bazı likör türleri ve etli yemeklere çeşni vermesi için kullanılmaktadır. İştah açıcı, şişkinlik giderici özelliği vardır.
			Yeşil yaprakları sos, salata, çorba ve sebze yemeklerinde,
Kuşüzümü *Vitis vinifera* L.	meyveleri	tartarik asit	Pilav, sarma ve dolma yapımında kullanılabilir. Bunun dışında tatlılarda; kek ve aşure yapımında lezzet katar.
Mahlep	olgunlaşmış meyve	Kumarin, yağ asitleri	Tohumları ve meyveleri unla karıştırılarak pastane ürünlerinde

Prunus mahaleb L.	çekirdekleri	(oleik asit, palmitik asit, alfa-linoleik asit, stearik asit, linoleik asit v.b.)	çokça kullanılır. Kurabiye, şekerleme, ekmek, kek ve bazı peynirlere eklenerek lezzet verir.
Maydanoz *Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss	yaprakları	apiol, miristisin	Salatalara, Peynirli hamur işlerine, yemeklere lezzet verir.
Oğulotu *Melissa officinalis* L.	yaprakları	citronellol, geraniol	Salatalara, sandviçlere, çorbalara, güveçlere, tereyağlarına, peynirlere, balık yemeklerine, tavuk yemeklerine, etlere, sebzelere, meyveli içeceklere, soslara lezzet ve aroma verir.
Mercanköşk *Origanum dubium* L.	yaprak, çiçek ve sürgün uçları	timol, karvakrol	Et ve et ürünlerinde, yemeklerde ve salatalarda tad ve aroma verir.
Meyankökü *Glycyrrhiza glabra* L.	rizomları	glikozitler, glycyrrhizin, asparajin,mannit	Şekerli tad vermek için kullanılır. Şerbetlere, içeceklere katılır.
Muskat (küçük hintcevizi) *Myristica fragrans* Houtt	tohumları/olgun meyveleri	miristisin, elemisin, öjenol ve safrole	Lezzetlendiricidir. Peynir sosları, sıcak elma suyu ve şarap gibi gurme tatlar için de tercih edilir.
Nane *Mentha spp.*	yaprakları	menthol, menthone	Dondurma, çikolata, diğer tatlılar, çorbalar, salatalar, peynir ve ekmek gibi çiğ ve işlenmiş gıdalarda aroma maddesidir.
Reyhan *Ocimum basilicum* L.	yaprak, çiçek ve sürgün uçları	linalool, metil kavikol, öjenol	Pizza, salata, sos, çorba, sirke ve peynir aroması gibi çeşitli gıda maddelerine lezzet ve aroma katar.
Rezene *Foeniculum vulgare*	meyveleri	*trans*-anethol, fenechone, limonene ve metil kavikol	Sebze ürünleri, balık sosları, çorbalar, salata sosları, güveçler, ekmekler, hamur işleri, çaylar, dondurma ve alkollü içeceklerde lezzet vermek için kullanılır.
Safran *Crocus sativus* L.	stigmaları	pikroretin, pikrokrosin ve krosin	Soslara, şekerlemelere, keklere, pastalara, kurabiyelere ve birçok yöresel tatlılara aroma ve rengi zenginleştirmek için kullanılır.
Salep Orchidaceae familya bağlayan farklı cins ve türler	yumruları	glucomannan	Pastacılıkta ve sütle karıştıralarak içecek olarak kullanılır. Tatlımsı ve hoş kokuludur.
Sarımsak *Allium sativum* L.	soğanları	allisin	Yoğun kokulu ve aroma vericidir. Yoğurtlu soslarda direk kullanılır. Birçok hamur işinde (ekmek,mantı, pizza, poğaça, vs..) çorba, sos, et, çiğ köfte ve köfte yapımında, kullanılır.

Soğan *Allium cepa* L.	soğanları	sülfür	Hemen hemen tüm yemeklere katılır. Kendine ait keskin aroma ve tad verir. Salatalarda kullanılır.
Sumak *Rhus coriaria* L.	meyveleri	B-karyofilen, kembren, karvakrol, α-terpinen, limonen	Et, balık ve tavukları marine etmek amacıyla kullanılırken, kebab, döner, çorba, güveç, pilav ve lahmacun gibi yemeklerde de kullanılır. Ayrıca çiğ soğanla birleştirilerek yemek yanına salata gibi kullanılır.
Susam *Sesamum indicum* L.	tohumları	sesamolin,sesamin, önemli yağ asitleri (linoleik asit ve oleik asit)	Ekmeklerin üzerinde, makarnalara ve tatlılarda kullanılır. Susam tohumlarından tahin ve helva yapılır. Susam tohumu kavrulduğunda fındıksı bir tada sahip olur.
Tarçın çeşitleri; *Cinnamomum cassia* (L.) J. Presl. *Cinnamomum zeylanicum* Blume	kabukları	sinamaldehit, sinnamilasetat, sinamik asit	Tarçın kabuğu yağı değerli lezzet vericilerden biridir. Ayrıca iştah açıcı, keskin ve orta sıcaklıkta bir baharattır. Tatlı, şekerleme, pasta, bisküvi, sütlü tatlılarda, boza sahlep gibi içeceklerde kullanılmaktadır.
Tarhun *Artemisia dracunculus* L.	yaprakları	α-pinene, limonene, metil kavikol	Anadolu mutfağında çorbalarda, etli yemeklerde veya salatada kullanılır.
Vanilya *Vanilla fragrans* Ames	meyveleri	vanilin,piperonal	Pastacılık ve şekercilikte krema, kek, dondurma ve sütlü tatlıları lezzetlendirmek için kullanılır.
Yenibahar *Pimenta officinalis* Lindl.	meyveleri	öjenol, 1,8 sineol, seskiterpen	Yemeklere özel bir tat katar, özellikle et yemeklerine katılır. Çorbalarda, etlerde, dolma içlerinde, iç pilavlarda, sucuk içlerinde, çemen yapımında, turşularda, konservelerde, kek ve bisküvilerde, pudinglerde kullanılır.
Zahter *Thymbra spicata* L.	yaprak, çiçek ve sürgün uçları	karvakrol veya timol	Et yemeklerinden çorbalara, hamur işlerinden kahvaltılıklara kadar geniş bir yelpazede kullanılır ve yemeklere kendine has bir aroma ve koku verir.

Zencefil *Zingiber officinale* Roscoe	köksapları	gingerol	Zencefilden genellikle şerbet, meşrubat, likör, şarap, turşu, reçel yapımında yararlanılır. Ayrıca çorbalarda, sosis ve çeşitli dolmalarda, kümes hayvanları, deniz mahsuller, etli yemekler, salatalar, soslar, kompostolarda, çeşitli beyaz peynirlerde, meyve salatalarında, pastalarda, turşu ve salamuralarda ve çöreklerde kullanılır.
Zerdeçal *Curcuma longa* L.	köksapları	kurkumin	Et yemeklerinde, balık çorbası, pilav, soslar, tavuk bulyon, peynir turşusu, söğüş ve çeşitli sebze yemeklerine çeşni olarak katılır. Tahıl yemeklerinde, hardal ve turşu yapımında, tatlı kek yapımında kullanılır. Kimi zaman safranın yerine de kullanılmaktadır.

KAYNAKÇA

Abbas, S.M.N. ve Halkman, K. (2003). Baharat mikroflorası üzerine ışınlamanın etkisi. Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi, 1 (3), 43-65.

Akgül, A. (1993). Baharat Bilimi ve Teknolojisi Kitabı, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara.

Anonim, (2019). Tıbbi ve aromatik bitki çeşitliliğinin korunmasında, bunların üretiminde ve pazarlanmasında karşılaşılan sorunlar ile alınması gereken tedbirlerin belirlenmesi amacıyla kurulan meclis araştırması komisyonu raporu, Erişim adresi: http://www.tbmm.gov.tr/develop/owa/sirasayi_sd.sorgu_baslangic Erişim tarihi: 18.04.2023.

Anonim, (2021). Tıbbi ve aromatik bitkiler sektör politika belgesi. Erişim adresi: https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/T%C4%B1bbi%20ve%20Aromatik%20Bitkiler%20SPB.pdf. Erişim tarihi: 12.04.2023

Anonim, (2023). History of Spices, Erişim adresi: https://www.mccormickscienceinstitute.com/resources/history-of-spices. Erişim tarihi: 03.04.2023.

Ayyıldız, S. ve Sarper, F. (2019). Antioksidan baharatların Osmanlı saray mutfağındaki yeri. Karabük Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 9(1), 363-380.

Baharat Sektör Raporu, (2021). Erişim Adresi: https://www.gtb.org.tr/dosya/pdf/2021-baharat-sektor-raporu.pdf, Erişim tarihi: 29.03.2023.

Başer, K.H.C. (2010). Tıbbi ve aromatik bitkisel ürünlerin üretimi ve kalite kontrolü. Anadolu Üni. Yayını No:2109, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1137.

Baydar, H. (2019). Tıbbi ve aromatik bitkiler bilimi ve teknolojisi. 7. Basım, Yayın No: 2328, Isparta. ISBN: 978-605-7846-38-9.

Bulut, K. (2019). Beş yıldızlı otellerde çalışan aşçıların baharat kullanım alışkanlılları üzerine bir araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi

Çetin, B. (2019). Köfte matriksinde iki farklı besin patojenine karşı farklı baharatların antimikrobiyal etkisi. Kırklareli University Journal of Engineering and Science, 5(2), 184-199.

Ceylan, A. (1995). Tıbbı Bitkiler I**.** İzmir: E. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No. 312.

Chakraborty, M., Afrin, T., Munshi, S.K. (2020). Microbiological quality and antimicrobial potential of extracts of different spices. Food Res. 4(2):375-9.

Clarke, T.C., Black, L.I., Stussman, B.J., Barnes, P.M., Nahin, R.L. (2015). Trends in the use of complementary health approaches among adults: United States,

2002–2012, National Health Statistics Reports; No. 79, National Center for Health Statistics.

Coşkun, F. (2010). Gıdalarda kullanılan bazı baharat ve baharat özütlerinin antimikrobiyal aktivitesi, Akademik Gıda Dergisi, Cilt: 8 Sayı: 4, 41 – 46.

Coşkun, F. (2010). Tekirdağ piyasasında satılan bazı baharatların mikrobiyolojik özellikleri. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 7(1), 85-93.

Çoban, Ö. E. ve Patır, B. (2010). Antioksidan etkili bazı bitki ve baharatların gıdalarda kullanımı, Gıda Teknolojleri Elektronik Dergisi, 5 (2), 7-1.

Demircioğlu, Y., Yaman, M., Şimşek, I. (2007). Kadınların baharat kullanımı alışkanlıkları üzerine bir araştırma. TSK Koruyu Hekimlik Bülteni, 6(3), 161-168.

Doğanay, H. ve Coşkun, O. (2012). Tarım coğrafyası. Ankara: Pegem Akademi.

Duru, S., Hayran, S., Gül, A. (2019). Gıda amaçlı kullanılan baharatların üretim, pazarlama ve dış ticaret yapısı, 55-70 sy., Ziraat ve Su Ürünleri Araştırmaları, Akademisyen Kitabevi, Ankara.

Faydaoğlu, E. ve Sürücüoğlu, M.S. (2011). Geçmişten günümüze tıbbi ve aromatik bitkilerin kullanılması ve ekonomik önemi, Kastamonu Üni., Orman Fakültesi Dergisi 11 (1): 52 – 67.

İlisulu, K. (1992). İlaç ve baharat bitkileri ders kitabı. Ankara: A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları.

Karakol, P. ve Kapı, E. (2021). Use of selected antioxidant-rich spices and herbs in foods. antioxidants- benefits, sources, mechanisms of action, IntechOpen.

Kılıçhan, R. ve Çalhan, H. (2015). Mutfakların sihri baharat: kayseri ilinde baharat tüketim alışkanlıklarının belirlenmesine yönelik bir çalışma. Journal of Tourism and Gastronomy Studies, 3(2), 40-47.

Kırımer, N. (2010). Tıbbi ve aromatik bitkilerin temini ve pazarlanması. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2099, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1129.

Kızıl, M., Wassouf, N., Tengillimoğlu Metin, M. M., Gümüş, D., Dikme, D., Uyar, M.F. (2015). Açıkta satılan baharatlarda *Escherichia coli* O157:H7 ve *Salmonella* spp. varlığının moleküler mikrobiyojik analiz yöntemi ile belirlenmesi. Beslenme Diyetetik Dergisi, 43(3), 228-236.

Lackova, Z., Buchtelova, H., Buchtova, Z., Klejdus, B., Heger, Z., Brtnicky, M. (2017). Anticarcinogenic effect of spices due to phenolic and flavonoid compounds—ın vitro evaluation on prostate cells . Molecules, 22(1626), 1-13.

Lange, D. (2004). Medicinal and aromatic plants: trade, production, and management of botanical resources. Acta Hortculturae, 629, 177-197.

Linares, M. B., Cozar, A., Garrido, M. D., Vergera, H. (2020), Nutritional attributes and sensory quality during storage time of spiced lamb Burgers from Manchego Spanish Breed. Foods, 9(10), 1466.

Onoğur Altuğ, T. (2019). Gıda Katkı Maddeleri Kitabı, 276 sy., Sidas Yayıncılık, İzmir.

Paksoy, G. (2016). Bazı baharatların ultrafiltre beyaz peynir kalitesi üzerine etkileri. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.

Soltanbeigi, A. ve Özliman, S. (2022). Türkiye'nin baharatları: tarladan sofraya bir rehber, 319 sy., İstanbul Ticaret Borsası, Basım: İhlas Gazetecilik .

Soner, O., Özçelikay, G., Asil, E. (2002). Baharat ve geleneksel ilaçlardaki yeri. Türkiye Klinikleri Tıp Etiği-Hukuk ve Tarih Dergisi, 10(1), 39-43.

Stanway, P. (2014). Baharatlar mucize gıdalar. (S. Demirci, Çev.) İstanbul: Kuraldışı Yayıncılık.

Szekacs, A., Wilkinson, M.G., Appel, B. (2018). Enviromental and food safety of spices and herbs along global food chains, Food Control 83:1-6.

Şahin, T. (2021). Eski Mısır toplumunda yeme ve beslenme kültürü. Uluslararası Eskiçağ Tarihi Araştırmaları Dergisi,3(1), 129-130.

Tapsell, L.C., Hemphill, I., Cobiac, L., Patch, C.S, Sullivan, D.R., Fenech, M., Roodenrys, S., Keogh, J.B., Clifton, P.M., Williams, P.G., Fazio, V.A., Inge, K.E. (2006). Health benefits of herbs and spices: the past, the present, the future. Med J Aust. 21;185 (4 Suppl):S4-24. 4.

Tunçel, H., Günay Aktaş S., Karakaş, E., Kılıç, T., Gökçe, N., Yılmaz, A., Kaya, E., Yiğit, A. (2016). Gıda Coğrafyası Kitabı, Açıköğretim Fakültesi Yayını, ISBN:978-975-06-1896-3

Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği, (2022). Erişim adresi: https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/04/20220419-4.htm, Erişim tarihi: 20.04.2023.

Vázquez-Fresno, R,, Rosana, A.R.R., Sajed, T., Onookome Okome, T., Wishart, N.A., Wishart, D.S. (2019). Herbs and spicesbiomarkers of intake based on human intervention studies–a systematic review. Genes Nut, 14:18.

Yalçın, A. (2000). Baharat dünyası : baharat ve popüler otlar ansiklopedisi [e-kitap]. İstanbul: Geçit Kitabevi.

Yankey, J. (2014). Assessment of microbiological contamination of some indigenous spices sold in selected markets in the Kumasi Metropolis, A thesis submitted to the School of Research and Graduate Studies, KNUST, Kumasi in partial fulfillment of the requirement of the award of Master of Philosophy (Mphil. Postharvest Technology) Degree.

Yaşar, F.Y., Tunçil, E., Çelebi, N., Çevik, S., Öner, N. (2018), Kadınların baharat kullanımına yönelik alışkanlıkları, inanışları ve bilgi düzeyleri. Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 5(1) 24-35.

Yıkmış, S., Sağlam, K., Yetim, A. (2017). The examination of spices used in the Ottoman palace cuisine. Journal of Human Sciences, 14(1), 1000-1016. doi:10.14687/jhs.v14i1.4508

Yerasimos, M. (2014). Yüzyıllar boyu osmanlı Mutfağı. İstanbul: Boyut Yayıncılık.

Yeşilada, E. (2012). İyileştiren bitkiler, İstanbul: Hayykitap.

BÖLÜM 4

TIBBİ BİTKİ OLARAK BİLİNEN SARI KANTARON (*Hypericum perforatum* L.) BİTKİSİNİN FİTOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ VE BİYOTEKNOLOJİDE KULLANIMI

Uzm. | Didem TAŞTEKİN[1]

Doç. Dr. | Şeyda SAVALAN[2]

[1]Arven İlaç San. ve Tic. A.Ş. Ar -Ge Merkezi, Selimpaşa /Silivri, İstanbul, didemtastekin@yahoo.com.tr, Orcid ID: 0000-0003-3402-5946

[2]Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Tekirdağ, Türkiye, ssavalan@nku.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-7047-0943

GİRİŞ

Sarı kantaron *Hypericum, Clusiaceae* familyasına ait bir cins olup yaklaşık 450 çalı ve ot formuna sahiptir. Bu cinsin tüm üyeleri "Saint John' wort" olarak bilinmektedir. Aynı zamanda "Rose of Sharon" ve "Tutsan" olarak' ta isimlendirilmektedir. Sarı kantaron bitkisi sekonder metabolit açısından zengin bir tıbbi bitki sayılır ve farmakolojik açıdan önemli 3 ana grup bileşen içermektedir (Alali vd., 2009). Dünyanın pek çok yerinde geleneksel tıbbi uygulamalarda bitki çeşitli hastalıların iyileştiricisi olarak kabul edilmekte ve kullanılmaktadır. Bitkinin bilinen en büyük etkisi antidepresan özelliğine sahip olmasıdır. Ancak son zamanlarda antimikrobiyal, yara iyileştirici ve bitkide bulunan biyoaktif maddelerin yeni potansiyelleri, örnek olarak kanser ve nörodejeneratif hastalıklar için olası bir tedavi yönteminin ortaya çıkma özelliği ile tıp dünyasının dikkatini çekmektedir (Altan vd., 2015).

Sarı kantaron bitkisi 2400 yıldan uzun bir geçmişi olan ve MÖ beşinci yüzyıldan beri yara iyileştirici özelliğiyle bilinir. 1597 yılında İngiliz bilim insanı Gerardın sarı kantaron bitkisini kullanarak formüle ettiği yara iyileştirici merhemi en iyi ve doğal ürün olarak nitelendirmiştir. XVI. yüzyıldan sonra Avrupa'da cerrahlar tarafından yaraları temizlemek için kullanılmış aynı zamanda Londra'nın ilk resmi farmakopesine *Oleum Hyperici olarak* dahil edilmiştir. Son 30 yılda, bitki laboratuvar ve klinik çalışmalarında kapsamlı bir şekilde araştırılmıştır. Günümüzde ise, Avrupa ülkeleri ve dünyada fitoterapi uygulamalarının yansıra fotodinamik, antidepresan, antiviral, antibakteriyel ve antitümör gibi çeşitli etki mekanizmaları nedenleriyle araştırılmakta ve kullanılmaktadır (Doğan vd., 2023, Rizzo vd., 2020).

Dünyada antidepresif farmakolojik ürünlerin yıllık satış değerinin Avrupa pazarlarında 100 milyon Dolar'ı ABD'de ise 500 milyon Dolar'ı aştığı; dünya genelinde ise 1 milyar Dolar'a yaklaştığı açıklanmaktadır. *Hypericum* ürünlerinin standart antidepresan ilaçların yerine ikame olarak kullanılması depresyon tedavisinin maliyetini önemli ölçüde düşürdüğü bildirilmektedir (Solomon vd., 2013). Bu yüzden bitkinin ihracat ve ithalatına önem verilmektedir örnek olarak Almanya'da yıllık tüketilen drog miktarının 600 ton olduğu bilinmektedir

Yalnız bu tür ve bağlı olduğu familyadaki diğer tüm türlerin farmasötik olarak kullanımında bazı kısıtlamalar söz konusudur. Örnek olarak içerdikleri aktif maddeler zamana karşı stabil değildir ve ışığa maruz kaldığında bozulma özelliğine sahiptir. Bu yüzden bitkinin sahip olduğu değerli sekonder metabolit içeriğini arttırılması ve bu etken maddelerin sağlıklı bir şekilde elde edilmesi, korunması ve kullanması adına bir çok bilimsel çalışmanın yürütüldüğü gözlemlenmiştir.

Hazırlanan bu eserde önemli bir tıbbi bitki olan sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.)'de bulunan fitokimyasal maddelerin tanımlanması ve tıbbi açıdan değerli olan bu maddelerin elde edilmesi ve miktarının arttırılması üzerine yapılan çalışmalar derlenerek bir kaynak oluşturulmaya çalışılmıştır.

1. SARI KANTARON BİTKİSİNİN GENEL ÖZELLİKLERİ VE KULLANIM ALANLARI

Hypericum ve St. John wort isimlerinin kökenleriyle ilgili birtakım açıklamalar mevcuttur. *Hypericum* isminin Yunanca da yer alan hyper (yüksek) ve eikon (görüntü) 'dan geldiği ifade edilmektedir. St. John's wort olması ise çiçek tomurcuklarının ilk kez St. John gününde (24 Şubat) belirmesinden kaynaklanmaktadır (Barnes vd., 2001). Bitkinin yer yüzünde yaklaşık 350-400 türü, Türkiye'de ise bu familyaya ait 70 farklı tür tespit edilmiştir. En iyi yetişme gösterdiği toprak yapısı ise hafif asidik-nötr topraklardır.

Hypericum türlerinin genel özellikleri:

- Sıklıkla siyah veya kırmızı grandular salgıları olan basit yarı saydam yapraklar
- 5 merouslu yeşil çanak yaprakları ve açık sarı petalleri, stamenleri 3-5 demet şeklinde, ovaryumu 3-5 adet ince uzun şekilde
- İçerisinde pek çok silindirik tohumlar içeren bir adet kapsüler meyvedir.

H.perforatum yaklaşık 30 ila 90 cm aralığında büyüyebilen odunsu, tüysüz ve çok yıllık bir bitkidir (Hışıl vd., 2005).Yaprakları 2-4 cm uzunluğunda olup ana sap üzerinde yer almaktadır. Çanak yapraklar ise 4-6 mm uzunluğundadır. Çanak yapraklar üzerinde yer yer siyah salgı bezecikleri

bulunmaktadır (Şekil 1). Meyvesi ise 1-1.3 mm uzunluğunda tohumlar içeren üç odacıklı kapsül şeklindedir (Asgarpanah 2012)

Şube: *Spermatophyta*

Alt şube: *Angiospermae*

Sınıf: *Dicotyledoneae*

Alt sınıf: *Magnolipsida*

Takım: *Theales*

Familya: *Cluciaceae* (*Hypericaceae, Guttiferae*)

Cins: *Hypericum*

Tür: *Hypericum perforatum* (Kantaron otu, Binbirdelik otu) (Yücel 2006).

Mezofitik alanlarda kendiliğinden yetişebilen sarı kantaron hazirandan eylüle kadar çiçek açabilme kabiliyetine sahiptir ve deniz seviyesinden 2500 m'ye kadar yetişebilmektedir (Altan vd., 2015). Dünya genelinde sıcaklık bakımından ne çok sıcak ne de çok soğuk olmayan havanın değişken olduğu iklim kuşaklarında yetişmektedir. Tropikal iklimden biraz daha serin olan dağlık tropikal bölgelerde de yayılım göstermektedir (Asgarpanah 2012). Kayalık, taşlı yerlerde, yol kenarlarında, çimenli nehir kenarlarında bulunur. Yayılış gösterdiği yerlerin temel özelliği kışının nemli yazlarının kurak olmasıdır. bitki Batı Avrupa, Kuzey Afrika, Kuzey Amerika ve Asya' da yayılış göstermektedir. Ülkemizde de Ege, Akdeniz, Güneydoğu Anadolu, Orta ve Doğu Anadolu, Karadeniz ve Marmara bölgesinde yetiştiği görülmüştür (Asgarpanah 2012, Altan vd., 2015).

Şekil 1: Sarı kantaronun Bitkinin genel görünüşü, Çiçek ve yaprak şekilleri (Taştekin 2020)

2. SARI KANTARON BİTKİSİNİN KULLANIM ALANLARI

Farmakolojik açıdan yaygın olarak kullanılan *H. perforatum* antideprasan etkisiyle bilinir ve antidepresan tedavisi için en etkili bitki olarak kabul edilir bunun yanısıra antiviral, antimikrobiyel ve yara iyileştirici etkisi halk arasında bilinmektedir (Alali vd., 2009).

H. perforatum bitkisinin çiçeklerinden hazırlanan ve ülkemizde halk arasında "kantaron yağı" olarak bilinen yağ da, çok eski çağlardan bu yana kullanılmaktadır. Yağı hazırlamak amacıyla; güneşli havada toplanan bitkinin çiçekleri, gevşek biçimde bir şişeye doldurulur ve üstüne, sızma zeytinyağı çiçekleri örtecek şekilde eklenir. 3-5 gün süresince şişenin kapağı açık tutulur ve arada bir çalkalanarak, güneşli bir yerde bekletilir. Daha sonra şişenin kapağı kapatılır ve 4-5 hafta boyunca, arada bir çalkalanarak tekrar güneşte bekletilir. Süre sonunda yağ süzülür, çiçeklerden sıkılarak elde edilen kırmızı renkli kantaron yağı koyu renkli şişelere doldurularak saklanır (şekil 2) (Özcan 2015).

Şekil 2: Sarı kantaronun taze çiçeklerinin sızma zeytinyağı içerisinde bekletilerek elde edilen kantaron yağı (Taştekin 2020)

Geleneksel yollarla çiçekli kısımlarının yağda bekletilmesi ile elde edilen ektraktların yara ve yanık tedavisinde oldukça etkili oldukları görülmüştür (Franchi vd., 2011). Bu bitkinin kanıtlanmış yara iyileştirici etkisinin yanı sıra, antimikrobiyel. antikanserojen ve antiviral etkisinin olduğuda açıklanmıştır (Çakmak ve Bayram 2003, Barnes vd., 2001, Silva vd., 2005, Çelen vd., 2008, Ekren vd., 2011).

H. perforatum ekstraktları yüzyıllardan beri bitkisel tıpta antidepresan olarak kullanılmakta ve 1990'lardan beri bu bakımdan yoğun bir şekilde çalışılmaktadır (Çelen 2008). Bitkiden elde edilen ekstraktın Antidepresan etkisi hiperforin ve hiperisinden kaynaklandığı açıklanmaktadır. Bu bileşenlerin etkinliği ve güvenilirliği ile ilgili yapılmış birçok klinik ve deneysel çalışma vardır (Çırak ve Kurt 2014, Barnes vd., 2001).

Kantaron bazı alkollü içeceklerin (likör ve tonik gibi) hazırlanmasında aroma verici olarak da kullanılmaktadır. Bu yüzden Avrupa Ekonomik Topluluğu (EEC)'nun 1988 yılındaki 88/388 sayılı direktifiyle, hiperisin eksteraktının doğal aroma verici olarak kullanım miktarının gıdalarda 0.1 ppm, kek ve tatlılarda 1 ppm ve alkollü içeceklerde 10 ppm'i aşmaması istenmiştir (Hışıl vd., 2005).

Floramızda yaygın bulunan sarı kantaron hem iç tüketimde kullanılmakta hem de ihraç edilmektedir. Tıbbi ve ekonomik açıdan önemli olan bu bitki tarla koşullarında üretilmemektedir. Tarla koşullarında üretimi yapılmak istendiğinde de Türkiye'de geliştirilmiş bir çeşit bulunmamaktadır (Ekren vd., 2011). Birçok ülkede tüketilen *H. perforatum*' nun hammaddesinin büyük bir bölümü bitkinin kültürü yapılarak sağlanırken, belli bir kısmı da değişik ülkelerin florasından toplanmaktadır. Ancak hem üretimle elde edilen ve hem de floradan toplanan ham materyalin belli kalite kriterlerine sahip olması istenmektedir (Bayram vd., 2009).

3. SARI KANTARON BİTKİSİNİN FİTOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Hypericum cinsi bitkiler özellikle de *H. perforatum* bünyesinde bulundurduğu aktif bileşikler ile Avrupa farmakopesinde raporlanması eski geçmişe sahiptir. Bu cinse ait olan bitkiler sekonder metabolit açısından zengin bitkilerdir ve Sahip oldukları metabolitler biyolojik açıdan önemli aktiviteler göstermektedir. Ancak bu cinsin içerisinde yer alan pek çok türün biyoaktif yapısı tam olarak keşfedilememiştir (Napoli vd., 2018).

H. perforatum temelde 3 ana grupta yer alan bileşik içermektedir. Temel bileşenleri olarak kabul edilen naftodiantronlar, floroglusinoller, ve geniş aralıkta bulunan flavonoidlerdir (Alali vd., 2009). Ayrıca sahip olduğu tanen ve uçucu yağ özelliğiyle de bilinmektedir (Asgarpanah 2012). Napoli vd. 2018 yılında yaptıkları bir çalışmada bu bitkide 20 adet metabolit

tanımlamış ve miktarlarını hesaplamışlardır ve bu çalışmanın sonucunda tanımlanan metabolitlerin üç ana bileşik sınıfında yer aldığı raporlanmıştır. Bu ana grupların içerisinde ise belli başlı bileşenler yer almaktadır (Tablo1).

Tablo 1: Sarı kantaronun içerdiği bileşikler ve miktarları (Brolis vd.,1989, Napoli 2018, Çırak ve Kurt 2014, Hışıl vd., 2005)

Naftodiantronlar	**Protopseudohiperisin**	**3.04**
	Pseudohiperisin	5.14
	Protohiperisin	1.50
	Hiperisin	3.69
Floroglusinoller	Hiperforin	40.97
	Adihiperforin	4.68
Sinnamik Asitler	3-*O*-caffeoylquinic acid	0.28
	p-cumaroylquinic acid	0.05
	5-*O*-caffeoylquinic acid	0.06
Flavonoidler	Kateşin	0.02
	Kuarsetin-3-*O*-galaktosit	4.94
	Kuarsetin-3-*O*-glukosit	1.87
	Kuarsetin -3-*O*-arabonosit	0.22
	Kuarsetin-3-*O*-ramnosit	2.13
	Kuarsetin	0.30
Biflavonlar	Biapigenin	4.56
	Amentoflavon	0.18

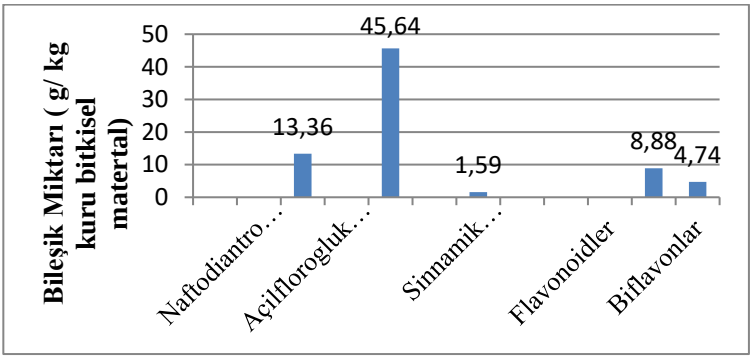
H. perforatum' un kurumuş çiçeklerinde bulunan bileşik oranları bitki yaşına ve bulunduğu bölgeye göre farklılık göstermektedir örnek olarak 2021 yılında Seyis vd. tarafından yapılan bir çalışmanın sonucuna göre "Anzer" yaylasının beş (391, 631, 1318, 1586 ve 1733 m) ve cimil Yaylasının altı farklı rakımın (1311, 1447, 1968, 2068, 20169 ve 2210 m)' dan toplanan tam çiçek açmış bitki örnekleri, HPLC ve SPME destekli GC-MS analizleri ile fitokimyasal bileşenleri belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre tespit edilen her bir bileşiğin birikim seviyesi, rakım gradyanına pozitif ve tutarlı tepki göstermesinin yanısıra ana bileşenlerin kalitesi ve miktarında da önemli bir

çeşitlilik gözlemlenmiştir. Benzer bir çalışmada Yıldırım vd. (2009) Van ve yöresi doğal florasında yaygın olarak bulunan kantaron bitkisi, uçucu yağ bileşenleri yönünden araştırılmıştır. Çalışmada doğal ortamdan bitkiler temmuz ayında çiçekli dönemde iken, eylül ve kasım aylarında meyve dönemindeyken toplanarak clevenger aparatı ile uçucu yağı elde edilmiş ve GC/MS cihazı ile uçucu yağ bileşenleri tespit edilmiştir. Farklı dönemlerde toplanan kantaron bitkisinde uçucu yağ miktarı (%1.6) değişmemekle birlikte uçucu yağ bileşenlerinin oranlarında değişmeler gözlenmiştir. diğer bir çalışmada EMA 2009 yılında sarı kantaron bitkisinin Ortalama bileşik oranı belirlemiştir ve elde edilen bileşik miktarı çizelge 2 verilmiştir.

Tablo 2: *H. perforatum* L.'nin kurumuş çiçeklerinde bulunan bileşik miktarları (EMA 2009)

Floroglusinol türevleri	%0.2-4
Naftodiantronlar	%0.06-0.4
Flavonoidler	%2-4
Ksanten	İz miktarda
Uçucu yağ	%0.1-0.25
Kloregenik asit ve serbest aminoasitler	Az miktarlarda

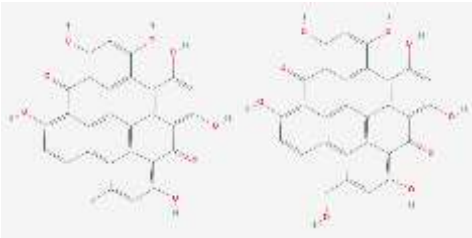
Napoli vd. tarafından 2018 yılında yürütülen bir çalışmada *H. perforatum'* a ve 10 farklı *Hypericum* türüne ait bitkilerin fitokimyasal özelliklerini elde etmek için yüksek basınçlı sıvı kromatografisi ve spektrofotometrik yöntemler kullanmıştır. Çalışmada 1 kg kurutulmuş bitkiden elde edilen bileşiklerin miktarı Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3: Sarı kantaronun bünyesinde bulundurduğu bileşiklerin grafiksel gösterimi (Napoli 2018, Çırak ve Kurt 2014, Hışıl vd., 2005)

3.1. Naftadiantronlar

Sarı kantaron Bitkisi naftodiantronlardan kaynaklanan yoğun bir sarımsı ve kırmızı renge sahiptir. bu bileşikler bitkinin fitotoksik özelliklerine neden olmaktadır (Altan vd., 2015). Naftodiantronlardan Hiperisin ve pseudohiperisin bitkinin temel bileşenleri olarak kabul edilir ve Bitkinin farmakolojik önemi bu iki bileşen sayesindedir. Hiperisin ve pseudohiperisin bitkinin taç yapraklarında bulunan siyah nodüller içerisinde yer almaktadır. Çiçek ve yapraklardaki kuru ağırlığının %0.03-%0.3 arasında bir oranda hiperisin (Naftadiantronlar) bulunmaktadır. (Altan vd., 2015, Napoli vd., 2018).



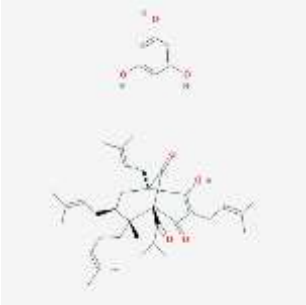
Şekil 4: Hiperisin ve Pseudohiperisin bileşiğinin molekül yapısı

Naftadiantronlar çözücü maddeler içerisinde sınırlı bir çözünürlüğe sahiptirler; saf bileşikleri, özellikle hiperisin, oda sıcaklığında, su içinde neredeyse hiç çözünmez. Bununla birlikte, ham bitki kurusundan, naftodiantron içeriğinin %40'dan fazlası 60-80 °C'de su ile çay hazırlanır gibi elde edilebilir (yaklaşık %35 psödohiperisin ve % 6 hiperisin) Sudaki

çözünürlükte görülen bu artış, bitki kurusunda naphthodianthronların çözünürlüğünü değiştiren efektör maddelerin varlığını göstermektedir. Hiperisin ve psödohiperisinin (Şekil 4) potasyum tuzları, *Hypericum* cinsinin çözünür pigmentleri olarak tanımlanmıştır (Altan vd., 2015).

3.2. Floroglusinoller

Floroglusinollerin iki yaygın bileşimi hiperforin ve adhiperforindir. Bunlar toplam floroglusinollerin %2.0-4.5 ve %0.2- 1.9 oluşturur (Altan vd., 2015). *H. perforatum'*un hiperforinleri, özellikleri çok fazla bilinmemesine rağmen farmakolojik açıdan ilgi çekici bileşiklerdir. Yapılan birçok çalışmada hiperforinin çeşitli nörotransmitter sistemlerini inhibe ya da modüle ettiği gösterilmiştir. Serotonin, dopamin ve noradrenalinin kuvvetli bir alınım inhibitörüdür, bu sonuca bakıldığında bitkinin antidepresan aktivitesinde hiperforinin olası rolü desteklemektedir. Ayrıca hiperforinin (Şekil 5) anti-malarya aktiviteye sahip olduğu ve *Plasmodium falciparum*'a karşı mikromoların aktif olduğu bulunmuştur (Altan vd., 2015, Özcan 2015, Brondz vd.,1983).

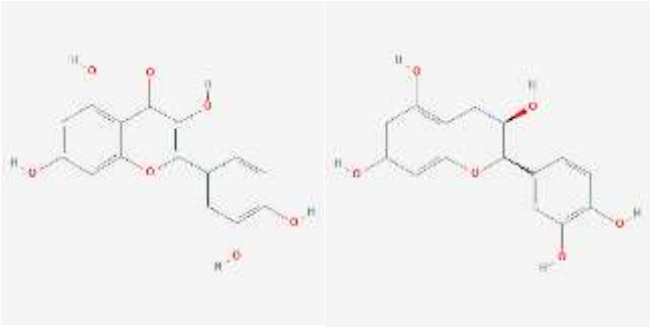


Şekil 5: Hiperforin bileşiğinin molekül yapısı

3.3. Flavonoidler

Sarı kantaron bitkisinde Flavonoidler %2.0-4.0 arasında bulunmaktadır. Flavonoidler çoğu bitkilerde bulunan düşük molekül ağırlıklı polifenolik bileşiklerdir. Özellikle bitkilerdeki yeşil, turuncu, kırmızı pigmentlerden sorumlu yapılar olarak tanımlanırlar. Bitkide Birçok flavonoid grubu tespit edilmiştir. Bunlardan en yaygın olarak bilinenleri flavonlar, flavonollar, flavanonollar ve antiosianinlerdir. Flavonol grubunda yer alan bileşikler kaempferol ve kuersetin, Glikozit grubunda yer alan bileşikler hiperosit, isokuarsetrin, kuarsetrin, rutin ve Kateşinlerdir (Şekil 5). Flavonoidlerin *İn*

vivo, in vitro ve epidemiyolojik çalışmalarla tespit edilmiş birçok biyoaktiviteleri bildirilmektedir. (Birman 2012, Altan vd., 2015).



Şekil 5: Kuarsetin ve (-)-Kateşin bileşiğinin molekül yapısı

Besinsel flavonol olarak bilinen Kuersetin *H. perforatum*'da yaygın olarak bulunan ve Antioksidan, Nörodejeneratif bozuklukları önleyici etkisi, Kardiyovasküler koruması, Antiviral ve antikanser aktivitesi, Antienflamotuar gibi farmakolojik etkisinin olduğu bilinmektedir (Aluani vd., 2016).

3.4 Bitkinin İçerdiği Diğer Fenolik Bileşikler

- Kafeik asit
- Klorogenik asit
- p-kumarik asit
- p-hidroksibenzoik asit
- Vanillik asittir.

Bitki bunların dışında asitler (izovalerianik, nicotinik, mistirik, palmitik ve stearik), karotenoidler, kaolin, nikotinamit, pektin, β-sitosterol, düz zincir doymuş hidrokarbonlar ve alkoller içermektedir (Barnes 2001) ve son olarak %8-9 oranında tanin içerdiği tespit edilmiştir. Ancak spesifik olarak tamamı karakterize edilmemiş ve raporlanmamıştır.

Sarı kantaron bitkisinde bulunan Sekonder metabolitler klinik açıdan önemli pek çok doğal ürünün temel kaynağı olarak kabul edilmekte ve endüstriyel üretimde 'de önem arz etmektedir. Bu yüzden bitkinin sahip olduğu sekonder metabolit içeriğini belirleme ve kullanma çalışmaları son zamanlar önemli derecede yaygınlaşmıştır. Örnek olarak Budantsev vd., 2021 yılında yaptıkları derlemede sarı kantaron bitkisinin biyolojik aktivitesi

hakkında 2010'dan 2020'ye kadar yayınlanan verilerin bir analizini sunmaktadırlar. Bu derlemenin sonucuna bakıldığında çok sayıda farmakolojik ve klinik çalışma sonucu bitkinin antidepresan ve benzeri özellikleri kabul edilmektedir. Ancak bugüne kadar şiddetli ve hatta orta şiddetli depresyonunlar da sarı kantaronun etkili tedavisi konusunda bir fikir birliği yoktur. Aynı zamanda yayımlanan çalışmalarda *H. perforatum* ekstraktlarının ve bunun ayrı ayrı bileşiklerinin nöroprotektif, nootropik, antiepileptik, anksiyolitik, antimikrobiyal, antiviral, antiprotozoal, antitümör, sitotoksik, analjezik, antiinflamatuar ve diğer etkilerinın bulunduğu çeşitli çalışmanın sonucuda verilmektedir.

2020 yılında Schepetkin vd. bitkiden ekstrakte etikleri uçucu yağların kimyasal bileşimlerini ve doğuştan gelen immünomodülatör aktivitelerini analiz ederek uçucu yağların yüksek miktarda seskiterpen içerdiğini ve bu uçucu yağların insan nötrofil fonksiyonel tepkilerinin güçlü inhibitörleri olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca çalışmada, uçucu yağ bileşenleri olan germacren D, β-karyofillen ve a-humulen de insan nötrofilleri tarafından fMLF kaynaklı Ca2+ mobilizasyonu, kemotaksis ve ROS üretiminin güçlü inhibitörleri olduğu gözlemlenmiştir ve bu veriler elde edilen uçucu yağların anti-enflamatuar etkiye sahip olabileceğini öne sürmektedir.

Carrubba vd. tarafından 2021 yılında yapılan saha çalışmasında sarı kantaronun farklı genotipleri arasında sürekli aktif olan birkaç sekonder metabolit karşılaştırılmıştır. Beklenildiği gibi fitokimyasal açıdan genotipler arasında önemli farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte, bitkinin içerdiği etken madde aktivitesi bitkinin yetiştirildiği iklim ve yıllara göre gösterdiği istikrardaaçıklanmıştır. 2010 yılında yapılan diğer bir çalışmada Hosni vd. tunusta yetişen 3 farklı *Hypericum* türünün (*H.perforatum, H.perfoltatum, H.ericoides*) biyoaktif bileşik miktarını karşılaştırmıştır. çalışmada RP-HPLC-DAD yöntemi kullanılmış ve 15 farklı fitokimyasal incelenmiştir. en yüksek fitokimyasal miktarı *H.perforatum* türünden elde edilmiştir.

Diğer bir çalışmada Yılmaz 2020 yılında sarı kantaron çiçeklerinin boyama özelliğini kullanılarak yünlü kumaşların boyamasında kullanmış ve boyanan kumaşlar anti bakteryal özelliği bakımından test edilmiştir. Çalışmanın sonunda *H. perforatum* kumaşa antibakteriyel özellik kazandırırken yünlü kumaşların boyanmasında kullanılabileceği açıklanmıştır.

Barroso vd. 2021 akne hastalığın tedavisinde düşük seviyeli lazer ışıkları kullanılarak farklı dozlarda hiperisini aktif hale getirerek farklı dozlarda hiperisinin akne hastalığı için kullanmıştır ve bu dozların antimikrobiyal etkisi olduğunu ve hastalığın hafifletemesinde yardımcı olduğunu açıklamışlardır. Çelen vd. (2008), yaptıkları çalışmada Muğla ilinden topladıkları sarı kantaron bitkisinde toplam fenolik miktarını belirlemiş ve antimikrobiyal aktivitesini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada İki farklı ekstraksiyon yöntemi kullanarak bitki içerisinde bulunan toplam fenol ve polifenol miktarı araştırılmıştır. Toplam fenol miktarı için Folin-Ciocalteu yönteminden, polifenol miktarını belirlemek için ise TLC (ince tabaka kromatografisi)'den yararlanılmıştır. Elde edilen ekstraktların antimikrobiyal aktivitesi için 6 farklı suş kullanılmıştır ve *Escherichia coli* ve *Bacillus subtilis* mikroorganizmaları üzerinde inhibitör etki yarattığı gözlemlenmiştir.

2021 yılında Matić vd. tarafından yapılan bir çalışmada Samsun ilinden toplanan *H. perforatum*' dan altı ekstrakt elde edilmiştir vr yapılan çalışmanın amacı, ekstraktların antikanser aktivite mekanizmalarını incelemek olarak açıklanmıştır. Test edilen tüm özler HeLa hücrelerinde apoptozu indükleme yeteneğini göstermiştir ve HeLa hücrelerinde MMP2, MMP9, TIMP3 ve VEGFA'nın gen ekspresyon seviyelerini önemli ölçüde azalttığı gözlemlenmiştir. Çalışmada Çiçek özlerinin miR128 üzerinde daha güçlü etkileri olabileceği belirtilmiştir**.**

4. SARI KANTARON VE BİYOTEKNOLOJİ

Yukarıda belirtildiği gibi sarı kantaron bitkisinin ana farmakolojik özelliği naftadiantronlar grubunda olan Hiperisin ve pseudohiperisinden kaynaklanmaktadır. Hiperisin ve hiperforin ilaç endüstrisi için değeri en yüksek olan metabolitlerdir. Ancak bu bileşiklerin bitki içerisindeki miktarı çevresel koşullardan çok fazla etkilenmektedir ve bitkinin materyal temini açısından güvenilir olmadığını göstermektedir. Bilim insanları bu sorunun üstesinden gelmek için farklı araştırmalar ve teknikler kullanarak yeni yaklaşımlar oluşturmaktadırlar ve bitki biyoteknolojisi sorunun üstesinden gelebilecek bir yaklaşım olarak görülmektedir. Bitki biyoteknolojisi tekniklerinden *in vitro* doku ve hücre kültürü (mikroçoğaltım), hücre süspansiyon kültürü ve bu teknikler ile kontrollü bir şekilde elde edilen

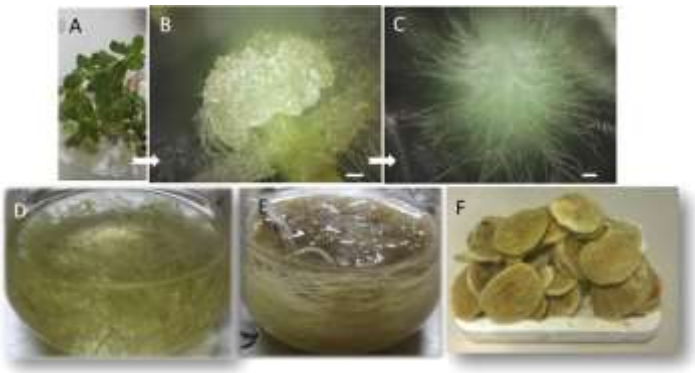
bitkilere elisitör uygulaması bileşiklerin bitki içerisindeki miktarını yükseltmek veya stabil tutmak için bir çözüm olarak görülmektedir. Örnek olarak 2021 yılında Tikhomirova vd. doku kültürü çalışmasından elde etikleri bitkilerde yaptıkları biyokimyasal analizler sonucu kontrol bitki ve doku kültürü tekniğiyle elde edilen bitkiler arasında büyük fark görülmemiştir. Buda dış koşula bağımlı olmadan bitki yetiştirme şansına sahip olduğumuzu göstermektedir. Benzer şekilde yapılan bir diğer doku kültürü çalışmasında Lystvan vd. 2021 yılında sarı kantaron bitkisinin biyoreaktor içerisinde metil jasmonat kullanarak hipericin üretimi üzerine etkisini araştırmışlar. Sonuç olarak 2 mikro litre metil jasmonat, eksplantlarda bulunan hipericin miktarını %50 yükselttiğini açıklamıştır.

Banerjee vd. 2012 yılında yaptıkları çalışmada farklı büyüme düzenleyiciler kullanarak *H.perforatum* için *in vitro* rejenerasyon metodu geliştirmiş ve rejenerasyon sonunda elde edilen bitkilere genetik stabilite analizi uygulanmıştır. Genetik analizi için RAPD ve RFLP yöntemleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda *in vitro'*da yetiştirilen bitkilerin tarla koşullarında yetiştirilen bitkilerden genetik açıdan farklı olmadıkları ve bu sayede endüstriyel kullanıma uygun olduğu açıklanmıştır.

2002 yılında Sirvent ve Gibson tarafından yapılan bir çalışmada *in vitro* koşullarda yetiştirilen bitkicikler üzerinde biyotik ve kimyasal elisitasyon uygulayarak HPLC yöntemiyle hiperisin ve hiperforin içeriği incelemiştir ve meristem kültürüne uygulanan salisilik asit ve metil jasmonat elisitörü hiperisin ve hiperforin miktarında artışa sebep olduğunu göstermiştir. Diğer bir çalışmada Xu vd. 2011 yılında *H. perforatum*' u kullanarak oluşturdukları hücre süspansiyon kültürüne ozon uygulaması yaparak hiperisin miktarını arttırmayı amaçlamışlardır. Bu çalışmada Farklı konsantrasyonlarda ozon uygulaması yapılarak hiperisin miktarı analiz edilmiştir. Ozon uygulamasının hiperisin miktarında 4 katlık bir artışa neden olduğu raporlanmıştır.

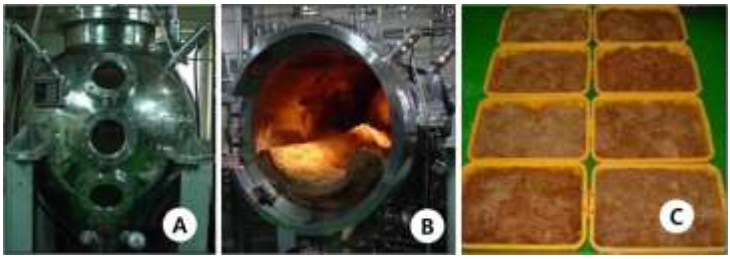
Gaid vd. 2016 yılında yayınladıkları çalışmada Hiperforinin, ışık, sıcaklık ve oksijenden çok çabuk etkilendiğini ve bu yüzden Tarla koşullarında yetiştirilen bitkilerde belirli bir kalite olmadığını açıklamışlardır. Çalışmada *H. perforatum* bitkisinde yapılan *in vitro* kök kültüründen elde edilen ürünlerde yaş ve kuru olarak hiperforin miktarına bakılmıştır. Çalışma sonucunda Çevre şartlarına bağlı olmadan *in vitro* biyoreaktörlerin kullanımı adventif kök kültürlerinde büyük ölçekte standart kalite ve miktarda aktif

bileşik özellikle Stabil hiperforin elde edilmesine bir alternatif oluşturabileceği açıklanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6: (A) *In vitro* bitkicik (B) ve (C) IAA ve IBA ile desteklenmiş MS/B5 besin ortamı içerisinde kallus ve kök formasyonu (D) Kök kültürünün başlangıç aşaması (E) 7 haftalık kültür sonucunda elde edilen biyokütle (F) Dondurularak kurutulmuş kök biyokütle pelletleri

Cui vd. (2014), biyorekatör kullanarak *H perforatum* bitkisinin adventif kök kültüründen elde edilen biyoaktif bileşiklerin pilot ölçekte üretimini incelemiştir. Bu çalışmada 500 L kapasiteli pilot ölçek biyoreaktör kullanılarak adventif kök kültürü kurulmuştur. Elde edilen kuru biyokütlede toplam fenol içeriğine, toplam flavonoid içeriğine, hiperisin ve kuarsetin miktarına bakılmıştır. Sonuçlar farmasötik ve gıda endüstrisi için kullanılabilir fitokimyasal miktarına ulaşıldığını göstermiştir (Şekil 7).



Şekil 7: a. 500 L biyoreaktör içerisindeki kültür **b.** 500 L horizontal biyoreaktör içerisinde biyokütle görünümü **c.** Hasat edilen ve kurutulan adventif kökler

Bir diğer çalışmada Cui vd. 2010 yılında *H. perforatum* adventif köklerinde farklı konsantrasyonlarda oksin/sitokinin kombinasyonları, inokulum miktarı ve Murashige ve Skoog (MS) ortamı seyreltmelerinin biyokütle ve toplam biriken fenolikler, flavonoid miktarları araştırılmıştır. Kültür büyümesi ve sekonder metabolit üretim miktarı optimize edilmiştir

özellikle *H. perforatum* adventif kök kültürünün kullanıldığı biyoreaktör teknolojisinde hiperisin üretimi optimize edilmiştir.

Gadzovska vd. 2005'de yaptıkları çalışmada *H. perforatum in vitro* kültüründe hiperisin ve pseudohiperisin üretiminin artırılması için etkili bir protokol geliştirilmesi amaçlanmıştır. Büyüme düzenleyicilerin hiperisin ve pseudohiperisin üretimine etkisinin araştırılması için ise RP-HPLC metotları kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda uygun miktarlarda BBD ile desteklenmiş ortamlarda gelişen bitkiciklerde istenen miktarlarda hiperisin ve pseudohiperisin elde edilebileceği açıklanmıştır.

Benzer şekilde Gadzovska vd. tarafından 2007 yılında yapılan çalışmada, hücre süspansiyon kültürlerine farklı konantrasyonlarda Jasmonik asit elisitörü uygulanarak fenilpropanoid ve naftadiantron üretimi amaçlanmıştır. Fenolik bileşiklerin analizlenmesinde HPLC-DAD ve ESI-MS kullanılmıştır ve JA elisitasyonunun uygulanmasından sonra 6 farklı fenolik bileşikte artış olduğu görülmüştür ve JA elisitasyonunun fenilpropanoid ve naftadiantron miktarının artmasına katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir. Aynı ekip tarafından 2013 yılında salisylik asit elisitörü kullanılarak sürgün, kallus ve hücre süspansiyon kültür çalışmalarında naftodiantron and fenlypropanoid miktarındaki değişiklikler araştırılmıştır.

Diğer bir çaışmada Tavakkoli vd. 2020 yılında *H. perforatum'* un kök süspansiyon kültüründe hiperisin üretkenliğini artırmayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır bu çalışmada iki tip abiyotik elisitör denemesi ayrı ayrı tasarlanmıştır. İlki, UV-B ışık göstericilerinin (30, 60 ve 90 dakikalık maruz kalma süresi) hiperisin içeriği üzerindeki etkisini değerlendirmek için gerçekleştirilmiştir. Ikincisi ise üç farklı ışığa maruz kalma süresinde (24 saat, 72 saat ve 7 gün) sıcaklıkların (4°C, 8°C, 16°C ve 25°C) etkisine bakılmıştır. Sonuçlara göre, UV-B (60 dakika) 0,430 µg/g DW hiperisin üretmiş ve en etkili UV-B uygulaması olarak belirlenmiştir. Ayrıca en yüksek miktarda hiperisin elde etmek için 72 saatlik bir süre boyunca 4°C'lik bir sıcaklık gerekli olduğu açıklanmıştır.

Kwiecien vd. tarafından 2023 yılında yapılan bir çalışmada *H. perforatum* üç çeşidinin (elixir, helos, topas) alınan eksplantlar biyoreaktörlarda kültüre alınmıştır ve biyorektörlerde, 6 farklı doz ve farklı kombinasyonda BBD kullanılarak sürgün gelişimi takip edilmiştir. 1 haftalık aralıklarla toplanan biyokütlelerden elde edilen metabolitlerin içerikleri analiz

edilmiştir. Fenolik asitlerin, flavonoidlerin ve kateşinlerin en yüksek toplam içeriği sırasıyla 505, 2386 ve 712 mg/100 g dw olarak açıklanmıştır. En iyi *in vitro* kültür koşullarında yetiştirilen biyokütleden elde edilen ekstraktlar, antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteler açısından incelenmiştir. Ekstreler, yüksek veya orta düzeyde antioksidan aktivite, gram-pozitif bakterilere karşı yüksek aktivite ve güçlü antifungal aktivite göstermiştir. Ek olarak, besi yerlerine (1 g/l) fenilalanin ilave edilerek en yüksek polifenol birikimi, tespit edilmiştir.

2020 yılında Eray vd. tarafından yapılan bu çalışmada bitki doku kültürü yöntemleri kullanılarak abiyotik stres elisitörleri fenolik bileşik ve antioksidan üzerindeki etkileri değerlendirmiştir. Yapılan Analizler, uv ve sükrozun klorojenik asit seviyesini, askorbik asidin kuersetin seviyesini arttırdığı ve kuraklık uygulamalarının psödohiperisin konsantrasyonunu kontrole göre arttırdığı sonucuna varılmıştır.

Kruszka vd. 2022 yılında yaptıkları bir çalışmada *H. Perforatum*'un hücre süspansiyon kültürlerinde, Ag, Au, Cu, Pd, CeO2, CuO, TiO2 ve ZnO nanoparçacıkları (NP'ler) ile muamelenin bitki eksplantları üzerindeki etkileri incelemilerdir. NP'lere maruz kalan bitki eksplantlarında sekonder metabilit birikiminde anlamlı değişiklikler gözlemlenmiştir. Genel olarak, Metal NP'ler sekonder metabolit birikimine etkisi metal oksitlerinkinden daha yüksek olarak açıklanmıştır. Denemede kullanılan NP'ler arasında sırasıyla Ag ve CuO' de en yüksek birikim gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucuna göre sarı kantaron bitkisine farklı metal uygulaması sonucu sekonder metabolit miktarında anlamlı değişiklikler gözlemlenmiştir.

Gaid vd. 2019 yılında yaptıkları çalışmada, *in vitro* kök kültürlerinden elde edilen ekstraktın antiproliferatif etkisi araştırılmışlardır. Çalışmanın sonucuna göre *H. perforatum* kök kültürleri sonucu elde edilen etken madde, hipertrofik skarların (yara iyileşmesindeki anormal yanıt sonucunda deride özellikle vücut üst kısımlarında ortaya çıkan iz) tedavisi için yeni bir öncü sistem olarak tanıtabilir.

5. SONUÇ

Yukarıda açıklanan literatüre bakıldığında genel olarak çalışmalarda sarı kantarona farmakolojik olarak önem verildiği belirtilmiştir ve bitkinin farklı bölgelerinden elde edilen ekstraktlar hem geleneksel hem de modern

tıpta özel yere sahip olduğu açıklanmıştır. Ancak bu bileşiklerin bitki içerisindeki miktarı ve kalitesi bitkinin genetik yapısından kaynaklanarak farklılık göstermesinin yanı sıra çevresel koşullardan'da etkilendiği bilinmektedir. Buda dış koşulda yetişen bitkinin materyal temini açısından güvenilir bir kaynak olmadığını göstermektedir.

Literatür taraması sonucu sunulan çözümler ve verilere bakıldığında genellikle *in vitro* üretim teknikleri kullanılarak mevsime bağlı kalınmadan ekonomik bir çoğaltma protokolü sağlanarak, standart fitokimyasal içeriğe sahip bitki elde edilebileceği açıklanmıştır. Bahsi geçen çalışmalara ek olarak hücre süspansiyon ve doku kültürü çalışmalarında biyotik ve abyotik strees amaçlı elisitör kullanımı sekonder metabolit içeriğinin arttırma çalışmaları başarılı bir şekilde yapılmıştır. Bir sonraki aşamada Biyoreaktörler ile yüksek hacimli üretimlerin oluşturulması üzerine değerli çalışmalar yapılmış ve anlamlı sonuçlar ede edilmiştir.

Son 40 yılda sarı kantaron bitkisi üzerine yapılan akademik çalışmalar gelecekte Tıp dünyasının tedavi yöntemlerine, bitkinin önemli metabolitlerinden preparat hazırlanmasına ve kullanımına yol gösterebileceği düşünülmektedir.

AÇIKLAMA: Bu Çalışma, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalında yürütülen 'Dış koşul ve *In vitro* koşullarda yetişen sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) bitkisinin fitokimyasal içeriğinin karşılaştırılması' konu başlıklı Yüksek Lisans tezinin bir bölümüdür.

KAYNAKÇA

Alali, F. Q., Tawaha, K., & Gharaibeh, M. (2009). LC-MS and LC-PDA analysis of *Hypericum empetrifolium* and *Hypericum sinaicum*. Zeitschrift für Naturforschung C, 64(7-8), 476-482.

Altan, A., Damlar, İ., Aras, M., & Alpaslan, C. (2015). Sarı kantaronun (*Hypericum perforatum*) yara iyileşmesi üzerine etkisi. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 24(4), 578-591.

Aluani, D., Tzankova, V., Yordanov, Y., Zhelyazkova, A., Georgieva, E., & Yoncheva, K. (2016). Quercetin: an overview of biological effects and recent development of drug delivery systems. Pharmacia, 63(4), 52-60.

Asgarpanah, J. (2012). Phytochemistry, pharmacology and medicinal properties of *Hypericum perforatum* L. African Journal of Pharmacy and Pharmacology, 6(19), 1387-1394.

Assesment Report on *Hypericum perforatum* L. (2009). Herba, European Medicines Agency (EMA), Committee on Herbal Medicinal Products, November, London.

Banerjee, A., Bandyopadhyay, S., & Raychaudhuri, S. S. (2012). In vitro regeneration of *Hypericum perforatum* L. using thidiazuron and analysis of genetic stability of regenerants.

Barnes, J., Anderson, L. A., & Phillipson, J. D. (2001). St John's wort (*Hypericum perforatum* L.): a review of its chemistry, pharmacology and clinical properties. *Journal of pharmacy and pharmacology*, *53*(5), 583-600.

Bayram, E., Arabacı, O., & Çakmak, H. E. (2002). Bornova ekolojik koşullarında *Hypericum perforatum* L. klonlarının agronomik özelliklerinin ve hypericin oranlarının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *39*(3).

Birman, H. (2012). Bitkisel flavonoid bileşiklerinin biyoaktiviteleri ve muhtemel etki mekanizmaları-bıoactıvıtıes of plant flavonoıds and the possıble actıon mechanısms. *Journal of Istanbul Faculty of Medicine*, *75*(3), 46-49.

Brolis, M., Gabetta, B., Fuzzati, N., Pace, R., Panzeri, F., & Peterlongo, F. (1998). Identification by high-performance liquid chromatography–diode array detection–mass spectrometry and quantification by high-performance liquid chromatography–UV absorbance detection of active constituents of Hypericum perforatum. *Journal of Chromatography A*, *825*(1), 9-16.

Barroso, R. A., Navarro, R., Tim, C. R., de Paula Ramos, L., de Oliveira, L. D., Araki, Â. T., ... & Assis, L. (2021). Antimicrobial photodynamic therapy against Propionibacterium acnes biofilms using hypericin (*Hypericum perforatum*) photosensitizer: *In vitro* study. Lasers in Medical Science, 36, 1235-1240.

Brondz, I., Greibrokk, T., Groth, P., & Aasen, A. J. (1983). The absolute configuration of hyperforin, an antibiotic from *Hypericum perforatum* L., based on the crystal structure determination of its p-bromobenzoate ester. *Chemischer Informationsdienst*, *14*(42), no-no.

Budantsev, A. L., Prikhodko, V. A., Varganova, I. V., & Okovityi, S. V. (2021). Biological activity of Hypericum perforatum L.(Hypericaceae): a review. *Pharmacy & Pharmacology*, *9*(1), 17-31.

Carrubba, A., Lazzara, S., Giovino, A., Ruberto, G., & Napoli, E. (2021). Content variability of bioactive secondary metabolites in *Hypericum perforatum* L. Phytochemistry Letters, 46, 71-78.

Cui, X. H., Chakrabarty, D., Lee, E. J., & Paek, K. Y. (2010). Production of adventitious roots and secondary metabolites by *Hypericum perforatum* L. in a bioreactor. *Bioresource technology*, *101*(12), 4708-4716.

Cui, X. H., Murthy, H. N., & Paek, K. Y. (2014). Pilot-scale culture of *Hypericum perforatum* L. adventitious roots in airlift bioreactors for the production of bioactive compounds. *Applied biochemistry and biotechnology*, *174*, 784-792.

Çakmak, H. E., & Bayram, E. (2003). Muğla orijinli sarı kantaron (*Hypericum perforatum* L.) populasyonlarının bazı agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *40*(1).

Çırak, C., & Dursun, K. U. R. T. (2014). Önemli Tıbbi Bitkiler Olarak Hypericum Türleri. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, *24*(1), 38-52.

Doğan, D., & Yurttagül, S. M. (2023). Sarı Kantaron (*Hypericum Perforatum* L./St. John’s wort) Kanser Hastaları İçin Güvenilir mi?. Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Lokman Hekim Tıp Tarihi ve Folklorik Tıp Dergisi, 13(2), 275-282.

Ekren, S., Sönmez, Ç., & Bayram, E. (2010). Sarı kantaron (Hypericum perforatum L.) klonlarında bazı tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi..

Eray, N., Dalar, A., & Turker, M. (2020). The effects of abiotic stressors and signal molecules on phenolic composition and antioxidant activities of in vitro regenerated Hypericum perforatum (St. John's Wort). South African Journal of Botany, 133, 253-263.

Franchi, G. G., Nencini, C., Collavoli, E., & Massarelli, P. (2011). Composition and antioxidant activity in vitro of different St. John’s Wort (Hypericum perforatum L.) extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*, *5*(17), 4349-4353.

Gadzovska, S., Maury, S., Ounnar, S., Righezza, M., Kascakova, S., Refregiers, M., ... & Hagège, D. (2005). Identification and quantification of hypericin and pseudohypericin in different *Hypericum perforatum* L. in vitro cultures. *Plant Physiology and Biochemistry*, *43*(6), 591-601.

Gadzovska, S., Maury, S., Delaunay, A., Spasenoski, M., Joseph, C., & Hagege, D. (2007). Jasmonic acid elicitation of Hypericum perforatum L. cell suspensions and effects on the production of phenylpropanoids and naphtodianthrones. *Plant cell, tissue and organ culture*, *89*, 1-13.

Gadzovska, S., Maury, S., Delaunay, A., Spasenoski, M., Hagège, D., Courtois, D., & Joseph, C. (2013). The influence of salicylic acid elicitation of shoots, callus, and cell suspension cultures on production of naphtodianthrones and phenylpropanoids in *Hypericum perforatum* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, *113*, 25-39.

Gaid, M., Haas, P., Beuerle, T., Scholl, S., & Beerhues, L. (2016). Hyperforin production in *Hypericum perforatum* root cultures. *Journal of Biotechnology*, *222*, 47-55.

Gaid, M., Füller, J., & Müller-Goymann, C. (2019). The petroleum ether extract from Hypericum perforatum root cultures exhibits potent antiproliferative activity in human keratinocytes and fibroblasts. *Planta Medica*, *85*(07), 591-598.

Hışıl, Y., Şahin, F., & Omay, S. B. (2005). Kantaronun (Hypericum perforatum L.) Bileflimi ve T› bbi Önemi.

Hosni, K., Msaâda, K., Taârit, M. B., Hammami, M., & Marzouk, B. (2010). Bioactive components of three *Hypericum* species from Tunisia: A comparative study. *Industrial crops and products*, *31*(1), 158-163.

Lystvan, K., Belokurova, V., Salivon, A., & Kuchuk, M. (2021). Gaseous methyl jasmonate can increase hypericins content in Hypericum perforatum aseptic plants. Planta Medica, 87(15), VC8.

Kaştan Yücel, N. (2006). Kantaron otundan (*Hypericum perforatum*) elde edilen hyperisin maddesinin insan lenfosit kültürlerinden kardeş kromatid değişimi (KKD) üzerine etkisi (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Kruszka, D., Selvakesavan, R. K., Kachlicki, P., & Franklin, G. (2022). Untargeted metabolomics analysis reveals the elicitation of important secondary metabolites upon treatment with various metal and metal oxide nanoparticles in Hypericum perforatum L. cell suspension cultures. Industrial Crops and Products, 178, 114561.

Kwiecien, I., Miceli, N., Kędzia, E., Cavò, E., Taviano, M. F., Beerhues, L., & Ekiert, H. (2023). Different Types of *Hypericum perforatum* cvs.(Elixir, Helos, Topas) *In Vitro* Cultures: A Rich Source of Bioactive Metabolites and Biological Activities of Biomass E xtracts. Molecules, 28(5), 2376.

Matić, I. Z., Ergün, S., Đorđić Crnogorac, M., Misir, S., Aliyazicioğlu, Y., Damjanović, A., ... & Petrović, N. (2021). Cytotoxic activities of Hypericum

perforatum L. extracts against 2D and 3D cancer cell models. Cytotechnology, 73, 373-389.

Napoli, E., Siracusa, L., Ruberto, G., Carrubba, A., Lazzara, S., Speciale, A., ... & Cristani, M. (2018). Phytochemical profiles, phototoxic and antioxidant properties of eleven Hypericum species–A comparative study. *Phytochemistry*, *152*, 162-173.

Özcan, A. (2015). *Konya ekolojik şartlarında yetiştirilen sarı kantaron (Hypericum Perforatum L.)' un farklı hasat zamanları ve kurutma yöntemlerinin verim ve bazı kalite özellikleri üzerine etkileri* (Master's thesis, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

Rizzo, P., Altschmied, L., Ravindran, B. M., Rutten, T., & D'Auria, J. C. (2020). The biochemical and genetic basis for the biosynthesis of bioactive compounds in Hypericum

Schepetkin, I. A., Özek, G., Özek, T., Kirpotina, L. N., Khlebnikov, A. I., & Quinn, M. T. (2020). Chemical composition and immunomodulatory activity of Hypericum perforatum essential oils. Biomolecules, 10(6), 916.

Seyis, F., Yurteri, E., Özcan, A., & Cirak, C. (2020). Altitudinal impacts on chemical content and composition of Hypericum perforatum, a prominent medicinal herb. South African Journal of Botany, 135, 391-403.

Silva, B. A., Ferreres, F., Malva, J. O., & Dias, A. C. (2005). Phytochemical and antioxidant characterization of Hypericum perforatum alcoholic extracts. *Food chemistry*, *90*(1-2), 157-167.

Sirvent, T., & Gibson, D. (2002). Induction of hypericins and hyperforin in Hypericum perforatum L. in response to biotic and chemical elicitors. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, *60*(6), 311-320.

Solomon, D., Adams, J., & Graves, N. (2013). Economic evaluation of St. John's wort (Hypericum perforatum) for the treatment of mild to moderate depression. *Journal of affective disorders*, *148*(2-3), 228-234.

Tavakkoli, F., Rafieiolhossaini, M., Ravash, R., & Ebrahimi, M. (2020). Subject: UV-B radiation and low temperature promoted hypericin biosynthesis in adventitious root culture of Hypericum perforatum. Plant Signaling & Behavior, 15(7), 1764184.

Xu, M., Yang, B., Dong, J., Lu, D., Jin, H., Sun, L., ... & Xu, X. (2011). Enhancing hypericin production of Hypericum perforatum cell suspension culture by ozone exposure. *Biotechnology progress*, *27*(4), 1101-1106.

Yıldırım, B., Terzioğlu, Ö., Okut, N., Ekici, K., & Özgökçe, F. Kantaron (hypericum perforatum l.) Bitkisinin farklı gelişme dönemlerinde uçucu yağ içeriğinin belirlenmesi.Türkiye VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 19-22 Ekim, Hatay.

Yılmaz, F (2020). Investigation of antibacterial effect of Hypericum perforatum L. on woolen fabrics. AATCC Journal of Research, 7(4), 22-26.

BÖLÜM 5

ANKARA EKOLOJİK KOŞULLARINDA İYİ TARIM UYGULAMALARI İLE YETİŞTİRİLEN FARKLI ÇÖREKOTU (*Nigella Sativa* L.) GENOTİPLERİNİN FENOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ

Dr. | Çiğdem BOZDEMİR[1]

Prof. Dr. | Serkan URANBEY[2]

[1]Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, cbozdemir72@hotmail.com ORCID ID: 0000-0002-8719-6565
[2] Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, serkan.uranbey@ankara.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-0312-8099

GİRİŞ

Antik çağlardan beridir tıbbi ve aromatik bitkiler, baharat, parfümeri-kozmetik, gıda, boya ve temizlik gibi değişik kullanım alanlarının yanında en önemli görevi olan tedavi edici ilaç misyonunu, günümüzde daha çok "hastalıkların tedavi edilmesinden ziyade önlenmesi, sağlıklı yaşamı destekleme ve yaşam kalitesini artırma, aktif ve sağlıklı yaşlanma" şeklinde sürdürmektedir. Besin desteği veya gıda tamamlayıcısı olarak geleneksel ve modern tıp başta olmak üzere çok değişik alanlarda ve değişik formlarda kullanılmasıyla bu bitkilerin Dünya gündemindeki yeri ve talep yüzdesi her geçen gün artmaktadır.

Uluslararası kaynaklara göre günümüzde tıbbi amaçlarla yaklaşık 20 bin bitki kullanılmakta olup, Almanya (Hamburg), ABD (New York) ve Hong Kong bitkisel droglar için en önemli ticaret merkezleri konumundadır (Başer, 1997; Lange, 1998). Tıbbi ve aromatik bitkilerin ticaretinde başı çeken ülkeler ise Fransa, ABD, Almanya, İngiltere, Çin, Meksika, İspanya, Brezilya, Hindistan ve Vietnam'dır. Türkiye'nin ise listenin ilk 20'sinde dahi yer almadığı görülmektedir (Temel vd., 2018).

Geçmişi insanlık tarihi kadar eski olan tıbbi bitkilerden biri olan çörek otu (*Nigella* spp.) yağ olarak ve tohumu baharat olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda çörek otu gıda, kozmetik, sanayi, tıbbi ilaçlar gibi çok farklı ve geniş kullanım alanlarına sahip olması nedeniyle dünyada ve ülkemizdeki önemini, buna bağlı olarak da tüketimini özellikle son yıllarda artırmıştır. Hayvancılıkta özellikle yem rasyonlarının besin değerlerinin yükseltmek amacıyla besicilikte yaygın olarak kullanılmaktadır. Tohumlarında bulunan sabit yağ, uçucu yağ ve diğer besin maddeleri tarih boyunca alternatif tıp (halk hekimliğinde) tedavi edici özelliğinden dolayı son derece değerlidir. İnsanlar için olduğu kadar hayvan hastalıklarının tedavisinden hayvan yemi, bazı bitki patojenlerine karşı herbisit olarak kullanımına kadar geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. İnsan sağlığı için önem arz eden n-3 yağ asitleri düzeyini artırması ve n-6/n-3 oranını ise düşürmesi amacı ile yumurta tavuğu rasyonlarına 3.5 ml/kg çörek otu yağı katılması uygun görülmüştür (Bölükbaşı vd., 2009). Tıbbi ve aromatik bitkilerin gıda, kozmetik gibi çok yönlü değerlendirilmesinin yanında özellikle sağlık alanındaki pozitif etkisinden faydalanmak için yetiştirme şartlarının doğal ve organik tarım koşullarında yapılması gerekmektedir. Bitkinin verim ve kalite özelliklerini

çevre, iklim faktörleri kadar yetiştirme uygulamaları da etkilemektedir. Doğal ve organik olarak yetişen tıbbi ve aromatik bitki türlerinin ve drogların özellikle pazar değeri çok yüksektir. Halihazırda birçok bitkide olduğu gibi çörek otu bitkisinde de ruhsatlı bir herbisit bulunmamaktadır. Çörek otu yetiştiriciliğinde kimyasal gübreleme bitkinin içeriğindeki etken maddeler açısından toksik etki olabileceğinden en uygun yetiştirme tekniği iyi tarım uygulamalarıdır. İyi Tarım Uygulamaları, üretim öncesi, üretim, hasat ve hasat sonrası dönemlerde gıda güvenliğini sağlamak için çiftliklerde uygulanması gereken uygulamalar olup bu tür uygulamalar birçok durumda çalışanların ve çevrenin güvenliğini sağlamaya yardımcı olmaktadır (Arslan vd., 2015). Bu metot ile üretim prensibini benimseyen işletmelerde hem bitkinin kalitesinin hem pazar payının ve hem de çiftçinin bitki yetiştiriciliği kültür seviyesinin olumlu etkilendiği tespit edilmiştir. Yapılan bir araştırmada turunçgiller üretiminde İTU yapan işletmelerin sertifikalandırılmadan daha önceki zamanlara göre pazar paylarının arttığı, tarımsal mekanizasyon ekipmanlarını daha bilinçli kullandıkları, tarımsal ilaçlama etkinliği ve ekonomikliğinin belirgin bir şekilde iyileştiği görülmüştür (Söyler ve Atlı, 2018).

Her dönem farklı coğrafyalardaki popülaritesini korumuş olan çörek otu bitkisi, son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi Türkiye gündemindeki yerini artırarak sağlamlaştırmıştır. İhracat potansiyelindeki yükseliş, farklı sanayi kollarına sahip bu bitkinin yerel genetik kaynaklarının korunmasını, çevre ve bitkinin mensubu olduğu tıbbi bitkiler adına yaraşır bir şekilde yeni çeşitlerin geliştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışma ile Ankara ekolojik koşullarında iyi tarım uygulamaları kurallarına uygun yetiştirilmiş, yerel çörek otu hatları başta olmak üzere, özel sektör ve introdüksiyon 31 çörek otu genotipinin, morfolojik, verim ve kalite açısından karakterize edilerek ıslah başta olmak üzere değişik alanlarda yapılacak araştırmalara kaynak olması amaçlanmıştır.

1. MATERYAL VE METOD

Bu çalışmanın tarla denemeleri 2019-2020 yıllarında Ankara ekolojik koşullarında yürütülmüştür. Materyal olarak; yurt içi yerel popülasyonlardan (Ankara, Burdur, Bursa, Denizli, Konya, Eskişehir, Afyonkarahisar, Diyarbakır, Kırıkkale), Suriye, Mısır, Hindistan, Pakistan, Etiyopya

borsalarından ve gen bankalarından temin edilen 30 adet çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotipi kullanılmıştır. Kontrol çeşidi olarak Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından 2014 yılında tescil edilen Çameli çörek otu çeşidi kullanılmıştır (Tablo 1). Denemede iki yıl boyunca toprak özellikleri takip edilmiştir.

Tablo 1: Denemede yer alan 31 çörek otu genotipi ve orijini

GN	Orijin	GN	Orijin
1	Denizli	17	Borsa
2	Denizli	18	Borsa
3	Burdur	19	Borsa
4	Burdur	20	Borsa
5	Etiyopya	21	Hindistan
6	Suriye	22	Bursa/ Keles
7	Mısır	23	Gazi Osmanpaşa (GOP) Üniv. Ziraat Fak
8	Suriye	24	Afyonkarahisar
9	Denizli	25	USDA- Pakistan
10	Burdur/Yeşilova	26	USDA- Mısır
11	Burdur/ Kemer	27	Burdur
12	Konya/ Akören1	28	Kırıkkale/Halitli Köyü
13	Konya/Meram	29	Ankara
14	Konya/ Akören2	30	Ankara
15	Diyarbakır	31	Çameli (Çeşit)
16	Suriye		

GN: Genotip numarası

Deneme 2019 yılında bünyesi (tekstürü) killi (C), 2020 yılında killi-tınlı (CL) olan alana kurulmuştur. Toprak pH'sı 2019 ve 2020 yıllarında sırasıyla 7.95-7.73 olup hafif alkali sınıfında yer almıştır. Kireç miktarı %30.5 ve %30.0 oranları ile kireçli gruba girerken, tuz içeriği açısından (0.60 ve 0.64 dS/m) tuzsuz olarak değerlendirilmiştir. Her iki deneme yılına ait alınabilir organik madde miktarı (% 1.55 ve % 1.97) düşüktür. Toprağın ağır metal içeriği (2019 ve 2020 yılları için sırasıyla; Mn 2.99 ppm-3.03 ppm, Zn 0.28 ppm-0.30 ppm, Cu 1.29 ppm-1.33 ppm, Fe 3.43 ppm-3.38 ppm, Mg 921-905 ppm) verimi olumsuz etkileyecek düzeyde değildir. Bununla birlikte makro besin elementleri P (fosfor) her iki yılda 4.50 kg/da, potasyum (K) 207 kg/da-306 kg/da' dır.

Yöre karasal yarı kurak iklim kuşağında yer almaktadır. 2019 ve 2020 yıllarına ait Mart ayı başından Ağustos ayı sonuna kadar 6 aylık vejetasyon süresinde ortalama sıcaklıklar sırasıyla 14.4 ve 15.0ºC'dir. Bu veriler uzun yıllar meteorolojik rasat ortalamalarından (UYO), 2019 yılında 1ºC, 2020

yılından 0.4ºC daha düşük olmuştur. Aynı zamanda yılların birbirleri ve UYO ile olan aylık karşılaştırmalarda da önemli derecede bir farklılık görülmemektedir. Buna göre uzun yıllar ortalama en sıcak ay 22.5ºC ile ağustos ayı olarak tespit edilmiştir. En yüksek sıcaklıklar 2019 yılında ağustos, 2020 yılında ve UYO' da temmuz ayında yaşanmış ve sırasıyla 27.59ºC-30.55ºC ve 39.6ºC olarak ölçülmüştür. Mart-ağustos döneminde en düşük sıcaklıklar her iki yıl ve UYO'da mart ayında görülmüş olup sırasıyla-1.03°C, -0.10°C ve -13.6ºC seviyelerinde görülmüştür. Araştırma yerinin vejetasyon süresinde uzun yıllara ait 6 aylık yağış toplamı 171.9 mm'dir. Araştırmanın yürütüldüğü 2019 ve 2020 yıllarında toplam yağış (sırasıyla 103.8 mm ve 111.6 mm) uzun yılların ortalamasından daha düşük gerçekleşmiştir. Yağışların vejetasyon süresine dağılımı her iki deneme yılında da düzensiz bir şekilde olmuştur. Araştırma yerinin uzun yıllara ait nispi nem ortalaması %58.5, araştırmanın yürütüldüğü 2019 yılında vejetasyon döneminde %55.3, 2020 yılında ise %50.9 olarak gerçekleşmiştir. 2019 yılındaki nispi nem miktarı uzun yılların ortalamasından %3.2, 2020 yılındaki nispi nem miktarı ise uzun yıllar ortalamasından %7.6 daha düşük gerçekleşmiştir. 2019 yılında 12 Haziran'da şiddetli yağış ve dolu, 21-22 Haziran'da ise aşırı yağıştan sel zararı, 15-19 Temmuz ayında gerçekleşen şiddetli yağış olmuş; 2020 yılında ise 13-20 Mart tarihleri arası oldukça soğuk geçmiş ve 18-19 Mart arasında yoğun kar yağışı gerçekleşmiştir. Bununla birlikte haziran ayı boyunca mevsim normallerinin üzerinde ve sürekli yağış görülmüştür.

Deneme, tesadüf bloklarında deneme desenine göre yazlık olarak, 7.5m^2 büyüklüğünde düzenlenen parsellerle 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Ekim işlemi 2019 yılında 12-13 Mart, 2020 yılında ise 4-5 Mart tarihlerinde markörle açılan sıralara elle ekim şeklinde gerçekleştirilmiştir. 2019 yılının yağışları yakalanamadığı için dallanma başlangıcında mayıs ayında bir kez sulama yapılırken, yılın devamında yüksek miktarda yağış düşmüş ve bu nedenle 2020 yılında sulamaya ihtiyaç duyulmamıştır. İyi tarım uygulamaları kapsamında ticari gübre, hastalık ve zararlılara karşı ise kimyasal mücadele yapılmamıştır. Hasat; hatlara göre farklı zamanlarda (2019 yılında 2-10 Ağustos, 2020 yılında 23 Temmuz-5 Ağustos tarihlerinde) yapılmıştır. Çıkış süresi, ekimin yapıldığı tarih ile parseldeki bitkilerin %50'sinin toprak yüzeyine çıktığı zamana kadar geçen süre; çiçeklenme süresi, ekim tarihi ile

parseldeki bitkilerin %50'sinin çiçeklendiği zaman arasındaki süre; yetişme süresi ise ekimin yapıldığı tarih ile hasadın yapıldığı tarih arasındaki süre gün sayısı olarak belirlenmiştir.

Elde edilen veriler varyans analizine (MSTAT-C istatistik paket programında) tabi tutulmuştur. Değerlendirmede veriler; yılların önemsiz olduğu durumlarda birleşik analiz üzerinden, önemli olduğu durumlarda iki yıla ait minimum ve maksimum değerler üzerinden ayrı ayrı olarak verilmiştir. Varyans analizi sonucunda "F" değerinin önemli olduğu karakterlerde LSD testi (hat ve standartın özelliklerine ait ortalamalar AÖF'ye göre gruplandırılmıştır) uygulanmıştır

2. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

2.1. Çıkış Süresi (gün)

İki yılın birleştirilmiş analiz sonucuna göre ortalama çıkış süresi değerleri bakımından; yıllar ve genotipler arası farklılık %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. 2019 yılına ait çıkış süresinin 32.67-37.00 gün (deneme ortalaması 33.92 gün), 2020 yılında 35.67-43.33 gün (deneme ortalaması 39.31 gün) ve iki yıl birleşik değerlere göre 34.33-39.50 gün (deneme ortalaması 36.31 gün) arasında değiştiği, en erkenci genotipin 2019 yılında 12 numaralı Konya ve 2020 ve birleştirilmiş analiz sonucuna göre 14 numaralı Konya genotipi olurken; en geç çıkış süresine sahip çörek otu genotipleri 2019 yılında 37.0 gün ile 23 numaralı genotip, 2020 yılında 43.3 gün ile 8 numaralı genotip ve birleştirilmiş analizde ise 39.50 gün ile 30 numaralı genotip olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2).

Buna göre 2019 yılına ait genotiplerin daha erkenci olduğu görülmektedir. Bitkilerde çıkış süresi genotip, toprak hazırlığı, ekim derinliği, ekim zamanı, hava ve toprak sıcaklığı gibi değişik faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Çıkış süresinin yazlık ve kışlık ekilen çörek otu genotiplerinde önemli varyasyonlara neden olduğu ve genel olarak kışlık ekimlerde yazlık ekimlerden daha uzun çıkış süresi gösterdikleri tespit edilmiştir. Ceylan (1987), çörek otu bitkisinin olarak çapa bitkilerinden sonra ekiminin yapılmasını, ekim öncesi önce toprak hazırlığının çok iyi yapılmasını ve ilkbahar ekimlerinin olabildiği kadar erken gerçekleşmesi gerektiğini bildirmiştir. Jansen (1981) ise yaptığı çalışmalarda çörek otu tohumlarının soğuk olmayan ve karanlık ortamda daha iyi çimlendiğini saptamıştır. 2019

yılında ekimin yapıldığı Mart ayında yağışın ve sonrasında tohumun gelişmesi için gerekli olan nispi nemin, Nisan ayında 2020 yılından daha fazla olması genotiplerin daha erken çıkış yapmasına neden olmuştur. Küresel ısınma nedeniyle yağışın ve nispi nemin yıllar itibariyle azalıp, hava ve toprak sıcaklığının her geçen yıl artması ama bitkinin ihtiyacı olduğu dönemde gerekli yağışın olmamasının çıkış süresi üzerine geciktirici etkisi olduğu söylenebilir.

Tablo 2: Farklı çörek otu genotiplerinde saptanan çıkış süresi (gün) değerlerine ilişkin ortalama değerler ve AÖF (LSD) grupları

G	2019		2020		2019-2020	
1	34.00	c-e	40.33	a-d	37.17	b-g
2	33.67	d-e	38.67	c-f	36.17	c-ı
3	33.33	d-e	38.67	c-f	36.00	d-ı
4	33.67	d-e	37.33	d-f	35.50	f-ı
5	34.00	c-e	41.33	a-c	37.67	a-f
6	33.33	d-e	40.00	a-d	36.67	c-h
7	34.00	c-e	40.67	a-d	37.33	a-f
8	34.67	b-e	43.33	a	39.00	a-b
9	33.33	d-e	39.33	c-e	36.33	c-ı
10	33.00	d-e	38.00	c-f	35.50	f-ı
11	36.50	a-b	39.67	b-d	38.08	a-d
12	32.67	e	37.33	d-f	35.00	g-ı
13	33.00	d-e	36.00	e-f	34.50	h-ı
14	33.00	d-e	35.67	f	34.33	ı
15	34.00	c-e	37.67	d-f	35.83	d-ı
16	33.33	d-e	39.67	b-d	36.50	c-ı
17	34.33	b-e	39.33	c-e	36.83	b-g
18	35.00	a-d	40.67	a-d	37.83	a-e
19	33.67	d-e	43.00	a-b	38.33	a-c
20	34.00	c-e	39.33	c-e	36.67	c-h
21	33.33	d-e	40.00	a-d	36.67	c-h
22	34.33	b-e	39.00	c-f	36.67	c-h
23	37.00	a	38.67	c-f	37.83	a-e
24	33.33	d-e	39.67	b-d	36.50	c-ı
25	34.00	c-e	39.00	c-f	36.50	c-ı
26	33.67	d-e	39.00	c-f	36.33	c-ı
27	33.33	d-e	39.00	c-f	36.17	c-ı
28	33.67	d-e	37.67	d-f	35.67	e-ı
29	33.00	d-e	39.00	c-f	36.00	d-ı
30	36.00	a-c	43.00	a-b	39.50	a
Çameli	33.22	d-e	38.67	c-f	35.94	d-ı
DO	33.92		39.31		36.61	
AÖF	2.26		3.63		2.30	
VK (%)	4.07		5.66		5.50	

VK: Varyasyon katsayısı, AÖF: Asgari önemli fark, G: Genotipler, DO: Deneme ortalaması

Araştırma sonucu çörek otu genotiplerden elde edilen çıkış süresine ilişkin bulgularımız (32.7-43.3 gün); Küçükemre (2009)'nin (19-20 gün), Taqi (2013)'nin (19-20 gün), Şahin (2013)'in (16-25 gün), Ürüşan (2016)'ın (17-23 gün), Ertaş (2016)'ın (15-16 gün), Selicioğlu (2018)'nun (17-19 gün), Bayhan (2019)'ın (17-20 gün), Keser (2019)'in (14-15 gün), Faydacı (2019)'nın (21-23 gün), Örmek (2019)'in (14.33-25.67 gün) ve Bozdemir vd. (2022)'nın (27.2-30.7 gün) bulgularından daha uzun bulunmuştur.

2.2. Çiçeklenme Süresi (gün)

İki yılın birleştirilmiş analiz sonucuna göre ortalama çiçeklenme süresi değerleri bakımından; yıllar, genotipler arası ve yıl x genotip interaksiyonu bakımından %1 düzeyinde önemli farklılıklar bulunmuştur. Çiçeklenme süresi ilk yıl 82.33-107.33 gün (deneme ortalaması 93.30 gün), ikinci yıl ise 97.00-119.00 gün (deneme ortalaması 108.39 gün) arasında değişirken, birleşik analizde ise bu değer 89.75-113.17 gün (deneme ortalaması 100.84 gün) aralığında yer almıştır. En erken çiçeklenen genotipler 2019 yılında 16-17-18 ve 19 numaralı Suriye ve özel sektör, 2020 ve birleşik analizde ise 11 numaralı Burdur genotipi olarak tespit edilmiştir. 23 numaralı GOP genotipi araştırmanın yapıldığı her iki yılda ve birleşik analiz sonucuna göre en uzun çiçeklenme süresine sahip çörek otu genotipi olmuştur (Tablo 3).

Buna göre 2020 yılında tüm genotiplerin çiçeklenme süreleri bir önceki yıldan daha uzun olmuştur. İki yıla ait en erkenci genotiplerin farklı olması yıl x genotip interaksiyonunun ve her iki yıla ait genotipler arası farklılığın 0.01 düzeyinde önemli çıkması ile açıklanabilir. Çiçeklenme gün sayısı üzerine genotipler kadar iklim faktörleri de oldukça etkili olmuştur. Çörek otu yetiştiriciliğinde çiçeklenme dönemine kadar olan su ihtiyacının karşılanması son derece önemlidir. Bu nedenle yağışların yetersiz olduğu durumlarda sulama yapılmaktadır. Deneme yıllarını incelediğimizde çiçeklenmenin gerçekleştiği özellikle Haziran ayının 2020 yılında bir önceki yıldan daha uzun süre yağışlı geçmesi ve sonrasında havanın açık ve güneşli olması, çiçeklenme döneminin uzun sürmesi ile sonuçlanmıştır. Bitkinin ekim zamanının çiçeklenme üzerine etkili olan bir başka önemli faktör olduğu, özellikle geç ekimin yüksek sıcaklığa rastlaması nedeniyle çiçeklenme zamanının ve dolayısıyla bitkinin tozlaşma döneminin (yeterince döllenmenin olmaması nedeniyle) olumsuz etkilendiği ve bu durumun verime de doğrudan

yansıdığı yapılan çalışmalarla saptanmıştır. Salehi vd. (2016), İran ekolojik koşullarında yaptıkları bir çalışmada dal sayısı, tane doluluk oranı kadar çiçeklenme süresinin verimi artırmak için en iyi seçim kriterlerinin olduğunu ifade etmişlerdir. Agronomik uygulamalardan gübreleme, verim ve verim kriterleri üzerine etki eden önemli komponentlerden biridir. Özellikle bitkinin olgunluk döneminde fosfor eksikliğinin görülmesi, üreme organlarında bozuklukların, çiçeklenmede gecikmenin, çiçek sayısında azalmanın, döllenme ve tohum oluşumunda gerilemenin olmasına neden olmaktadır (Öztürk, 2001).

Tablo 3: Farklı çörek otu genotiplerinde saptanan çiçeklenme süresi (gün) değerlerine ilişkin ortalama değerler ve AÖF (LSD) grupları

G	2019		2020		2019-2020	
1	98.00	f-ı	116.67	a-c	107.33	e-g
2	98.67	f-h	114.00	c-e	106.33	f-g
3	98.00	f-ı	112.67	d-f	105.33	g-h
4	95.00	I	112.67	d-f	103.83	h-ı
5	83.00	j-k	102.67	g	92.83	j
6	82.67	j-k	100.33	g-h	91.50	j-l
7	82.67	j-k	98.67	h-ı	90.67	j-l
8	86.00	j	98.67	h-ı	92.33	j-k
9	102.67	b-d	115.00	b-d	108.83	c-e
10	102.33	b-e	113.33	d-e	107.83	d-f
11	82.50	j-k	97.00	ı	89.75	l
12	96.33	g-ı	111.00	e-f	103.67	h-ı
13	95.33	h-ı	109.67	f	102.50	ı
14	99.00	e-g	112.33	d-f	105.67	f-h
15	83.00	j-k	100.33	g-h	91.67	j-l
16	82.33	k	102.33	g	92.33	j-k
17	82.33	k	99.00	h-ı	90.67	j-l
18	82.33	k	98.33	h-ı	90.33	k-l
19	82.33	k	97.67	h-ı	90.00	k-l
20	82.67	j-k	99.00	h-ı	90.83	j-l
21	104.67	a-c	118.00	a-b	111.33	a-b
22	95.00	ı	112.00	d-f	103.50	h-ı
23	107.33	a	119.00	a	113.17	a
24	103.00	b-d	117.67	a-b	110.33	b-c
25	95.00	ı	109.67	f	102.33	ı
26	95.00	ı	115.00	b-d	105.00	g-h
27	103.33	b-d	117.00	a-c	110.17	b-d
28	105.33	a-b	116.67	a-c	111.00	a-c
29	101.00	d-f	113.00	d-e	107.00	e-g
30	84.00	j-k	99.00	h-ı	91.50	j-l
Çameli	101.44	c-f	111.67	e-f	106.56	e-g
DO	93.30		108.39		100.84	
AÖF	3.65		3.22		2.47	
VK (%)	2.39		1.82		2.14	

Araştırma sonucu çörek otu genotiplerden elde edilen çiçeklenme süresine ilişkin bulgularımız (82.3-119.0 gün); Taqi (2013)'nin (70-73 gün), Ertaş (2016)'ın (70-81 gün), Bayhan (2019)'ın (3. ekim zamanı Mayıs ayı ekiminde 55-60 gün) bulgularından daha uzun bulunmuştur. Bununla birlikte; Akgören (2011)'in (69-92 gün) ve Ürüşan (2016)'ın (60.7-93.3 gün) bildirmiş oldukları sürenin maksimum değeri ile Keser (2019)'in (93-101 gün) bulguları, araştırma sonucu ile uyum içerisindedir. Elde edilen sonuçların bazı araştırma sonuçlarından daha büyük değerler alması (%50 çiçeklenme süresinin uzun sürmesi); çörek otu genotiplerinin genetik yapısı ve iklim faktörleri kadar çalışmanın iyi tarım uygulamaları kapsamında yapılması nedeniyle toprakta bazı elementlerin (fosfor, organik madde vb.) yetersiz olması ile açıklanabilir.

2.3. Yetişme Süresi (gün)

İki yılın birleştirilmiş analiz sonucuna göre ortalama yetişme süresi bakımından, genotipler arası farklılıklar ile yıl x genotip interaksiyonu %1 düzeyinde önemli bulunurken, yıllar arası farklılık istatistiki yönden önemsiz olarak belirlenmiştir.

Tablo 4 incelendiğinde genotipler arasında 2019, 2020 yılları ve yapılan birleşik analiz sonuçlarına göre farklı grupların oluştuğu görülmüştür. En erken olgunlaşan genotip 2019 yılında 143.33 gün ile 4 numaralı Burdur, 2020 yılında 140.67 gün ile 7 numaralı Mısır, birleşik analizde ise 142.33 gün ile 12 numaralı Konya çörek otu genotipi olmuştur. En geç olgunlaşan çörek otu genotipi ise 2019 yılında 23 (147.33 gün) GOP, 2020'de 21 (150.33 gün) Hindistan ve birleşik analiz sonucuna göre 23 numaralı (148.67 gün) GOP genotipleri olmuştur.

Yıllar arasında önemli bir farklılık olmamasına rağmen (deneme ortalamaları 2019 yılı: 144.52 gün, 2020 yılı: 144.57 gün) yıl x genotip interaksiyonundan elde edilen sonuç ($p \leq 0.01$) yılların genotipler üzerinde yetişme gün sayısı bakımından etkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle her iki yılda erkenci ve geçci genotipler farklı çıkmıştır. İki yıl arasındaki bu farklılığın iklim şartlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yılın ikinci ayından sonra yapılan ekimler, bitkilerin gün uzunluğunun ve sıcaklığın arttığı döneme rastlaması nedeniyle vejetatif büyüme süresinin ve mevsim sonunda sıcaklığın hızla yükselmesi ile de tane doldurma periyodunun kısalmasına

neden olduğu düşünülmektedir. Çörek otu bitkisinde çiçeklenmeden sonra ve olgunlaşmanın gerçekleştiği periyotlarda bitkiler açık güneşli havaları tercih eder (Telci, 2012). 2019 yılındaki toplam yağış miktarı 2020 yılındaki toplam yağıştan 7.8 mm daha azdır. Bununla birlikte yağışın aylara, özellikle çiçeklenme ve kapsül oluşturma zamanına göre dağılımı da yıllar itibariyle oldukça farklılık ve düzensizlik göstermektedir. 2020 yılındaki generatif dönemdeki yağışın önceki yıla göre fazla olması ve sıcaklıkların bir miktar düşük olması 2019 yılı yetişme süresini az da olsa kısaltmıştır.

Tablo 4: Farklı çörek otu genotiplerinde saptanan yetişme süresi (gün) değerlerine ilişkin ortalama değerler ve AÖF (LSD) grupları

G	2019		2020		2019-2020	
1	143.67	c-d	147.00	b-e	145.33	c-f
2	143.67	c-d	148.33	a-d	146.00	b-d
3	143.67	c-d	146.67	c-e	145.17	c-g
4	143.33	d	145.67	d-f	144.50	d-ı
5	144.33	b-d	142.33	g-j	143.33	g-j
6	144.00	b-d	143.33	f-j	143.67	f-j
7	144.33	b-d	140.67	j	142.50	j
8	144.33	b-d	141.00	j	142.67	ı-j
9	144.33	b-d	147.00	b-e	145.67	c-e
10	144.00	b-d	144.33	e-ı	144.17	d-j
11	144.50	b-d	141.00	j	142.75	h-j
12	143.67	c-d	141.00	j	142.33	j
13	143.67	c-d	141.33	ı-j	142.50	j
14	145.33	a-d	141.33	ı-j	143.33	g-j
15	144.33	b-d	142.00	h-j	143.17	h-j
16	144.67	b-d	144.33	e-ı	144.50	d-ı
17	144.67	b-d	142.33	g-j	143.50	f-j
18	145.00	b-d	142.33	g-j	143.67	f-j
19	144.00	b-d	142.00	h-j	143.00	h-j
20	145.00	b-d	141.67	ı-j	143.33	g-j
21	146.00	a-b	150.33	a	148.17	a
22	144.33	b-d	145.00	e-h	144.67	d-h
23	147.33	a	150.00	a-b	148.67	a
24	144.67	b-d	147.33	a-e	146.00	b-d
25	144.00	b-d	145.33	d-g	144.67	d-h
26	145.67	a-c	149.67	a-c	147.67	a-b
27	144.33	b-d	149.33	a-c	146.83	a-b
28	145.33	a-d	148.33	a-d	146.83	a-b
29	144.00	b-d	146.67	c-e	145.33	c-f
30	144.00	b-d	142.00	h-j	143.00	h-j
Çameli	146.00	a-b	142.00	h-j	144.00	e-j
DO	144.52		144.57		144.55	
AÖF	2.10		3.23		1.94	
VK (%)	0.89		1.37		1.18	

Birleştirilmiş iki yıla ait çörek otu genotiplerden elde edilen yetişme süresine ilişkin bulgularımız (142.3-148.7 gün); Küçükemre (2009)'nin (133-140 gün), Akgören (2011)'in (110-117 gün), Taqi (2013)'nin (90-100 gün), Ertaş (2016)'ın (108-135 gün), Ürüşan (2016)'ın (104-133 gün), Safaei ve ark. (2017)'nın (103 gün), Selicioğlu (2018)'nun (107-132 gün), Faydacı (2019)'nın (134-147 gün), Bayhan (2019)'ın (üçüncü ekim zamanı Mayıs ayı ekiminde 90-92 gün), Şahin (2013)'in (115-140 gün) ve Bozdemir vd. (2022)'nın (136.5-141.7 gün) bulgularından daha uzun; Keser (2019)'in (168- 175 gün) araştırma sonuçlarından daha kısa bulunmuştur.

Yetiştirme süresi üzerine genotip, yörenin yağış ve sıcaklık değerleri kadar; ekim zamanı ve ekim derinliği ve sıklığı da önemli rol oynamaktadır. Telci (1995) çörek otunda sıra arası en uygun mesafenin 15-20 cm olduğunu, bu ölçülerden daha az sıklıkta ekim yapıldığında yetişme süresinin uzadığını bildirmiştir. Yapılan bu çalışmada genel olarak erken çıkış yapan ve %50 çiçeklenme süresi daha kısa olan genotiplerde yetişme süresinin de aynı şekilde daha kısa sürdüğü tespit edilmiştir.

3. SONUÇ

Fenolojik gözlemler bitkinin genotipi, yetiştiği bölgenin topoğrafyasının yanı sıra iklime göre oldukça değişen; verim ve kaliteyi etkileyen önemli özelliklerdir. İyi tarım uygulamaları ise günümüz dünyasında organik tarım ile toprak, çevre, bitki ve bitkiden elde edilen ürünlerin etkili olduğu sanayi kolları açısından her geçen gün önemi artan ve kabul gören yetiştirme yöntemidir. Küresel olarak tüm ekolojilerde etkisini artarak gösteren iklim koşullarının, çalışmanın yapıldığı iki yıl boyunca araştırma sonuçlarını ciddi ölçüde etkilediği görülmüştür. Özellikle çıkış ve çiçeklenme dönemlerinde yıllar içinde fenolojik evrelerin uzadığı tespit edilmiştir.

Araştırmada yer alan 31 genotipin içinde erken çıkış yapan 4-10-28-3 gibi bazı genotiplerin erken hasat olgunluğuna gelmediği; aynı şekilde en geç çıkış yapan 30-8-19-11-7 numaralı genotiplerin ise en erken yetişme süresine sahip oldukları tespit edilmiştir. Oysaki genel olarak, erken çıkış yapan bitkinin erken hasat olgunluğuna gelmesi beklenmektedir. Araştırmadan elde edilen bu sonuca bitkinin genetik özelliğinden ziyade, iklimsel faktörlerin etkisi olduğu düşünülmektedir. Yapılan çalışma ile; erkencilik açısından yöre

için 12 (Konya/ Akören1), 13 (Konya/Meram), 14 (Konya/ Akören2) ve 15 (Diyarbakır) numaralı genotiplerin uygun olduğu ve özellikle ikinci ürün yetiştirmeyi düşünen çiftçiler için tavsiye edileceği sonucu ortaya çıkmıştır. Araştırmanın bir diğer önemli sonucu ise, iklimin sebep olduğu, çörek otunun yetişme ve gelişme periyodunun değişmesi nedeniyle çalışmanın yapıldığı yörede bu bitkiye uygun yeni bir yetiştirme zaman çizelgesinin oluşturulması gerekliliğidir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, elde edilen bazı erkenci çeşitler ile çörek otu yetiştiriciliğinde iyi tarım uygulamaları ile Ankara koşullarında ikinci ürün alma potansiyeli bulunan alanlarda, zamanlama olarak (fenolojik evrelerini tamamlayarak hasada gelmesi) ikinci ürün yetiştirilmesine olanak sağlayacaktır. Özellikle çıkış ve çiçeklenme dönemlerinde bitkinin don tehlikesi olan alanlarda rekolte düşüşü, don zararının görüleceği tarihten sonra ekilebilen geçci çeşitlerde ise rekolte de artış olacağı düşünülmektedir.

İyi tarım uygulamalarının toprağa, ürüne ve kültür bitkisinden sonra ekilecek bitkiye etkisi hakkında kesin bir çıkarım yapılabilmesi için, çalışmanın değişik iklim ve toprak koşullarında çeşitlendirilmesi ve uzun yıllar etkisinin tespit edilmesi için mevcut çalışmanın devam etmesi gerektiği düşünülmektedir.

AÇIKLAMA: Bu kitap bölümü Prof. Dr. Serkan URANBEY danışmanlığında 2022 yılında tamamlanan, “Ankara Ekolojik Koşullarinda iyi Tarim Uygulamalari ile Yetiştirilen Farklı Çörekotu (*Nigella sativa* L.) Genotiplerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi” başlıklı doktora tez çalışmasından üretilmiştir.

KAYNAKÇA

Akgören, G. (2011). Bazı çörekotu (*Nigella sativa* L.) populasyonlarının tarımsal özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi) Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Eskişehir.

Arslan, N., Javani, M., Taher, M. (2015). Tıbbi Bitkilerin Yetiştiriciliğinde İyi Tarım Uygulamaları. Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi (TÜRKTOB), Yıl:4, Sayı:16; 32-38.

Başer, K.H.C. (1997). Tıbbi ve aromatik bitkilerin ilaç ve alkollü içki sanayilerinde kullanımı. İstanbul Ticaret Odası, Yayın No:1997-39.

Bayhan, A. (2019). Samsun şartlarında farklı ekim zamanlarının çörekotunun (*Nigella sativa*) bazı tarımsal ve kalite özelliklerine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi) Samsun On Dokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tıbbi ve Aromatik Bitkileri Bilim Dalı, Samsun.

Bozdemir, Ç., Bahtiyarca Bagdat, R., Subaşı, İ., Akci, N., Çinkaya, N. (2022). Determination of Yield and Quality Characteristics of Various Genotypes of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Cultivated Through Without Fertilizers. International Journal of Life Sciences and Biotechnology. 5(3): p. 386-406. DOI:10.38001/ijlsb.1111198.

Bölükbaşı, Ş.C., Erhan, M.K., Ürüşan, H. (2009). Yumurtacı Tavuk Rasyonlarına Geç Dönemde Çörek Otu (*Nigella sativa*) Yağı İlavesinin Performans, Yumurta Sarısı Yağ Asidi Kompozisyonu ve Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkileri. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6 (3), 283-289.

Ceylan, A. (1987). Tıbbi Bitkiler (Uçucu Yağ İçerenler). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 481, s. 173-174.İzmir.

Ertaş, M.E. (2016). Tokat Kazova ekolojik koşullarında kışlık ve yazlık ekilen çörek otu (*Nigella* sp.) genotiplerinin agronomik ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Tokat.

Faydacı, A. (2019). Isparta koşullarında çörek otu (*Nigella sativa* L.) genotiplerinin fenolojik agronomik ve kalite özeliklerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta.

Jansen, P.C.M. (1981). Spices, condiments and medicinal plants in Ethiopia, their taxonomy and agricultural significance. Addis Ababa: Center for Agricultural Publishing and Documen-tation. Wageningen (327) s.

Keser, E. (2019). Kahramanmaraş ekolojik koşullarında kışlık ve yazlık ekilen çörek otu (*Nigella* sp.) genotiplerinin tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi.

(Yüksek Lisans Tezi) Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.

Küçükemre, D. (2009). Çörek otunda (*Nigella sativa* L.) farklı sıra aralıkları ve ekim normunun verim ve kalite üzerine etkileri. (Yüksek Lisans Tezi) Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tokat.

Lange, D. (1998). Europe's medicinal and aromatic plants, their use, trade and conservation. TRAFFIC International, Cambridge; UK, p. 77.

Örmek, U. (2019). Mardin kuru koşullarına uygun çörek otu (*Nigella sativa* L.) çeşit ve hatlarının belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Şanlıurfa.

Öztürk, L. (2001). Fosfor eksikliğine dayanıklı buğday genotiplerinin belirlenmesi ve etkinlik mekanizmalarının morfolojik ve fizyolojik açıdan karakterize edilmesi. (Doktora Tezi) Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Safaei, Z., Azizi, M., Davarynejad, G., Aroiee, H. (2017). The effect of planting seasons on quantitative and qualitative characteristics of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Medicinal Plants and By-products, 1; 27-33.

Salehi, S., Rokhzadi, A., Noormohammadi, G., Mirhadi, S.M,. Golparvar, A.R. (2016). Genetic ımprovement of quantity/quality yield of black cumin (*Nigella sativa* L.) ecotypes cultivated in İran climatic conditions. Ghavam, Journal of Herbal Drugs, Vol. 6, No. 4; 187-194.

Selicioğlu, M. (2018). Kırşehir ekolojik koşullarında çörek otu (*Nigella* sp.) populasyonlarının bazı tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Isparta.

Söyler, O., Atlı, H. F. (2018). A Research on The Determination of Contributions of Good Agricultural Practices at Citrus Production on Agricultural Enterprises from the Points of Technology and Economy . Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 15 (2) , 87-94. Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/jotaf/issue/37314/321531

Şahin, B. (2013). Farklı ekim zamanlarında yetiştirilen bazı tıbbi bitkilerin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya.

Taqi, H. (2013). Samsun koşullarında bazı çörek otu (*Nigella sativa* L.) populasyonlarında önemli tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Samsun Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.

Telci, İ. (2012). Uçucu Yağ Bitkileri (Yüksek Lisans Ders Notları, Basılmamış), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat fakültesi, Tokat.

Temel, M., Tınmaz, A.B., Öztürk, M., Gündüz, O. (2018). Dünyada ve Türkiye'de Tıbbi-Aromatik Bitkilerin Üretimi ve Ticareti. KSÜ Tar Doğa Dergisi 21(Özel Sayı); 198-214.

Ürüşan, Z. (2016). Bazı çörek otu (*Nigella sativa* L., *Nigella damascena*) genotiplerinde tarımsal ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi) Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Erzurum.Yu, M. H., Heijbroek, W., & Pakish, L. M. (1999). The sea beet source of resistance to multiple species of root-knot nematode. Euphytica, 108(3), 151-155.

Yüksel, H.S. (1960) Observations on the life cycle of Ditylenchus dipsaci on onion seedlings. Nematologica 5, 289-296.

BÖLÜM 6

YEREL KARAKILÇIK MAKARNALIK BUĞDAY (*Triticum turgidum* subsp. *durum* (DESF.) Husn.) GENOTİPLERİNİN BAZI FENOLOJİK GÖZLEMLERİ

Dr. | Fatma Ruveyda ALKAN[1]

Prof. Dr. | Melehat AVCI BİRSİN[2]

[1] Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Biyoçeşitlilik ve Genetik Kaynaklar Bölümü, fatmaruveyde.alkan@tarimorman.gov.tr ORCID ID: 0000-0001-9882-1832

[2] Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, mbirsin@agri.ankara.edu.tr ORCID ID: 0000-0003-4970-3949

GİRİŞ

Eski çağlardan bu tarafa insan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan buğday Türkiye'nin de içerisinde bulunduğu bereketli hilal olarak adlandırılan bölgede ilk olarak kullanılmaya başlanmış ve bu bölgeden dünyaya yayılmıştır (Yiğit, 2019). Son yıllarda yürütülen arkeolojik çalışmalarda ortaya çıkarılan bulgular bu durumu destekler niteliktedir. "Tahıl ambarı" olarak da adlandırılan Anadolu coğrafyası günümüzde 23'ü yabani ve 400 den fazla kültüre alınmış buğday çeşidi ile genetik kaynak olarak önemli bir potansiyele sahiptir (WWF, 2016).

Ülkemiz, bitki genetik çeşitliliği bakımından Dünya'nın sayılı zengin coğrafyalarının birinde yer almakta, İran-Turan, Avrupa-Sibirya ve Akdeniz fitocoğrafik bölgeleri Anadolu coğrafyası üzerinde birleşmekte ve bu durum ülkemizin bitkisel çeşitliliğini zenginleştirmektedir. İran-Turan fitocoğrafik bölgesi, İç Anadolu, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimizi, fitocoğrafik bölgelerden Avrupa-Sibirya, Karadeniz bölgemizi, Akdeniz fitocoğrafik bölgesi ise Ege, Marmara ve Toros Dağları'nı kapsamaktadır (Atik vd. 2010).

Ülkemizde bitki genetik kaynaklarının toplanması ve korunmasına yönelik ilk çalışma 1920'li yıllarda Dr. Mirza GÖKGÖL tarafından başlatılmıştır. Mirza GÖKGÖL ülkemizin hemen hemen tüm bölgelerinden topladığı buğday örneklerini karakterize etmiş ve bunlardan 256 adet yeni buğday varyetesi tespit etmiştir. Araştırmacı çiftçi elinde üretimi yapılan çeşitlerin ıslahçılar için önemli bir kaynak olduğunu belirtmiş, bu durumu kendi ifadesiyle "sonsuz bir hazine" olarak nitelendirmiştir (Gökgöl, 1935, 1939).

Türkiye'nin genetik kaynakları birçok buğday ıslahı çalışmasında pek çok ülke için ıslahın temel bileşenini oluşturmuştur. "Türkiye kırmızısı" adı verilen çeşit Kuzey Amerika'da kırmızı sert buğday ıslahı için temel oluşturmuştur (Braun vd. 1997). Gökgöl (1935), İtalyan Saragollo çeşidi gibi Manitoba çeşidinin de Türkiye kaynaklı materyalden geliştirilmiş olduğunu bildirmektedir. Jack Rodney Harlan isimli araştırmacı 1948 ve 1964 yılları arasında ülkemizden buğday genetik kaynaklarını toplamıştır. Harlan ülkemizden 2121 farklı tip buğday toplamıştır. Bu buğdaylardan USDA kayıtlarına PI 178383 numarasıyla giren Şemdinli orijinli bir buğdayı da beraberinde götürmüştür. Bu materyal 15 yıl boyunca atıl olarak bekletilmiş ABD'de sarı pasın epidemi yaptığı yıllarda PI 178383 numaralı örnek

denemeye alınmıştır. Çalışmalar sonucunda PI 178383 örneğinin, sarı pasın dört ırkına, sürmenin 35 ırkına, cüce sürmenin 10 ırkına karşı tolerant olduğu bulunmuştur (Qualset, 1997).

Günümüzde 7.8 milyar olan dünya nüfusu 200 yıldır daha önce görülmemiş bir hızda artmıştır. Belirtilen bu dönemde nüfusun artışı ile beraber nüfusun yapısal özelliklerinde de belirgin bir değişim yaşanmıştır ve 2050 yılında dünya nüfusunun 9-10 milyara varacağı öngörülmektedir (Şahin, 2016). İnsan beslenmesinde önemli bir yeri olan buğday bu bağlamda stratejik bir noktada bulunmaktadır. Buğdaya daha doğrusu buğdaydan üretilen gıdaya olan talep giderek artmaktadır. Tahılların kültüre alınması ile daha önce diyetlerinde protein ve yağ ağırlıklı beslenen insan bu noktadan sonra karbonhidrat ile de yoğun şekilde beslenmeye başlamıştır (Miller vd. 2011). Tahılların kolay depolanabiliyor olması ve tarımının yapılabiliyor olması insanların yerleşik hayata geçmesine olanak sağlamıştır.

Bu çalışmada; Türkiye Tohum Gen Bankası (TTGB) koleksiyonunda bulunan, 12 ilden toplanmış, TAGEM/BBAD/A/21/A1/P9/5000 nolu, Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından desteklenen doktora projesi kapsamında 60 adet yerel karakılçık buğday popülasyonlarından seçilen tek başakların (60 x 7= 420 genotip) ekimden çıkışa gün sayısı, ekimden kardeşlenmeye gün sayısı, ekimden sapa kalkmaya gün sayısı ve ekimden başaklanmaya gün sayısı gözlemleri alınmıştır.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

1.1. Ön çalışmalar ve tek başakların yetiştirilmesi

Çalışmanın ön hazırlığı olarak materyal 2018-2019 ekim döneminde Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait İkizce/Haymana Araştırma ve Uygulama İstasyonu'nda gerçekleştirilmiştir. TTGB'ye ait üretim-yenileme için ekimi yapılan makarnalık karakılçık popülasyonu içinden 60 adet karakılçık buğday genotipi (Tablo 1) seçilmiş ve her bir popülasyondan yedi adet başak alınmıştır.

2019-2020 vejetasyon döneminde (1. yıl), ön çalışmalar ile elde edilen 420 (60 genotip × 7 başak) adet karakılçık genotipinin ekimi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla dört bloklu bir ekim planı hazırlanmış ve

genotipler augmented deneme desenine göre 25.10.2019 tarihinde ekilmiştir. Her blokta beş adet kontrol çeşidi (Çeşit-1252, Eminbey, İmren, Kızıltan-91, Kunduru-1149) yer almıştır. Her bir genotip ve kontrol çeşitleri 1m uzunluğundaki sıralara ekilmiştir. Hasat ise 27.07.2020 tarihinde elle gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1: Yerel karakılçık buğday popülasyonlarının toplandığı yerler ve Türkiye Tohum Gen Bankası kayıt numaraları

No	TGB No	Toplandığı İl	Toplandığı İlçe	No	TGB No	Toplandığı İl	Toplandığı İlçe
1	020705	Antalya	Akseki	**31**	023097	Adana	Kozan
2	020753	Diyarbakır	Dicle	**32**	023104	Osmaniye	Hasanbeyli
3	020754	Diyarbakır	Dicle	**33**	023110	Hatay	Yayladağı
4	020756	Diyarbakır	Eğil	**34**	023112	Hatay	Yayladağı
5	020766	Diyarbakır	Eğil	**35**	023115	Hatay	Altınözü
6	022747	Manisa	Akhisar	**36**	023116	Hatay	Belen
7	022750	Manisa	Akhisar	**37**	023118	Adana	Kozan
8	022781	Çanakkale	Yenice	**38**	023119	Adana	Kozan
9	022782	Çanakkale	Yenice	**39**	023121	Osmaniye	Düziçi
10	022783	İzmir	Torbalı	**40**	023123	Osmaniye	Düziçi
11	022807	Çanakkale	Yenice	**41**	023154	Osmaniye	Hasanbeyli
12	022887	Yozgat	Merkez	**42**	023156	Osmaniye	Behçe
13	023005	Hatay	Hassa	**43**	023158	Hatay	Yayladağı
14	023006	Osmaniye	Düziçi	**44**	023218	Diyarbakır	Ergani
15	023008	Antalya	Korkuteli	**45**	023219	Diyarbakır	Dicle
16	023010	Antalya	Korkuteli	**46**	023222	Diyarbakır	Dicle
17	023012	Antalya	Korkuteli	**47**	023226	Diyarbakır	Dicle
18	023013	Antalya	Korkuteli	**48**	023229	Diyarbakır	Lice
19	023017	Antalya	Korkuteli	**49**	023230	Diyarbakır	Lice
20	023018	Antalya	Korkuteli	**50**	023231	Diyarbakır	Eğil
21	023021	Antalya	Korkuteli	**51**	023238	Diyarbakır	Eğil
22	023023	Antalya	Korkuteli	**52**	023240	Adıyaman	Gerger
23	023024	Isparta	Sütçüler	**53**	023245	Diyarbakır	Eğil
24	023040	Adana	Kozan	**54**	023837	Manisa	Akhisar
25	023044	Osmaniye	Hasanbeyli	**55**	023968	Hatay	Hassa
26	023081	Hatay	Hassa	**56**	023975	Osmaniye	Hasanbeyli
27	023085	Hatay	Altınözü	**57**	023976	Hatay	Belen
28	023086	Isparta	Sütçüler	**58**	023977	Antalya	Akseki
29	023090	Antalya	Akseki	**59**	023984	Osmaniye	Düzici
30	023094	Antalya	Akseki	**60**	024049	Kilis	Musabeyli

Birinci yıl ekimi yapılan materyalden seçilen 126 adet genotip augmented deneme desenine göre altı blok halinde 1 m uzunluğunda ve 5 sıralı olarak 27.10.2020 tarihinde ekilmiştir. Her blokta Çeşit-1252, İmren, Eminbey, Kızıltan-91 ve Kunduru-1149 kontrol çeşitleri yer almıştır. Ekimi yapılan materyal 26.07.2021 tarihinde elle hasat edilmiştir.

1.2. Bakım çalışmaları

Arazide bakım ve gübreleme için 8 kg/da N (2.7 kg/ da ekimde, 5.3 kg /da ilkbaharda) ve 7 kg/da P_2O_5 saf miktarlarda azot ve fosforlu gübreleme yapılmıştır. Denemelerde yabancı otlarla mücadelede sentetik kimyasallar ve elle toplama şeklinde mücadele yapılmıştır. Ayrıca blok aralarının yabancı ot alımları traktör yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Bitkinin gelişmesine bağlı olarak havanın kurak gittiği zamanlarda ise yağmurlama sulama yapılmıştır (Şekil 1).

Şekil 1: Bakım çalışmalarına ait görseller

1.3. Araştırma yerinin iklim özellikleri

Araştırma yerinin iklim verilerine ait bilgiler Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden Haymana Tarım/17733 istasyonundan alınmıştır. İklim verileri incelendiğinde 2018-2019 vejetasyon döneminde ortalama sıcaklığın ekim ayı için 12.1˚C olduğu en düşük ortalama sıcaklığın ocak ayında -0.8 ˚C olduğu belirlenmiştir. Bu vejetasyon döneminde toplamda 305.8 mm yağış düşmüştür. 2019-2020 vejetasyon döneminde ekim ayı için ortalama sıcaklık 11.5 ˚C olarak belirlenirken en düşük ortalama sıcaklık -2.1 ˚C ile ocak ayında belirlenmiştir. Bu vejetasyon döneminde ise 208.2 mm toplam yağış düşmüştür. 2020-2021 vejetasyon döneminde ekim ayı ortalama sıcaklığı 15.7 ˚C olarak belirlenmiş yine en düşük sıcaklık ortalaması ocak ayında 1.6 ˚C ile belirlenmiş ayrıca bu vejetasyon döneminde toplamda 189 mm yağış düşmüştür.

1.4. Araştırma yerinin toprak özellikleri

Karakılçık popülasyonlarının yetiştiriciliği Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün Gölbaşı-İkizce Araştırma ve Üretme İstasyonu'nda farklı iki parselde yapılmıştır. 2018-2019 ve 2020-2021 vejetasyon döneminde P28-Yol parselinde, 2019-2020 vejetasyon döneminde ise P42-Göl parselinde buğdayların ekimi yapılmıştır. Her iki deneme parselinden 0-20 cm derinliğinden alınan toprak örneklerinin analizi Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü laboratuvarlarında yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre; 2019 ve 2020 yılına ait deneme yeri killi-tınlı (CL) bir tekstür göstermiştir. Toprak pH'sı 2019 ve 2020 yıllarında sırasıyla 7.68 ve 7.64 olup hafif alkali sınıfında yer almıştır. Kireç miktarı % 29.6 ve 23.5 oranları ile oldukça fazla kireçli gruba girerken, tuz içeriği açısından (0.74 ve 0.95 dS/m) tuzsuz olarak değerlendirilmiştir. Her iki deneme yılına ait; alınabilir organik madde, fosfor (P_2O_5) ve potasyum (K_2O) miktarı içeriği az bir seviyede bulunmuştur.

1.5. Fenolojik gözlemlerin alınması

2019-2020 ve 2020-2021 vejetasyon döneminde ekimi yapılan materyale ait alınan fenolojik gözlemler Zencirci (1995)'te belirtilen yöntemlere göre alınmıştır.

<u>Ekimden çıkışa gün sayısı (gün):</u> Ekimden çıkışa gün sayısının hesaplanmasında ekim yapılan yıllarda parseller günaşırı kontrol edilmiş ve

sıra veya parselde % 50 çıkışın gözlendiği tarih kaydedilmiş ve ekim tarihi baz alınarak ekimden çıkışa gün sayıları hesaplanmıştır.

Ekimden kardeşlenmeye gün sayısı (gün): Her biri ayrı genotipi içeren sıra veya parseller günaşırı ziyaret edilerek her bir örneğin %50'sinin üç dört kardeşli dönemde olduğu tarih kardeşlenme tarihi olarak kaydedilmiş ve ekim tarihi baz alınarak ekimden kardeşlenmeye gün sayıları belirlenmiştir.

Ekimden sapa kalkmaya gün sayısı (gün): Her biri ayrı genotipi içeren sıra veya parseller günaşırı ziyaret edilerek her bir örneğin %50'sinde sapın uzamaya başladığı tarih sapa kalkma tarihi olarak kaydedilmiş ve ekim tarihi baz alınarak ekimden sapa kalkmaya gün sayıları belirlenmiştir.

Ekimden başaklanmaya gün sayısı (gün): Her biri ayrı genotipi içeren sıra veya parseller günaşırı ziyaret edilerek her bir örneğin %50'sinin başaklandığı tarih başaklanma tarihi olarak kaydedilmiş ve ekim tarihi baz alınarak ekimden başaklanmaya gün sayıları belirlenmiştir.

1.6. Verilerin değerlendirilmesi

Fenolojik gözlemleri alınan genotiplerin değerlendirilmesi MİNİTAB 18 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Fenolojik gözlemlerin analizinde her bir blokta yer alan kontrol çeşitlerinin parametreleri kullanılarak düzeltme terimleri hesaplanmış ve hesaplanan düzeltme terimi negatif değer aldı ise genotiplerin aldığı değere ekleme yapılmış eğer düzeltme terimi pozitif değer aldı ise genotiplerin aldığı değerden çıkarılmış ve bu şekilde düzeltilmiş sonuçlar elde edilmiştir. Gözlem ve ölçümlerden elde edilen data, her bir özellik için ayrı ayrı olacak şekilde, varyans analizine tabi tutulmuştur. Fenolojik gözlemler ile verim özelliklerin karşılaştırılmaları Asgari Önemli Fark (AÖF)'a göre yapılmıştır.

2. BULGULAR

2.1. Birinci yıl ekimden çıkışa gün sayıları

TTGB'ye ait üretim yenileme programından gelen 60 genotip ve beş kontrol çeşidi ile augmented deneme desenine göre yürütülen çalışmada, sıralarda % 50 çıkışın gözlendiği zamanda alınan çıkış tarihi verileriyle kontrol çeşitleri için yapılan varyans analiz sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi ekimden çıkışa gün sayısı bakımından kontrol çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak % 1 düzeyinde önemli

bulunmuştur. Kontrol çeşitlerinin ortalamalarının karşılaştırıldığı AÖF testi, bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri de Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2: Kontrol çeşitlerin ekimden çıkışa gün sayılarına ait varyans analizi sonucu (I. Yıl)

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Blok	3	27.8	9.267	4.6
Çeşit	4	315	78.75	39.05**
Hata	12	24.2	2.017	
Genel	19	367		

*0.05 düzeyinde önemli, ** 0.01 düzeyinde önemli, Varyasyon Katsayısı (%): 6.6

Tablo 3: Denemede kullanılan kontrol çeşitlerinin ekimden çıkışa gün sayıları ve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri (I. Yıl)

Çeşit	1.Blok	2. Blok	3. Blok	4. Blok	Toplam	Ortalama
Kızıltan-91	69	72	71	69	281	70.25a*
Kunduru-1149	70	73	74	70	287	71.75a
Eminbey	63	65	67	68	263	65.75b
İmren	62	64	63	65	254	63.5bc
Çeşit-1252	59	61	64	61	245	61.25c
Toplam	323	335	339	333		
Ortalama	64.6	67	67.8	66.6		66.5
Düzeltme Terimi	-1.9	0.5	1.3	0.1		

*Farklı harflere sahip ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık bulunmaktadır. ($AÖF_{(0,05)}$=2.18)

Birinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden çıkışa gün sayıları ve düzeltilmiş değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Birinci blokta ekimi yapılan materyallerden en kısa çıkış gün sayısı 55.9 gün ile TGB-023119-(7) kodlu genotipte belirlenmiştir. Birinci blokta ekimi yapılan genotiplerden en uzun çıkış süresi ise 76.9 gün ile TGB-023240-(6) ve TGB-023010-(1) kodlu genotiplerde belirlenmiştir.

Tablo 4: Birinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden çıkışa gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)
TGB-023040-(1)	59.9	TGB-023240-(4)	61.9	TGB-023017-(3)	73.9
TGB-023040-(2)	59.9	TGB-023240-(5)	61.9	TGB-023017-(4)	73.9
TGB-023040-(3)	59.9	TGB-023240-(6)	76.9	TGB-023017-(5)	73.9
TGB-023040-(4)	69.9	TGB-023240-(7)	61.9	TGB-023017-(6)	73.9
TGB-023040-(5)	68.9	TGB-020705-(1)	70.9	TGB-023017-(7)	72.9
TGB-023040-(6)	68.9	TGB-020705-(2)	70.9	TGB-023018-(1)	68.9
TGB-023040-(7)	68.9	TGB-020705-(3)	70.9	TGB-023018-(6)	68.9
TGB-023097-(1)	68.9	TGB-020705-(5)	70.9	TGB-023018-(7)	60.9
TGB-023097-(2)	59.9	TGB-020705-(6)	62.9	TGB-023021-(1)	61.9
TGB-023097-(3)	59.9	TGB-020705-(7)	74.9	TGB-023021-(2)	61.9
TGB-023097-(4)	59.9	TGB-023008-(1)	60.9	TGB-023021-(3)	61.9
TGB-023097-(5)	59.9	TGB-023008-(2)	72.9	TGB-023021-(4)	61.9
TGB-023097-(6)	59.9	TGB-023008-(3)	72.9	TGB-023021-(6)	61.9
TGB-023097-(7)	59.9	TGB-023008-(4)	72.9	TGB-023021-(7)	64.9
TGB-023118-(1)	66.9	TGB-023008-(5)	65.9	TGB-023023-(1)	69.9
TGB-023118-(2)	66.9	TGB-023008-(6)	72.9	TGB-023023-(2)	69.9
TGB-023118-(4)	66.9	TGB-023008-(7)	72.9	TGB-023023-(3)	69.9
TGB-023118-(5)	66.9	TGB-023010-(1)	76.9	TGB-023023-(4)	69.9
TGB-023118-(6)	66.9	TGB-023010-(2)	61.9	TGB-023023-(5)	69.9
TGB-023118-(7)	66.9	TGB-023010-(3)	61.9	TGB-023023-(6)	60.9
TGB-023119-(1)	58.9	TGB-023010-(4)	61.9	TGB-023023-(7)	69.9
TGB-023119-(2)	71.9	TGB-023010-(5)	61.9	TGB-023090-(1)	62.9
TGB-023119-(3)	58.9	TGB-023010-(6)	69.9	TGB-023090-(2)	62.9
TGB-023119-(4)	58.9	TGB-023010-(7)	69.9	TGB-023090-(3)	62.9
TGB-023119-(5)	58.9	TGB-023012-(1)	61.9	TGB-023090-(4)	62.9
TGB-023119-(6)	58.9	TGB-023012-(2)	61.9	TGB-023090-(5)	70.9
TGB-023119-(7)	55.9	TGB-023012-(3)	61.9	TGB-023090-(6)	68.9
TGB-023240-(1)	61.9	TGB-023012-(6)	61.9	TGB-023090-(7)	62.9
TGB-023240-(2)	59.9	TGB-023012-(7)	61.9		
TGB-023240-(3)	61.9	TGB-023017-(2)	73.9		

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.97; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=4.79; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 3.79

İkinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden çıkışa gün sayıları ve düzeltilmiş değerleri Tablo 5'de verilmiştir. İkinci blok için en kısa çıkış gün sayısı 58.5 gün ile TGB-022807-(7) ve TGB-020754-(1) kodlu genotiplerde belirlenmiştir. İkinci blokta en uzun ekimden çıkışa gün sayısı ise 74.5 gün ile TGB-023094-(7) ve TGB-020766-(5) kodlu genotiplerde belirlenmiştir.

Tablo 5: İkinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden çıkışa gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)
TGB-023094-(1)	68.5	TGB-022807-(2)	60.5	TGB-020766-(3)	66.5
TGB-023094-(2)	68.5	TGB-022807-(3)	60.5	TGB-020766-(4)	66.5
TGB-023094-(3)	68.5	TGB-022807-(4)	60.5	TGB-020766-(5)	74.5
TGB-023094-(4)	60.5	TGB-022807-(5)	60.5	TGB-020766-(6)	66.5
TGB-023094-(5)	68.5	TGB-022807-(6)	60.5	TGB-020766-(7)	66.5
TGB-023094-(6)	68.5	TGB-022807-(7)	58.5	TGB-023218-(1)	62.5
TGB-023094-(7)	74.5	TGB-020753-(1)	61.5	TGB-023218-(2)	62.5
TGB-023977-(1)	67.5	TGB-020753-(2)	61.5	TGB-023218-(3)	62.5
TGB-023977-(2)	67.5	TGB-020753-(3)	61.5	TGB-023218-(4)	62.5
TGB-023977-(3)	67.5	TGB-020753-(4)	61.5	TGB-023218-(6)	66.5
TGB-023977-(4)	67.5	TGB-020753-(5)	61.5	TGB-023218-(7)	62.5
TGB-023977-(5)	63.5	TGB-020753-(6)	60.5	TGB-023219-(1)	66.5
TGB-023977-(6)	66.5	TGB-020753-(7)	61.5	TGB-023219-(2)	66.5
TGB-023977-(7)	67.5	TGB-020754-(1)	58.5	TGB-023219-(4)	66.5
TGB-022781-(1)	61.5	TGB-020754-(2)	66.5	TGB-023219-(5)	66.5
TGB-022781-(2)	61.5	TGB-020754-(3)	69.5	TGB-023222-(5)	63.5
TGB-022781-(3)	60.5	TGB-020754-(4)	66.5	TGB-023229-(2)	68.5
TGB-022781-(4)	61.5	TGB-020754-(5)	66.5	TGB-023229-(3)	68.5
TGB-022781-(5)	61.5	TGB-020754-(6)	66.5	TGB-023229-(4)	68.5
TGB-022781-(6)	61.5	TGB-020754-(7)	66.5	TGB-023229-(5)	68.5
TGB-022781-(7)	63.5	TGB-020756-(1)	60.5	TGB-023229-(7)	68.5
TGB-022782-(1)	66.5	TGB-020756-(2)	60.5	TGB-023230-(1)	68.5
TGB-022782-(2)	69.5	TGB-020756-(3)	60.5	TGB-023230-(2)	59.5
TGB-022782-(3)	66.5	TGB-020756-(4)	60.5	TGB-023230-(3)	63.5
TGB-022782-(4)	66.5	TGB-020756-(5)	59.5	TGB-023230-(4)	63.5
TGB-022782-(5)	66.5	TGB-020756-(6)	60.5	TGB-023230-(5)	63.5
TGB-022782-(6)	61.5	TGB-020756-(7)	63.5	TGB-023230-(6)	63.5
TGB-022782-(7)	66.5	TGB-020766-(1)	67.5	TGB-023230-(7)	63.5
TGB-022807-(1)	63.5	TGB-020766-(2)	66.5		

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.97; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=4.79; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 3.79

Üçüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden çıkışa gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Bu blokta ekimi yapılan genotiplerden TGB-023115-(6) kodlu genotip 55.7 gün ile en kısa çıkış süresine sahip olmuştur. Üçüncü blokta ekimi yapılan materyalden en yüksek çıkış süresine sahip olan genotip 68.7 gün ile TGB-023005-(7) kodlu genotip olmuştur. Bu genotipi TGB-023081-(1), TGB-023081-(2), TGB-023081-(3), TGB-023081-(4), TGB-023081-(5) ve TGB-023081-(6) kodlu genotipler 67.7 gün ile izlemiştir.

Tablo 6: Üçüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden çıkışa gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)
TGB-023231-(1)	59.7	TGB-023005-(5)	66.7	TGB-023112-(1)	57.7
TGB-023231-(2)	58.7	TGB-023005-(6)	62.7	TGB-023112-(2)	57.7
TGB-023231-(3)	59.7	TGB-023005-(7)	68.7	TGB-023112-(3)	58.7
TGB-023231-(4)	59.7	TGB-023081-(1)	67.7	TGB-023112-(4)	57.7
TGB-023231-(5)	59.7	TGB-023081-(2)	67.7	TGB-023112-(5)	57.7
TGB-023231-(6)	57.7	TGB-023081-(3)	67.7	TGB-023112-(6)	57.7
TGB-023231-(7)	59.7	TGB-023081-(4)	67.7	TGB-023112-(7)	57.7
TGB-023238-(1)	58.7	TGB-023081-(5)	67.7	TGB-023115-(1)	59.7
TGB-023238-(2)	58.7	TGB-023081-(6)	67.7	TGB-023115-(2)	59.7
TGB-023238-(4)	58.7	TGB-023081-(7)	66.7	TGB-023115-(3)	59.7
TGB-023238-(5)	58.7	TGB-023085-(1)	65.7	TGB-023115-(4)	59.7
TGB-023238-(6)	57.7	TGB-023085-(2)	65.7	TGB-023115-(5)	59.7
TGB-023238-(7)	58.7	TGB-023085-(3)	65.7	TGB-023115-(6)	55.7
TGB-023245-(1)	59.7	TGB-023085-(4)	65.7	TGB-023115-(7)	57.7
TGB-023245-(2)	61.7	TGB-023085-(5)	65.7	TGB-023116-(1)	56.7
TGB-023245-(3)	61.7	TGB-023085-(6)	59.7	TGB-023116-(2)	59.7
TGB-023245-(4)	61.7	TGB-023085-(7)	60.7	TGB-023116-(3)	59.7
TGB-023245-(5)	61.7	TGB-023110-(1)	59.7	TGB-023116-(4)	65.7
TGB-023245-(6)	61.7	TGB-023110-(2)	56.7	TGB-023116-(5)	59.7
TGB-023245-(7)	65.7	TGB-023110-(3)	57.7	TGB-023116-(6)	59.7
TGB-023005-(1)	62.7	TGB-023110-(4)	57.7	TGB-023116-(7)	59.7
TGB-023005-(2)	62.7	TGB-023110-(5)	57.7	TGB-023158-(5)	59.7
TGB-023005-(3)	62.7	TGB-023110-(6)	57.7	TGB-023158-(6)	59.7
TGB-023005-(4)	62.7	TGB-023110-(7)	57.7	TGB-023158-(7)	59.7

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.97; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=4.79; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 3.79

Dördüncü blokta ekimi yapılan materyale ait ekimden çıkışa gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri Tablo 7'de verilmiştir. En kısa ekimden çıkışa gün sayısı TGB-023044-(1) kodlu genotipte 57.9 gün ile belirlenmiştir. Bu genotipin çıkış süresini 58.9 gün ile TGB-022750-(7). 59.9 gün ile TGB-023837-(1) ve TGB-023104-(3) kodlu genotiplerin çıkış süresi izlemiştir. En uzun ekimden çıkışa gün sayısı ise 69.9 gün ile TGB-022750-(4) genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 7: Dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden çıkışa gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)
TGB-022783-(1)	63.9	TGB-022750-(4)	69.9	TGB-023104-(3)	59.9
TGB-022783-(2)	63.9	TGB-022750-(5)	68.9	TGB-023104-(4)	63.9
TGB-022783-(4)	66.9	TGB-022750-(6)	68.9	TGB-023104-(5)	63.9
TGB-022783-(5)	66.9	TGB-022750-(7)	58.9	TGB-023104-(6)	63.9
TGB-022783-(6)	66.9	TGB-023837-(1)	59.9	TGB-023104-(7)	67.9
TGB-022783-(7)	66.9	TGB-023837-(2)	63.9	TGB-023121-(1)	63.9
TGB-024049-(1)	66.9	TGB-023837-(3)	62.9	TGB-023121-(2)	63.9
TGB-024049-(2)	66.9	TGB-023837-(4)	62.9	TGB-023121-(3)	68.9
TGB-024049-(3)	63.9	TGB-023837-(5)	62.9	TGB-023121-(4)	63.9
TGB-024049-(4)	68.9	TGB-023837-(6)	62.9	TGB-023121-(5)	63.9
TGB-024049-(5)	66.9	TGB-023837-(7)	62.9	TGB-023121-(6)	63.9
TGB-024049-(6)	66.9	TGB-023006-(1)	63.9	TGB-023121-(7)	61.9
TGB-024049-(7)	66.9	TGB-023006-(2)	63.9	TGB-023123-(1)	66.9
TGB-022747-(1)	67.9	TGB-023006-(3)	63.9	TGB-023123-(2)	68.9
TGB-022747-(2)	67.9	TGB-023006-(5)	63.9	TGB-023123-(4)	68.9
TGB-022747-(3)	67.9	TGB-023044-(1)	57.9	TGB-023123-(5)	68.9
TGB-022747-(4)	67.9	TGB-023044-(2)	62.9	TGB-023123-(6)	68.9
TGB-022747-(5)	67.9	TGB-023044-(3)	62.9	TGB-023123-(7)	68.9
TGB-022747-(6)	67.9	TGB-023044-(4)	62.9	TGB-023154-(1)	68.9
TGB-022747-(7)	66.9	TGB-023044-(5)	67.9	TGB-023154-(2)	68.9
TGB-022750-(1)	68.9	TGB-023044-(7)	62.9	TGB-023154-(3)	68.9
TGB-022750-(2)	68.9	TGB-023104-(1)	63.9		
TGB-022750-(3)	68.9	TGB-023104-(2)	63.9		

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.97; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=4.79; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 3.79

2.2. Birinci yıl ekimden kardeşlenmeye gün sayısı

TTGB'ye ait üretim yenileme programından gelen 60 popülasyon ve beş kontrol çeşidi ile augmented deneme desenine göre yürütülen çalışmada, sıralarda %50 kardeşlenmenin gözlendiği zamanda alınan ekimden kardeşlenmeye gün sayıları verileriyle kontrol çeşitler için yapılan varyans analiz sonuçları Tablo 8'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi ekimden kardeşlenmeye gün sayısı bakımından kontrol çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol çeşitlerinin ortalamalarının karşılaştırıldığı AÖF testi, bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri de Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 8: Kontrol çeşitlerin ekimden kardeşlenmeye gün sayılarına ait varyans analizi sonucu (I. Yıl)

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Blok	3	6.95	2.317	2.26
Çeşit	4	5.7	1.425	1.39
Hata	12	12.3	1.025	
Genel	19	24.95		

*0.05 düzeyinde önemli, ** 0.01 düzeyinde önemli,Varyasyon Katsayısı (%): 0.9

Tablo 9: Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ait ekimden kardeşlenmeye gün sayıları ve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri (I. Yıl)

Çeşit	1.Blok	2. Blok	3. Blok	4. Blok	Toplam	Ortalama
Kızıltan-91	128	129	127	126	510	127.5a*
Kunduru-1149	128	128	129	128	513	128.3a
Eminbey	127	129	128	128	512	128.0a
İmren	127	128	127	125	507	126.8a
Çeşit-1252	125	128	128	128	509	127.3a
Toplam	635	642	639	635		
Ortalama	127	128.4	127.8	127		127.6
Düzeltme Terimi	-0.5	0.9	0.3	-0.5		

*Farklı harflere sahip ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık bulunmaktadır. ($AÖF_{(0,05)}$=0.78)

Birinci blokta ekimi yapılan genotiplerin kardeşlenme sürelerine ait bilgiler Tablo 10'da verilmiştir. En kısa kardeşlene süresi TGB-023097-(2), TGB-023097-(3), TGB-023097-(4), TGB-023097-(5), TGB-023097-(6), TGB-023118-(1), TGB-023118-(2), TGB-023118-(4), TGB-023118-(5), TGB-023118-(6), TGB-023118-(7), TGB-023240-(1), TGB-023240-(3), TGB-023240-(4) ve TGB-023240-(5) genotiplerinde 123.5 gün ile belirlenmiştir. En uzun kardeşlenme süresi ise TGB-023021-(7), TGB-023023-(1), TGB-023023-(2), TGB-023023-(3), TGB-023023-(4), TGB-023023-(5) ve TGB-023023-(7) genotiplerinde 133.5 gün ile belirlenmiştir.

İkinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait kardeşlenme süreleri Tablo 11'de verilmiştir. En kısa kardeşlenme süresi 124.1 gün ile TGB-023094-(4), TGB-022807-(2), TGB-022807-(3), TGB-022807-(4), TGB-022807-(5) ve TGB-022807-(6) genotiplerinde belirlenmiştir. En uzun kardeşlenme süresi 132.1 gün ile TGB-020756-(5) genotipinde belirlenmiştir.

Tablo10: Birinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden kardeşlenmeye gün sayıları ile düzeltilmiş kardeşlenme süreleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)
TGB-023040-(1)	125.5	TGB-023240-(4)	123.5	TGB-023017-(3)	131.5
TGB-023040-(2)	125.5	TGB-023240-(5)	123.5	TGB-023017-(4)	131.5
TGB-023040-(3)	125.5	TGB-023240-(6)	131.5	TGB-023017-(5)	131.5
TGB-023040-(4)	127.5	TGB-023240-(7)	126.5	TGB-023017-(6)	131.5
TGB-023040-(5)	125.5	TGB-020705-(1)	127.5	TGB-023017-(7)	131.5
TGB-023040-(6)	125.5	TGB-020705-(2)	127.5	TGB-023018-(1)	132.5
TGB-023040-(7)	125.5	TGB-020705-(3)	127.5	TGB-023018-(6)	132.5
TGB-023097-(1)	125.5	TGB-020705-(5)	127.5	TGB-023018-(7)	131.5
TGB-023097-(2)	123.5	TGB-020705-(6)	129.5	TGB-023021-(1)	132.5
TGB-023097-(3)	123.5	TGB-020705-(7)	129.5	TGB-023021-(2)	132.5
TGB-023097-(4)	123.5	TGB-023008-(1)	125.5	TGB-023021-(3)	132.5
TGB-023097-(5)	123.5	TGB-023008-(2)	127.5	TGB-023021-(4)	132.5
TGB-023097-(6)	123.5	TGB-023008-(3)	127.5	TGB-023021-(6)	132.5
TGB-023097-(7)	125.5	TGB-023008-(4)	127.5	TGB-023021-(7)	133.5
TGB-023118-(1)	123.5	TGB-023008-(5)	126.5	TGB-023023-(1)	133.5
TGB-023118-(2)	123.5	TGB-023008-(6)	127.5	TGB-023023-(2)	133.5
TGB-023118-(4)	123.5	TGB-023008-(7)	127.5	TGB-023023-(3)	133.5
TGB-023118-(5)	123.5	TGB-023010-(1)	128.5	TGB-023023-(4)	133.5
TGB-023118-(6)	123.5	TGB-023010-(2)	125.5	TGB-023023-(5)	133.5
TGB-023118-(7)	123.5	TGB-023010-(3)	125.5	TGB-023023-(6)	128.5
TGB-023119-(1)	125.5	TGB-023010-(4)	125.5	TGB-023023-(7)	133.5
TGB-023119-(2)	127.5	TGB-023010-(5)	125.5	TGB-023090-(1)	132.5
TGB-023119-(3)	125.5	TGB-023010-(6)	126.5	TGB-023090-(2)	132.5
TGB-023119-(4)	125.5	TGB-023010-(7)	126.5	TGB-023090-(3)	132.5
TGB-023119-(5)	125.5	TGB-023012-(1)	125.5	TGB-023090-(4)	132.5
TGB-023119-(6)	125.5	TGB-023012-(2)	125.5	TGB-023090-(5)	132.5
TGB-023119-(7)	132.5	TGB-023012-(3)	125.5	TGB-023090-(6)	126.5
TGB-023240-(1)	123.5	TGB-023012-(6)	125.5	TGB-023090-(7)	132.5
TGB-023240-(2)	127.5	TGB-023012-(7)	125.5		
TGB-023240-(3)	123.5	TGB-023017-(2)	131.5		

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=3.11; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=3.42; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 2.70

Tablo 11: İkinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden kardeşlenmeye gün sayıları ile düzeltilmiş kardeşlenme süreleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)
TGB-023094-(1)	128.1	TGB-022807-(2)	124.1	TGB-020766-(3)	130.1
TGB-023094-(2)	128.1	TGB-022807-(3)	124.1	TGB-020766-(4)	130.1
TGB-023094-(3)	128.1	TGB-022807-(4)	124.1	TGB-020766-(5)	129.1
TGB-023094-(4)	124.1	TGB-022807-(5)	124.1	TGB-020766-(6)	130.1
TGB-023094-(5)	128.1	TGB-022807-(6)	124.1	TGB-020766-(7)	130.1
TGB-023094-(6)	128.1	TGB-022807-(7)	125.1	TGB-023218-(1)	127.1
TGB-023094-(7)	129.1	TGB-020753-(1)	125.1	TGB-023218-(2)	127.1
TGB-023977-(1)	130.1	TGB-020753-(2)	125.1	TGB-023218-(3)	127.1
TGB-023977-(2)	130.1	TGB-020753-(3)	125.1	TGB-023218-(4)	127.1
TGB-023977-(3)	130.1	TGB-020753-(4)	125.1	TGB-023218-(5)	128.1
TGB-023977-(4)	130.1	TGB-020753-(5)	125.1	TGB-023218-(6)	131.1
TGB-023977-(5)	127.1	TGB-020753-(6)	126.1	TGB-023218-(7)	127.1
TGB-023977-(6)	125.1	TGB-020753-(7)	125.1	TGB-023219-(1)	131.1
TGB-023977-(7)	130.1	TGB-020754-(1)	126.1	TGB-023219-(2)	131.1
TGB-022781-(1)	126.1	TGB-020754-(2)	127.1	TGB-023219-(4)	131.1
TGB-022781-(2)	126.1	TGB-020754-(3)	127.1	TGB-023219-(5)	131.1
TGB-022781-(3)	125.1	TGB-020754-(4)	127.1	TGB-023222-(5)	125.1
TGB-022781-(4)	126.1	TGB-020754-(5)	127.1	TGB-023229-(2)	129.1
TGB-022781-(5)	126.1	TGB-020754-(6)	127.1	TGB-023229-(3)	129.1
TGB-022781-(6)	126.1	TGB-020754-(7)	127.1	TGB-023229-(4)	129.1
TGB-022781-(7)	127.1	TGB-020756-(1)	126.1	TGB-023229-(5)	129.1
TGB-022782-(1)	128.1	TGB-020756-(2)	126.1	TGB-023229-(7)	129.1
TGB-022782-(2)	129.1	TGB-020756-(3)	126.1	TGB-023230-(1)	129.1
TGB-022782-(3)	128.1	TGB-020756-(4)	126.1	TGB-023230-(2)	127.1
TGB-022782-(4)	128.1	TGB-020756-(5)	132.1	TGB-023230-(3)	127.1
TGB-022782-(5)	128.1	TGB-020756-(6)	126.1	TGB-023230-(4)	127.1
TGB-022782-(6)	130.1	TGB-020756-(7)	126.1	TGB-023230-(5)	127.1
TGB-022782-(7)	128.1	TGB-020766-(1)	128.1	TGB-023230-(6)	127.1
TGB-022807-(1)	131.1	TGB-020766-(2)	130.1	TGB-023230-(7)	127.1

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=3.11; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=3.42; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 2.70

Ekimi yapılan genotiplerden üçüncü blokta yer alanlara ait kardeşlenme süreleri Tablo 12'de verilmiştir. En kısa kardeşlenme süresi TGB-023231-(6) ve TGB-023238-(5 ve 6) genotiplerinde 124.7 gün ile belirlenmiştir. Bu blokta ekimi yapılan genotiplerden en uzun kardeşlenme süresi 131.7 gün ile TGB-023238-(1), TGB-023238-(2), TGB-023238-(4), TGB-023238-(7), TGB-023081-(2), TGB-023081-(3), TGB-023081-(4), TGB-023081-(5) ve TGB-023081-(6) genotiplerinde belirlenmiştir.

Tablo 12: Üçüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden kardeşlenmeye gün sayıları ile düzeltilmiş kardeşlenme süreleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)
TGB-023231-(1)	125.7	TGB-023005-(5)	126.7	TGB-023112-(1)	128.7
TGB-023231-(2)	125.7	TGB-023005-(6)	129.7	TGB-023112-(2)	128.7
TGB-023231-(3)	125.7	TGB-023005-(7)	129.7	TGB-023112-(3)	127.7
TGB-023231-(4)	125.7	TGB-023081-(1)	128.7	TGB-023112-(4)	128.7
TGB-023231-(5)	125.7	TGB-023081-(2)	131.7	TGB-023112-(5)	128.7
TGB-023231-(6)	124.7	TGB-023081-(3)	131.7	TGB-023112-(6)	125.7
TGB-023231-(7)	125.7	TGB-023081-(4)	131.7	TGB-023112-(7)	128.7
TGB-023238-(1)	131.7	TGB-023081-(5)	131.7	TGB-023115-(1)	126.7
TGB-023238-(2)	131.7	TGB-023081-(6)	131.7	TGB-023115-(2)	126.7
TGB-023238-(4)	131.7	TGB-023081-(7)	129.7	TGB-023115-(3)	126.7
TGB-023238-(5)	124.7	TGB-023085-(1)	130.7	TGB-023115-(4)	126.7
TGB-023238-(6)	124.7	TGB-023085-(2)	130.7	TGB-023115-(5)	126.7
TGB-023238-(7)	131.7	TGB-023085-(3)	130.7	TGB-023115-(6)	126.7
TGB-023245-(1)	128.7	TGB-023085-(4)	130.7	TGB-023115-(7)	126.7
TGB-023245-(2)	128.7	TGB-023085-(5)	130.7	TGB-023116-(1)	125.7
TGB-023245-(3)	128.7	TGB-023085-(6)	129.7	TGB-023116-(2)	126.7
TGB-023245-(4)	128.7	TGB-023085-(7)	129.7	TGB-023116-(3)	126.7
TGB-023245-(5)	128.7	TGB-023110-(1)	127.7	TGB-023116-(4)	127.7
TGB-023245-(6)	128.7	TGB-023110-(2)	126.7	TGB-023116-(5)	126.7
TGB-023245-(7)	129.7	TGB-023110-(3)	125.7	TGB-023116-(6)	126.7
TGB-023005-(1)	129.7	TGB-023110-(4)	125.7	TGB-023116-(7)	126.7
TGB-023005-(2)	129.7	TGB-023110-(5)	125.7	TGB-023158-(5)	126.7
TGB-023005-(3)	129.7	TGB-023110-(6)	125.7	TGB-023158-(6)	126.7
TGB-023005-(4)	129.7	TGB-023110-(7)	125.7	TGB-023158-(7)	126.7

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=3.11; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=3.42; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 2.70

Dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait kardeşlenme süreleri Tablo 13'de verilmiştir. Bu blokta en kısa kardeşlenme süresi 123.5 gün ile TGB-023044-(1) genotipinde belirlenmiştir. Bu genotipi 125.5 gün ile TGB-022783-(6), TGB-024049-(1), TGB-024049-(2), TGB-024049-(5), TGB-024049-(6), TGB-024049-(7), TGB-022750-(7), TGB-023837-(1) ve TGB-023044-(5) genotiplerinin kardeşlenme süreleri izlemiştir. Bu blokta en uzun kardeşlenme süresi 129.5 gün ile TGB-023121-(3) genotipinde belirlenmiştir. TGB-022747-(5), TGB-023006-(1), TGB-023006-(2), TGB-023006-(3), TGB-023006-(5), TGB-023123-(2), TGB-023123-(4), TGB-023123-(5) ve TGB-023123-(6) genotiplerinin kardeşlenme süreleri 128.5 gün olarak belirlenmiştir.

Tablo 13: Dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden kardeşlenmeye gün sayıları ile düzeltilmiş kardeşlenme süreleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)
TGB-022783-(1)	127.5	TGB-022750-(4)	127.5	TGB-023104-(3)	127.5
TGB-022783-(2)	127.5	TGB-022750-(5)	127.5	TGB-023104-(4)	126.5
TGB-022783-(4)	127.5	TGB-022750-(6)	127.5	TGB-023104-(5)	126.5
TGB-022783-(5)	127.5	TGB-022750-(7)	125.5	TGB-023104-(6)	126.5
TGB-022783-(6)	125.5	TGB-023837-(1)	125.5	TGB-023104-(7)	127.5
TGB-022783-(7)	127.5	TGB-023837-(2)	126.5	TGB-023121-(1)	127.5
TGB-024049-(1)	125.5	TGB-023837-(3)	126.5	TGB-023121-(2)	127.5
TGB-024049-(2)	125.5	TGB-023837-(4)	126.5	TGB-023121-(3)	129.5
TGB-024049-(3)	126.5	TGB-023837-(5)	126.5	TGB-023121-(4)	127.5
TGB-024049-(4)	126.5	TGB-023837-(6)	126.5	TGB-023121-(5)	127.5
TGB-024049-(5)	125.5	TGB-023837-(7)	126.5	TGB-023121-(6)	127.5
TGB-024049-(6)	125.5	TGB-023006-(1)	128.5	TGB-023121-(7)	126.5
TGB-024049-(7)	125.5	TGB-023006-(2)	128.5	TGB-023123-(1)	127.5
TGB-022747-(1)	127.5	TGB-023006-(3)	128.5	TGB-023123-(2)	128.5
TGB-022747-(2)	127.5	TGB-023006-(5)	128.5	TGB-023123-(4)	128.5
TGB-022747-(3)	127.5	TGB-023044-(1)	123.5	TGB-023123-(5)	128.5
TGB-022747-(4)	127.5	TGB-023044-(2)	126.5	TGB-023123-(6)	128.5
TGB-022747-(5)	128.5	TGB-023044-(3)	126.5	TGB-023123-(7)	127.5
TGB-022747-(6)	127.5	TGB-023044-(4)	126.5	TGB-023154-(1)	126.5
TGB-022747-(7)	126.5	TGB-023044-(5)	125.5	TGB-023154-(2)	126.5
TGB-022750-(1)	127.5	TGB-023044-(7)	126.5	TGB-023154-(3)	126.5
TGB-022750-(2)	127.5	TGB-023104-(1)	126.5		
TGB-022750-(3)	127.5	TGB-023104-(2)	126.5		

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=3.11; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=3.42; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 2.70

2.3. Birinci yıl ekimden sapa kalkmaya gün sayısı

Ekimden sapa kalkmaya gün sayısı verileriyle kontrol çeşitler için yapılan varyans analiz sonuçları Tablo 14'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi ekimden sapa kalkmaya gün sayısı bakımından kontrol çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kontrol çeşitlerinin ortalamalarının karşılaştırıldığı AÖF testi, bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri de Tablo 15'de verilmiştir. Çeşit-1252 buğday çeşidinin sapa kalkma süresi tüm bloklar göz önüne alındığında ortalama

146.5 gün olarak hesaplanmış ve en uzun ekimden sapa kalkmaya gün sayısı bu kontrol çeşidinde belirlenmiştir. En kısa ekimden sapa kalkma gün sayısı ise İmren'de 143.3 gün ile belirlenmiştir.

Tablo 14: Kontrol çeşitlerin ekimden sapa kalkmaya gün sayılarına ait varyans analizi sonucu (I. Yıl)

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Blok	3	13.8	4.6	1.02
Çeşit	4	28.2	7.05	1.56*
Hata	12	54.2	4.517	
Genel	19	96.2		

*0.05 düzeyinde önemli, ** 0.01 düzeyinde önemli,Varyasyon Katsayısı (%): 0.9

Tablo 15: Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ait ekimden sapa kalkmaya gün sayıları ve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri (I. Yıl)

Çeşit	1.Blok	2. Blok	3. Blok	4. Blok	Toplam	Ortalama
Kızıltan-91	149	146	142	142	579	144.8ab*
Kunduru-1149	147	144	145	147	583	145.8ab
Eminbey	147	148	146	144	585	146.3ab
İmren	144	145	143	141	573	143.3b
Çeşit-1252	144	147	148	147	586	146.5a
Toplam	731	730	724	721		
Ortalama	146.2	146	144.8	144.2		145.3
Düzeltme Terimi	0.9	0.7	-0.5	-1.1		

*Farklı harflere sahip ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık bulunmaktadır. ($AÖF_{(0,05)}$=1.63)

2019-2020 vejetasyon döneminde birinci bloğa ekimi yapılan genotiplerin sapa kalkma sürelerine ait bilgiler Tablo 16'da verilmiştir. Birinci blokta sapa kalkma sürelerinin 138.1 gün ile 153.1 gün arasında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. En kısa sapa kalkma süresi TGB-023097-(2), TGB-023097-(3), TGB-023097-(4), TGB-023097-(5), TGB-023097-(6), TGB-023118-(1), TGB-023118-(2), TGB-023118-(4), TGB-023118-(5), TGB-023118-(6), TGB-023118-(7), TGB-023240-(1), TGB-023240-(3), TGB-023240-(4) ve TGB-023240-(5) genotiplerinde belirlenmiştir. En uzun sapa kalkma süresi ise TGB-023040-(4), TGB-023240-(6) ve TGB-023090-(5) genotiplerinde belirlenmiştir.

Tablo 16: Birinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden sapa kalkmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)
TGB-023040-(1)	141.1	TGB-023240-(4)	138.1	TGB-023017-(3)	149.1
TGB-023040-(2)	141.1	TGB-023240-(5)	138.1	TGB-023017-(4)	149.1
TGB-023040-(3)	141.1	TGB-023240-(6)	153.1	TGB-023017-(5)	149.1
TGB-023040-(4)	153.1	TGB-023240-(7)	147.1	TGB-023017-(6)	149.1
TGB-023040-(5)	148.1	TGB-020705-(1)	141.1	TGB-023017-(7)	150.1
TGB-023040-(6)	148.1	TGB-020705-(2)	141.1	TGB-023018-(1)	149.1
TGB-023040-(7)	148.1	TGB-020705-(3)	141.1	TGB-023018-(6)	147.1
TGB-023097-(1)	142.1	TGB-020705-(5)	141.1	TGB-023018-(7)	146.1
TGB-023097-(2)	138.1	TGB-020705-(6)	139.1	TGB-023021-(1)	148.1
TGB-023097-(3)	138.1	TGB-020705-(7)	143.1	TGB-023021-(2)	148.1
TGB-023097-(4)	138.1	TGB-023008-(1)	140.1	TGB-023021-(3)	148.1
TGB-023097-(5)	138.1	TGB-023008-(2)	146.1	TGB-023021-(4)	149.1
TGB-023097-(6)	138.1	TGB-023008-(3)	146.1	TGB-023021-(6)	148.1
TGB-023097-(7)	148.1	TGB-023008-(4)	146.1	TGB-023021-(7)	148.1
TGB-023118-(1)	138.1	TGB-023008-(5)	147.1	TGB-023023-(1)	148.1
TGB-023118-(2)	138.1	TGB-023008-(6)	146.1	TGB-023023-(2)	148.1
TGB-023118-(4)	138.1	TGB-023008-(7)	146.1	TGB-023023-(3)	148.1
TGB-023118-(5)	138.1	TGB-023010-(1)	150.1	TGB-023023-(4)	148.1
TGB-023118-(6)	138.1	TGB-023010-(2)	141.1	TGB-023023-(5)	148.1
TGB-023118-(7)	138.1	TGB-023010-(3)	141.1	TGB-023023-(6)	144.1
TGB-023119-(1)	146.1	TGB-023010-(4)	141.1	TGB-023023-(7)	148.1
TGB-023119-(2)	145.1	TGB-023010-(5)	141.1	TGB-023090-(1)	149.1
TGB-023119-(3)	146.1	TGB-023010-(6)	141.1	TGB-023090-(2)	149.1
TGB-023119-(4)	146.1	TGB-023010-(7)	141.1	TGB-023090-(3)	149.1
TGB-023119-(5)	146.1	TGB-023012-(1)	141.1	TGB-023090-(4)	149.1
TGB-023119-(6)	146.1	TGB-023012-(2)	141.1	TGB-023090-(5)	153.1
TGB-023119-(7)	152.1	TGB-023012-(3)	141.1	TGB-023090-(6)	147.1
TGB-023240-(1)	138.1	TGB-023012-(6)	141.1	TGB-023090-(7)	149.1
TGB-023240-(2)	143.1	TGB-023012-(7)	141.1		
TGB-023240-(3)	138.1	TGB-023017-(2)	149.1		

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=6.55; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=7.17; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 5.67

İkinci blokta ekimi yapılan genotiplerin sapa kalkma süreleri 141.3 gün ile 150.3 gün arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 17). En kısa sapa kalkma süresi TGB-020756-(7), TGB-022807-(2), TGB-022807-(3), TGB-022807-(4), TGB-022807-(5), TGB-022807-(6), TGB-020753-(1), TGB-020753-(2), TGB-020753-(3), TGB-020753-(4), TGB-020753-(5), TGB-020753-(6), TGB-020753-(7), TGB-020756-(1), TGB-020756-(2), TGB-020756-(3), TGB-020756-(4), TGB-020756-(6) ve TGB-020766-(1) genotiplerinde, en

uzun sapa kalkma süresi ise TGB-023229-(2), TGB-023229-(3), TGB-023229-(4), TGB-023229-(5), TGB-023229-(7) ve TGB-023230-(1) genotiplerinde belirlenmiştir.

Tablo 17: İkinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden sapa kalkmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)
TGB-023094-(1)	145.3	TGB-022807-(2)	142.3	TGB-020766-(3)	145.3
TGB-023094-(2)	145.3	TGB-022807-(3)	142.3	TGB-020766-(4)	145.3
TGB-023094-(3)	145.3	TGB-022807-(4)	142.3	TGB-020766-(5)	144.3
TGB-023094-(4)	147.3	TGB-022807-(5)	142.3	TGB-020766-(6)	145.3
TGB-023094-(5)	145.3	TGB-022807-(6)	142.3	TGB-020766-(7)	145.3
TGB-023094-(6)	145.3	TGB-022807-(7)	143.3	TGB-023218-(1)	143.3
TGB-023094-(7)	147.3	TGB-020753-(1)	142.3	TGB-023218-(2)	143.3
TGB-023977-(1)	149.3	TGB-020753-(2)	142.3	TGB-023218-(3)	143.3
TGB-023977-(2)	149.3	TGB-020753-(3)	142.3	TGB-023218-(4)	143.3
TGB-023977-(3)	149.3	TGB-020753-(4)	142.3	TGB-023218-(5)	140.3
TGB-023977-(4)	149.3	TGB-020753-(5)	142.3	TGB-023218-(6)	148.3
TGB-023977-(5)	144.3	TGB-020753-(6)	142.3	TGB-023218-(7)	143.3
TGB-023977-(6)	143.3	TGB-020753-(7)	142.3	TGB-023219-(1)	148.3
TGB-023977-(7)	149.3	TGB-020754-(1)	144.3	TGB-023219-(2)	148.3
TGB-022781-(1)	147.3	TGB-020754-(2)	147.3	TGB-023219-(4)	148.3
TGB-022781-(2)	147.3	TGB-020754-(3)	146.3	TGB-023219-(5)	148.3
TGB-022781-(3)	143.3	TGB-020754-(4)	147.3	TGB-023222-(5)	144.3
TGB-022781-(4)	147.3	TGB-020754-(5)	147.3	TGB-023229-(2)	150.3
TGB-022781-(5)	147.3	TGB-020754-(6)	147.3	TGB-023229-(3)	150.3
TGB-022781-(6)	147.3	TGB-020754-(7)	147.3	TGB-023229-(4)	150.3
TGB-022781-(7)	146.3	TGB-020756-(1)	142.3	TGB-023229-(5)	150.3
TGB-022782-(1)	148.3	TGB-020756-(2)	142.3	TGB-023229-(7)	150.3
TGB-022782-(2)	146.3	TGB-020756-(3)	142.3	TGB-023230-(1)	150.3
TGB-022782-(3)	148.3	TGB-020756-(4)	142.3	TGB-023230-(2)	146.3
TGB-022782-(4)	148.3	TGB-020756-(5)	145.3	TGB-023230-(3)	143.3
TGB-022782-(5)	148.3	TGB-020756-(6)	142.3	TGB-023230-(4)	143.3
TGB-022782-(6)	146.3	TGB-020756-(7)	141.3	TGB-023230-(5)	143.3
TGB-022782-(7)	148.3	TGB-020766-(1)	142.3	TGB-023230-(6)	143.3
TGB-022807-(1)	148.3	TGB-020766-(2)	145.3	TGB-023230-(7)	143.3

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=6.55; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=7.17; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 5.67

Üçüncü blokta ekimi yapılan genotiplerin sapa kalkma süreleri 143.5 gün ile 152.5 gün arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 18). En kısa sapa kalkma süresi TGB-023231-(1), TGB-023231-(3), TGB-023231-(4), TGB-023231-(5), TGB-023231-(7) ve TGB-023238-(6) genotiplerinde belirlenmiştir. En uzun sapa kalkma süresi ise TGB-023085-(1), TGB-

023085-(2), TGB-023085-(3), TGB-023085-(4) ve TGB-023085-(5) genotiplerinde belirlenmiştir.

Tablo 18: Üçüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden sapa kalkmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)
TGB-023231-(1)	143.5	TGB-023005-(5)	150.5	TGB-023112-(1)	147.5
TGB-023231-(2)	145.5	TGB-023005-(6)	148.5	TGB-023112-(2)	147.5
TGB-023231-(3)	143.5	TGB-023005-(7)	145.5	TGB-023112-(3)	148.5
TGB-023231-(4)	143.5	TGB-023081-(1)	144.5	TGB-023112-(4)	147.5
TGB-023231-(5)	143.5	TGB-023081-(2)	145.5	TGB-023112-(5)	147.5
TGB-023231-(6)	144.5	TGB-023081-(3)	145.5	TGB-023112-(6)	146.5
TGB-023231-(7)	143.5	TGB-023081-(4)	145.5	TGB-023112-(7)	147.5
TGB-023238-(1)	151.5	TGB-023081-(5)	145.5	TGB-023115-(1)	148.5
TGB-023238-(2)	151.5	TGB-023081-(6)	145.5	TGB-023115-(2)	148.5
TGB-023238-(4)	151.5	TGB-023081-(7)	150.5	TGB-023115-(3)	148.5
TGB-023238-(5)	145.5	TGB-023085-(1)	152.5	TGB-023115-(4)	148.5
TGB-023238-(6)	143.5	TGB-023085-(2)	152.5	TGB-023115-(5)	148.5
TGB-023238-(7)	151.5	TGB-023085-(3)	152.5	TGB-023115-(6)	150.5
TGB-023245-(1)	150.5	TGB-023085-(4)	152.5	TGB-023115-(7)	150.5
TGB-023245-(2)	148.5	TGB-023085-(5)	152.5	TGB-023116-(1)	149.5
TGB-023245-(3)	148.5	TGB-023085-(6)	151.5	TGB-023116-(2)	147.5
TGB-023245-(4)	148.5	TGB-023085-(7)	149.5	TGB-023116-(3)	147.5
TGB-023245-(5)	148.5	TGB-023110-(1)	145.5	TGB-023116-(4)	148.5
TGB-023245-(6)	148.5	TGB-023110-(2)	145.5	TGB-023116-(5)	147.5
TGB-023245-(7)	147.5	TGB-023110-(3)	144.5	TGB-023116-(6)	147.5
TGB-023005-(1)	148.5	TGB-023110-(4)	144.5	TGB-023116-(7)	147.5
TGB-023005-(2)	148.5	TGB-023110-(5)	144.5	TGB-023158-(5)	147.5
TGB-023005-(3)	148.5	TGB-023110-(6)	144.5	TGB-023158-(6)	147.5
TGB-023005-(4)	148.5	TGB-023110-(7)	144.5	TGB-023158-(7)	147.5

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=6.55; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=7.17; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 5.67

Dördüncü blokta en kısa sapa kalkma süresi 140.1 gün ile TGB-023044-(1) genotipinde belirlenmiş ve bunu TGB-023044-(2), TGB-023044-(3), TGB-023044-(4), TGB-023044-(7) ve TGB-023121-(7) genotipleri izlemiştir. En uzun sapa kalkma süresi ise 149.1 gün ile TGB-022783-(6) genotipinde belirlenmiştir (Tablo 19).

Tablo 19: Dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden sapa kalkmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)
TGB-022783-(1)	146.1	TGB-022750-(4)	148.1	TGB-023104-(3)	145.1
TGB-022783-(2)	146.1	TGB-022750-(5)	145.1	TGB-023104-(4)	144.1
TGB-022783-(4)	147.1	TGB-022750-(6)	145.1	TGB-023104-(5)	144.1
TGB-022783-(5)	147.1	TGB-022750-(7)	145.1	TGB-023104-(6)	144.1
TGB-022783-(6)	149.1	TGB-023837-(1)	143.1	TGB-023104-(7)	144.1
TGB-022783-(7)	147.1	TGB-023837-(2)	145.1	TGB-023121-(1)	145.1
TGB-024049-(1)	144.1	TGB-023837-(3)	144.1	TGB-023121-(2)	145.1
TGB-024049-(2)	144.1	TGB-023837-(4)	144.1	TGB-023121-(3)	144.1
TGB-024049-(3)	146.1	TGB-023837-(5)	144.1	TGB-023121-(4)	145.1
TGB-024049-(4)	146.1	TGB-023837-(6)	144.1	TGB-023121-(5)	145.1
TGB-024049-(5)	144.1	TGB-023837-(7)	144.1	TGB-023121-(6)	145.1
TGB-024049-(6)	144.1	TGB-023006-(1)	146.1	TGB-023121-(7)	142.1
TGB-024049-(7)	144.1	TGB-023006-(2)	146.1	TGB-023123-(1)	144.1
TGB-022747-(1)	146.1	TGB-023006-(3)	146.1	TGB-023123-(2)	144.1
TGB-022747-(2)	146.1	TGB-023006-(5)	146.1	TGB-023123-(4)	144.1
TGB-022747-(3)	146.1	TGB-023044-(1)	140.1	TGB-023123-(5)	144.1
TGB-022747-(4)	146.1	TGB-023044-(2)	142.1	TGB-023123-(6)	144.1
TGB-022747-(5)	146.1	TGB-023044-(3)	142.1	TGB-023123-(7)	147.1
TGB-022747-(6)	146.1	TGB-023044-(4)	142.1	TGB-023154-(1)	144.1
TGB-022747-(7)	144.1	TGB-023044-(5)	144.1	TGB-023154-(2)	144.1
TGB-022750-(1)	145.1	TGB-023044-(7)	142.1	TGB-023154-(3)	144.1
TGB-022750-(2)	145.1	TGB-023104-(1)	144.1		
TGB-022750-(3)	145.1	TGB-023104-(2)	144.1		

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=6.55; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=7.17; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 5.67

2.4. Birinci yıl ekimden başaklanmaya gün sayısı

Ekimden başaklanmayla gün sayısı verileriyle kontrol çeşitler için yapılan varyans analiz sonuçları Tablo 20'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi ekimden başaklanmaya gün sayısı bakımından kontrol çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak % 5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kontrol çeşitlerinin ortalamalarının karşılaştırıldığı AÖF testi, bloklara göre

hesaplanan düzeltme terimleri de Tablo 21'de verilmiştir. En yüksek başaklanma süresi kontrol çeşitlerinden Kızıltan-91 buğday çeşidinde ortalama 225.3 gün ile hesaplanmıştır. En kısa sapa kalkma süresi ise Eminbey'de 222.3 gün ile belirlenmiştir.

Tablo 20: Kontrol çeşitlerin ekimden başaklanmaya gün sayılarına ait varyans analizi sonucu (I. Yıl)

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Blok	3	21.75	7.25	1.49
Çeşit	4	24.7	6.175	1.27*
Hata	12	58.5	4.875	
Genel	19	104.95		

*0.05 düzeyinde önemli, ** 0.01 düzeyinde önemli,Varyasyon Katsayısı (%): 1.1

Tablo 21: Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ekimden başaklanmaya gün sayılarıve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri (I. Yıl)

Çeşit	1.Blok	2. Blok	3. Blok	4. Blok	Toplam	Ortalama
Kızıltan-91	223	225	228	225	901	225.3a*
Kunduru-1149	221	224	227	221	893	223.3a
Eminbey	221	220	221	227	889	222.3b
İmren	224	223	223	226	896	224.0a
Çeşit-1252	223	226	225	226	900	225.0a
Toplam	1112	1118	1124	1125		
Ortalama	222.4	223.6	224.8	225		224.0
Düzeltme Terimi	-1.5	-0.3	0.9	1.1		

*Farklı harflere sahip ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık bulunmaktadır. ($AÖF_{(0,05)}$=1.70)

Birinci blokta ekimi yapılan genotiplerin ekimden başaklanmaya gün sayıları 223.5 gün ile 239.5 gün arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 22). Bu blokta ekimi yapılan genotiplerden TGB-023010-(1), TGB-023010-(2), TGB-023010-(3), TGB-023010-(4), TGB-023010-(5), TGB-023010-(6) ve TGB-023010-(7) kodlu genotiplerin başaklanma süreleri 223.5 gün olarak belirlenmiştir. En uzun başaklanma süresi ise TGB-020705-(1), TGB-020705-(2), TGB-020705-(3) ve TGB-020705-(5) genotiplerinde 239.5 gün ile belirlenmiştir.

Tablo 22: Birinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden başaklanmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)
TGB-023040-(1)	226.5	TGB-023240-(4)	228.5	TGB-023017-(3)	231.5
TGB-023040-(2)	226.5	TGB-023240-(5)	228.5	TGB-023017-(4)	231.5
TGB-023040-(3)	226.5	TGB-023240-(6)	228.5	TGB-023017-(5)	231.5
TGB-023040-(4)	226.5	TGB-023240-(7)	228.5	TGB-023017-(6)	231.5
TGB-023040-(5)	226.5	TGB-020705-(1)	239.5	TGB-023017-(7)	231.5
TGB-023040-(6)	226.5	TGB-020705-(2)	239.5	TGB-023018-(1)	229.5
TGB-023040-(7)	226.5	TGB-020705-(3)	239.5	TGB-023018-(6)	229.5
TGB-023097-(1)	231.5	TGB-020705-(5)	239.5	TGB-023018-(7)	229.5
TGB-023097-(2)	231.5	TGB-020705-(6)	234.5	TGB-023021-(1)	229.5
TGB-023097-(3)	231.5	TGB-020705-(7)	232.5	TGB-023021-(2)	229.5
TGB-023097-(4)	231.5	TGB-023008-(1)	226.5	TGB-023021-(3)	229.5
TGB-023097-(5)	231.5	TGB-023008-(2)	226.5	TGB-023021-(4)	229.5
TGB-023097-(6)	231.5	TGB-023008-(3)	226.5	TGB-023021-(6)	229.5
TGB-023097-(7)	231.5	TGB-023008-(4)	226.5	TGB-023021-(7)	229.5
TGB-023118-(1)	230.5	TGB-023008-(5)	226.5	TGB-023023-(1)	228.5
TGB-023118-(2)	230.5	TGB-023008-(6)	226.5	TGB-023023-(2)	228.5
TGB-023118-(4)	230.5	TGB-023008-(7)	226.5	TGB-023023-(3)	228.5
TGB-023118-(5)	230.5	TGB-023010-(1)	223.5	TGB-023023-(4)	228.5
TGB-023118-(6)	230.5	TGB-023010-(2)	223.5	TGB-023023-(5)	228.5
TGB-023118-(7)	230.5	TGB-023010-(3)	223.5	TGB-023023-(6)	228.5
TGB-023119-(1)	229.5	TGB-023010-(4)	223.5	TGB-023023-(7)	228.5
TGB-023119-(2)	229.5	TGB-023010-(5)	223.5	TGB-023090-(1)	232.5
TGB-023119-(3)	229.5	TGB-023010-(6)	223.5	TGB-023090-(2)	232.5
TGB-023119-(4)	229.5	TGB-023010-(7)	223.5	TGB-023090-(3)	232.5
TGB-023119-(5)	229.5	TGB-023012-(1)	231.5	TGB-023090-(4)	232.5
TGB-023119-(6)	229.5	TGB-023012-(2)	231.5	TGB-023090-(5)	232.5
TGB-023119-(7)	229.5	TGB-023012-(3)	231.5	TGB-023090-(6)	232.5
TGB-023240-(1)	228.5	TGB-023012-(6)	231.5	TGB-023090-(7)	232.5
TGB-023240-(2)	228.5	TGB-023012-(7)	231.5		
TGB-023240-(3)	228.5	TGB-023017-(2)	231.5		

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=6.80; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=7.45; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 5.89

İkinci blokta ekimi yapılan genotiplerin ekimden başaklanmaya gün sayıları 220.3 gün ile 229.3 gün arasında değişiklik göstermiştir (Tablo 23). Bu blokta TGB-020766-(1), TGB-020766-(2), TGB-020766-(3), TGB-020766-(4), TGB-020766-(5), TGB-020766-(6) ve TGB-020766-(7) genotiplerinin başaklanma süreleri 220.3 gün olarak belirlenirken TGB-023977-(1), TGB-023977-(2), TGB-023977-(3), TGB-023977-(4), TGB-023977-(5), TGB-023977-(6) ve TGB-023977-(7), TGB-023222-(5), TGB-023229-(2), TGB-023229-(3), TGB-023229-(4), TGB-023229-(5) ve TGB-023229-(7) genotiplerinin başaklanma süreleri 229.3 gün olarak belirlenmiştir.

Tablo 23: İkinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden başaklanmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)
TGB-023094-(1)	228.3	TGB-022807-(2)	221.3	TGB-020766-(3)	220.3
TGB-023094-(2)	228.3	TGB-022807-(3)	221.3	TGB-020766-(4)	220.3
TGB-023094-(3)	228.3	TGB-022807-(4)	221.3	TGB-020766-(5)	220.3
TGB-023094-(4)	228.3	TGB-022807-(5)	221.3	TGB-020766-(6)	220.3
TGB-023094-(5)	228.3	TGB-022807-(6)	221.3	TGB-020766-(7)	220.3
TGB-023094-(6)	228.3	TGB-022807-(7)	221.3	TGB-023218-(1)	225.3
TGB-023094-(7)	228.3	TGB-020753-(1)	221.3	TGB-023218-(2)	225.3
TGB-023977-(1)	229.3	TGB-020753-(2)	221.3	TGB-023218-(3)	225.3
TGB-023977-(2)	229.3	TGB-020753-(3)	221.3	TGB-023218-(4)	225.3
TGB-023977-(3)	229.3	TGB-020753-(4)	221.3	TGB-023218-(5)	225.3
TGB-023977-(4)	229.3	TGB-020753-(5)	221.3	TGB-023218-(6)	225.3
TGB-023977-(5)	229.3	TGB-020753-(6)	221.3	TGB-023218-(7)	225.3
TGB-023977-(6)	229.3	TGB-020753-(7)	221.3	TGB-023219-(1)	228.3
TGB-023977-(7)	229.3	TGB-020754-(1)	222.3	TGB-023219-(2)	228.3
TGB-022781-(1)	225.3	TGB-020754-(2)	222.3	TGB-023219-(4)	228.3
TGB-022781-(2)	225.3	TGB-020754-(3)	222.3	TGB-023219-(5)	228.3
TGB-022781-(3)	225.3	TGB-020754-(4)	222.3	TGB-023222-(5)	229.3
TGB-022781-(4)	225.3	TGB-020754-(5)	222.3	TGB-023229-(2)	229.3
TGB-022781-(5)	225.3	TGB-020754-(6)	222.3	TGB-023229-(3)	229.3
TGB-022781-(6)	225.3	TGB-020754-(7)	222.3	TGB-023229-(4)	229.3
TGB-022781-(7)	225.3	TGB-020756-(1)	222.3	TGB-023229-(5)	229.3
TGB-022782-(1)	221.3	TGB-020756-(2)	222.3	TGB-023229-(7)	229.3
TGB-022782-(2)	221.3	TGB-020756-(3)	222.3	TGB-023230-(1)	225.3
TGB-022782-(3)	221.3	TGB-020756-(4)	222.3	TGB-023230-(2)	225.3
TGB-022782-(4)	221.3	TGB-020756-(5)	222.3	TGB-023230-(3)	225.3
TGB-022782-(5)	221.3	TGB-020756-(6)	222.3	TGB-023230-(4)	225.3
TGB-022782-(6)	221.3	TGB-020756-(7)	222.3	TGB-023230-(5)	225.3
TGB-022782-(7)	221.3	TGB-020766-(1)	220.3	TGB-023230-(6)	225.3
TGB-022807-(1)	221.3	TGB-020766-(2)	220.3	TGB-023230-(7)	225.3

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=6.80; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=7.45; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 5.89

Üçüncü blokta ekimi yapılan genotiplerin ekimden başaklanmaya gün sayıları 216.1 gün ile 229.1 gün arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 24). Bu blokta en kısa başaklanma süresi TGB-023245-(1), TGB-023245-(2), TGB-023245-(3), TGB-023245-(4), TGB-023245-(5), TGB-023245-(6) ve TGB-023245-(7) genotiplerinde. En uzun başaklanma süresi ise TGB-023116-(1), TGB-023116-(2), TGB-023116-(3), TGB-023116-(4), TGB-023116-(5), TGB-023116-(6) ve TGB-023116-(7), TGB-023158-(5), TGB-023158-(6) ve TGB-023158-(7) genotiplerinde belirlenmiştir.

Tablo 24: Üçüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden başaklanmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)
TGB-023231-(1)	222.1	TGB-023005-(5)	221.1	TGB-023112-(1)	221.1
TGB-023231-(2)	222.1	TGB-023005-(6)	222.1	TGB-023112-(2)	221.1
TGB-023231-(3)	222.1	TGB-023005-(7)	219.1	TGB-023112-(3)	221.1
TGB-023231-(4)	222.1	TGB-023081-(1)	223.1	TGB-023112-(4)	221.1
TGB-023231-(5)	222.1	TGB-023081-(2)	223.1	TGB-023112-(5)	221.1
TGB-023231-(6)	222.1	TGB-023081-(3)	218.1	TGB-023112-(6)	221.1
TGB-023231-(7)	222.1	TGB-023081-(4)	218.1	TGB-023112-(7)	221.1
TGB-023238-(1)	220.1	TGB-023081-(5)	220.1	TGB-023115-(1)	228.1
TGB-023238-(2)	220.1	TGB-023081-(6)	220.1	TGB-023115-(2)	228.1
TGB-023238-(4)	220.1	TGB-023081-(7)	222.1	TGB-023115-(3)	228.1
TGB-023238-(5)	220.1	TGB-023085-(1)	225.1	TGB-023115-(4)	228.1
TGB-023238-(6)	220.1	TGB-023085-(2)	225.1	TGB-023115-(5)	228.1
TGB-023238-(7)	220.1	TGB-023085-(3)	225.1	TGB-023115-(6)	228.1
TGB-023245-(1)	216.1	TGB-023085-(4)	225.1	TGB-023115-(7)	228.1
TGB-023245-(2)	216.1	TGB-023085-(5)	225.1	TGB-023116-(1)	229.1
TGB-023245-(3)	216.1	TGB-023085-(6)	225.1	TGB-023116-(2)	229.1
TGB-023245-(4)	216.1	TGB-023085-(7)	225.1	TGB-023116-(3)	229.1
TGB-023245-(5)	216.1	TGB-023110-(1)	228.1	TGB-023116-(4)	229.1
TGB-023245-(6)	216.1	TGB-023110-(2)	228.1	TGB-023116-(5)	229.1
TGB-023245-(7)	216.1	TGB-023110-(3)	228.1	TGB-023116-(6)	229.1
TGB-023005-(1)	222.1	TGB-023110-(4)	228.1	TGB-023116-(7)	229.1
TGB-023005-(2)	222.1	TGB-023110-(5)	228.1	TGB-023158-(5)	229.1
TGB-023005-(3)	223.1	TGB-023110-(6)	228.1	TGB-023158-(6)	229.1
TGB-023005-(4)	219.1	TGB-023110-(7)	228.1	TGB-023158-(7)	229.1

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=6.80; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=7.45; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 5.89

Dördüncü blokta ekimi yapılan materyallerin ekimden başaklanmaya gün sayıları ait bilgiler Tablo 25'de verilmiştir. Bu blokta en kısa başaklanma süresi 210.9 gün ile TGB-024049-(1), TGB-024049-(2), TGB-024049-(3), TGB-024049-(4), TGB-024049-(5), TGB-024049-(6) ve TGB-024049-(7) genotiplerinde belirlenmiştir. En uzun başaklanma süresi ise 228.9 gün ile TGB-023154-(1), TGB-023154-(2) ve TGB-023154-(3) genotiplerinde belirlenmiştir.

Tablo 25: Dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden başaklanmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (I. Yıl)

Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)
TGB-022783-(1)	219.9	TGB-022750-(4)	216.9	TGB-023104-(3)	227.9
TGB-022783-(2)	219.9	TGB-022750-(5)	216.9	TGB-023104-(4)	227.9
TGB-022783-(4)	219.9	TGB-022750-(6)	216.9	TGB-023104-(5)	227.9
TGB-022783-(5)	219.9	TGB-022750-(7)	216.9	TGB-023104-(6)	227.9
TGB-022783-(6)	219.9	TGB-023837-(1)	220.9	TGB-023104-(7)	227.9
TGB-022783-(7)	219.9	TGB-023837-(2)	220.9	TGB-023121-(1)	222.9
TGB-024049-(1)	210.9	TGB-023837-(3)	220.9	TGB-023121-(2)	222.9
TGB-024049-(2)	210.9	TGB-023837-(4)	220.9	TGB-023121-(3)	222.9
TGB-024049-(3)	210.9	TGB-023837-(5)	220.9	TGB-023121-(4)	222.9
TGB-024049-(4)	210.9	TGB-023837-(6)	220.9	TGB-023121-(5)	222.9
TGB-024049-(5)	210.9	TGB-023837-(7)	220.9	TGB-023121-(6)	222.9
TGB-024049-(6)	210.9	TGB-023006-(1)	220.9	TGB-023121-(7)	222.9
TGB-024049-(7)	210.9	TGB-023006-(2)	220.9	TGB-023123-(1)	218.9
TGB-022747-(1)	216.9	TGB-023006-(3)	220.9	TGB-023123-(2)	218.9
TGB-022747-(2)	216.9	TGB-023006-(5)	220.9	TGB-023123-(4)	218.9
TGB-022747-(3)	216.9	TGB-023044-(1)	227.9	TGB-023123-(5)	218.9
TGB-022747-(4)	216.9	TGB-023044-(2)	227.9	TGB-023123-(6)	218.9
TGB-022747-(5)	216.9	TGB-023044-(3)	227.9	TGB-023123-(7)	218.9
TGB-022747-(6)	216.9	TGB-023044-(4)	227.9	TGB-023154-(1)	228.9
TGB-022747-(7)	216.9	TGB-023044-(5)	227.9	TGB-023154-(2)	228.9
TGB-022750-(1)	216.9	TGB-023044-(7)	227.9	TGB-023154-(3)	228.9
TGB-022750-(2)	216.9	TGB-023104-(1)	227.9		
TGB-022750-(3)	216.9	TGB-023104-(2)	227.9		

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=6.80; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=7.45; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 5.89

2.5. İkinci yıl ekimden çıkışa gün sayısı

Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 26'da verilmiştir. Ekimden çıkışa gün sayısı bakımından kontrol çeşitleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Kontrol çeşitlerinin ortalamalarının karşılaştırıldığı AÖF testi, bloklara göre

hesaplanan düzeltme terimleri de Tablo 27'de verilmiştir. Kontrol çeşitlerinden Çeşit-1252 buğday çeşidinin çıkış süresi tüm bloklar göz önüne alındığında en uzun çıkış süresine sahip olmuş ve ortalama 67.5 gün olarak hesaplanmıştır.

Tablo 26: Kontrol çeşitlerinin ekimden çıkışa gün sayılarına ait varyans analizi sonucu (II. Yıl)

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Blok	5	118	23.65	1.2
Çeşit	4	97	24.25	1.2
Hata	20	393	19.67	
Genel	29	609		

Varyasyon Katsayısı (%): 7.1

Tablo 27: Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ait ekimden çıkışa gün sayıları ve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri (II. Yıl)

Çeşit	1.Blo	2.Blo	3.Blo	4.Blo	5.Blo	6.Blo	Topla	Ortalam
Kızıltan-91	71	73	61	68	62	61	396	66.0a*
Kunduru-1149	70	62	65	62	61	61	381	63.5a
Eminbey	61	67	61	67	61	59	376	62.7a
İmren	60	70	60	59	64	69	382	63.7a
Çeşit-1252	58	73	69	67	70	68	405	67.5a
Toplam	320	345	316	323	318	318		
Ortalama	64	69	63.2	64.6	63.6	63.6		64.7
Düzeltme	-0.7	4.3	-1.5	-0.1	-1.1	-1.1		

*Farklı harflere sahip ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık bulunmaktadır. ($AÖF_{(0,05)}$=5.34)

Birinci ve ikinci blokta ekimi yapılan genotiplerin çıkış sürelerine ait bilgiler Tablo 28'de verilmiştir. Birinci blokta çıkış süreleri 54.7 ile 75.7 gün arasında değişiklik göstermiştir. En kısa çıkış süresi TGB-023119-(1) genotipinde belirlenirken en uzun çıkış süresi TGB-023240-(6) ve TGB-023010-(1) genotiplerinde belirlenmiştir. İkinci blokta ise çıkış süreleri 54.7 ile 70.7 gün arasında değişiklik göstermiştir. TGB-023018-(7) ve TGB-023023-(6) en kısa çıkış süresine sahip olurken TGB-023094-(7) genotipi en uzun çıkış süresine sahip olmuştur.

Tablo 28: Birinci ve ikinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden çıkışa gün sayıları ile düzeltilmiş çıkış süreleri (II. Yıl)

1.Blok Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	2.Blok Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)
TGB-023040-(3)	58.7	TGB-023017-(4)	67.7
TGB-023040-(4)	68.7	TGB-023017-(7)	66.7
TGB-023040-(6)	67.7	TGB-023018-(6)	62.7
TGB-023097-(1)	67.7	TGB-023018-(7)	54.7
TGB-023097-(3)	58.7	TGB-023021-(1)	55.7
TGB-023097-(7)	58.7	TGB-023021-(4)	55.7
TGB-023119-(1)	54.7	TGB-023021-(7)	58.7
TGB-023119-(2)	57.7	TGB-023023-(3)	63.7
TGB-023119-(7)	70.7	TGB-023023-(6)	54.7
TGB-023240-(2)	58.7	TGB-023090-(1)	56.7
TGB-023240-(6)	75.7	TGB-023090-(5)	64.7
TGB-023240-(7)	60.7	TGB-023090-(6)	62.7
TGB-020705-(1)	69.7	TGB-023094-(4)	56.7
TGB-020705-(6)	61.7	TGB-023094-(6)	64.7
TGB-020705-(7)	73.7	TGB-023094-(7)	70.7
TGB-023008-(1)	59.7	TGB-023977-(3)	63.7
TGB-023008-(3)	71.7	TGB-023977-(5)	59.7
TGB-023008- (5)	64.7	TGB-023977-(6)	62.7
TGB-023010-(1)	75.7	TGB-022781-(3)	56.7
TGB-023010- (2)	60.7	TGB-022781-(5)	57.7
TGB-023010- (6)	68.7	TGB-022781-(7)	59.7

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=13.08; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=14.33; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 10.94

Üçüncü ve dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplerin çıkış sürelerine ait bilgiler Tablo 29'da verilmiştir. Üçüncü blokta çıkış süreleri 60.5 ile 76.5 gün arasında değişiklik göstermiştir. En kısa çıkış süresi TGB-022807-(7) ve TGB-020754-(1) genotiplerinde belirlenirken, en uzun çıkış süresi TGB-020766-(5) genotipinde belirlenmiştir. Dördüncü blokta ise çıkış süreleri 59.1 ile 70.1 gün arasında değişiklik göstermiştir. Bu blokta en kısa çıkış süresi TGB-023231-(6) ve TGB-023238-(6) genotiplerinde belirlenmiştir. En uzun çıkış süresi ise TGB-023005-(7) genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 29: Üçüncü ve dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplerin ekimden çıkışa gün sayıları ile düzeltilmiş çıkış süreleri (II. Yıl)

3.Blok Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	4.Blok Genotip	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)
TGB-022782-(2)	71.5	TGB-023230-(1)	69.1
TGB-022782-(4)	68.5	TGB-023230-(2)	60.1
TGB-022782-(6)	63.5	TGB-023230-(3)	64.1
TGB-022807-(1)	65.5	TGB-023231-(2)	60.1
TGB-022807-(5)	62.5	TGB-023231-(4)	61.1
TGB-022807-(7)	60.5	TGB-023231-(6)	59.1
TGB-020753-(1)	63.5	TGB-023238-(5)	60.1
TGB-020753-(6)	62.5	TGB-023238-(6)	59.1
TGB-020754-(1)	60.5	TGB-023238-(7)	60.1
TGB-020754-(3)	71.5	TGB-023245-(1)	61.1
TGB-020754-(6)	68.5	TGB-023245-(2)	63.1
TGB-020756-(3)	62.5	TGB-023245-(7)	67.1
TGB-020756-(5)	61.5	TGB-023005-(1)	64.1
TGB-020756-(7)	65.5	TGB-023005-(5)	68.1
TGB-020766-(1)	69.5	TGB-023005-(7)	70.1
TGB-020766(2)	68.5	TGB-023081-(1)	69.1
TGB-020766-(5)	76.5	TGB-023081-(2)	69.1
TGB-023218-(4)	64.5	TGB-023081-(7)	68.1
TGB-023218-(5)	60.5	TGB-023085-(1)	67.1
TGB-023218-(6)	68.5	TGB-023085-(6)	61.1
		TGB-023085-(7)	62.1

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=13.08; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=14.33; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 10.94

Beşinci ve altıncı blokta ekimi yapılan genotiplerin çıkış sürelerine ait bilgiler Tablo 30'da verilmiştir. Beşinci blokta genotiplerin çıkış süreleri 58.1 ile 70.1 gün arasında değişiklik göstermiştir. En kısa çıkış süresi TGB-023115-(6) genotipinde belirlenmiştir. En uzun çıkış süresi ise TGB-024049-(4) genotipinde belirlenmiştir. Altıncı blokta ise çıkış süreleri 59.1 ile 71.1 gün arasında değişiklik göstermiştir. En kısa çıkış süresi TGB-023044-(1) genotipinde belirlenirken en uzun çıkış süresi TGB-022750-(4) genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 30: Beşinci ve altıncı blokta ekimi yapılan genotiplerin ait ekimden çıkışa gün sayıları ile düzeltilmiş çıkış süreleri (II. Yıl)

5.Blok	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)	6.Blok	Düzeltilmiş Çıkış Süresi (gün)
TGB-023110-(1)	62.1	TGB-022750-(4)	71.1
TGB-023110-(2)	59.1	TGB-022750-(5)	70.1
TGB-023110-(3)	60.1	TGB-022750-(7)	60.1
TGB-023112-(3)	61.1	TGB-023837-(1)	61.1
TGB-023112-(4)	60.1	TGB-023837-(2)	65.1
TGB-023112-(6)	60.1	TGB-023837-(3)	64.1
TGB-023115-(1)	62.1	TGB-023006-(2)	65.1
TGB-023115-(6)	58.1	TGB-023044-(1)	59.1
TGB-023115-(7)	60.1	TGB-023044-(3)	64.1
TGB-023116-(1)	59.1	TGB-023044-(5)	69.1
TGB-023116-(2)	62.1	TGB-023104-(1)	65.1
TGB-023116-(4)	68.1	TGB-023104-(3)	61.1
TGB-022783-(2)	65.1	TGB-023104-(7)	69.1
TGB-022783-(5)	68.1	TGB-023121-(2)	65.1
TGB-022783-(6)	68.1	TGB-023121-(3)	70.1
TGB-024049-(3)	65.1	TGB-023121-(7)	63.1
TGB-024049-(4)	70.1	TGB-023123-(1)	68.1
TGB-024049-(7)	68.1	TGB-023123-(6)	70.1
TGB-022747-(2)	69.1	TGB-023123-(7)	70.1
TGB-022747-(5)	69.1	TGB-023154-(2)	70.1
TGB-022747-(7)	68.1	TGB-023222-(5)	65.1

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=13.08; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=14.33; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 10.94

2.6. İkinci yıl ekimden kardeşlenmeye gün sayısı

Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 31'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi ekimden kardeşlenmeye gün sayısı bakımından kontrol çeşitleri arasında % 1 düzeyinde istatistiki olarak önemli fark bulunmuştur. Kontrol çeşitlerinin ekimden kardeşlenmeye gün sayıları ve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri Tablo 32'de verilmiştir. Kontrol çeşitlerinden Kunduru-1149 buğday çeşidinin çıkış süresi tüm bloklar göz önüne alındığında en uzun kardeşlenme süresine sahip olmuş ve ortalama 128.5 gün olarak hesaplanmıştır. En kısa kardeşlenme süresi Çeşit-1252'de 125.7 gün ile belirlenmiştir.

Tablo 31: Kontrol çeşitlerinin ekimden kardeşlenmeye gün sayılarına ait varyans analizi sonucu (II. Yıl)

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Blok	5	10.898	2.1796	2.71
Çeşit	4	29.7314	7.4328	9.23**
Hata	20	16.102	0.8051	
Genel	29	56.6667		

*0.05 düzeyinde önemli, ** 0.01 düzeyinde önemli,Varyasyon Katsayısı (%): 1.1

Tablo 32: Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ait ekimden kardeşlenmeye gün sayıları ve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri (II. Yıl)

Çeşit	1.Blok	2.Blok	3.Blok	4.Blok	5.Blok	6.Blok	Toplam	Ortalama
Kızıltan-91	128	128	129	128	128	127	768	128.0ab*
Kunduru-1149	128	128	132	128	128	127	771	128.5a
Eminbey	127	127	127	127	127	126	761	126.8bc
İmren	127	127	129	127	127	129	766	127.7ab
Çeşit-1252	125	125	126	126	127	125	754	125.7c
Toplam	635	635	643	636	637	634		
Ortalama	127	127	128.6	127.2	127.4	126.8		127.3
Düzeltme Terimi	-0.3	-0.3	1.3	-0.1	0.1	-0.5		

*Farklı harflere sahip ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık bulunmaktadır. ($AÖF_{(0,05)}$=1.08)

Birinci ve ikinci blokta ekimi yapılan materyale ait kardeşlenme süreleri Tablo 33'te verilmiştir. Birinci blokta kardeşlenme süreleri 123.3 ile 132.3 gün arasında değişiklik göstermiştir. En kısa kardeşlenme süresi TGB-023097-(3) genotipinde belirlenirken en uzun kardeşlenme süresi TGB-023119-(7) genotipinde belirlenmiştir. İkinci blokta ise kardeşlenme süreleri 125.3 ile 133.3 gün arasında değiştiği belirlenmiştir. İkinci blokta en kısa kardeşlenme süresi TGB-023094-(4) genotipinde belirlenirken en uzun kardeşlenme süresi TGB-023021-(7) ve TGB-023023-(3) genotiplerinde belirlenmiştir.

Tablo 33: Birinci ve ikinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden kardeşlenmeye gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (II. Yıl)

1.Blok Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	2.Blok Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)
TGB-023040-(3)	125.3	TGB-023017-(4)	131.3
TGB-023040-(4)	127.3	TGB-023017-(7)	131.3
TGB-023040-(6)	125.3	TGB-023018-(6)	132.3
TGB-023097-(1)	125.3	TGB-023018-(7)	131.3
TGB-023097-(3)	123.3	TGB-023021-(1)	132.3
TGB-023097-(7)	125.3	TGB-023021-(4)	132.3
TGB-023119-(1)	125.3	TGB-023021-(7)	133.3
TGB-023119-(2)	127.3	TGB-023023-(3)	133.3
TGB-023119-(7)	132.3	TGB-023023-(6)	128.3
TGB-023240-(2)	127.3	TGB-023090-(1)	132.3
TGB-023240-(6)	131.3	TGB-023090-(5)	132.3
TGB-023240-(7)	126.3	TGB-023090-(6)	126.3
TGB-020705-(1)	127.3	TGB-023094-(4)	125.3
TGB-020705-(6)	129.3	TGB-023094-(6)	129.3
TGB-020705-(7)	129.3	TGB-023094-(7)	130.3
TGB-023008-(1)	125.3	TGB-023977-(3)	131.3
TGB-023008-(3)	127.3	TGB-023977-(5)	128.3
TGB-023008- (5)	126.3	TGB-023977-(6)	126.3
TGB-023010-(1)	128.3	TGB-022781-(3)	126.3
TGB-023010- (2)	125.3	TGB-022781-(5)	127.3
TGB-023010- (6)	126.3	TGB-022781-(7)	128.3

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.65; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.90; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 2.22

Üçüncü ve dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplerin kardeşlenme sürelerine ait bilgiler Tablo 34'de verilmiştir. Üçüncü blokta kardeşlenme süreleri 123.7 ile 131.7 gün arasında değişiklik göstermiştir. En kısa kardeşlenme süresi TGB-022807-(5) genotipinde en uzun kardeşlenme süresi ise TGB-020756-(5) genotipinde belirlenmiştir. Dördüncü blokta yer alan genotiplerin kardeşlenme süreleri 125.1 ile 132.1 gün arasında değişiklik göstermiştir. Bu blokta en kısa kardeşlenme süresi TGB-023231-(6). TGB-023238-(5) ve TGB-023238-(6) belirlenirken en uzun kardeşlenme süresi TGB-023081-(2) genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 34: Üçüncü ve dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden kardeşlenmeye gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (II. Yıl)

3.Blok Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	4.Blok Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)
TGB-022782-(2)	128.7	TGB-023230-(1)	130.1
TGB-022782-(4)	127.7	TGB-023230-(2)	128.1
TGB-022782-(6)	129.7	TGB-023230-(3)	128.1
TGB-022807-(1)	130.7	TGB-023231-(2)	126.1
TGB-022807-(5)	123.7	TGB-023231-(4)	126.1
TGB-022807-(7)	124.7	TGB-023231-(6)	125.1
TGB-020753-(1)	124.7	TGB-023238-(5)	125.1
TGB-020753-(6)	125.7	TGB-023238-(6)	125.1
TGB-020754-(1)	125.7	TGB-023238-(7)	132.1
TGB-020754-(3)	126.7	TGB-023245-(1)	129.1
TGB-020754-(6)	126.7	TGB-023245-(2)	129.1
TGB-020756-(3)	125.7	TGB-023245-(7)	130.1
TGB-020756-(5)	131.7	TGB-023005-(1)	130.1
TGB-020756-(7)	125.7	TGB-023005-(5)	127.1
TGB-020766-(1)	127.7	TGB-023005-(7)	130.1
TGB-020766(2)	129.7	TGB-023081-(1)	129.1
TGB-020766-(5)	128.7	TGB-023081-(2)	132.1
TGB-023218-(4)	126.7	TGB-023081-(7)	130.1
TGB-023218-(5)	127.7	TGB-023085-(1)	131.1
TGB-023218-(6)	130.7	TGB-023085-(6)	130.1
		TGB-023085-(7)	130.1

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.65; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.90; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 2.22

Beşinci ve altıncı blokta yer alan genotiplere ait kardeşlenme süreleri Tablo 35'te verilmiştir. Beşinci blokta yer alan genotiplerin kardeşlenme süreleri 124.9 ile 128.9 gün arasında değişiklik göstermiştir. En kısa kardeşlenme süresi TGB-022783-(6) ve TGB-024049-(7) genotiplerinde belirlenirken en uzun kardeşlenme süresi TGB-023112-(4) genotipinde belirlenmiştir. Altıncı blokta kardeşlenme süreleri 123.5 ile 129.5 gün arasında değişiklik göstermiştir. Bu blokta en kısa kardeşlenme süresi TGB-023044-(1) genotipinde en uzun kardeşlenme süresi ise TGB-023121-(3) genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 35: Beşinci ve altıncı blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden kardeşlenmeye gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (II. Yıl)

5.Blok Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)	6.Blok Genotip	Düzeltilmiş Kardeşlenme Süresi (gün)
TGB-023110-(1)	127.9	TGB-022750-(4)	127.5
TGB-023110-(2)	126.9	TGB-022750-(5)	127.5
TGB-023110-(3)	125.9	TGB-022750-(7)	125.5
TGB-023112-(3)	127.9	TGB-023837-(1)	125.5
TGB-023112-(4)	128.9	TGB-023837-(2)	126.5
TGB-023112-(6)	125.9	TGB-023837-(3)	126.5
TGB-023115-(1)	126.9	TGB-023006-(2)	128.5
TGB-023115-(6)	126.9	TGB-023044-(1)	123.5
TGB-023115-(7)	126.9	TGB-023044-(3)	126.5
TGB-023116-(1)	125.9	TGB-023044-(5)	125.5
TGB-023116-(2)	126.9	TGB-023104-(1)	126.5
TGB-023116-(4)	127.9	TGB-023104-(3)	127.5
TGB-022783-(2)	126.9	TGB-023104-(7)	127.5
TGB-022783-(5)	126.9	TGB-023121-(2)	127.5
TGB-022783-(6)	124.9	TGB-023121-(3)	129.5
TGB-024049-(3)	125.9	TGB-023121-(7)	126.5
TGB-024049-(4)	125.9	TGB-023123-(1)	127.5
TGB-024049-(7)	124.9	TGB-023123-(6)	128.5
TGB-022747-(2)	126.9	TGB-023123-(7)	127.5
TGB-022747-(5)	127.9	TGB-023154-(2)	126.5
TGB-022747-(7)	125.9	TGB-023222-(5)	126.5

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.65; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.90; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 2.22

2.7. İkinci yıl ekimden sapa kalkmaya gün sayısı

Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 36'da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi ekimden sapa kalkmaya gün sayısı bakımından kontrol çeşitleri arasında % 1 düzeyinde istatistiki olarak önemli fark bulunmuştur. Kontrol çeşitlerinin ekimden sapa kalkmaya gün sayıları ve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri Tablo 37'de verilmiştir. Kontrol çeşitlerinden Kızıltan-91 buğday çeşidinin sapa kalkma süresi tüm bloklar göz önüne alındığında en uzun sapa kalkma süresine sahip

olmuş ve ortalama 148.5 gün olarak hesaplanmıştır. En kısa sapa kalkma süresi İmren ve Çeşit-1252'de 144.3 gün ile belirlenmiştir.

Tablo 36: Kontrol çeşitlerinin ekimden sapa kalkmaya gün sayılarına ait varyans analizi sonucu (II. Yıl)

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Blok	5	6.002	1.2004	3.79
Çeşit	4	76.102	19.0255	60.1**
Hata	20	6.3314	0.3166	
Genel	29	87.8667		

*0.05 düzeyinde önemli, ** 0.01 düzeyinde önemli,Varyasyon Katsayısı (%): 1.2

Tablo 37: Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ait ekimden sapa kalkmaya gün sayıları ve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri (II. Yıl)

Çeşit	1.Blok	2.Blok	3.Blok	4.Blok	5.Blok	6.Blok	Toplam	Ortalama
Kızıltan-91	149	149	149	148	148	148	891	148.5a*
Kunduru-1149	147	146	145	145	146	145	874	145.7c
Eminbey	147	148	147	147	147	145	881	146.8b
İmren	144	145	144	144	145	144	866	144.3d
Çeşit-1252	144	145	144	144	145	144	866	144.3d
Toplam	731	733	729	143	731	726		
Ortalama	146.2	146.6	145.8	145.6	146.2	145.2		145.9
Düzeltme Terimi	0.27	0.67	-0.13	-0.33	0.27	-0.73		

*Farklı harflere sahip ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık bulunmaktadır. ($AÖF_{(0,05)}$=0.68)

Birinci ve ikinci blokta yer alan genotiplerin sapa kalkma süreleri ile ilgili bilgiler Tablo 38'de verilmiştir. Birinci blokta yer alan genotiplerin sapa kalkma süreleri 138.7 ile 153.7 gün arasında değişiklik göstermiştir. Bu blokta en kısa sapa kalkma süresi TGB-023097-(3) genotipinde belirlenirken en uzun sapa kalkma süresi ise TGB-023240-(6) ve TGB-023240-(6) genotiplerinde belirlenmiştir. İkinci blokta yer alan genotiplerin sapa kalkma süreleri 143.3 ile 153.3 gün arasında değişiklik göstermiştir. En kısa sapa kalkma süresi TGB-023977-(6) ve TGB-022781-(3) genotipinde belirlenmiş en uzun sapa kalkma süresi ise TGB-023090-(5) genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 38: Birinci ve ikinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden sapa kalkmaya gün sayıları ile düzeltilmiş sapa kalkma süreleri (II: Yıl)

1.Blok Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	2.Blok Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)
TGB-023040-(3)	141.7	TGB-023017-(4)	149.3
TGB-023040-(4)	153.7	TGB-023017-(7)	150.3
TGB-023040-(6)	148.7	TGB-023018-(6)	147.3
TGB-023097-(1)	142.7	TGB-023018-(7)	146.3
TGB-023097-(3)	138.7	TGB-023021-(1)	148.3
TGB-023097-(7)	148.7	TGB-023021-(4)	149.3
TGB-023119-(1)	146.7	TGB-023021-(7)	148.3
TGB-023119-(2)	145.7	TGB-023023-(3)	148.3
TGB-023119-(7)	152.7	TGB-023023-(6)	144.3
TGB-023240-(2)	143.7	TGB-023090-(1)	149.3
TGB-023240-(6)	153.7	TGB-023090-(5)	153.3
TGB-023240-(7)	147.7	TGB-023090-(6)	147.3
TGB-020705-(1)	141.7	TGB-023094-(4)	147.3
TGB-020705-(6)	139.7	TGB-023094-(6)	145.3
TGB-020705-(7)	143.7	TGB-023094-(7)	147.3
TGB-023008-(1)	140.7	TGB-023977-(3)	149.3
TGB-023008-(3)	146.7	TGB-023977-(5)	144.3
TGB-023008- (5)	147.7	TGB-023977-(6)	143.3
TGB-023010-(1)	150.7	TGB-022781-(3)	143.3
TGB-023010- (2)	141.7	TGB-022781-(5)	147.3
TGB-023010- (6)	141.7	TGB-022781-(7)	146.3

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=1.66; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=1.82; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 1.39

Üçüncü ve dördüncü blokta yer alan genotiplerin sapa kalkma süreleri ile ilgili bilgiler Tablo 39'da verilmiştir. Üçüncü blokta yer alan genotiplerin sapa kalkma değeri 141.1 ile 149.1 gün arasında değişiklik göstermiştir. Üçüncü blokta en kısa sapa kalkma TGB-023218-(4) ve TGB-023218-(5) genotipinde belirlenmiş en uzun sapa kalkma süresi ise TGB-022782-(4), TGB-022807-(1) ve TGB-023218-(6) genotiplerinde belirlenmiştir. Dördüncü blokta sapa kalkma süreleri 143.3 gün ile 152.3 gün arasında değişiklik göstermiştir. En kısa sapa kalkma süresi TGB-023231-(4) ve TGB-023238-(6)'da belirlenirken, en uzun değer TGB-023085-(1) genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 39: Üçüncü ve dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden sapa kalkmaya gün sayıları ile düzeltilmiş sapa kalkma süreleri (II: Yıl)

3.Blok Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	4.Blok Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)
TGB-022782-(2)	147.1	TGB-023230-(1)	151.3
TGB-022782-(4)	149.1	TGB-023230-(2)	147.3
TGB-022782-(6)	147.1	TGB-023230-(3)	144.3
TGB-022807-(1)	149.1	TGB-023231-(2)	145.3
TGB-022807-(5)	143.1	TGB-023231-(4)	143.3
TGB-022807-(7)	144.1	TGB-023231-(6)	144.3
TGB-020753-(1)	143.1	TGB-023238-(5)	145.3
TGB-020753-(6)	143.1	TGB-023238-(6)	143.3
TGB-020754-(1)	145.1	TGB-023238-(7)	151.3
TGB-020754-(3)	147.1	TGB-023245-(1)	150.3
TGB-020754-(6)	148.1	TGB-023245-(2)	148.3
TGB-020756-(3)	143.1	TGB-023245-(7)	147.3
TGB-020756-(5)	146.1	TGB-023005-(1)	148.3
TGB-020756-(7)	142.1	TGB-023005-(5)	150.3
TGB-020766-(1)	143.1	TGB-023005-(7)	145.3
TGB-020766(2)	146.1	TGB-023081-(1)	144.3
TGB-020766-(5)	145.1	TGB-023081-(2)	145.3
TGB-023218-(4)	144.1	TGB-023081-(7)	150.3
TGB-023218-(5)	141.1	TGB-023085-(1)	152.3
TGB-023218-(6)	149.1	TGB-023085-(6)	151.3
		TGB-023085-(7)	149.3

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=1.66; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=1.82; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 1.39

Beşinci ve altıncı blokta yer alan genotiplerin sapa kalkma sürelerine ait bilgiler Tablo 40'ta verilmiştir. Beşinci blokta yer alan genotiplerin sapa kalkma süreleri 142.7 ile 149.7 gün arasında değişiklik göstermiştir. En kısa sapa kalkma süresi TGB-024049-(7) ve TGB-022747-(7) belirlenirken, en uzun sapa kalkma süresi TGB-023115-(6) ve TGB-023115-(7) genotipinde belirlenmiştir. Altıncı blokta en kısa sapa kalkma süresi TGB-023044-(1) genotipinde 139.7 gün ile belirlenirken, en uzun sapa kalkma süresi ise 147.7 gün ile TGB-022750-(4) genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 40: Beşinci ve altıncı blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden sapa kalkmaya gün sayıları ile düzeltilmiş sapa kalkma süreleri (II: Yıl)

5.Blok Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)	6.Blok Genotip	Düzeltilmiş Sapa Kalkma Süresi (gün)
TGB-023110-(1)	144.7	TGB-022750-(4)	147.7
TGB-023110-(2)	144.7	TGB-022750-(5)	144.7
TGB-023110-(3)	143.7	TGB-022750-(7)	144.7
TGB-023112-(3)	147.7	TGB-023837-(1)	142.7
TGB-023112-(4)	146.7	TGB-023837-(2)	144.7
TGB-023112-(6)	145.7	TGB-023837-(3)	143.7
TGB-023115-(1)	147.7	TGB-023006-(2)	145.7
TGB-023115-(6)	149.7	TGB-023044-(1)	139.7
TGB-023115-(7)	149.7	TGB-023044-(3)	141.7
TGB-023116-(1)	148.7	TGB-023044-(5)	143.7
TGB-023116-(2)	146.7	TGB-023104-(1)	143.7
TGB-023116-(4)	147.7	TGB-023104-(3)	144.7
TGB-022783-(2)	144.7	TGB-023104-(7)	143.7
TGB-022783-(5)	145.7	TGB-023121-(2)	144.7
TGB-022783-(6)	147.7	TGB-023121-(3)	143.7
TGB-024049-(3)	144.7	TGB-023121-(7)	141.7
TGB-024049-(4)	144.7	TGB-023123-(1)	143.7
TGB-024049-(7)	142.7	TGB-023123-(6)	143.7
TGB-022747-(2)	144.7	TGB-023123-(7)	146.7
TGB-022747-(5)	144.7	TGB-023154-(2)	143.7
TGB-022747-(7)	142.7	TGB-023222-(5)	145.7

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=1.66; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=1.82; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 1.39

2.8. İkinci yıl ekimden başaklanmaya gün sayısı

Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ait varyans analiz sonuçları Tablo 41'de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi ekimden başaklanmaya gün sayısı bakımından kontrol çeşitleri arasında % 1 düzeyinde istatistiki olarak önemli fark bulunmuştur. Kontrol çeşitlerinin ekimden başaklanmaya gün sayıları ve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri Tablo 42'de verilmiştir. Kontrol çeşitlerinden Kunduru-1149 ve İmren buğday çeşidinin başaklanma süresi tüm bloklar göz önüne alındığında en uzun başaklanma

süresine sahip olmuş ve ortalama başaklanma süresi 208.8 gün olarak hesaplanmıştır. En kısa sapa kalkma süresi Çeşit-1252'de 207.2 gün ile belirlenmiştir.

Tablo 41: Kontrol çeşitlerinin ekimden başaklanmaya gün sayılarına ait varyans analizi sonucu (II. Yıl)

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F
Blok	5	5.5961	1.1192	1.78
Çeşit	4	12.9794	3.2449	5.16**
Hata	20	12.5706	0.6285	
Genel	29	30.1667		

*0.05 düzeyinde önemli, ** 0.01 düzeyinde önemli,Varyasyon Katsayısı (%): 0.5

Tablo 42: Denemede kullanılan kontrol çeşitlerine ait ekimden başaklanmaya gün sayıları ve bloklara göre hesaplanan düzeltme terimleri (II. Yıl)

Çeşit	1.Blok	2.Blok	3.Blok	4.Blok	5.Blok	6.Blok	Toplam	Ortalama
Kızıltan-91	207	208	209	207	208	208	1247	207.8ab*
Kunduru-1149	209	208	210	209	209	208	1253	208.8a
Eminbey	208	209	208	208	208	208	1249	208.2ab
İmren	208	211	210	207	208	209	1253	208.8a
Çeşit-1252	207	207	207	208	207	207	1243	207.2b
Toplam	1039	1043	1044	143	1040	1040		
Ortalama	207.8	208.6	208.8	207.8	208	208		208.2
Düzeltme Terimi	-0.4	0.4	0.6	-0.4	-0.2	-0.2		

*Farklı harflere sahip ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık bulunmaktadır. ($AÖF_{(0,05)}$=1.22)

Birinci ve ikinci blokta yer alan genotiplerin başaklanma süreleri ile ilgili bilgiler Tablo 43'de verilmiştir. Birinci blokta en kısa başaklanma süresi 204.4 gün ile TGB-023119-(2), TGB-023119-(7) ve TGB-023010-(2) genotiplerinde belirlenirken, en uzun başaklanma süresi ise 213.4 gün ile TGB-020705-(7) genotipinde belirlenmiştir. İkinci blokta ekimi yapılan genotiplerden başaklanma süresi en kısa olan genotip 204.6 gün ile TGB-022781-(7) genotipi olurken en uzun başaklanma süresi 219.6 gün ile TGB-023090-(5) genotipinde belirlenmiştir.

Üçüncü ve dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplerin başaklanma süreleri ile ilgili bilgiler Tablo 44'de verilmiştir. Üçüncü blokta en kısa başaklanma süresi 206.4 gün ile TGB-020753-(6) ve TGB-020756-(3) genotiplerinde, en uzun ise 212.4 gün ile TGB-022782-(4) ve TGB-020756-(5) genotiplerinde belirlenmiştir. Dördüncü blokta ise en kısa başaklanma süresi TGB-023238-(5) ve TGB-023238-(6)

genotiplerinde 204.4 gün ile belirlenirken, en uzun başaklanma süresi 211.4 gün ile TGB-023085-(6) genotipinde belirlenmiştir.

Tablo 43: Birinci ve ikinci blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden başaklanmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (II. Yıl)

1.Blok Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	2.Blok Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)
TGB-023040-(3)	206.4	TGB-023017-(4)	210.6
TGB-023040-(4)	205.4	TGB-023017-(7)	209.6
TGB-023040-(6)	206.4	TGB-023018-(6)	207.6
TGB-023097-(1)	206.4	TGB-023018-(7)	206.6
TGB-023097-(3)	205.4	TGB-023021-(1)	207.6
TGB-023097-(7)	207.4	TGB-023021-(4)	207.6
TGB-023119-(1)	206.4	TGB-023021-(7)	210.6
TGB-023119-(2)	204.4	TGB-023023-(3)	214.6
TGB-023119-(7)	204.4	TGB-023023-(6)	208.6
TGB-023240-(2)	207.4	TGB-023090-(1)	212.6
TGB-023240-(6)	210.4	TGB-023090-(5)	219.6
TGB-023240-(7)	209.4	TGB-023090-(6)	208.6
TGB-020705-(1)	212.4	TGB-023094-(4)	216.6
TGB-020705-(6)	211.4	TGB-023094-(6)	215.6
TGB-020705-(7)	213.4	TGB-023094-(7)	214.6
TGB-023008-(1)	207.4	TGB-023977-(3)	216.6
TGB-023008-(3)	208.4	TGB-023977-(5)	214.6
TGB-023008-(5)	207.4	TGB-023977-(6)	214.6
TGB-023010-(1)	206.4	TGB-022781-(3)	207.6
TGB-023010-(2)	204.4	TGB-022781-(5)	207.6
TGB-023010-(6)	208.4	TGB-022781-(7)	204.6

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.34; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.56; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 1.05

Beşinci ve altıncı blokta ekimi yapılan genotiplerin başaklanma süreleri ile ilgili bilgiler Tablo 45'te verilmiştir. Beşinci blokta en kısa başaklanma süresi TGB-024049-(3) genotipinde 204.2 gün ve en uzun başaklanma süresi ise TGB-023110-(1) genotipinde 214.2 gün ile belirlenmiştir. Altıncı blokta

başaklanma süresi 204.2 gün ile 210.2 gün arasında değişiklik göstermiş, en kısa başaklanma süresi TGB-022750-(5) genotipinde belirlenirken, en uzun başaklanma süresi TGB-023121-(2) ve TGB-023154-(2) genotiplerinde belirlenmiştir.

Tablo 44: Üçüncü ve dördüncü blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden başaklanmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (II. Yıl)

3.Blok	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	4.Blok	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)
TGB-022782-(2)	210.4	TGB-023230-(1)	206.4
TGB-022782-(4)	212.4	TGB-023230-(2)	208.4
TGB-022782-(6)	210.4	TGB-023230-(3)	209.4
TGB-022807-(1)	208.4	TGB-023231-(2)	208.4
TGB-022807-(5)	207.4	TGB-023231-(4)	205.4
TGB-022807-(7)	208.4	TGB-023231-(6)	205.4
TGB-020753-(1)	208.4	TGB-023238-(5)	204.4
TGB-020753-(6)	206.4	TGB-023238-(6)	204.4
TGB-020754-(1)	207.4	TGB-023238-(7)	207.4
TGB-020754-(3)	208.4	TGB-023245-(1)	207.4
TGB-020754-(6)	207.4	TGB-023245-(2)	208.4
TGB-020756-(3)	206.4	TGB-023245-(7)	205.4
TGB-020756-(5)	212.4	TGB-023005-(1)	210.4
TGB-020756-(7)	207.4	TGB-023005-(5)	208.4
TGB-020766-(1)	208.4	TGB-023005-(7)	207.4
TGB-020766(2)	208.4	TGB-023081-(1)	209.4
TGB-020766-(5)	209.4	TGB-023081-(2)	208.4
TGB-023218-(4)	208.4	TGB-023081-(7)	209.4
TGB-023218-(5)	209.4	TGB-023085-(1)	210.4
TGB-023218-(6)	209.4	TGB-023085-(6)	211.4
		TGB-023085-(7)	208.4

Aynı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.34; Farklı blokta yer alan genotipler için AÖF=2.56; Kontrol çeşitleri ile genotiplerin karşılaştırılması için AÖF= 1.05

Tablo 45: Beşinci ve altıncı blokta ekimi yapılan genotiplere ait ekimden başaklanmaya gün sayıları ile düzeltilmiş değerleri (II. Yıl)

5.Blok Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)	6.Blok Genotip	Düzeltilmiş Başaklanma Süresi (gün)
TGB-023110-(1)	214.2	TGB-022750-(4)	206.2
TGB-023110-(2)	209.2	TGB-022750-(5)	204.2
TGB-023110-(3)	209.2	TGB-022750-(7)	205.2
TGB-023112-(3)	207.2	TGB-023837-(1)	206.2
TGB-023112-(4)	205.2	TGB-023837-(2)	205.2
TGB-023112-(6)	206.2	TGB-023837-(3)	208.2
TGB-023115-(1)	208.2	TGB-023006-(2)	206.2
TGB-023115-(6)	210.2	TGB-023044-(1)	207.2
TGB-023115-(7)	209.2	TGB-023044-(3)	206.2
TGB-023116-(1)	206.2	TGB-023044-(5)	208.2
TGB-023116-(2)	208.2	TGB-023104-(1)	208.2
TGB-023116-(4)	208.2	TGB-023104-(3)	209.2
TGB-022783-(2)	206.2	TGB-023104-(7)	209.2
TGB-022783-(5)	207.2	TGB-023121-(2)	210.2
TGB-022783-(6)	207.2	TGB-023121-(3)	208.2
TGB-024049-(3)	204.2	TGB-023121-(7)	207.2
TGB-024049-(4)	205.2	TGB-023123-(1)	208.2
TGB-024049-(7)	206.2	TGB-023123-(6)	208.2
TGB-022747-(2)	207.2	TGB-023123-(7)	207.2
TGB-022747-(5)	207.2	TGB-023154-(2)	210.2
TGB-022747-(7)	206.2	TGB-023222-(5)	206.2

3. SONUÇ

Çıkış süresi tüm ekim yapılan yıllar ve genotipler göz önüne alındığında 54.7 gün ile 76.9 gün arasında değişiklik göstermiştir. Fenolojik gözlemlerin iklim ve çevre koşullarından yoğun şekilde etkilendiği bilinmektedir. Özellikle birinci ekim yılında yağışın az olmasından kaynaklı olarak parametrelerde ikinci yıla nazaran farklıklar belirlenmiştir. Ayrıca toprak işleme gibi kültürel uygulamalarında fenolojik gözlemler üzerinde etkili olduğu bildirilmektedir (Bulut ve Altuntaş, 2014). Normalde güzlük ekimlerde ekimden sonraki 2-3 hafta içinde çıkış tamamlanır (Kün, 1988) ancak genel olarak ekimi yapılan genotiplerde bu sürenin uzun olmasının nedeni makarnalık buğdaylarda çimlenme ve çıkışın ekmeklik buğdaylara nazaran daha uzun olmasından kaynaklanıyor olabilir.

Ekimden kardeşlenmeye gün sayıları her iki ekim yılı değerlendirmeye alındığında 123.5 ile 133.5 gün arasında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır. Kardeşlenme gün sayıları ekimden çıkışa gün sayısı ile doğrudan ilişkilidir ayrıca abiyotik faktörler de kardeşlenme gün sayısını etkilemektedir. Birinci ve ikinci ekim yıllarındaki kardeşlenme gün süreleri karşılaştırıldığında aralarında farklar olduğu görülmektedir. Bu durumun farklı yıllarda kardeşlenme döneminde düşen yağış miktarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca daha önce yürütülen çalışmalarda toprak işleme gibi kültürel uygulamalarında fenolojik gözlemler üzerinde etkili olduğu bildirilmektedir (Bulut ve Altuntaş, 2014). Makarnalık buğdaylarda her kardeşten oluşan yeni adventif kökler bitkinin kışa ve kurağa dayanıklılığı ile ilgilidir (Zencirci, 1995). Denemeye alınan genotiplerin bazılarının kontrol çeşitlerine nazaran daha erken kardeşlenmeye sahip olması bu genotiplerin soğuk ve kurak bölgeler için geliştirilecek çeşitlerin ıslahında kullanılabileceğini göstermektedir.

Denemeye alınan karakılçık genotipleri her iki ekim yılı baz alındığında 138.1 ila 153.7 gün arasında değişen ekimden sapa kalkmaya gün sayılarına sahip olmuşlardır. Bitkilerin fenolojik gözlemlerinin yapılması erkenci ve yüksek verimli genotiplerin seçimini kolaylaştırmakta (Jaradat, 1990) verim ile doğrudan ilişkili olan sapa kalkma gün sayısı arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır (Blum et al. 1989). Bu bağlamda denemeye alınan karakılçık genotipleri değerlendirildiğinde çok sayıda genotipin kontrol çeşidine nazaran daha erken sapa kalktığı görülmektedir.

Başaklanma süreleri ekim yılına bağlı olarak 204.2 gün ile 232.5 gün arasında değişiklik göstermiştir. Bu bağlamda daha önce yürütülen bir çalışmada organik ve geleneksel üretimin buğdayda bazı parametreler üzerine etkilerini belirlemeye çalışmışlar ve organik koşullar altında yetiştirilen buğdayların geleneksel koşullardakine kıyasla daha erken başaklandığını bildirmişlerdir (Özkan ve Akıncı, 2021). Erken çiçeklenme ve buna bağlı olarak erken olgunlaşmanın buğdayın yabancı otlar ile rekabetinde önemli olduğunu ve bu durumun organik üretim yapılan alanlarda bir avantaj olduğu bildirilirken (Mason vd. 2007) başaklanma ile fizyolojik olum arası sürenin uzamasının tahıl verimini artırdığı da kaydedilmiştir (Kamran vd. 2014). Yürütülen bir çalışmada farklı yıllarda ekimi yapılan makarnalık buğdayların başaklanma süreleri belirlenmiş ve yıllara göre başaklanma süresinin değişebildiği bildirilmiştir (Sönmez ve Kıral, 2004). Bu araştırmacıların sonuçları ile bu çalışmanın sonuçları benzerlikler göstermektedir. Ayrıca farklı ekolojik koşullarda daha önce yürütülen çalışmalarda başaklanma süresi bakımından farklıkların olduğu ortaya konulmuştur (Çölkesen vd. 1994, Öztürk ve Çağlar, 2001). Bir diğer açıdan fenolojik gözlemler değerlendirilecek olursa makarnalık buğdayda sarı olum döneminin uzun olduğu durumlarda tanenin camsılık oranı bu durumdan etkilenmekte ve olumsuz bir durum oluşmaktadır ve bunun nedeninin tanedeki proteinin bir kısmının döllenme öncesi bir kısmının da süt olum döneminde yoğunlaştığından kaynaklanmaktadır (Kün, 1988).

Sonuç olarak; son yıllarda genetik gelişme, son derece homojen ve verimli, bireysel saf hatlardan oluşan modern makarnalık buğday çeşitlerinin oluşturulmasına yol açmıştır. Bugün, eski tetraploid yerel türler değerli bir biyolojik çeşitlilik kaynağıdır ve teknolojik kaliteyi ve biyotik ve abiyotik streslere karşı direnci iyileştirmeyi amaçlayan ıslah programlarında başarıyla kullanılabilmektedirler. Bu yerel çeşitlerden bazıları hala ekilmektedir. Bu bakımdan Türkiye Tohum Gen Bankası koleksiyonunda bulunan yerel çeşitler önemli bir genetik materyal olarak elimizde bulunmaktadır ve önümüzdeki süreçte farklı özellikler yönüyle sahip oldukları geniş varyasyondan dolayı önemlerinin artacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada Türkiye'nin farklı bölgelerinden temin edilmiş olan yerel karakılçık popülasyonlarının bazı fenolojik gözlemleri alınmıştır.

AÇIKLAMA: Bu kitap bölümü; Prof. Dr. Melehat AVCI BİRSİN danışmanlığında 2022 yılında tamamlanan "Yerel Karakılçık Makarnalık Buğday (*Triticum turgidum subsp. durum* (Desf.) Husn.) Genotiplerinin Bazı Morfolojik, Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi" başlıklı doktora tezinden üretilmiştir (Alkan, 2022, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye).

KAYNAKÇA

Atik, A. D., Öztekin, M., Erkoç, F., (2010). Biyoçeşitlilik ve Türkiye'deki endemik bitkilere örnekler. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 30 (1), 219-240.

Blum, A., Golan, G., Mayer, J., Sinmena, B., Shpiler, L., Burra, J., (1989). The drought response of landraces of wheat from the northern Negev Desert in Israel. Euphytica, 43(1), 87-96.

Braun, H. J., Rajaram, S., Van Ginkel, M., (1997). CIMMYT's approach to breeding for wide adaptation. In: Tigerstedt PMA(ed) Adaptation in plant breeding. 197–205, Kluwer, Dordrecht, the Netherlands.

Bulut, O. N., Altuntaş, E., (2014). Sivas yöresinde buğday tarımında farklı toprak işleme yöntemlerinin toprak fiziksel özellikleri, bitki gelişimi ve ürün verimi üzerine etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32 (3), 39-51.

Çölkesen, M., Öktem, A., Eren, N., Yağbasanlar, T., Özken, H., (1994). Çukurova ve Harran koşullarına uygun ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitlerinin saptanması üzerine bir araştırma. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 Nisan, 18-21, İzmir.

Gökgöl, M., (1935). Turkish Wheats, Vol. I. Ministry of Agriculture, Yeşilköy Seed Breeding Institute Publications. No: 7, Devlet Press, İstanbul, Turkey (In Turkish), 436.

Gökgöl, M., (1939). Turkish Wheats, Vol. II. Ministry of Agriculture, Yeşilköy Seed Breeding Institute Publications. No: 7, Devlet Press, İstanbul, Turkey (In Turkish), 955.

Jaradat, A. A., (1990). Levels of phenotypic variation for developmental traits in landrace genotypes of durum wheat (Triticum turgidum ssp. Turgidum L. conv. durum (Desf.) MK.) from Jordan. Euphytica, 51(3), 265-271.

Kamran, A., Kubota, H., Yang, R. C., (2014). Relative performance of Canadian spring wheat cultivars under organic and conventional field conditions. Euphytica 196 (1), 13–24.

Kün, E., (1988). Serin İklim Tahılları. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: Ders Kitabı: 299, 322 s., Ankara.

Mason, H. E., Navabi, A., Frick, B. L., (2007). The weed competitive ability of Canada western red spring wheat cultivars grown under organic management. Crop Sci, 47 (3), 1167–1176.

Miller, F. P., Vandome, A. F., Mcbrewster J., (2011). History of Bread. Alphascript Publishing.

Özkan, R., Akıncı, C., (2021). Organik ve Konvansiyonel Koşullarında Bazı Makarnalık Buğday (Triticum durum L.) Genotiplerinin Performanslarının Değerlendirilmesi. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 5 (2), 439-455.

Öztürk, A., Çağlar, Ö., Tufan, A., (2001). Bazı Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Erzurum Koşullarına Adaptasyonu. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg. 32 (2), 117-123.

Qualset, C., (1997). Jack R. Harlan (1917-1998) - Plant Explorer, Archaeobotanist, Geneticist and Plant Breeder. International Symposium: Origins of Agriculture and Domestication of Crops in the Near East, May 10-14, 1997, ICARDA, Aleppo, Syria

Sönmez, F., Kıral, A. S., (2004). Bazı Makarnalık Buğday Çeşitlerinin (T. durum Desf.) Erbaa Şartlarında Adaptasyonlarının İncelenmesi. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 21 (2), 86-93.

Şahin, G., (2016). Bazı makarnalık buğday (Triticum durum L) çeşitlerinin Çanakkale koşullarındaki verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 68, Çanakkale.

WWF., (2016). Türkiye'nin Buğday Atlası, WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı). Erişim: [http://www.wwf.org.tr/?6140]. Erişim Tarihi: 09.03.2022.

Yiğit, A., (2019). Farklı ekolojik koşulların buğday genotiplerinde verim, ekmeklik buğday kalitesi ve antioksidan özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi. Doktora tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 407, Aydın.

Zencirci, N., (1995). Türkiye makarnalık buğdaylarının önemli karakterleri üzerinde araştırmalar. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 234, Ankara.

BÖLÜM 7

AYÇİÇEĞİ (*Helianthus annuus* L.) ISLAHINDA KLASİK VE MODERN YAKLAŞIMLAR

Dr. Öğr. Üyesi | Ferzat TURAN [1]

[1] Sakarya Üygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Sakarya, Türkiye, ferzatturan@subu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-5960-6478

GİRİŞ

İlk insanlar, genetik ve istatistik gibi bilimsel temeller hakkında hiçbir bilgiye sahip değilken bile tarımsal üretimde, yeni çeşitlerin ıslahı ve geliştirilmesinde önemli rol oynamışlardır. Tarihsel gelişim sürecinde başta buğdaygiller (*Gramineae*) familyasından; buğday (*Triticum aestivum* L.), arpa (*Hordeum vulgare* L.), pirinç (*Oryza sativa* L.), çavdar (*Oryza sativa* L.), mısır (*Zea mays* L.), darı (*Panicum miliaceum* L.), yulaf (*Avena sativa* L.), baklagiller (Leguminosae) familyasından; fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), bakla (*Vicia faba* L.), nohut (*Cicer arietinum* L.), soya (*Glycine max* L.), mercimek (*Lens culinaris* L.) ve papatyagiller (*Asteraceae*) familyasından ise; ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) gibi bitkilerin geliştirilmesinde çok önemli katkılar sağlamışlardır. Yabani bitkilerin evcilleştirilmesi ve ıslahı milattan yaklaşık 8-10 bin yıl önce başlamış olup, günümüze kadar devam etmektedir. Genetik ve istatistik temellere dayanmayan ilk ıslah çalışmaları, bitkilerde görülen bazı değişikliklerle başlamış ve bitki boyu, meyve ve tohum büyüklüğü, tat, renk, çiçeklenme ve erkencilik gibi özellikler ile dikkat çekenler seçilerek ön plana çıkartılmıştır.

Bir bitki türü yeni bir ortama girdiğinde genellikle eski ortamına göre daha az adaptasyon göstermektedir. Ancak bazı durumlarda bitki yeni bir ortama aktarıldığında ilk başta zayıf bir uyum gösterirken, birkaç jenerasyon sonra ortama tamamen yerleşir ve önceki ortama göre daha iyi gelişim sağlar. Bu nedenle bitkinin yeni iklime uyum sağlama yeteneğine iklime alışma veya aklimatizasyon[2] denir. Aklimatizasyon sayesinde bitkiler farklı çevre koşulları altında yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Aklimatizasyon sürecinin hızı ve ilerlemesi; bitki populasyonundaki genetik çeşitlilik, tozlaşma sistemi (kendine ve yabancı), bitki olgunlaşma süresi ve çevresel stres gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bir bitki populasyonunun sahip olduğu genetik çeşitlilik ne kadar fazlaysa, uyumluluk yeteneği de bir o kadar yüksek olacaktır. Ayrıca yabancı döllenen bitkilerde genetik çeşitlilik kendine döllenen bitkilere göre daha yüksek olduğundan, daha geniş bir uyumluluk yeteneğine sahiplerdir. Vejetasyon süresi kısa olan bitkilerin de (erkenci veya kısa ömürlü bitkiler) hızlı jenerasyon değişimlerinden dolayı iklime alışma yetenekleri daha yüksektir. Ayrıca çevresel stresler ne kadar güçlü olursa,

[2] Acclimatization

uyum sağlama gücü de bir o kadar düşük olacaktır. Ancak çevresel stresler hafifse (örneğin; hava sıcaklığında ani düşüş ve yükselişlerin olmaması) daha uyumlu bitkiler ortaya çıkacaktır.

Genel olarak, bitki ıslahçılarının nihai hedefi, yüksek verimli, daha iyi performans ve kaliteye sahip çeşitler üretmektir. Bazı fizyolojik ve morfolojik özellikler bakımından benzerlik gösteren aynı türe ait bitki gruplarına çeşit[3] denir. Aslında, her bitki familyası birkaç cinse, her cins birkaç türe ve her tür de birkaç çeşide bölünmüştür. Örneğin; buğdayın bilimsel adı *Triticum aestivum* olarak bilinir. Burada *Triticum* cinsi ve *Aestivum* ise ekmeklik buğday türünü temsil etmektedir. Ayrıca *Aestivum* türlerinin bireyleri birbirlerinden ayrı, bazı fizyolojik veya morfolojik özellikleri açısından biyotik veya abyotik streslere karşı farklı tepki göstermektedir. Ortaya konulan bu tepkiler ise aynı türe ait farklı çeşitlerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Islahçılar bitkileri tozlaşma açısından kendine döllenen[4] ve yabancı döllenen[5] bitkiler olarak iki gruba ayırmışlardır. Bu ayrım oldukça önemlidir, zira kendine döllenen bitkilerin ıslah yöntemleri genellikle yabancı döllenen bitkilerin ıslah yöntemlerinden farklıdır. Yabancı döllenen bitkilerin doğal populasyondaki tüm bireyleri çok fazla heterozigotluğa sahiptir. Çünkü açık tozlaşma nedeniyle, farklı genetik materyaller, birbirleri ile yeni kombinasyonlar oluşturarak, farklı özelliklere sahip yeni genotipler ortaya çıkarmaktadırlar. Yabancı döllenen bitkilerin kendine döllenmesi ya da akrabalı yetiştirme[6] metodunun uygulanması durumunda, saflaşma meydana gelmektedir. Bu durum bitkilerde istenmeyen bazı zararlı özelliklerin ortaya çıkmasına sebep olacaktır. Dolayısıyla yabancı döllenen bitkilerin ıslah programlarında heterozigotluğa önem verilmektedir.

Endüstri bitkileri içerisinde yağlı tohumlu bitkilerin özel bir yeri vardır. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.); soya, aspir ve kolzadan sonra dünyada yağ üretiminde kullanılan dördüncü tek yıllık bir bitkidir. Antik çağda ayçiçeğinin süs bitkisi olarak yetiştirildiğine dair kanıtlar mevcuttur. Bu bitkinin anavatanı Kuzey Amerika'dır ve yabani türleri Kanada ve Meksika'da bulunur.

---

[3] Variety
[4] Self pollination
[5] Cross pollination
[6] İnbreeding

Amerika'nın keşfinden önce yerliler ve Kızılderililer tarafından yetiştirilen ayçiçeği, 16. yüzyılın başlarında Amerikalı kâşifler tarafından Peru'dan İspanya'ya ve oradan da tüm Avrupa'ya ithal edilen ayçiçeği, 18. yüzyılın sonlarına kadar sadece süs amaçlı ve kuşyemi olarak yetiştirilmiştir (Putt 1997). Ancak 19. yüzyılın başlarında ayçiçeği yağının önemi anlaşıldıktan sonra yaygın bir şekilde yetiştirilmeye başlandı ve bugün Afrika kıtası hariç dünyanın geri kalanında önemli bir ekim alanına sahiptir (Hu vd., 2010). Ayçiçeğinin önemli bir yağ bitkisi haline gelmesi üzerinde eski Sovyetler Birliğinin (Rusya) katkısı büyüktür. Rusya'da1820-1840 yılları arasında ilk kez bu bitkiden farklı şekillerde yağ üretilmiş ve yağ bitkisi olarak önemi artmıştır. İlerleyen yıllarda Sovyetler Birliği, Arjantin ve diğer doğu ülkelerinde yemeklik yağın ana kaynağı olarak ayçiçeği yağı kullanılmaya başlamıştır (Hladni vd., 2006). Ayçiçeği ıslahına ilişkin en önemli faaliyetler Rus ıslahçıları tarafından gerçekleştirilmiştir. Pustovoit ve diğer Rus araştırmacılar, ayçiçeğindeki yağ miktarını yaklaşık %30'dan %50'nin üzerine çıkarmayı başarmışlardır. Ayçiçeğinde hibrit tohum üretimi, 1969'da yılında sitoplazmik erkek kısırlık[7] ve doğurganlığı yenileyen[8] (RF) geninin Leqlerc ve diğer birkaç araştırmacı tarafından keşfedilmesinden sonra başlamıştır. Aynı zamanda bu buluş, ayçiçeği üretiminin gelişmesinde yeni bir dönemin başlangıcı oldu (Skoric vd., 2007). Yüksek verimli ve yüksek yağlı hibrit ayçiçeği çeşitleri, bu bitkinin üretimini her geçen gün daha da yaygınlaştırmış ve ekim alanı ile üretim hızını arttırmıştır.

Tüm yabancı döllenen bitkilerde, hibritler melez gücünden[9] dolayı yüksek performans gösterirler, bu durumda tek melezler diğer melez türlerine göre daha yüksek verime sahiplerdir. Dolayısıyla melezlerin, genetipik ve fenotipik varyans bileşenleri ile incelenen özelliklerin kalıtsallığı açısından ele alınması son derece önemlidir.

1. MORFOLOJİ

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) papatyagiller (*Asteraceae*) familyasından olan, dikotiledonlu, tek gövdeli ve tek yıllık bir bitkidir. *Helianthus* adı; Yunanca güneş anlamına gelen helios ve çiçek anlamına gelen

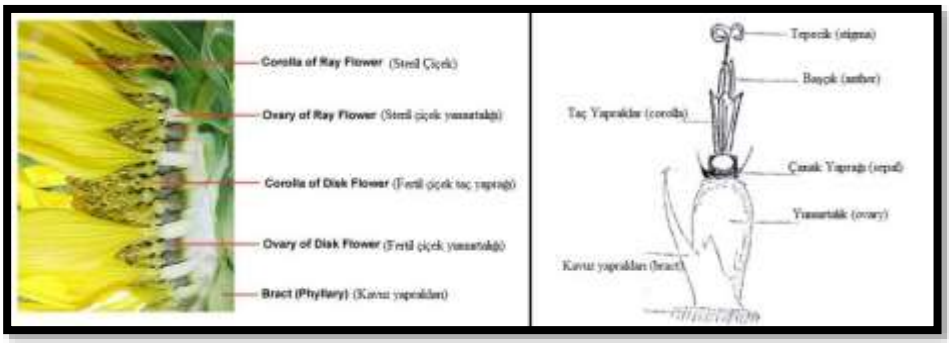
[7] Cytoplasmic male seterility
[8] Fertility restorer
[9] Heterosis

anthos kelimelerinden türetilmiştir. Diploid, Tetraploid ve Hekzaploid türlere sahiptir. Kültürü yapılan ayçiçeğinin kromozom sayısı x=17 ve diploidtir. Bu bitki, geniş ve renkli tabla ve çiçekleri ile yüzyıllardır çiftçileri ve botanikçileri büyülemiştir. Bu bitkinin başka benzersiz yönü de tamamen farklı kullanımlar amacı için ıslah edilmiş olmasıdır. Önce yem bitkisi, sonra yağ bitkisi, çerezlik, kuşyemi ve çok daha sınırlı ölçüde de süs bitkisi olarak ıslah programlarda yer almıştır. Ayçiçeğinin en önemli ekonomik değeri çekirdeğinden elde edilen yağı ve daha sonra küspesidir. Ayçiçeği küspesi değerli bir hayvan yemidir. Yağ kalitesinin üstün olmasın dolayı; soya, kolza, pamuk ve yer fıstığı yağlarına göre daha yüksek fiyata satılmaktdır (Seiler and Brothers, 1999; Hu vd., 2010).

Tarımda kullanılan ayçiçeği, *Helianthus annuus* L. ve *macrocarpus* çeşididir. *Helianthus* cinsi, çok çeşitli çevresel koşullara adapte olmuş ve çok sayıda yabani tür içermektedir. Yabani ayçiçeği türleri: *Helianthus annui* (Tarımı yapılan ayçiçeği *(H. Annuus)*bu alt türden geliştirilmiştir.), *Helianthus divaricati* ve *Helianthus ciliares* olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Tarımı yapılan ve yetiştirilen türler tek yıllık bitkileri içerir, ancak yabani türler arasında tek yıllıklar ancak dörtte birlik bir orana sahiptir. Geri kalanı kısım ise çok yıllık veya rizomludur. Kültürü yapılan ayçiçekleri genellikle tek dallıdır, oysaki yabani ayçiçekleri çok dallı ya da tek dallı olabilir (Fernandez-Martinez ve Perez-Vich., 2009).

Ayçiçeği saçak köklüdür ve bitki büyüklüğüne göre kısa bir kazık köke sahiptir. Kökün ilk 40 cm'lik kısmında çok sayıda kılcal kökler bulunmaktadır. Toprağın alt kısımlarından su emmek için daha derine inen köklerin geliştikleri de görülmektedir (Connor ve Sadras, 1992). Kuvvetli bir sap yapısına sahiptir ve sapının çapı 1,5 ile 7,0 cm arasındadır, bitki boyu ise 2,5 metreyi geçebilir. Gövde üzerinde 20 ila 35 yaprak bulunur ve yapraklar kalp şeklindedir. Ayçiçeğinde tabla şekli yuvarlaktır. Tablanın pozisyonuna göre iki tip tabla şekli bulunmaktadır, eğer yüzü yukarı bakanlara dik, yere bakanlara ise eğri tabla denir. Genellikle tabla çapları 15-30 cm arasında değişmektedir. Ayçiçeğinde iki tip çiçek bulunmaktadır. Islahçılar açısından bir bitkinin çiçek yapısının bilinmesi son derece önem taşımaktadır. Dil şeklinde tablanın çevresinde dizilen ve sarı renkte olan çiçekler süs mahiyetini taşımaktadırlar ve bu çiçeklerin polen veya yumurtalık oluşturma kabiliyetleri yoktur. Bu çiçeklere steril çiçek adı verilmektedir. Sayıları genel olarak 50-

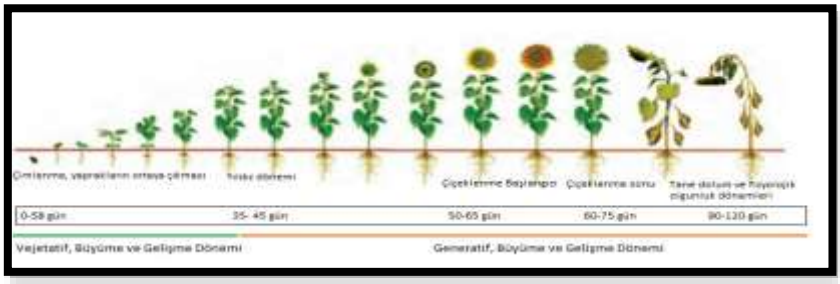
100 adettir. Tablanın ortasında bulunan fertil çiçekler ki bunlar ayçiçeğinin esas çiçekleridir ve sayıları 800-1500 arasında değişmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Ayçiçeğinin çiçek yapısı (Anonim., 2023)

2. AYÇİÇEĞİNİN GELİŞİM EVRELERİ

Çiçekli bitkilerde büyüme ve gelişme dönemi, tohumların çimlenmesi ile başlayan, çeşitli morfolojik değişimlerle devam eden, meyve ve tohum üretimi ile son bulan düzenli ve karmaşık bir süreçtir. Vejetatif[10] ve generatif[11] dönemler, genotip ve çevresel faktörlerin bir fonksiyonudur. Bitkilerin vejetatif ve generatif dönemleri, biyolojik ve ekonomik verimlerinin belirlenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla bitki gelişim evrelerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır.



Şekil 2: Ayçiçeği bitkisinin farklı büyüme ve gelişme evreleri (Anonim, 2022)

[10] Vegetative
[11] Generative

Ayçiçek bitkisinin yaşam döngüsü çeşidin erken olgunluğuna bağlı olarak 110-160 gün arasında değişmektedir. Bitkinin büyüme ve gelişme evreleri vejetatif ve generatif olmak üzere iki kısma ayrılır (Şekil 2).

2.1. Generatif Dönem

Bu aşama çiçeklerin ortaya çıkmasıyla başlar ve fizyolojik olgunlaşma ile sona erer. Generatif döneminin başlangıcında olgunlaşmamış braketler çiçek tablasını çevreler. Bu aşamada bitkiye yukarıdan bakıldığında, çiçek yıldız şeklinde görüldüğünden yıldız aşaması olarak adlandırılmaktadır (Şekil 3a).

2.2. Vejatatif Dönem

Yıldız şeklindeki çiçeğin alt kısmındaki boğum uzayarak, braketler çiçek tablasından ayrılır ve çiçek tomurcukları dışarıdan içeriye doğru açar. Tozlaşmanın sona ermesinden sonra, döllenen çiçeklerde tane oluşur ve tane dolum dönemi başlar, tablanın arka yüzünün rengi, merkezden dışarıya doğru açıktan koyuya değişir (Şekil 3b).

Şekil 3: (a)Yıldız dönemi, (b) fizyolojik olgunlaşma evresine göre sararma (Anonim, 2022).

2.3. Ayçiçeğinin Çevresel İhtiyaçları

Ayçiçeği, drenaj iyi yapılmış olmak kaydıyla kumsal ve ağır yapıdaki killi topraklar da dahil her türlü toprakta rahatlıkla yetiştirilebilmektedir. Mısır, buğday veya patates bitkileri gibi çok verimli topraklara ihtiyaç duymamaktadır. Ayçiçeği bitkisi tuza nispeten dayanıklı bitkiler grubunda yer almaktadır. Yaklaşık 5 ds m^{-1} tuzluluğa sahip topraklarda verim çok fazla etkilenmezken, daha yüksek tuzluluk seviyelerinde verim düşmektedir (Asia Khaton vd., 2000). Tuzluluk, ayçiçeği çimlenme yüzdesini düşürür. Yapılan

çalışmalarda, toprak tuzluluğunun yağ oranını önemli derecede düşürdüğü tespit edilirken, yağ asitlerinin bileşimi üzerinde hiçbir etkisinin olmadığı ortaya konmuştur. Ayçiçeği toprak pH'ına çok duyarlı değildir. Bu bitki, pH'sı 5.7 ila 8.0'dan fazla olan topraklarda kolayca yetiştirilmektedir. Elbette düşük pH seviyelerinde, absorbe edilebilir nitrojen ve fosforu sabitleyen bakterilerin aktivitesi azalabilirken, alüminyum ve magnezyum emilimi ise zehirlenme noktasına kadar artabilir. Ayrıca yüksek pH, emilebilir sodyumu toksik seviyelere yükseltebilirken, emilebilir fosfor, demir ve magnezyumu azaltabilir. Ayçiçeği kuraklığa çok dayanıklı bir bitki değildir ancak diğer bitkilerin ciddi şekilde zarar gördüğü durumlarda genellikle tatmin edici bir ürün verir. Bu reaksiyonun nedeni olarak kazık kök yapısına sahip olması gösterilmiştir. Ayçiçeği köklerinin toprak nemini mısır köklerine göre daha fazla emdiği bildirilmektedir. Yüksek nem seviyesine sahip topraklarda yetiştirilen bitkilerde oluşan su stresi koşullarında, yaprakların büyüme faaliyetleri durma noktasına gelse bile fotosentezin devam ettiği gözlemlenmiştir (Poormohammad Kiani vd., 2008).

2.4. Ayçiçeği Islahı

Günümüzde çarpık kentleşmenin sonucu olarak, ayçiçeği yetiştiriciliği, elverişli ve verimli topraklardan giderek potansiyeli düşük alanlara doğru kaymaktadır. Bu da bitkinin daha çok biyotik ve abyotik stres faktörleri ile mücadele etmesine neden olmaktadır. Islahçıları zorlayan önemli husus, söz konusu elverişsiz ortamlara uyumlu ve yeterli performansa sahip çeşitlerin geliştirilmesidir. Bu nedenle araştırmacılar, dünyada bu bitkinin ekonomik ve uygun maliyetli bir ürün olarak kalmasını sağlamak ve germplazmasının iyileştirmek amacıyla; moleküler genetik ve genomik dahil olmak üzere en iyi klasik ve modern ıslah yöntemlerini bulmaya ve entegre etmeye çalışmaktadırlar. Bu da çeşitli alanlarda uzmanlardan oluşan bir ekibin iş birliğini ve bitki ıslahı için uzun vadeli planlamayı gerektirmektedir.

Ayçiçeği yabancı döllenen bir bitki olduğundan dolayı heterozigottur ve en fazla verimi sağlayan ve güçlü bitkilerde heterosis görünmektedir. Rus çiftçiler tarafından kullanılan ilk ayçiçeği çeşitleri, serbest tozlanan ve doğal melezlerden elde edilen heterozigot populasyonların karışımı şeklindeydi. 50'li yıllardan itibaren ayçiçeği ıslahçıları, mısır hibritlerinin başarısını gördükten sonra hibrit çeşitlere ilgi duymaya başladılar. Hibrit çeşitlere

yönelik modern ıslah metodları, populasyon ıslah programlarından oldukça farklıdır. Çünkü bu programlarda, kendine döllenen ve tamamen saf ebeveynlere ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak uygulamada, ıslahçıların hem hibrit çeşitlerin hem de populasyonların ıslahı için her iki programı da aynı anda sürdürmeleri mümkün değildir. Hibrit çeşit kullanımının yaygın olduğu ülkelerde açıkta tozlanan popülasyon çeşitlerin kullanımı piyasadan kaldırılmıştır. Bununla birlikte, çiftçilerin yıllık hibrit tohum satın alma maliyetini ödemeye istekli olmadığı bazı üçüncü dünya ülkelerinde, piyasada hala açık tozlanan çeşitler kullanılmaktadır.

Ayçiçeğinde 1940'ların sonlarında Kanadalılar tarafından yapılan ilk klasik hibrit çeşit geliştirme çalışmasında, hibrit çeşitlerin açık tozlanan çeşitlerden yaklaşık %60 daha fazla verim verdiği tespit edilmiştir. Daha sonra Leclercq (1969) tarafından *H. petiolaris* ve *H. annuus* melezlenmesinden elde edilen ve bugün PET1 olarak bildiğimiz sitoplazmik erkek kısırlığın (CMS)[12] keşfi ile hibrit ayçiçeği çeşitlerinin üretimi basitleştirilmiştir. Çünkü bu ıslah yönteminde tüm ana bitkiler steril olmaktadır (Leclercq 1969). Bu sistemle hazırlanan ilk melezler Fransol ve Relax tarafindan 1974'te Fransa'da tanıtılmış ve ardından 1978'den sonra sitoplazmik melezler çiftçiler tarafından kullanmaya başlanmıştır. Bugün neredeyse tüm ayçiçeği çeşitleri sitoplazmik erkek kısırlığı yöntemiyle ıslah edilen çeşitlerdir (Makarenko et al., 2019).

Her bitkide olduğu gibi ayçiçeğinde de ıslah için farklı amaçlar belirlenmektedir. Ayçiçeğinde başlıca ıslah amaçları;

- Tane Verimi,
- Yüksek İç Oranı,
- Yüksek Yağ Oranı,
- Yağ Kalitesi,
- Topraktan Bazı Radyoaktif Maddelerin Emilimi,
- Herbisitlere Dayanıklılık,
- Orobanş'a Dayanıklık,
- Hastalıklara ve Zararlılara Dayanıklık,
- Yağlık Çeşitler,
- Çerezlik Çeşitler,

[12] Cytoplasmic male sterility

- Geç veya Erkencilik,
- Kısa veya Uzun Boyluluk,
- Çevre Şartlarına Yüksek Adaptasyonluluk.

Yukarıda belirtilen ıslah amaçlarını gerçekleştirmek için çeşitli ıslah metotları uygulanmaktadır.

2.5. Tane Verimi

Ayçiçeğinde, hibritlerin performansı ile ebeveynlerinin performansı arasında genellikle fazla bir ilişki yoktur. Kantitatif bir özellik olan tane verimi, düşük genel ve özel kalıtım derecelerine sahiptir. Bu durum hibritlerin ve ebeveynlerin olumsuz çevre koşullarından büyük ölçüde etkilenmesine sebep olur. Ayçiçeğinde dekarda tabla sayısı, tablada tane sayısı ve bin tane ağırlığı verim öğeleri olarak belirlenmektedir. Tablada tane sayısı ve 1000 tane ağırlığı özellikleri, tohum veriminden daha yüksek kalıtım derecesine sahip olmalarına rağmen, negatif bir korelasyona sahip olabilmektedir. Dolayısıyla tohum verimi yönüyle ıslah için, hibritlerin çoklu lokasyon tarla denemelerinde değerlendirilmesi zorunludur. Özetle tane verim ıslahı; en iyi bitkilerin seçimi, bunlardan en iyi saf hatların belirlenmesi ve bu hatların kombinasyonlarının oluşturulmasıdır (Vear et al., 2003).

2.6. Yağ Oranı ve Kalitesi

Günümüzde ayçiçeği çeşitlerinde en yüksek yağ oranı %60-65 biyolojik sınırına yakın olarak tespit edilmiştir. Tanede yağ oranı, ana hattın genotipine bağlıdır ve polenin (baba hattın) bunun üzerinde çok az etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Bu özelliğin kalıtım derecesi yüksektir ve ıslah programının ilk nesillerinde buna dayalı olarak tek bitkilerin seçimi yapılmaktadır. Günümüzde yağ oranı, 2-3 g tohum kullanarak hızlı ve etkin bir şekilde nükleer manyetik rezonans (NMR)[13] yöntemi ile belirlenmektedir. Dolayısıyla, bu özelliğin ıslahı çok kolay olabilir, ancak yağ oranı yüksek genotiplerin veriminin düşük olma eğiliminde olduğuna dikkat edilmelidir. Bunun nedeni ise bir gram yağ üretiminin bir gram selüloz üretiminden daha fazla enerji gerektirmesi olabilir. Genel olarak hibritlerin ebeveynlerinden daha yüksek bir yağ oranına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Ayçiçek çeşitlerin yağının bileşimi iklim koşullarına göre değişmektedir. Ilıman koşullarda

[13] Nuclear Magnetic Resonance

yaklaşık %75 linoleik asit ve %20 oleik asit içerirken, daha sıcak iklimlerde genellikle %60 oleik asit ve %30 linoleik asit bulunmaktadır. Ayçiçek yağı elde edildikten sonra fabrikada herhangi bir işleme tabi tutulmadan doğrudan kullanım ya da margarin üretimi amacıyla kullanılabilir (Miller et al., 1987).

2.7. Topraktan Bazı Radyoaktif Maddelerin Emilimi

Ayçiçeği topraktan kurşun, arsenik ve uranyum gibi toksik elementleri emebilmektedir. Çernobil Nükleer Santralinde meydana gelen felaketten sonra, santrale yakın bölgelere nükleer maddelerden sezyum137[14] ve stronsiyum90[15]'ı temizlemek için ayçiçeği ekimi yapılmıştır. Japonya'daki Fukushima Daiichi nükleer felaketinden (2011) sonra da benzer şekilde ayçiçeği kullanılmıştır.

2.8. Herbisitlere Dayanıklık

Ayçiçeği ile rekabet eden birçok geniş ve dar yapraklı yabancı ot mevcuttur. Bunlarla mücadele etmek için spesifik herbisitlerin kullanılması halinde, tarlaların bakımı ve ayçiçeği yetiştiriciliği çok daha kolay olacaktır. Ayrıca ayçiçeği yetiştiriciliği doğrudan (toprak işlemesiz tarım[16]) ekim yapılacaksa, yabancı ot kontrolü için herbisitlere dayanıklı çeşitlerin kullanılması tek seçenek olacaktır. Ayçiçeği yetiştiriciliğinde geniş yapraklı yabancı otlar için geliştirilmiş ve yaygın olarak kullanılan herbisit sayısı oldukça azdır. Ancak yapılan çalışmalar sonucunda; Imidazolinone ve Sulfonylurea sınıfı herbisitlere dirençli yabani ayçiçeği populasyonlarının keşfiyle, geniş yapraklı yabancı otlatlar için daha çok herbisitin kullanılması mümkün olmuştur. Bu amaçla Imidazolinone kategorisine ait Beyond™ ve Clearfield™ isimli ticari herbisit ayçiçeklerinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Geniş yapraklı yabancı otlara karşı kullanılan Sulfonylurea ait ve Express™ isimli herbisitlere dirençli germplazmlar ayçiçeği ıslahında önde firmalar tarafından ıslahçılara sunulmuştur. Öyle ki Express ve Beyond herbisitleri, ayçiçeği yetiştiriciliğinde büyük verim kayıplarına neden olan birçok geniş yapraklı yabancı otu kontrol etmektedir (Baumgartner et al., 1999; Al-Khatib and Miller., 2002; Kolkman et al., 2004; Dicu et al., 2009).

---

[14] Caesium
[15] Strontium
[16] No-till farming

2.9. Hastalıklara Dayanıklık

Dünyanın her yerinde bir ayçiçeği çeşidinin başarısını belirleyen en önemli faktörlerden birisi o çeşidin hastalıklara dayanıklı olması durumudur. Dünyanın farklı ülkelerinde, değişik iklim koşullarında hastalıklar da farklılık göstermektedir. Ayrıca, ayçiçeğinde kayıplara sebep olan zararlıların tümü, ana vatanı olan Kuzey Amerika'dakinden nispeten yeni olduğu dünyanın diğer bölgelerinden de farklılık gösterebilir. Her ülkede farklı zararlı populasyonları tarafından ürün kayıplarının yaşanması söz konusudur. Bu bitkinin nispeten yeni olması, aynı zamanda yeni hastalıkların da ortaya çıkma olasılığının da olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca diğer bitki zararlıları da ayçiçeğine uyum sağlayabilir. Dünya çapında bazı ayçiçeği hastalıkları büyük önem taşımaktadır. Bunlardan en önemlisi, ayçiçeği beyaz çürüklüğüdür (*Sclerotinia sclerotiorum*). 1992'de ayçiçeğinin en önemli ikinci hastalığı kahverengi gövde kanseri (*Diaporthe helianthi*) idi, bunu kömür çürüklüğü (*Macrophomina phaseolina*) ve mildiyö (*Plasmopara halstedii*) izlemiştir (şekil 4).

Şekil 4: Ayçiçeğinin önemli hastalıkları, (a) Beyaz Çürüklüğü, (b) Kahverengi Gövde Kanseri, (c) Kömür Çürüklüğü, (d) Mildiyö.

Hastalıkların türüne bağlı olarak, mücadele etme yöntemi de farklı olacaktır. Hastalıklarla genelde kültürel, kimyasal, biyolojik ve genetik yöntemlerle mücadele etmekteyiz. Ancak kültürel mücadele yöntemlerinden münavebe veya bitki kalıntılarının yakılması gibi yöntemler, önemli hastalıkların kontrolünde çok etkili olmamıştır. Kimyasal mücadele ise yüksek maliyetli ve çevresel riskleri olan ayrıca patojenin de genetik değişimi nedeniyle etkisini yitirme durumu sözkonusudur. Belirtilen hususlara göre bitkinin genetik direncine dayalı yöntem hastalık kontrolü için en iyi yöntem olarak kabul edilmektedir. Genel olarak bitkilerde hastalık direnci iki ana kategoriye ayrılabilir:

-Tam direnç; ırka özgü[17] veya majör genlerine[18] dayalı olarak kontrol edilen dirençliktir. Örneğin: Külleme, ayçiçeği pası gibi hastalıklar ve orobanş zararına dayanıklılık.

- Nispi direnç; yatay, spesifik olmayan ve kontrolü çok sayıda gene dayanan dirençliktir. Örneğin: Beyaz çürüklüğü, kahverengi gövde kanseri ve tabla çürüklüğü dayanıklılık gibi hastalıklardır (Vear, 2004; Amouzadeh et al., 2015).

2.10. Ayçiçeğinde Islah Yöntemleri

Ayçiçeği ıslahında en sık kullanılan klasik ve modern ıslah yöntemleri şunlardır:

- Seleksiyon[19] (seçme),
- Tekrarlamalı seçme[20]
- Kendileme[21],
- Melezleme,
- Heterosis,
- Mutasyon ıslahı[22],
- Biyoteknolojik Yöntemler,
    - Moleküler ıslah
    - Doku kültürü[23] (*in vitro*)
    - Protoplast kültürü (Protoplast füzyonu[24])
    - Transgenik[25]

Bitki ıslahçıları, farklı yöntemler kullanarak geniş bir bitki populasyonunu test ederler. Genel olarak, bitkilerin küçük bir kısmı istenen özellikleri gösterirler. Bu nedenle, populasyonlardan az sayıda bitki seçilerek bir sonraki neslin ebeveynlerini oluştururlar. Uygun yetiştiricilik yöntemleri ile bitki ıslahı birleştiğinde, verim ve kalitede artışlar meydana gelecektir.

---

[17] Race-specific
[18] Major genes
[19] Selection
[20] Recurrent selection
[21] Self-fertilization
[22] Mutation breeding
[23] Tissue culture
[24] Protoplast fusion
[25] transgenic

Genel olarak, son 50 yılda bitkilerde verim artışının neredeyse yarısının genetik ıslah sonucunda elde edildiği tahmin edilirken, diğer yarısının ise yetiştiricilik tekniklerinin (gübre, sulama, hastalık ve haşere kontrolü) iyileştirilmesi ile ilgili olduğu belirtilmektedir. Islahçılar pek çok bitki türünde genetik çeşitliliği artırmak için yabani türlerde mevcut olan genleri seçerler. Ayrıca hem kültür hem de yabani türlerdeki değerli genleri elde etmek için hibridizasyon ve melezleme yöntemlerini kullanırlar.

Klasik ıslah yöntemleri uzun sürse de (birkaç jenerasyon), günümüzde bir çok bitki performansını ve kalitesini önemli ölçüde artırmaktadır. Klasik ve yaygın ıslah yöntemlerinin yanı sıra ıslahçıların ihtiyaçlarını kısa sürede karşılanması için modern biyoteknolojik yöntemler de kullanılmaktadır. Bazı özelliklerde genetik yapısının (gen lokusları içindeki allel ilişkileri) netleştirmesinde kullanılan Mendel oranları ve fenotipik çalışmalar için Ki-kare[26] testi yeterli olacaktır. Bununla birlikte, yalnızca fenotipik verilere sahip olarak, karmaşık bir özellik için iki genotipin benzerliğinin aynı genlerden kaynaklanıp kaynaklanmadığını veya farklı genetik kombinasyonlardan oluşup oluşmadığını ayırt etmek mümkün değildir. Bu sorun, hastalıklara direnç gösteren genler ve bitki verim durumunda daha belirgin olarak gözlemlenmektedir.

Moleküler markör teknolojisinin gelişmesiyle, markör destekli seçim teknolojisinin[27] kullanımı birkaç yıldır yaygın olarak kullanılmaktadır. Markör destekli seçim için, genetik bağlantı haritaları[28] ve kantitatif özellik lokusları[29] belirlemek gerekmektedir. Kantitatif özelliklere ait lokusların (QTL) tespiti en çok ıslahçılar için faydalı olmuştur. Çünkü kantitatif özellikler istatistiksel veri formundan, gerçek genlere dönüştürmüştür. Daha da önemlisi, genetik bağlantı haritalarında QTL'lerin konumu kullanılarak, farklı özellikleri kontrol eden genlerin konumları karşılaştırılması mümkün olmaktadır. QTL'ler sayesinde pleiotropi[30], genetik bağlantıdan ayırt edilebilmektedir. Farklı araştırmacılar tarafından Ayçiçeğinde SNP, INDEL,

[26] Chi-squared test
[27] Marker assisted selection; MAS
[28] Genetic linkage map or Linkage map
[29] Quantitative trait loci; QTL
[30] Pleiotropy

SSR, AFLP, RAPD, RFLP ve TRAP[31] markörleri kullanılarak, çeşitli karyotipler ve bağlantı haritaları yapılmıştır. Bağlantı haritaları ağırlıklı olarak F_2 ve rekombinant hatları üzerinde hazırlanmıştır (Berry et al., 1995; Tang et al., 2002; Yu et al., 2003; Lyu et al., 2020). Ayçiçeğinde çeşitli kantitatif özelliklerin tanımlanması ve konumlandırılmasında QTL'ler yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kantitatif özellikler arasında yağ oranı, bitki boyu, yaprak sayısı, gövde ve tabla çapı, bin tane ağırlığı, tuzluluğa ve kuraklığa dayanıklılık gibi tarımsal özellikleri sayabiliriz (Mestries et al., 1998; Mokrani et al., 2002; Burke et al., .2002; Huang et al.,2007).

Başlangıçta ayçiçeği ıslahında gen transferi (transgenik) yöntemi yaygın olarak kullanılmamaktaydı. Bu etkin yöntemin diğer yağ bitkilerinde yaygın olarak kullanılıyor olup, ayçiçeğinde kullanılmıyor olması büyük bir sorun oluşturmuştu. O dönemde gen transferi yönteminin ayçiçeğinde başarısız olma nedeni olarak, bu bitkinin gen aktarımına ve rejenerasyona yatkın olmaması gösterilmiştir. Ancak, 1987'den sonra yapılan birçok çalışmada, bu bitkide de gen transferinin ve bitki rejenerasyonunun başarılı bir şekilde uygulanabildiği bildirmiştir (Schrammeijer et al., 1990; Alibert et al., 1994; Hewezi et al., 2004). Bu bağlamda, daha yüksek verimliliğe sahip olan ve istenen transgenik özellikleri elde etmek için kullanılan protokoller geliştirilmiştir. Gen aktarımı ve ifadesindeki başarıya örnek olarak, mantar hastalıkları içerisinde yer alan beyaz çürüklüğüne (*Sclerotinia sclerotiorum*) direnç gösteren oksalat oksidaz genini sayabiliriz. Ayrıca glifosat herbisitine tolerans için, *Agrobacterium* Cp4 geni ve Lepidoptera kontrolü için de CryI geni kullanılmıştır. Bir sonraki genetik mühendisliğinin hedefi, diğer CryI geninin varyantlarının aktarılması ile birlikte diğer herbisitlere tolerans sağlamaktır (Manoj kumar et al., 2011).

3. SONUÇ

Ayçiçeği medikal ve ilaç, hijyen-kozmetik ve boya sanayinde de kullanılmasına rağmen, bu bitki yağ tüketiminden çerezlik tüketime kadar bir amaçla yetiştirilmektedir. Son zamanlarda, bu bitkinin biyoyakıt (Biofuel) olarak kullanılması ciddi bir tartışma konusu olarak gündeme gelmiştir. Ayçiçeğinin genom araştırmalarının en büyük fon sağlayıcılarından biri olan Kanada, ayçiçeğinin biyoyakıt olarak kullanılmasını dört gözle beklemektedir.

[31] Target region amplification polymorphism

Bugün Amerika'daki araştırmacılar, gümüş yapraklı ayçiçeği (*Helianthus argophyllus*) ve *Helianthus tephrodes* türleri olarak adlandırılan iki yabani ve kuraklığa dayanıklı ayçiçeği türü üzerinde çalışmaya başlamışlardır. Gümüş yapraklı ayçiçeği temel olarak minyatür tek yıllık bir çalı formundadır. Bu bitki üzerinde yürütülen araştırmalar sonucunda, belki gelecekteki ayçiçeği tarlasında çiftçiler, tohumlarını yağlı tohum olarak satmanın yanı sıra odunsu sapını biyoyakıt olarak da kullanacaklardır. Gümüş yapraklı ayçiçeği genom projesinin asıl amacı biyoyakıt amacına uygun çeşit geliştirmek olsa da, ayçiçeği genom projesi de bundan faydalanacak ve elde edilecek varyasyondan yeni ayçiçeği hibritleri geliştirmek için kullanılması ön görülmektedir. Ayrıca araştırmacıları Algodones Dunes (*Helianthus niveus* ssp. tephrodes) ayçiçeğinde görülen önemli kuraklık direnci, sahip olduğu diğer özelliklerine göre çok daha dikkat çekmiştir. Bu direnci hibridizasyon yoluyla kültürü yapılan ayçiçeklerine aktarabilmeyi umut etmektedirler.

KAYNAKÇA

Alibert, G., Aslane-Chanabe, C., Burrus, M. (1994). Sunflower tissue and cellcultures and their use in biotechnology. Plant Physiol Biochem 32: 31-44.

Al-Khatib, K., Miller, JF. (2000). Registration of four genetic stocks of sunflower resistant to imidazolinone herbicides. Crop Sci 40: 869-870.

Amoozadeh, M., Darvishzadeh, R., Davar, R., Abdollahi Mandoulakani, B., Haddadi, P., Basirnia, A. (2015). Quantitative trait loci associated with isolate specific and isolate nonspecific partial resistance to Sclerotinia sclerotiorum in Sunflower. Journal of Agricultural Science and Technology 17: 213-226.

Anonim. (2020). https://pesterafsanjan.com.

Anonim. (2022). https://alchetron.com.

Anonim. (2023).https://www.sorhocam.com.

Anonim. (2023). https://fidust.com/knowledge-base/474.

Anonim. (2023). https://sites.google.com/site/npncitizenscience/sunflower-anatomy.

Asia Khaton, M., Qureshi, S., Hssain, MK. (2000). Effect of salinity on some yield parameters of sunflower. International Journal of Agriculture and Biology 4: 382-384.

Baumgartner, JR., Al-Khatib, K., Currie, RS. (1999). Cross-resistance of imazethapyrresistant common sunflower H. annuus to selected imidazolinone, sulfonylurea, and triazolopyrimidine herbicides. Weed Tech 13: 606-664.

Berry, ST., Leon, AJ., Hanfrey, CC., Challis, P., Burkolz, A., Barnes, SR., Rufener, GK., Lee, M., Caligari, PDS. (1995). Molecularmarker analysis of Helianthus annuus L. 2. Construction of an RFLP map for cultivated sunflower. Theor Appl Genet 9l: 195–199.

Burke, JM., Tang, S., Knapp, SJ., Rieseberg, LH. (2002). Genetic analysis of sunflower domestication. Genetics 161(3): 1257–1267.

Connor, DJ., Sadras, VO. (1992). Physiology of yield expression in sunflower. Field Crops Res 30:333-389.

Dicu, G., Dumitrescu, N., Radu, M., State, D., Fuia, S., Diaconescu, O. (2009). Improving sunflower for resistance to Orobanche and tribenuron methyl herbicides- sunflower hybrid PF100. Helia 32: 119-126.

Fernandez-Martinez, J.M., Perez-Vich, B. (2009). Sunflower. In: Oil Crops, eds. Johann Vollmann, Istvan Rajcan, 517- 533. New York: Springer.

Hewezi, T., Alibert, G., Kallerhoff, J. (2004). Genetic transformation of sunflower (Helianthus annuus L.). In: I Curtis (ed) Transgenic Crops of the World. – Essential Protocols. Kluwer Academic Publ, Dordrecht, The Netherlands, pp 435–451.

Hladni, N., Skoric, D., Kraljevic- Balalic, M., Sakac, Z. & Jovanovich, D., (2006). Combining ability for oil content and its correlations with other yield components in sunflower (Helianthus annuus L.). Helia 29(44):101-110.

Hu, J., Seiler, G. and Kole, C. (2010). Genetics, genomics and breeding of sunflower. Routledge, USA, 342 pages.

Huang, XQ., Nabipour, A., Gentzbittel, L., Sarrafi, A. (2007). Somatic embryogenesis from thin epidermal layers in sunflower. Plant Sci 173: 247- 252.

Kolkman, JM., Slabaugh, MB., Bruniard, JM., Berry, S., Bushman, BS., Olungu, C., Maes, N., Abratti, G., Zambelli, A., Miller, JF., Leon, A., Knapp, SJ. (2004). Acetohydroxyacid synthase mutations conferring resistance to imidazolinone or sulfonylurea herbicides in sunflower. Theor Appl Genet 109: 1147–1159.

Leclercq, P. (1969). Une stérilité cytoplasmique chez le tournesol. Ann Amélior Plant 19: 99–106.

Makarenko, Maksim S., et al. (2019). "Characterization of the Mitochondrial Genome of the MAX1 Type of Cytoplasmic Male-Sterile Sunflower." BMC Plant Biology, vol. 19, no. S1, Feb., p. 51. DOI.org (Crossref), https://doi.org/10.1186/s12870-019-1637-x.

Manoj Kumar, A., Sundaresha, S., Rohini, S. (2011). Transgenic sunflower (*Helianthus annuus* L.) with enhanced resistance to a fungal pathogen Alternaria helianthin. Transgenic Plants J 5(1): 50-56.

Mestries, E., Gentzbittel, L., Tourvieille De Labrouhe, D., Nicolas, P., Vear, F. (1998). Analyses of quantitative trait loci associated with resistance to Sclerotinia sclerotiorum in sunflowers (Helianthus annuus L.) using molecular markers. Mol Breed 4: 215–226.

Miller, J., Zimmerman, D., Vick, B. (1987). Genetic control of high oleic acid content in sunflower. Crop Sci 27: 923–926.

Mokrani, L., Gentzbittel, L., Azanza, F., Fitamant, G., Al-Chaarani, G., Sarrafi, A. (2002). Mapping and analysis of quantitative trait loci for grain oil content and agronomic traits using AFLP and SSR in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Theor Appl Genet 106: 149-156.

Poormohammad Kiani, S., Maury, A., Sarrafi and P, Grieu. (2008). QTL Analysis of Chlorophyll Fluorescence Parameters in Sunflower (Helianthus annuus L.) under Well-Watered and Water-Stressed Conditions. Plant Science, 175(4), 565-573. *DOI.org (Crossref)*, https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2008.06.002.

Putt, ED. (1997). Early history of sunflower. p. 1–19. In A.A. Schneiter(ed.) Sunflower technology and production. CSSA, Madison, WI, USA.

Schrammeijer, B., Sijmons, PC., van den Elzen, JM., Hoekema, A. (1990). Meristem transformation of sunflower via Agrobacterium. Plant Cell Rep 9: 55–60.

Seiler, GJ., Brothers, ME. (1999). Oil concentration and fatty acidcomposition of achenes of Helianthus species (Asteraceae) from Canada. Econ Bot 53: 273–280.

Skoric. D., Jocic, S., Hladni, N., Vannozzi, GP. (2007). An analysis of heterotic potential for agronomically important traits in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Helia 30(46): 55-74.

Tang, S., Yu, JK., Slabaugh, MB., Shintani, DK., Knapp, SJ. (2002). Simple sequence repeat map of the sunflower genome. Theor Appl Genet 105: 1124–1136.

Vear, F., Bony, H., Joubert, G., Tourvieille de Labrouhe, D., Pauchet, I., Pinochet, X. (2003). 30 years of sunflower breeding in France. Oléagineux, Corps Gras, Lipides 10: 66–73.

Vear, F. (2004). Breeding for durable resistance to the main diseases of sunflower. Proc16th Int Sunflower Conf, Fargo, ND, USA, Aug 29 to Sept 3, 2004, vol 1, pp 15–28.

Yu, JK., Tang, S., Slabaugh, MB., Heesacker, A., Cole, G., Herring, M., Soper, J., Han, F., Chu, WC., Webb, DM., Thompson, L., Edwards, KJ., Berry, S., Leon, AJ., Olungu, C., Maes, N., Knapp, SJ. (2003). Towards a saturated molecular genetic linkage map for cultivated sunflower. Crop Sci. 43: 367–387.

BÖLÜM 8

GELENEKSEL VE MODERN BİTKİ ISLAHININ METODOLOJİSİNDEKİ GELİŞMELER

Öğr. Gör. | Nilay KAYIN[1]
Dr. Öğr. Üyesi | Ferzat TURAN[2]

[1] Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Rektörlük, Proje Geliştirme ve Koordinasyon Ofisi Koordinatörlüğü, Bilecik, Türkiye. nilay.kayin@bilecik.edu.tr , Orcid ID: 0000-0002-5530-9705

[2] Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarla Bitkileri, Ziraat Fakültesi, Arifiye, Sakarya, Türkiye. ferzatturan@subu.edu.tr, Orcid ID: 0000 0001 5960 6478

GİRİŞ

Modern uygarlığın başlangıcı, insanların avcılık ve toplayıcılığı bıraktıkları dönem olan MÖ 10.000 yılına kadar uzanmaktadır. Neolitik devir ya da yontma taş devri olarak bilinen bu dönemde insanlar yemek yapmaya, çanak çömlek yapmaya, yün bitkilerinden giysi üretmeye başlamışlardır. Bu yanında, insanlar bitki ve hayvanları kültüre almayı öğrenmişlerdir. Parseller halinde buğday, mısır, patates ekmeye başlamışlardır (Şehirali ve Özgen, 2007; Agronomy ve Agriculture, 2021). Neolitik Çağda Güneybatı Asya'da tarım başlamıştır ve ilk kültüre alınan bitki ise Siyez ve Emmer buğdayı olmuştur (Lamichhane ve Thapa, 2022). Sonrasında günümüzde tüketilen buğday, arpa, darı, çeltik gibi tüm tahıl grubu bitkileri kültüre alınmaya başlanmıştır (Borlaug, 1983). Tahıllardan sonra kültüre alınan bitkiler sırasıyla yemeklik tane baklagiller, sebze ve lif bitkileri ve en son ilaç bitkileri ve süs bitkileri olmuştur (Şehirali ve Özgen, 2007). İnsanlar 2500 kadar bitki türünü kültüre almışlardır ve 150 türü geniş kapsamda yetiştirmişlerdir (Dirzo ve Raven, 2003; Şehirali ve Özgen, 2007).

Bitkilerin yetiştirilme süreci toplama, yetiştirme ve kültüre alma olarak üç aşamaya ayrılmaktadır. İlk olarak insanlar yabani türlerden bitki toplamaya başlamışlardır. Daha sonra tarımsal alanlarda yetiştirmişlerdir ve son olarak da avantajlı karaktere sahip bitkilerin görsel seçimini yapmışlardır. İnsanlar, bitkileri kültüre alma sırasında yabani türlerinden faydalı özellikler elde etmek için çeşitler seçmeye başlamışlardır. Bitki tohumlarının kültüre alınmasında, tohum boyutunun büyük ve tohum kabuğunun ince olmasına, tohum verimliliğine ve tohumun bazı büyüme özelliklere dikkat etmişlerdir (Meyer ve Purugganan 2013). Bitkilerin kültüre alınması tek bir alanda başlamamış, birçok alana yayılmıştır (Meyer vd., 2012). Bitki türlerini kültüre almanın yanında genleri de kültüre almışlardır. Özellikle yabancı türlerden hastalıklara dayanıklılık genleri olanlar kültüre alınmıştır (Şehirali ve Özgen, 2007).

İlkel çağlardan beri bitki ıslahının ilk adımının bitki seleksiyonu olduğu düşünülmektedir. Bitki ıslahı, önemli özelliklere sahip yeni bir bitki çeşitleri elde etmek için, insan tarafından uygulanan melezleme ve seleksiyon yöntemlerine verilen genel addır. Bitki ıslahı kavramı Mendel'in genetik kanunlarıyla 1865'te ortaya çıkmıştır (Mendel's law of inheritance). Mendel'in bezelyedeki genetik çalışmaları bitki genetiği çalışmalarına hız

kazandırmıştır. 19. yüzyıldan önce bitki ıslahı, arzu edilen görsel karakterlere sahip bitkilerden tohumlar seçen ve onları yetiştiren büyük ölçekli çiftçiler tarafından yapılmaktaydı. 1900'lü yıllarda Mendel yasasının yeniden yürürlüğe girmesinden sonra, insanlar üstün özellikteki çeşitleri çaprazlamaya ve önemli karakterlerin melezlerini üretmeye başlamışlardır (Hickey vd., 2017). Bitki ıslahı alanında çalışmalara devam edilmiştir ve 1965 yılında Norman E. Borlaug, bitki genetiğini kullanarak hastalığa dirençli buğday çeşitleri üretmiştir ve bu sayede "Yeşil Devrim"e öncülük etmiştir. Uluslararası Pirinç Araştırma Enstitüsü de bitki ıslahını kullanarak yüksek verimli yarı bodur pirinç çeşitleri elde etmişlerdir (Lee vd., 2015). Bu çalışmalar, bitki ıslahı ve genetiğin alanında önemli olmuştur. Bazı gelişmiş ülkelerde tarımla uğraşan insan sayısı oldukça azdır. Bu insanlar tarımda verimlilik sağlayarak, ülkedeki insanların çoğunluğunu beslemek durumundadır (Breseghello ve Coelho, 2013). Bunu da bitki ıslahı ile verim artışı sağlayarak yapmaktadırlar.

Birleşmiş Milletler Örgütünün raporu, 2050 yılında kadar dünya nüfusu yaklaşık 10 milyar olacağını yönündedir (United Nations, 2017). Gıda ve Tarım Örgütü de bu durumda gıda üretiminin gelişmiş ülkelerde %70, gelişmekte olan ülkelerde %100 oranında artması gerektiğini vurgulamıştır (FAO, 2009; Jonathan vd., 2011). Bunun yanında tarım alanlarının genişletilmesi mümkün olmadığından dolayı birim alandan daha fazla tarım ürün alınabilmesi için tarımda kullanılan girdi miktarının artırılması gerekmektedir (Çukur ve Işın, 2008). Bu amaca, bitki ıslahı yöntemleriyle ulaşılabilmektedir. Bitki ıslahında, varyasyon oluşturmak için kromozom değişimi, yapay melezleme ve mutagenez gibi farklı stratejiler kullanılmaktadır (Lee vd., 2015). Varyasyonun meydana getirilmesi, bir bitkiden istenen özelliklerin seçilmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, son 150 yıldır bitki ıslahı, bitkinin yaşam döngüsünü kısaltmayı da başarmıştır (Ahmar vd., 2020).

Bu kitap bölümünde çeşitli ıslah metodolojileri ortaya koyulacaktır. Ayrıca geleneksel bitki ıslahı ile modern bitki ıslahı arasındaki ayrım yapmaya çalışılacaktır.

1. GELENEKSEL BİTKİ ISLAHI

Geleneksel bitki ıslahı, ileri moleküler ıslah teknolojileri kullanılmaksızın yeni bitki çeşitleri geliştirme sürecidir. Geleneksel ıslah, doğal genetik aktarımı etkilememektedir. Herhangi bir bitki türünde istenilen

özelliğe sahip olanların seçilip eşleştirilmesi ile istenilen özellikleri taşıyan yeni bitkilerin elde edilmesine geleneksel ıslah denir. Bu ıslah yönteminde arzu edilen karakterler, ilgili bitkilerden seçilmektedir ve hibridizasyon işlemiyle yeni çeşitlere dahil edilmektedir (Al-Khayri vd., 2016). Geleneksel bitki ıslahında çeşitlilik, hibridizasyon yöntemiyle oluşturulmaktadır. Bu nedenle, önemli genotipi belirlemek için fenotipe dayalı seleksiyon yapılmaktadır. Geleneksel ıslah yöntemiyle özdeş ebeveynlerde, gamet ayrımı olmayacağı için varyasyon oluşmamaktadır (Acquaah, 2015). Geleneksel bitki ıslahı, uzun bir süreçtir ve yeni bir çeşidinin ortaya çıkması genellikle 10 yıldan fazla sürmektedir (Bharti ve Chimata, 2019). Geleneksel bitki ıslahı, üstün özellikteki çeşitleri belirlemek çeşitlerin fenotipik ifadelerine bağlıdır. Fenotipler ise, çevreden etkilendikleri için seleksiyon yapılan çeşitlerde hatalar meydana getirebilmektedirler (Lema, 2018). Konvansiyonel bitki ıslah uygulamalı bir bilimdir ve uygulama için yetiştiricilerin deneyimlerine, gözlemlerine ve becerilerine ihtiyaç duyulmaktadır (Allard, 1961). Örneğin, Amerika'da yaygın olarak yetiştirilen bir patates çeşidi olan Burbank, geleneksel ıslah yöntemleriyle yetiştiricilerin gözlemleri sonucunda keşfedilmiştir (Fehr, 1987). Geleneksel bitki ıslah yönteminin olumsuz yönünü bu sübjektif analiz oluşturmaktadır. Bunun yanında, modern bitki ıslahı yöntemi, geleneksel bitki ıslah yöntemine göre daha az sübjektiftir ve daha çok bilimseldir. Bu nedenle, modern ıslah uygulamaları daha etkili ve verimli olmaktadır (Jiang, 2013).

2. MODERN BİTKİ ISLAHI

Son 20 yıldır modern teknolojiler, geleneksel bitki ıslah uygulamalarıyla birleştirilmektedir. Bitkilerin ıslah hedefleri, verim artışının dışına zamanla çıkmıştır. Bitki verim artışının yanında yabani otlara dayanıklılık, hastalıklara karşı direnç gibi özellikleri geliştirme hedefleri de vardır. Bu hedefleri gerçekleştirebilmek amacıyla, geleneksel bitki ıslahı alanında, kapsamlı genomik çalışmalar için diğer bilim dalları da kullanılmaktadır (Fu, 2015). Bu amaçla çeşitlerin genetik kazanımını iyileştirmek için genomik seleksiyon, çevre bilimi ve Yüksek Verimli Fenotipleme (HTP) gibi yeni teknolojiler uygulanmaktadır. Bu yeni teknolojiler modern ıslahın ortaya çıkmasına yol açmıştır. Genomics, Enviromiks ve Phenomics, modern bitki ıslahının sac ayağını oluşturmaktadır

(Crossa vd., 2017). Modern bitki ıslahında, mahsul geliştirme hızını artıran birçok genetik ve moleküler teknik kullanmaktadır. Bu modern teknikler; pirinç, buğday, sorgum, mısır vb. temel ürünlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Ricroch vd., 2014). Küresel gıda üretimini artırmak için çeşitli tamamlayıcı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu amaçla; modern bitki ıslahı, bir türün üstün özellik göstermesine yardımcı olan karakterleri bulmaya çalışmaktadır (Ewing vd., 2019). Bu ıslah yöntemlerinde, genotipleri çevre etkileşimlerinden daha az etkilenen tutarlı fenotiplere sahip ebeveynler kullanılmaktadır (Finlay ve Wilkinson, 1963). Modern bitki ıslah yöntemlerinin etkinliğinin yüksek olmasına rağmen genetik geriliğe neden olduğu düşünülmektedir (Huang vd., 2007) (Tablo 1).

Tablo 1: Geleneksel ve modern bitki ıslah yöntemleri arasındaki farklar (Lamichhane ve Thapa, 2022)

Geleneksel bitki ıslahı	Modern bitki ıslahı
• Bu ıslah, saf gen dizisinin belirlenmesinde kararlılık göstermeyen fenotipe dayanmaktadır.	• Saf gen hattının belirlenmesinde daha doğru olan genotip bazlı ıslah yöntemidir.
• Yeni bir çeşidi piyasaya sürmek daha fazla zaman almaktadır.	• Yeni bir çeşidin piyasaya sürülmesi nispeten daha az zaman almaktadır.
• Geleneksel ıslahta değişkenlik, hibridizasyon yoluyla yaratılır.	• Çeşitlerin genetik kazanımını iyileştirmek için Genomik seleksiyon, çevre bilimi ve Yüksek Verimli Fenotipleme (HTP) gibi yeni kullanılan teknolojiler uygulanmaktadır.
• Genel olarak, sadece baskın genler seçilmektedir. Çekinik allellerin seçimi için uzun bir süreç gerektirmektedir.	• Resesif alleller, belirteçlerin kullanımı ve gelenekselden çok daha kısa bir prosedür olan spesifik gen bölgelerinin tanımlanması yoluyla seçilebilmektedir.
• Yetiştiricinin becerilerine, sanatına ve öznel analizine bağlı olduğundan bu durum sonucu daha az güvenilir hale getirmektedir.	• Modern Bitki Islahı, bilimsel araştırma ve bulgulara dayandığı için daha etkili ve güvenilirdir.
• Geleneksel bitki ıslahı, daha az teknik beceri ve genetik bilimsel	• Aynı zamanda, daha teknik becerilere ve genetik bilimi bilgisine

bilgi gerektirmektedir.	sahip modern bitki yetiştiricilerine ihtiyaç duyulmaktadır.
• Yerli teknik ve aletlerle uygulanabildiği için daha ucuzdur.	• Yüksek teknoloji makineler ve metodolojiler gerektirdiği için oldukça pahalıdır.

2.1. Modern Bitki Islahının Geleneksel Bitki Islahına Göre Avantajları

Neolitik çağdan, bitki ıslahının altın çağı olan yirmi birinci yüzyıla kadar, insanlar bitki ıslahı için çeşitli stratejiler uygulamışlardır. Modern bitki ıslahı, geleneksel bitki ıslahına göre aşağıda sayılan nedenlere bağlı olarak daha etkindir. Geleneksel bitki ıslah ile karşılaştırıldığında, modern bitki ıslahı aşağıdaki avantajlara sahiptir:

- Marker Destekli Islah ve Kantitatif Özellik Lokus Haritalama gibi bazı teknikler kullanılarak, üstün bitki seleksiyonları ile fide aşamasında bile yapılabilmektedir. Daha sonra, istenmeyen genler, farklı belirteçler kullanılarak ortadan kaldırılabilmektedir.

- Geleneksel seleksiyon fenotipik ifadeye bağlı olduğundan, yalnızca baskın genler üzerinde ifade edilmektedir. Böylece, geleneksel bitki ıslahında sadece baskın genler seçilmektedir. Resesif allelleri seleksiyonu için, uzun bir prosedür olan test melezi ve kendileme yapılmaktadır. Bununla birlikte, modern bitki ıslahında, belirteçler kullanılarak ve genin belirli bölgelerinin tanımlanmasıyla birkaç resesif allel de seçilebilmektedir.

- Geleneksel bitki ıslahında, maskeleme etkilerinin varlığından dolayı fenotipik seleksiyon zordur. Birden çok allel tarafından yönetilen bazı niceliksel özelliklerin fenotipik ifadeleri değişkenlik gösterdiğinden seçilmesi zordur. Ancak, modern ıslah yöntemlerinde kullanılan gen düzenleme ve genomik seçim gibi yeni ıslah teknolojileri ile bu daha kolay olmaktadır.

- Geleneksel ıslah yöntemiyle çok fazla ıslah yapılmasına rağmen sonuçlar pek verimli olmamıştır. Kantitatif özelliklerin genetik kazanımları, çevre (G × E) etkileşimi ile genotipten büyük ölçüde etkilendiklerinden dolayı etkili olmamıştır. Ancak modern ıslah, G × E etkileşiminden daha az etkilenen kararlı genotiplere dayanmaktadır. Bu durum, modern ıslah yöntemlerinin etkili ve verimli hale getirmektedir.

- Geleneksel ıslah yöntemleri daha çok yetiştiricinin becerilerine, sanatına ve öznel analizine bağlıdır (Yorgancılar vd., 2015; Lamichhane ve Thapa, 2022). Modern bitki ıslahı ise sanattan çok bir bilimdir. Bilimsel araştırmalara ve bulgulara dayanmaktadır. Bunu sonucu olarak, modern bitki ıslahı daha güvenilir ve etkilidir.

2.2. Modern Bitki Islahının Zorlukları

Modern bitki ıslahı, geleneksel bitki ıslahının ana problemlerine çözüm getirse de, bazı aksaklıklar nedeniyle modern ıslah yöntemini yürütmek zordur. Modern bitki ıslahını uygulamak için yetenekli, uzman ve etkili insan gücüne ihtiyaç vardır. Yetiştiricinin sadece bitki ıslahı hakkında değil, biyolojinin diğer dalları hakkında da bilgi sahibi olması gerekmektedir. Ekonomik, kurumsal ve teknik zorluklar nedeniyle modern ıslah metodolojilerini kullanmak zordur (Morris ve Bellon 2004). Modern ıslah yöntemlerinin uygulanması için, eğitimli bireylerin ve teknisyenlerin bulunmaması nedeniyle gelişmekte olan ülkelerde benimsenmesi zordur (Wanga vd., 2021). Ek olarak, modern bitki ıslahının başlıca zorluklarından bazıları aşağıda tartışılmaktadır:

- Küresel ısınmanın bir sonucu olarak iklim değişiklikleri yaşanmaktadır. Bunun sonucu olarak da abiyotik ve biyotik stres faktörlerinin etkisinin boyutu da değişmektedir. Baklagiller gibi bazı ürünler, çift stres belirtileri göstermeye başlamıştır. Birden fazla strese dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi modern ıslah programları için oldukça zor olmuştur. Bu gibi durumlarda strese dayanıklı genler ile bitkilerin verimliliğini azaltan niceliksel özellikler arasında negatif bir korelasyon oluşmaktadır (Kumar vd., 2011).

- Bitki ıslahının gelişmesiyle birlikte genetik gerileme ilgili sorunlar yaşanmıştır. Kanada'da son 100 yılda, ıslah çalışmaları nedeniyle genetik çeşitlilik hızla azalmıştır (Fu ve Dong 2015). Bunun yanında, replikasyonların artabileceği durumlar oluşabilmektedir. Modern ıslah programları için yavrularda da aynı düzeyde varyasyon oluşturmak zordur.

- Modern bitki ıslahı için gerekli olan teknik bilgi birikimi yüksektir. Geleneksel olarak, bitki ıslahı deneyimler, beceriler ve çok az yardımla yapılabilmektedir. Bununla birlikte, modern bitki ıslahı; biyoteknoloji, bitki ıslahı ve tarım istatistikleri hakkında bilimsel bilgi gerektirmektedir. Bu

nedenle, modern ıslahın uygulanabilmesi için nitelikli insan gücüne ihtiyaç duyulmaktadır.

- Modern bitki ıslahında, modern yüksek teknolojili makineler ve metodolojiler kullanılmaktadır. Bu makineler ve metodolojiler pahalıdır ve çalıştırılması zordur. Brennan ve Mart'in (2005) tarafından yapılan bir çalışmada, bir buğday ıslah programı yürütmenin toplam maliyet tahmini yaklaşık olarak 1,1 milyon ABD Dolarına eşittir. Buna dayanarak, modern ıslah yöntemlerinin yerel çiftçiler tarafından veya gelişmekte olan ülkelerde yürütülmesi oldukça zordur (Lamichhane ve Thapa, 2022).

3. GELENEKSEL BİTKİ ISLAHI YÖNTEMLERİ

Hem kendine hem de çapraz döllenen bitkiler için geleneksel bitki ıslahında uygulanan çeşitli yöntemler vardır. Yöntemlerden bazıları aşağıda açıklanmıştır:

3.1. Kendine Döllenen Bitkiler İçin Geleneksel Bitki Islahı

3.1.1. Saf hat seçimi

Aynı populasyon içinde seleksiyon, bitki ıslahının en ilkel yöntemlerinden biridir. Pirinç ve buğday gibi bazı kendi kendine döllenen bitkilerde saf hat seçimi oldukça yaygındır (Breseghello ve Coelho, 2013). Saf hatlar, tek homozigot ebeveynin kendine döllenmesiyle üretilen soylardır. Döllerin genetik yapısı ebeveynleri ile aynı olduğu için, saf hat seçilimi ile yeni genotiplerin oluşturulması mümkün değildir. Saf hat seçimi, Johannsen'in 1903'te saf hat teorisini açıklamasından sonra uygulamaya girmiştir (Poehlman, 2012). Saf hatlar, genetik yapıda düzgünlüğe sahiptir ve pazarda üründe tekdüzeliğe öncelik verilen durumlarda kullanılmaktadır (Al-Khayri vd., 2016). Saf hatlarda bulunan fenotipik varyanslar yalnızca çevresel etkilerden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle saf soylarda seçim, düşük kalıtım derecesi nedeniyle etkisizdir (Begna, 2021).

Bu yöntemde, üstün homozigot ebeveyn genotipleri seçilmektedir ve bunlar kendi kendine döllemektedirler. Her ebeveyn genotipinden elde edilen soylar geliştirilmekte ve ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Bitkiler, arzu edilen özelliklerine göre ve tekdüzelik açısından değerlendirilmektedir. Üstün tiplere sahip ikinci nesiller, ön verim denemelerinden geçirilmektedir. Daha sonra, seçilen bireylerden alınan kontrol çeşitlerinin varlığında çok lokasyonlu

denemeler yapılmaktadır. Birkaç yıl süren çok lokasyonlu denemelerden sonra, üstün genotipler yeni bir çeşit olarak piyasaya sürülmektedir. Çeşit salma prosedürünün tamamı yaklaşık altı veya yedi yıl sürmektedir (Lamichhane ve Thapa, 2022).

3.1.2. Toplu seleksiyon

Toplu seleksiyon hem kendi kendine hem de çapraz döllenen ürünler için uygulanmaktadır (Allard, 1961). Toplu seleksiyon, arzu edilen özelliklerin sıklığını artırarak temel popülasyonun üretkenliğini artırmak için uygulanmaktadır. Çağlardan beri nesilden nesile aktarılan yerel çeşitler, kitlesel seleksiyon yoluyla ıslah edilmektedir. Tip dışı bitkiler ekili popülasyondan çıkarılmaktadır ve daha sonraki yetiştirme ve test programları için arzu edilen bitkiler seçilmektedir (Acquaah, 2015). Bu bitkilerin seçimleri fenotipik ifadeye dayanmaktadır. Bu tür seçim, seçilen özellikler yüksek oranda kalıtsal ise daha etkili olmaktadır (Brown ve Caligari, 2011). Eklemeli genlerden kaynaklanan varyansın varlığı, kitlesel seçilimi oldukça verimli kılmaktadır (Wolff, 1972). Tek ebeveynli (tek tip gamet kontrollü) veya çift ebeveynli (hem erkek hem de dişi gamet kontrollü) toplu seçim olarak gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte hem erkek hem de dişi gamet kontrol edildiğinde, her iki ebeveyn de seçildiği için kitlesel seçim daha etkili olmaktadır (Chao-ying vd., 2010).

Bu yöntemde; boy, hastalık direnci ve erken veya geç olgunlaşma gibi özelliklerin performansına dayalı olarak bir yerel çeşit seçilmektedir. Seçilen birey tarlaya ekilmekte ve olgunlaştığında hasat edilmektedir. Hasat edilen tohumlar karıştırılmakta ve sonraki nesiller için kullanılmaktadır. İkinci yılda, ürünler karışık tohumlardan toplu olarak yetiştirilmekte ve bir kontrol çeşidi ile karşılaştırılmaktadır. Sonrasında ön verim denemesi yapılmaktadır. Sonraki 3-4 yıl boyunca çeşitler, kontrol çeşidinin mevcudiyetinde çoklu lokasyonlarda test edilmekte ve bitkiler yedinci yılında seçilmektedir (Şehirali ve Özgen, 2015).

3.1.3. Geri melezleme ıslahı

Geri melezleme, bölgede ıslah edilmiş çeşitlerin eksik ya da uygun olmayan özelliğini, bu özelliğe sahip diğer bir çeşitten aktarmak için uygulanan yöntemdir (Şehirali ve Özgen, 2007). Ebeveyne özdeş soylar üretmek için homozigot ebeveynlerden biriyle F1 melezini çaprazlama işlemidir (Aleksoski, 2018). Saf yapılı iki bireyin birleştirilmesinden elde

edilen melez yavrunun ata soyunda yer alan bir ebeveynle tekrar birleştirilmesidir. Arzu edilen özelliklerin sayısı daha fazla olan ebeveynlere benzer melezler üretme yöntemidir. Geri melezleme, tekrarlanan seleksiyon metodolojisidir (Fujimaki, 1978). İki çeşit arasında yapılan melezleme sonucu elde edilen F1 bitkileri, bölgeye uyum sağlamış çeşitle geri melezlenir ve bu işlem gerektiği kadar tekrarlanır (Şehirali ve Özgen, 2007). Üç-dört nesil boyunca art arda çaprazlamadan sonra, yavrular benzer şekilde tekrar eden ebeveynlerdir. Geri çaprazlanmış bir soy, tekrarlayan ana genomun neredeyse %98'ini kurtarmak zorundadır. Beş ila altı nesil boyunca tekrarlayan ebeveyn ile hibrit soyların tekrarlayan geri çaprazlanması yoluyla elde edilmektedir (Lamichhane ve Thapa, 2022).

Geri melezleme yönteminin amacı, bölgeye uyum sağlamış olan çeşidin tüm özelliklerine ilave olarak ikinci bir çeşitte bulunan üstün karakteri yöneten gen veya genleri genotipik yapısında toplayan yeni bir çeşit elde etmektir (Şehirali ve Özgen, 2007).

Bu yöntemde donör ebeveynler, istenen karakteri içeren bitkilerdir; tekrarlayan ebeveynler, seçilen genleri alan bitkilerdir. Hibrit soy (F1) üretmek için iki ebeveyn arasında bir çaprazlama yapılmaktadır. İstenen özellikler için F1 soyları arasından seçim yapılmaktadır. Seçilen F1 soyları yetiştirilmektedir ve daha sonra tekrarlayan ebeveyn ile çaprazlanarak geri çapraz hibrit (BC1) üretilmektedir. İstenilen karakter için BC1 kuşakları arasından seçim yapılmaktadır ve daha sonra ayrı alanlarda yetiştirilmektedir. Bundan sonra, BC1 bireyleri, tekrarlayan ebeveynlerle tekrar çaprazlanmaktadır. İşlem, altıncı geri çapraz nesil (BC6) üretilene kadar devam etmektedir. Böylece üretilen BC6 nesli tohumluk üretimi için yetiştirilmektedir. Kontrol çeşidi olarak tekrarlayan ebeveyn varlığında farklı yerlerde çoklu verim denemeleri yapılmaktadır. Yeni oluşan çeşit, tekrarlayan ebeveyne benzer olmaktadır (Lamichhane ve Thapa, 2022).

3.2. Yabancı Döllenen Bitkiler İçin Geleneksel Bitki Islahı

3.2.1. Tekrarlanan seleksiyon

Tekrarlanan seleksiyon, Hull (1945) tarafından ortaya atılan ve istenilen karakterdeki nesillerin yeniden seçilmesi süreci anlamına gelen bir terimdir (Lamichhane ve Thapa, 2022). Çaprazlama, heterozigot tekrarlanan ebeveyn ve kendilenmiş birey arasında yapılmaktadır. İstenen özelliklerin gen sıklığını

artırmanın yanı sıra değişkenliği korumaya yardımcı olmaktadır. İşlem, yalnızca çapraz döllenen bitki ıslahı için kullanılmıştır (Khadr 1964). Tekrarlanan seleksiyon başlangıçta ve yaygın olarak mısırda uygulanmıştır, daha sonra pirinç, darı, buğday ve soya fasulyesinde uygulanmıştır (Ramya vd., 2016). Tekrarlanan seleksiyon üçe ayrılmaktadır (Luckett ve Halloran, 2017):

3.2.1.1. Basit tekrarlanan seleksiyon:

Bu yöntem, yüksek kalıtım derecesine sahip karakterler için gerçekleştirilmektedir. Bu yöntemde seleksiyon fenotipik olarak açıkta döllenen bitkilerde yapılmaktadır. Seleksiyondan sonra, seçilen bireyler özleştirilmektedir. Kendi kendini yetiştirmiş ebeveynlerden gelen soylar, bir geçiş bloğunda yetiştirilmektedir ve çaprazlanmaktadır. Çaprazlanmış bireylerin soyları tekrar seçilmekte ve ayrı çapraz blokta büyütülmektedir. İşlem, çaprazlanmış ebeveynler ve seçilen nesiller arasında gelişme olmayıncaya kadar tekrarlanmaktadır (Şehirali ve Özgen, 2007; Lamichhane ve Thapa, 2022).

3.2.1.2. Kombinasyon yeteneği için tekrarlanan seleksiyon:

Bu yöntemde fenotipik olarak üstün ebeveynler ve test edici bitkiler seçilmektedir. Bu test edici bitkiler heterozigot veya homozigot olabilmektedir. Bu yöntemde önce üstün ebeveynlerin kendilemesi yapılmaktadır ve bu kendilenerek elde edilen nesiller bir çapraz blokta büyütülmektedir. Buna paralel olarak, seçilen popülasyon, test edici bitkilerle test çaprazına tabi tutulmaktadır ve elde edilen soylar, değerlendirme için tekrarlanan verim denemelerine tabi tutulmaktadır. Verim denemelerinde daha yüksek ortalama performans gösteren döllerin iyi kombinasyon yeteneğine sahip olması beklenmektedir. Yüksek performanslı test edici nesillerin kendi kendine ebeveyni seçilmektedir ve bir çaprazlama bloğunda yeniden yetiştirilmektedir ve çaprazlanmaktadır. Bu bitkilerden toplanan tohumlar ekilmekte ve deneme çaprazlama ve seçme döngüsü birinci yılda olduğu gibi devam etmektedir. Döngü, istenen karakter elde edilemeyene kadar devam ettirilebilmektedir (Şehirali ve Özgen, 2007; Lamichhane ve Thapa, 2022)

3.2.1.3. Karşılıklı tekrarlanan seleksiyon:

Bu yöntemde, iki orijinal açık polenlenmiş bitki popülasyonu seçilmektedir. Bu orijinal bitki popülasyonu, birbirleri için test bitkisi görevi görmektedir. Bu popülasyonların her biri için kendileme yapılmaktadır ve elde edilen soylar, ayrı bir geçiş bloğunda büyütülmektedir. Aynı zamanda

kendi aralarında test çaprazlaması yapılmaktadır ve her test çaprazından elde edilen döller ayrı ayrı tekrarlı verim denemesine tabi tutulmaktadır. Daha yüksek performans gösteren test yavrularının ebeveynleri seçilmektedir ve yine kendileme ve test çaprazlama yapılmaktadır. Bu döngü, istenen karakter elde edilinceye kadar tekrar edilebilmektedir. Bu yöntem, hem eklemeli hem de eklemeli olmayan gen fonksiyonları tarafından yönetilen karakter için gerçekleştirilmektedir (Şehirali ve Özgen, 2007; Lamichhane ve Thapa, 2022).

3.2.1.4. Hibridizasyon

Hibridizasyon, genetik olarak uzak ebeveynleri çiftleştirerek hibrit üretme sürecidir veya işlemidir. Doğal veya yapay olabilmektedir ve farklı türleri, genetik olarak farklı bireyleri veya aynı türleri içerebilmektedir. Genetik olarak üstün soylar üretmek için farklı ebeveynlerin karakterlerini kombinasyon sürecidir. Alman bir botanikçi olan Joseph Koerauter, 1760'ta bitki iyileştirme için hibridizasyon tekniğini uygulayan ilk kişidir (Begna, 2021). Hemen hemen tüm bitki ıslah programları hibridizasyonun bir kısmını içermektedir (Breseghello ve Coelho, 2013). Hibridizasyon, bitkinin genetiğini değiştirmez, ancak arzu edilen özellikleri içerebilen rekombinant genler üretir. Bu süreç ayrıca cinsel uyumsuzluk, erkek veya dişi kısırlığı gibi geleneksel cinsel geçişlerde karşılaşılan farklı üreme engellerinin üstesinden gelmek için de kullanılmaktadır (Mwangangi vd., 2019). En yaygın iki hibridizasyon şunlardır:

Türler arası hibridizasyon:

Genel olarak eşeysel olarak uyumsuz olan iki ayrı türden bireylerin hibridizasyon işlemidir. Bu yöntem, yabani akrabalardan özelliklerin aktarılması veya iki farklı türden olumlu özelliklerin kombinasyonu için uygulanmaktadır (Lidder ve Sonnino, 2012). Bu yöntem genellikle belirli bir karakter grubu mevcut olmadığında kullanılmaktadır. Spesifikler arası hibridizasyon, döllenme öncesi ve döllenme sonrası olumsuzluklar nedeniyle tüm türler hibritlenememektedir. Döllenme öncesi bariyerler embriyo oluşumunu engellemektedir ve fertilizasyon sonrası bariyerler embriyo canlılığını azaltmaktadır. Polen çimlenmesinin başarısızlığı ve polen uyumsuzluğu prefertilizasyon bariyeridir ve döllenme sonrası engeller

arasında hibrit kısırlığı, zayıf canlılık, tohum öldürücülüğü ve tohum kürtajı yer almaktadır (Murray, 2016).

Tür içi hibridizasyon:

En başarılı hibridizasyon yöntemlerinden biridir ve ticari bitki ıslahında yaygın olarak kullanılmaktadır. Çiftleşen popülasyon aynı türden olduğu için hibritleşme engeli yoktur. Bu yöntem, aynı türden iki veya daha fazla bitkinin arzu edilen özelliklerini birleştirmek ve seçim için varyasyonlar oluşturmak için yaygın olarak uygulanmaktadır (Murray, 2016). Kullanılan ebeveyn sayısına bağlı olarak, tür içi hibridizasyon Basit veya Karmaşık Çapraz olabilmektedir. Basit çaprazlama, daha sonra ya F2 üretmek için kendi kendine çiftlenen ya da geri çaprazlanan F1 melezlerini üretmek için iki ebeveynin çaprazlanmasını içermektedir. Karmaşık çaprazlama, F1 hibritleri üretmek için ikiden fazla ebeveynin çaprazlanmasını içermektedir. Karmaşık çaprazlama, ikiden fazla ebeveynden istenen özellikleri tek bir melez yavruda yoğunlaştırmak için kullanılmaktadır (Lamichhane ve Thapa, 2022).

4. MODERN BİTKİ ISLAHI YÖNTEMLERİ

Islah programlarını daha etkili, verimli ve hızlı hale getirmek için biyolojinin diğer dalları programa entegre edilmektedir. Sonuç olarak, çeşitli bitkilerin ıslahı için modern spesifik yaklaşımlar geliştirilmektedir. Bu modern ıslah yöntemlerinden bazıları şunlardır:

4.1. Genomik seleksiyon

Arzu edilen ıslah değerlerine dayalı olarak ıslah için en iyi bireylerin seçildiği bir modern ıslah programı türüdür. Islah değeri, yavrularının ortalama performansına dayalı olarak seçilen bir bireyin değeridir. Genomik seleksiyon (GS), geleneksel bitki ıslahı ile karşılaştırıldığında daha verimlidir çünkü tane verimini daha kısa sürede iyileştirmeye yardımcı olmaktadır. Kantitatif gen lokuslarının etkisini tahmin etmek için genom çapında belirteçler kullandığından ve böylece tahmini ıslah değerini hesapladığından Marker destekli seleksiyonun üstün versiyonudur (Wang vd., 2018). Uluslararası Mısır ve Buğday Geliştirme Merkezi (CIMMYT) tarafından yürütülen bir araştırma, mısır gibi bitkilerde ıslah süresinin, geleneksel ıslahın yarısı kadar kısalabileceğini göstermiştir (Crossa vd., 2017). Bağlantı analizi ve genom çapında ilişkilendirme çalışmalarının aksine, GS'nin temel amacı, Kantitatif Özellik Lokuslarını (QTL) bulmak değil, var olan DNA'lara dayalı olarak gelecekteki yavruların performansları hakkında varsayımlarda bulunmaktır (Breseghello ve Coelho, 2013).

Islah değerleri, Bayes yöntemi gibi yöntemlerle tahmin edilebilmektedir. Ancak tahminin kalitesi, tahmin edilen ve gerçek ıslah değerleri arasındaki korelasyonla ölçülebilmektedir (Rabier vd., 2016). Bu tahmini ve gerçek ıslah değerleri, genomik seçimlerde kullanılan iki tür veri seti aracılığıyla hesaplanmaktadır. Bunlar deneysel popülasyon ve doğrulama popülasyonudur. Halihazırda fenotipli ve genotipli deneysel popülasyon, doğrulama popülasyonundaki ıslah değerlerinin belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Dwivedi vd., 2015). Genomik seleksiyon, çoklu QTL'ye sahip etkili ve küçük genleri oldukça başarılı bir şekilde haritalayabilmektedir. Bu küçük etkili genler, bitki ıslahında önemlidir, çünkü ekonomik ve agronomik açıdan temel özelliklerin çoğunu yönetmektedirler (Robertsen vd., 2019). Genomik seleksiyon, fenotipik ifadelerle tanınması zor veya pahalı olan niceliksel özelliklerin iyileştirilmesi kullanılabilmektedirler (Sweeney vd., 2019).

4.2. Marker destekli seleksiyon

Marker Destekli Seleksiyon (MAS), bitkilerde istenen özelliklerin ifadesinden sorumlu genomik bölgeleri belirlemek için çeşitli DNA markörlerini kullanan bir yöntemdir (Das vd., 2017). DNA belirteçleri, aynı gen havuzundaki bireyler arasındaki genlerin allellerindeki çeşitliliği belirlemeye yardımcı olan küçük DNA segmentidir (Nogoy vd., 2016). Bitki ıslahında en sık kullanılan belirteçler, mikrosatelitler olarak da bilinen Basit dizi tekrarlarıdır (SSR= Simple sequence repeats). SSR'ler kullanım kolaylığı ve ucuzluğu nedeniyle oldukça popülerdir (Collard ve Mackill, 2008). DNA belirteçlerinin kullanımı, bitkinin fenotipik ifadesini değiştirmediği, yetiştirme ortamından ve kalıtımdan etkilenmediği için oldukça önemlidir (Ashraf vd., 2012). MAS, özellikle geç üreme döneminde ifade edilen tane verimi, çiçek renkleri, tohum karakterleri vb. özelliklerin seleksiyonunda kullanılmaktadır. DNA belirteçlerinin kullanılmasıyla bu tür özellikler, bitki gelişiminin erken aşamasında bile bir genotipte tanımlanabilmektedir (Madhusudhana, 2019). MAS; kalıtıma daha az bağlıdır ve pahalı, zahmetli özellikleri seleksiyonunda oldukça etkilidir (Shu ve Wu, 2016). En sık kullanılan DNA belirteçlerinden bazıları Marker Destekli Seleksiyon şunlardır (Jiang vd., 2013):

4.2.1. Sınırlayıcı Enzim Parça Uzunluk Çeşitliliği- Restriction Fragment Length Polymorphism (RFLP):

RFLP, ilk geliştirilen DNA işaretleyicisidir ve Southern-Blot yöntemine dayalıdır. Bu yöntem, karşılaştırmalı haritalamada oldukça etkilidir. Lokusa özgüdürler ve yüksek oranda tekrarlanabilmektedirler. Ko-dominant olduklarından homozigot ve heterozigot DNA arasında ayrım yapabilmektedirler. DNA'nın kısıtlama bölgelerinde gözlenen farklılıklardan yararlanmaktadırlar. Bir DNA sekansındaki varyasyon, kısıtlama bölgelerinde baz çiftlerinin silinmesi veya kısıtlama bölgelerine baz eklenmesi ile sağlanabilmektedir. Bu varyasyonlar elektroforez veya DNA probları ile tanımlanabilmektedir. Ancak RFLP, yüksek kaliteli DNA varlığında etkili sonuçlar verebilmektedir. Bu nedenle RFLP'nin bitki ıslahında saf DNA'ya ihtiyaç duyması ve zahmetli olması nedeniyle kullanımı sınırlıdır (Yorgancılar vd., 2015; Lamichhane ve Thapa, 2022).

4.2.2. Rasgele Artırılmış Polimofik DNA- Random Amplification of Polymorphic DNA (RAPD):

RAPD, Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) bazlı bir belirteçtir ve DNA şablonunun çeşitli yerlerinde bağlanan rastgele bir primerin amplifikasyonu ile gerçekleşmektedir. Polimorfizm, elektroforez yoluyla görülebilen primer bağlanma yerlerinde bulunmaktadır. RAPD baskın belirteçtir ve yüksek düzeyde polimorfizme sahiptir. Kullanımları kolaydır ve blottan veya hibridizasyon olmadığı için verimlidirler. RFLP'ye kıyasla çok az miktarda DNA gerektirmektedirler ve primerleri evrenseldir (Yorgancılar vd., 2015; Lamichhane ve Thapa, 2022).

4.2.3. Çoğaltılan Parça Uzunluğu Farklılığı- Amplified Fragment Length Polymorphism (AFLP):

APLP'ler hem restrüksiyon hem de PCR bazlı belirteçlerdir ve selektif PCR ile görsel hale getirilirler. Etkili sonuçlar için, DNA’ların proteinlerden ve kontaminasyonlardan arındırılmış, saflaştırılmış olması gerekmektedir. Saf DNA'nın bulunmaması durumunda restrüksiyon oluşmamaktadır ve yanlış sonuç vermektedir. AFLP'nin ilk adımı, restrüksiyon enzimleri kullanılarak genomik DNA'nın ayrılması şekilde gerçekleşmektedir. TaqI, Msel gibi restrüksiyon enzimleri kullanılarak kesilen DNA fragmanları amplifiye edilebilmektedir. AFLP'ler çoğalma özellikleri yüksektir ve PCR sırasındaki değişikliklere karşı dirençlidir . (Yorgancılar vd., 2015; Lamichhane ve Thapa, 2022)

4.2.4. Basit Dizi Tekrarları - Simple Sequence Repeats (SSR)/ Mikrosatelit:

SSR'ler PCR tabanlı belirteçlerdir ve nükleotit bazlarının ardışık rastgele tekrarlarıdır. Bu nükleotit tekrarları di, tri veya tetra olabilmektedir. Polimorfizmin ana kaynağını, ardışık tekrarlardaki varyasyonlar oluşturmaktadır. SSR belirteçleri oldukça değişkendir ve eş baskınlık göstermektedir. Bu belirteçler, PCR altında kolayca incelenmektedir ve yüksek çözünürlüklü elektroforezde de izlenmektedir. SSR belirteçleri oldukça kullanışlıdır çünkü çok küçük bir DNA örneği gerektirirler ve düşük başlangıç maliyetlerine sahiptirler. Yaygın olarak moleküler ıslah, QTL haritalama, MAS ve genomik analizde kullanılmaktadırlar (Yorgancılar vd., 2015).

4.2.5. Tek Nükleotid Polimorfizmi- Single Nucleotide Polymorphism (SNP):

Bir SNP markerı, iki DNA dizisi arasında yalnızca bir nükleotitte varyasyon içermektedir. Varyasyon sadece bir baz çiftinde gerçekleştiği için basit belirteçlerdir. Organizmalarda bulunan en yaygın belirteç biçimleridir. Bitkilerde her 100-300 baz çiftinde bir aralıklarla bulmaktadırlar. Eş baskın belirteçlerdir ve basitlikleri onları genetik ve ıslahta çekici belirteç haline getirmiştir. Ancak, yüksek işlem maliyeti ve yüksek kaliteli DNA gereksinimi, çeşitli alanlarda kullanımını kısıtlamıştır (Yorgancılar vd., 2015).

4.3. Yüksek Verimli Fenotipleme - High-throughput phenotyping (HTP)

Fenotipe dayalı bitki seleksiyonun sınırlılıkları; uzaktan algılama, yeni sensörler ve yazılımların kullanılmasıyla giderilebilmektedir. Yüksek verimli fenotipleme ile stres toleransı, hastalık direnci, verim gibi çeşitli fenotipik özelliklere kolayca erişilebilmektedir. Bu yöntem; fenotipleme, verilerin hesaplanma, analize dayalı bitkilerin seçimini içermektedir (Jangra vd., 2021). Bu yöntem ile karmaşık bitki özellikleri kolayca tespit edilmektedir (Lamichhane ve Thapa, 2022). HTP, büyüme döngüsü boyunca bitki gelişimini ve bitkinin çevreye verdiği tepkileri belirlemektedir ve elde edilen verileri analiz etmektedir. Bunun yanında HTP, bitkilerin genotipi ve fenotipi arasındaki ilişkiyi takip etmede etkilidir (Moreira vd., 2020). HTP'nin

geleneksel fenotiplemeye göre avantajlarından biri, HTP'nin tek bir gün içinde genotipik ve çevresel faktörlerin değişmesine yanıt olarak yüzbinlerce bitkinin fenotiplerindeki değişimin kayıtlarını tutabilmesidir (Rebetzke vd., 2018). Böylece HTP, daha büyük popülasyondan titizlik ve doğrulukla veri toplamayı ve otomatik ekipman kullanarak insan gayretini azaltmayı başarmıştır (Mir vd., 2019). HTP, farklı zaman dilimlerinde bitkilerin görüntülerini yakalayan çeşitli görüntüleme tekniklerine dayanmaktadır (Pasala ve Pandey, 2020). Başlıca görüntüleme tekniklerinden bazıları şunları içerir:

4.3.1. Visible ışık görüntüleme:

Görünür ışık görüntüleme tekniği, düşük maliyeti ve operasyon kolaylığı nedeniyle popüler bir yöntemdir. Görüntüler, görünür ışık bandında, yani 400-750nm'de görüntülenmektedir. Bu şekilde elde edilen ham veriler kırmızı, yeşil ve mavi bantların yoğunluk değerlerinde ifade edilmektedirler (Li vd., 2014). Bu teknoloji, bitki yapılarının, verim karakterlerinin, biyokütlenin, yaprak morfolojisinin ölçülmesinde de tercih edilmektedir.

4.3.2. Floresan görüntüleme:

Floresan görüntüleme tekniği, bitki içindeki metabolik aktivitelerin durumunu görüntülemek için kullanılmaktadır. Bitkiler mavi ışıklarla aydınlatıldığında, klorofil bu ışığın bir kısmını emerken bir kısmını da geri yansıtmaktadır. Bu yeniden yayılan ışık, bitkilerde fotoasimilasyonun iyi bir göstergesi olarak işlev görmektedir. Floresan görüntüleme, şarj bağlantılı cihaz (CCD) kameralarla yapılmaktadır. Bu teknik; bitki sağlığı, fizyolojisi ve hastalık direnci özelliklerini karakterize etmek için de kullanılmaktadır (Zhang ve Zhang, 2018).

4.3.3. Termal görüntüleme:

Kızılötesi ışığın görselleştirilmesi prensibi ile çalışmaktadır ve nesnenin yüzey sıcaklığı hakkında fikir vermektedir. 3-14 μm spektral aralıkta hassastır (Li vd., 2014). Bu yöntem, bitkilerde abiyotik ve biyotik stres, su ilişkileri ve stomaların açılıp kapanmasının incelenmesinde kullanılmaktadır.

4.3.4. Spektral görüntüleme:

Bu yöntem, bitki örtüsünün uzaktan algılanmasında kullanılmaktadır. Bitkilerdeki ışınımı incelemekte ve kaydetmektedirler. Tek bir yaprak düşük yansıma göstermektedir ve bitki örtüsü arttığında yansıtma da yükselmektedir. Bu yansımalar, bitkilerin vejetasyon indekslerinin incelenmesinde

kullanılmaktadır. Spektral görüntüleme, klorofil yaşlanmasını, bitki su durumunu ve patolojik durumları incelemek için de kullanılmaktadır (Li vd., 2014).

4.4. CRISPR-Cas9- Düzenli Aralıklı Palindromik Tekrar Kümeleri- Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats

CRISPR yöntemi, bakterileri ve arkeaları virüs veya plazmitlerine karşı koruyan RNA aracılı savunmacı bir bağışıklık sistemidir (Karaca ve İnce, 2018). Sistem, bakterilerdeki yabancı partikülleri tespit etmektedir ve restriksiyon (seçici) enzimleriyle nükleik asitler çözülmektedir (Chen vd., 2019). CRISPR-Cas9'un mekanizması üç farklı adımda gerçekleşmektedir. İlk başta, istilacı yabancı DNA tanımaktadır ve yabancı DNA'dan bir ayırıcı sekans, immünolojik hafıza için konakçı CRISPR dizisine entegre edilmektedir. Daha sonra Cas9 proteini oluşturulmakta ve CRISPR dizisi, öncü CRISPR RNA'ya (precrRNA) kopyalanmaktadır. Kodlamayan pre-crRNA, olgun CRISPR RNA (crRNA) oluşturmak üzere hibritlenmektedir. Son olarak crRNA ve Cas9 proteini yardımıyla yabancı nükleotitler belirlenmekte ve enzimler yardımıyla parçalanmaktadır (Wang vd., 2019). CRISPR ile moleküler ıslah, 2013 yılında pirinç ve tütün gibi ürünlerle başlamıştır. CRISPR kompleksinin transferi üç farklı yöntemle yapılabilmektedir.

(i) *Agrobacterium* aracılı transfer: *Agrobacterium*'un T-DNA'yı bitki genomuna dönüştürdüğü biyolojik bir yöntemdir. T-DNA, bitkilerde CRISPR kompleksinin ifadesini sağlamaktadır.

(ii) PEG yöntemi: Cas9-sgRNA yerleştirilmesi için bitki protoplastını kullanmaktadır. Bu yöntem, RNP'lerin, proteinlerin ve plazmitlerin daha kolay dahil edilmesini sağlamaktadır.

(iii) Parçacık tabancası yöntemi: Bu yöntem, bitkiye çok çeşitli moleküller transfer edebilmektedir. Mısır, soya fasulyesi ve buğdayın genom düzenlemesi bu yöntemle yapılmıştır (Sugano vd., 2018).

CRISPR yoluyla bitki ıslahı, bitkilere önemli genlerin eklenmesi veya zararlı genlerin çıkarılması yoluyla yapılmaktadır (Liu vd., 2021). Örneğin,

pirinçte tane şekli tanelerin kalitesini etkilemektedir. Gen düzenleyiciler GW2, GW5 ve GW6 tane boyutu üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Bu düzenleyicilerin olumsuz etkilerini ıslah etmek için CRISPR yöntemi kullanılmıştır (Xu vd., 2016). Ayrıca, CRISPR sadece baskın genleri entegre ederek değil, aynı zamanda biyotik streslere karşı konukçu duyarlılığını bozarak bitkilerde hastalığa karşı direnç sağlamaktadır. Örneğin, pirinçteki bakteriyel yanıklığa *Xanthomonas oryzae pv Oryzae* neden olmaktadır. Bakteri, hastalığa yatkınlığı artıran SWEET genlerinin transkripsiyonunu başlatmaktadır. Bununla birlikte, CRISPR teknolojileri aracılığıyla bilim adamları, pirinçte geniş spektrumlu hastalık direnci geliştiren SWEET 11, SWEET 13 ve SWEET 14 genlerinin promotör bölgesini değiştirmişlerdir (Oliva vd., 2019). Ayrıca CRISPR, herbisit direnci, erkek kısırlığı oluşturma, kendi kendine uyumsuzluğu manipüle etme, haploid giriş, hibrit canlılığı kolaylaştırma gibi durumlarda da kullanılmaktadır (Kohli vd., 2019).

5. SONUÇ

Bilim ve teknolojideki gelişmelerle birlikte ıslah programları da gelişmektedir. Bitki ıslahı, görsel karakterlerin insan tarafından doğrudan seleksiyonu ile başlamıştır. Ancak görsel belirtiler çeşitli çevresel faktörlerden etkilendiği için bu seçimler sağlıklı değildi. Bu nedenle, diğer bilim dallarının entegrasyonuna ihtiyaç duyulmuştur ve geleneksel ıslah yöntemleri etkin hale getirilmeye çalışılmıştır. Bunun sonucunda modern bitki ıslah yöntemleri ortaya çıkmıştır. Modern bitki ıslah yöntemlerinin tamamlanması kısa sürdüğü ve çevresel faktörlerden daha az etkilendiği için bitki ıslahında etkili araçlar olarak kabul edilmektedir. Ancak modern ıslah tekniklerini uygulamak da kolay değildir. Gelişmekte olan ülkelerin bir kısmı modern ıslah teknikleri için gerekli altyapıyı oluşturamamaktadır. Dolayısıyla modern uygulamaları ulaşılabilir kılmak için operasyon fiyatlarını düşürmenin bir yolu bulunması gerekmektedir. Bunun yanında bitki ıslahı, bitkilere istenen özellikler kazandırmamızı sağlasa da, yerel yerel çeşitleri ve yabani tür bitkilerini kaybetme riskini de ortaya çıkarmaktadır. Bu gibi risklerin önüne geçebilmek için genetik alanında çalışmalar artırılmalıdır.

Günümüzde, kültürel açıdan önemli olan ürünlere kıyasla yüksek verimli ürünler tercih edilmekte ve daha geniş alanlarda yetiştirilmektedir (Tripp ve van der Heide 1996). Yerel ve yabani tür bitkilerin neslinin tükenmesi, doğal genetik birikimimizi de gelecekte olumsuz etkileyecektir. Sınırlı özelliklerin seçilmesi ve varyasyonların azalmasından dolayı bitki

ıslahı için bir tehdit oluşturmaktadır. Sınırlı özelliklerin seçimi, bir popülasyonda daha baskın genotiplerin veya allellerin varlığı nedeniyle temelde varyasyonu etkilemektedir (Temesgen, 2021). Her on yılda bir ekili ürün sayısında sürekli bir azalma yaşanmaktadır. Örneğin Asya'da, yüksek verimli modern pirinç çeşitleri 1970'lerde alanın yalnızca %10'unda yetiştirilirken, bu oran 1998'de alanın yaklaşık %70'ine yükseldi. Bu, yerel çeşitlerin büyük bir kısmının genetik olarak özdeş modern çeşitlerin yerini aldığını göstermektedir (Van De Wouw vd., 2010). Bununla birlikte, genetik gerileme, çeşitli *in situ* (yerel çeşitlerin tohum bankalarında, gen bankalarında vs. korunması) ve *ex situ* koruma stratejileri ile yönetilebilir. Ayrıca, genetik çeşitlilik kaynakları belirlenerek geliştirilebilir. Örneğin, faydalı mutasyon ve rekombinasyon, genetik çeşitliliğin nihai kaynaklarıdır (Rogers, 2004).

KAYNAKÇA

Acquaah, G. (2015). *Conventional Plant Breeding Principles and Techniques. In Advances in plant breeding strategies:Breeding biotechnology and molecular tools.* Switzerland: Springer.

Agronomy, P., & Agriculture, I. (2021). Important Events in Early History of Agriculture. *agriinfo.in.*

Ahmar, S., Gill, R. A., Jung, K. H., Faheem, A., Qasim, M. U., & Mubeen, M. (2020). Conventional and molecular techniques from simple breeding to speed breeding in crop plants: Recent advances and future outlook. *International Journal of Molecular Sciences 21(7)*, 2590.

Aleksoski, J. (2018). The effect of backcross method in tobacco breeding. *Journal of Agriculture and Plant Sciences 16(1):*, 9-19.

Al-Khayri, J. M., Jain , S. M., & Johnson , D. V. (2016). *Advances in Plant Breeding Strategies: Agronomic, Abiotic and Biotic Stress Traits.* Switzerland: Springer.

Allard, R. (1961). Principles of Plant Breeding. *Soil Science 91 (6)*, 414.

Ashraf, M., Akram, N. A., Mehboob-ur-Rahman, & Foolad, M. R. (2012). Marker-Assisted Selection in Plant Breeding for Salinity Tolerance. *Plant Salt Tolerance*, 305-333.

Begna, T. (2021). Conventional Breeding Methods Widely used to Improve Self Pollinated Crops. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences 7(1)*, 1-16.

Bharti, G., & Chimata, M. K. (2019). Review on New Plant Breeding Techniques. *International Journal of Science and Research, 8(4)*, 723-730.

Borlaug, N. E. (1983). Contributions of conventional plant breeding to food production. *Science 219(4585):*, 689-693.

Brennan, J. P., & Martin, P. J. (2005). Developing Cost Functions for a Wheat Breeding Program . *AgEcon Search*, 1-15.

Breseghello, F., & Coelho, A. G. (2013). Traditional and modern plant breeding methods with examples in rice (Oryza sativa L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry 61 (35)*, 8277-8286.

Briggs, F. N. (2016). The Use of the Backcross in Crop Improvement. *The American Naturalist. 72(740):*, 285-292.

Brown, J., & Caligari, P. (2011). *An Introduction to Plant Breeding.* U.S.A.: John Wiley & Sons. Hoboken. State of New Jersey.

Chao-ying, Z. U., Lu-jiang, L. I., Ke-cheng, Y., Guang-tang, P. N., & Ting-zhao, R. (2010). Effects of Mass Selection on Maize Synthetic Populations. *ACTA Agronomica Sinica 36(1):*, 76-84.

Chen, K., Wang, Y., Zhang, R., Zhang, H., & Gao, C. (2019). CRISPR / Cas Genome Editing and Precision Plant Breeding in Agriculture. *Annual Review of Plant Biology 70(1):*, 667-697.

Collard, B. C., & Mackill, D. J. (2008). Marker-assisted selection : an approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences 363(1494):,* 557-572.

Crossa, J., Pérez-Rodríguez, P., Cuevas, J., Montesinos-López, O., & Jarquín, D. (2017). Genomic Selection in Plant Breeding: Methods, Models, and Perspectives. *Trends in Plant Science 22 (11),* 961-975.

Çukur, T., & Işın, F. (2008). İzmir ili Torbalı ilçesinde Sanayi Domatesi Üreticilerinin Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 45 (1),* 27-36.

Das, G., Patra, J. K., & Baek, K. (2017). Insight into MAS : A Molecular Tool for Development of Stress Resistant and Quality of Rice through Gene Stacking. *Frontiers in Plant Science 8:,* 985.

Dirzo, R., & Raven, P. H. (2003). Global State of Biodiversity and Loss. *Annual Review Environment Resources*, 137-167.

Dwivedi, S. L., Britt, A. B., Tripathi, L., Sharma, S., Upadhyaya, H. D., & Ortiz, R. (2015). Haploids: Constraints and opportunities in plant breeding. *Biotechnology Advances 33(6):,* 812-829.

Ewing, P. M., Runck, B. C., Kono, T. J., & Kantar, M. B. (2019). The home field advantage of modern plant breeding. *PLoS One,14(12),* e0227079.

FAO. (2009). Global agriculture towards 2050. *How to Feed the World in 2050,* 1-4.

Fehr, W. R., Fehr, E. L., & Jessen, H. J. (1987). *Principles of cultivar development. Crops species*. New York: Macmillan.

Finlay, K. W., & Wilkinson, G. N. (1963). The analysis of adaptation in a plant-breeding programme. *Australian Journal of Agricultural Research14(6),* 742-754.

Fu, Y. B. (2015). Understanding crop genetic diversity under modern plant breeding. *Theoretical and Applied Genetics 128(11),* 2131-2142.

Fu, Y. B., & Dong, Y. B. (2015). Genetic Erosion Under Modern Plant Breeding: Case Studies in Canadian Crop Gene Pools. *Genetic Diversity and Erosion in Plants*, 89-104.

Fujimaki, H. (1978). New techniques in backcross breeding for rice improvement. *Plant Geneticist*, 55-67.

Hickey, J. M., Chiurugwi, T., Mackay, I., & Powell, W. (2017). Genomic prediction unifies animal and plant breeding programs to form platforms for biological discovery. *Nature genetics 49(9),* 1297-1303.

Huang, X. Q., Wolf, M., Ganal, M. W., Orford, S., Koebner, R. M., & Röder, M. S. (2007). Did modern plant breeding lead to genetic erosion in European winter wheat varieties? *Crop Science 47(1),* 343-349.

Jangra, S., Chaudhary, V., Yadav, R. C., & Yadav, N. R. (2021). High Throughput Phenotyping : A Platform to Accelerate Crop Improvement. *Phenomics 1(2):*, 31-53.

Jiang, G. L. (2013). Molecular Markers and Marker-Assisted Breeding in Plants. *Plant Breeding from Laboratories to Fields*, 45-83.

Jonathon, A., Kate, A., Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., & Cassidy, E. S. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature 478*, 337-342.

Karaca, M., & İnce, A. G. (2018). Yeni Nesil Bitki Islahı Yöntemleri (Moleküler Bitki Islahı) Bazı Avantaj & Dezavantajları. *Research Journal of Agricultural Sciences 11(1):*, 39-49.

Khadr FH. 1964. Effectiveness of recurrent selecti, F. H. (1964). *Effectiveness of recurrent selection and recurrent irradiation in oat breeding.* Ames, Iowa: Iowa State University Of Science and Technology.

Kohli, A., Mallikarjuna Swamy, B. P., & Ramiah, V. (2019). Interfacing Conventional and Modern Approaches to Speed up and Focus Plant Breeding. *Rural 21 02*, 9-12.

Kumar, J., Choudhary, A. K., Solanki, R. K., & Pratap, A. (2011). Towards marker-assisted selection in pulses: A review. *Plant Breeding130(3):*, 297-313.

Lamichhane, S., & Thapa, S. (2022). Advances from Conventional to Modern Plant Breeding Methodologies. *Plant Breeding and Biotechnology (March) 10(1)*, 1~000.

Lane, M. (1981). The achievements of conventional plant breeding. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences 292(1062):*, 441-455.

Lee, J., Chin, J. H., Ahn, S. N., & Koh, H. (2015). Brief History and Prespectives on Plant Breeding. *Current Technologies in Plant Molecular Breeding*, 1-14.

Lema, M. (2018). Marker Assisted Selection in Comparison to Conventional Plant Breeding: Review Article. *Agricultural Research & Technology 14*, 555914.

Li, L., Zhang, Q., & Huang, D. (2014). A Review of Imaging Techniques for Plant Phenotyping. *Sensors 14(11):*, 20078-20111.

Lidder, P., & Sonnino, A. (2012). Biotechnologies for the Management of Genetic Resources for Food and Agriculture. *Advanced Genetics 78:*, 1-167.

Liu, Q., Yang, F., Zhang, J., Liu, H., Rahman, S., & Islam, S. (2021). Application of CRISPR / Cas9 in Crop Quality Improvement. *International Journal of Molecular Sciences 22(8):*, 4206.

Luckett, D., & Halloran, G. (2017). *Plant Breeding.* Wagga Wagga Australia: Charles Sturt University.

Madhusudhana, R. (2019). Marker-Assisted Breeding in Sorghum. Breeding Sorghum For Diverse End Uses. *Woodhead*, 93-114.

Meyer, R. S., & Purugganan, M. D. (2013). Evolution of crop species: genetics of domestication and diversification. *Nature Reviews Genetics volume 14*, 840–852.

Meyer, R. S., DuVal, A. E., & Jensen, H. R. (2012). Patterns and processes in crop domestication:an historical review and quantitative analysis of 203 global food crops. *New Phytologist 196*, 29-48.

Mir, R. R., Reynolds, M., Pinto, F., & Khan, M. A. (2019). Plant Science High-throughput phenotyping for crop improvement in the genomics era. *Plant Science 282:*, 60-72.

Moreira, F. F., Oliveira, H. R., Volenec, J. J., Rainey, K. M., & Brito, L. F. (2020). Integrating High-Throughput Phenotyping and Statistical Genomic Methods to Genetically Improve Longitudinal Traits in Crops. *Frontiers in Plant Science 11:*, 681.

Morris, M. L., & Bellon, M. R. (2004). Participatory plant breeding research: Opportunities and challenges for the international crop improvement system. *Euphytica 136(1):*, 21-35.

Murray, B. G. (2016). Hybridization and Plant Breeding. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences 2:*, 168-173.

Mwangangi, I. M., Muli, K. J., & Neondo, J. O. (2019). Plant Hybridization as an Alternative Technique in Plant Breeding Improvement. *Asian Journal of Research in Crop Science 4 (1)*, 1-11.

Nogoy, F. M., Song, J., Ouk, S., Rahimi, S., Kwon, S. w., & Kang, K. (2016). Current Applicable DNA Markers for Marker Assisted Breeding in Abiotic and Biotic Stress Tolerance in Rice (Oryza sativa L.). *Plant Breeding and Biotechnology 4(3):*, 271-284.

Oliva, R., Ji, C., Atienza-Grande, G., Huguet-Tapia, J. C., Perez-Quintero, A., & Li, T. (2019). Broad-spectrum resistance to bacterial blight in rice using genome editing. *Nature Biotechnology 37(11):*, 1344-1350.

Ouborg, N. J., & Treuren, R. V. (1994). The Significance of Genetic Erosion in the Process of Extinction. IV. Inbreeding Load and Heterosis in Relation to Population Size in the Mint Salvia pratensis. *Evolution 48(4):*, 996.

Pasala, R., & Pandey, B. B. (2020). Review Plant phenomics :High-throughput technology for accelerating genomics. *Journal of Biosciences 45(1):*, 1-6.

Poehlman, J. M. (2012). *Breeding Field Crops.* Netherlands: Springer.

Rabier, C. E., Barre, P., Asp, T., Charmet, G., & Mangin, B. (2016). On the accuracy of genomic selection. *PLoS One. 11(6):*, e0156086.

Ramya, P., Singh, G. P., Jain, N., Singh, P. K., Pander, M. K., & Sharma, K. (2016). Effect of Recurrent Selection on Drought Tolerance and Related Morpho-Physiological Traits in Bread Wheat. *PLoS On. 11(6):*, e0156869.

Rebetzke, G. J., Jimenez-Berni, J., Fischer, R. A., Deery, D. M., & Smith, D. J. (2019). Review: High-throughput phenotyping to enhance the use of crop genetic resources. *Plant Science 282:*, 40-48.

Ricroch, A., Chopra, S., & Fleischer, S. J. (2014). *Plant biotechnology Experience and future prospects.* Switzerland: Springer.

Robertsen, C. D., Hjortshøj, R. L., & Janss, L. L. (2019). Genomic Selection in Cereal Breeding. *Agronomy, 9(2):*, 95.

Rogers, D. L. (2004). Genetic erosion: No Longer Just an Agricultural Issue. *Native Plants Journal 5(2):*, 112-122.

Shu, Q., & Wu, D. (2016). Rice Breeding. *Encyclopedia of Food Grains 3:*, 61-68.

Singh, S. P. (1982). Alternative Methods to Backcross Breeding. *Annual report of the Bean Improvement Cooperative 25:*, 11-12.

Sugano, S. S., Osakabe, K., & Osakabe, Y. (2018). Crop Breeding Using CRISPR/Cas9. *Crop Improvement Through Microbial Technology*, 451-464.

Sweeney, D. W., Sun, J., Taagen, E., & Sorrells, M. E. (2019). Genomic Selection in Wheat. *Applications of Genetic and Genomic Research in Cereals*, 273-302.

Şehirali, S., & Özgen, M. (2007). *Bitki Islahı.* Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.

Temesgen, B. (2021). Role and economic importance of crop genetic diversity in food security. *International Journal of Agricultural Science and Food Technology 7(1):*, 164-169.

Tripp, R., & Van der Heide, W. (1996). The Erosion of Crop Genetic Diversity : Challenges, Strategies and Uncertainities. *Overseas Development Institute 7*, 10.

United Nations. (2017). World Population Prospects: The 2017 Revision, Key Findings and Advance Tables. *United Nations: Department of Economic and Social Affairs Population Division.*

Van De Wouw, M., Kik, C., Hintum, T. V., Treuren, R. V., & Visser, B. (2010). Genetic erosion in crops: Concept, research results and challenges. *Plant Genetic Resources 8(1):*, 1-15.

Wang, T., Zhang, H., & Zhu, H. (2019). CRISPR technology is revolutionizing the improvement of tomato and other fruit crops. *Horticulture Research 6:*, 77.

Wang, X., Xu, Y., Hu, Z., & Xu, C. (2018). Genomic selection methods for crop improvement: Current status and prospects. *The Crop Journal 6(4):*, 330-340.

Wanga, M. A., Shimelis, H., Mashilo, J., & Laing, M. D. (2021). Opportunities and challenges of speed breeding: A review. *Plant Breeding 140(2):*, 185-194.

Wolff, F. D. (1972). *Mass selection in maize composites by means of selection indices.* Samaru, Nigeria : Wageningen University and Research.

Xu, R., Yang, Y., Qin, R., Li, H., Qiu, C., & Li, L. (2016). Rapid improvement of grain weight via highly efficient CRISPR/Cas9-mediated multiplex genome editing in rice. *International Journal of Genomics 43(8):*, 529-532.

Yorgancılar, M., Yakışır, E., & Tanur Erkoyuncu, M. (2015). Moleküler Markörlerin Bitki Islahında Kullanımı . *Journal of Bahri Dagdas Crop Research 4 (2):*, 1-12.

Zhang, Y., & Zhang, N. (2018). Imaging technologies for plant high-throughput phenotyping : a review. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering 5(4):*, 406-419.

BÖLÜM 9

BUĞDAYDA STRES FİZYOLOJİSİ TEMELİNDE PRİMİNG ÇALIŞMALARINA GENEL BİR BAKIŞ

Doç. Dr. | Sefer DEMİRBAŞ[1]

Prof. Dr. | Okan ACAR[2]

[1]Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Tekirdağ, Türkiye, sdemirbas@nku.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-7201-3888
[2]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Çanakkale, Türkiye, oacar@comu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-9818-8827

GİRİŞ

Bitkiler doğal yayılış alanlarında belirli bir yere bağlı olarak yaşamak zorunda olan canlılardır. Bu durum, bitkilerin karşılaşmış olduğu stres faktörlerine karşı verilen yanıtların en önemli kısıtlayıcısıdır. Bu kısıt aynı zamanda bitkilerin doğal seleksiyonunu da kontrol etmektedir. Günümüzde bitki üreticileri yetiştirmiş olduğu bitkilerden birim alanda en yüksek verim ve kaliteye ulaşmak için birçok zirai işleme başvurmaktadır. Bu uygulamalar arasında uzun yıllar emek harcanarak tescil edilen toleransı yüksek bitki çeşitlerinin kullanılması, pestisitlerin hastalık ve zararlılarla mücadelede kullanımı, ekim zamanı ve gübreleme gibi bakım işlemleri ön sıralarda yer almaktadır.

Bu bölümde önemli tahıl bitkileri arasında yer alan buğday bitkisinin genel özellikleri, üretim alanlarında karşılaşılan stres koşulları ve tolerans mekanizması, stres kaynaklı verim kayıpları ile bitki tolerans seviyesinin arttırılmasında stres öncesi yapılan uygulamalar (primig: ön uygulama) hakkında bilgiler anlatılmaktadır.

1. BUĞDAY VE STRES FİZYOLOJİSİ

1.1. Buğday

Buğdaygiller (*Poaceae*) ailesinden tek yıllık otsu bir tür olan buğday (*Triticum aestivum* L.), birçok kültür tahılı gibi hem insan beslenmesi hem de çiftlik hayvanları için yetiştirilmektedir. Bu nedenle gerek Türkiye'de gerekse de Dünya'nın birçok ülkesinde temel ve stratejik bir besin maddesi olarak kullanılmaktadır. İçeriğinde bulunan mineral maddeler, B vitamini ve mikro besin maddelerinin zenginliği nedeniyle buğday küresel nüfusun besin ve enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılamaktadır (Cummins ve Thomson, 2009). Diğer yandan, Dünya nüfusunun beslenmesindeki en temel besinlerin (unlu mamuller, makarna, irmik, bisküvi, bulgur) hammaddesi olması diğer tarımsal ürünlere göre buğdayı daha önemli bir yere konumlandırmaktadır. Bunun doğal bir sonucu olarak, Covid-19 salgını sebebiyle kuru gıda ürünlerine küresel talebin artması buğdaya olan talebi de artırmıştır (Anonim, 2021).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), 2022 yılı için küresel buğday üretimini ilk kez 800 milyon ton gibi rekor bir düzeyin üzerine çıkarmıştır. Dahası, 2022/23 dünya tahıl kullanımı tahminini 1,2 milyon ton

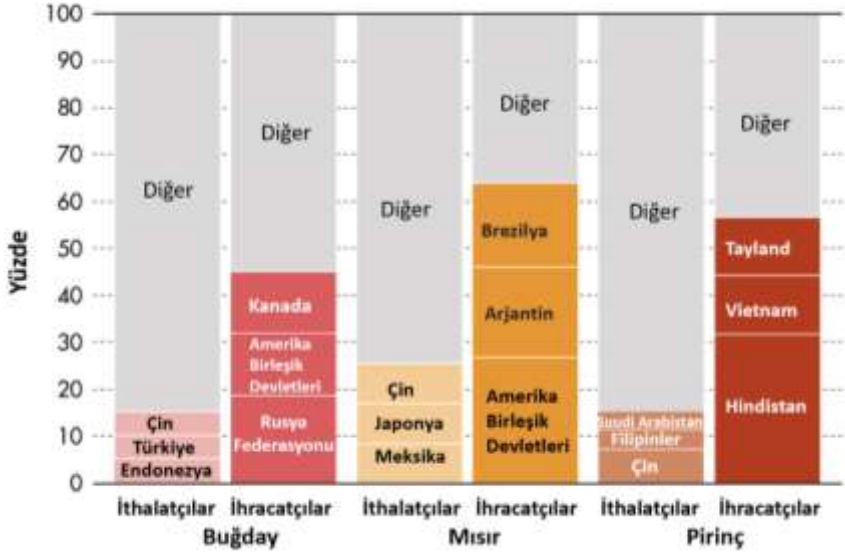
arttırarak 2,78 milyon ton olarak belirlemiştir. Bunda, 2021/22'ye göre %1,0 artışla 782 milyon tona sabitlenen küresel buğday kullanım tahminindeki 1,4 milyon tonluk artışın etkili olduğu da ifade edilmiştir (FAO, 2022). Bu sonuç üretimdeki artışa rağmen tüketimdeki artışında devam ettiğini göstermektedir. Ek olarak, 200 milyon tonluk rekor bir miktara sabitlenen 2022/23 (Temmuz/Haziran) küresel buğday ticareti tahmini, 2021/22 seviyesinin %2,3 üzerinde bir artışa işaret etmektedir. Bunda ağırlıklı olarak Rusya Federasyonu'nun satışlarının beklenenden daha yüksek olmasının yanı sıra Avrupa Birliği ile Çin tarafından yerel yem talebini karşılamak amacıyla yapılan ithalattaki artışın rol oynadığı belirtilmiştir (FAO, 2022).

Türkiye'de 2020 yılı rakamlarına göre toplam tarım alanı içerisindeki tahıl ekili alan %41'lik bir kısmı kaplarken, bunun içerisinde buğdayın payı %44 olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2020). TÜİK, uygun iklim koşullarında Türkiye'de buğday üretiminin 20,5 milyon tona yükseleceğini tahmin etmektedir (Anonim, 2021). Türkiye buğday ekim alanı 2019/20 üretim yılında 68,5 milyon da olup bu alanın %42'si Konya, Ankara, Diyarbakır'da yer almaktadır (Anonim, 2023). Bununla birlikte, Türkiye'nin 2023 buğday üretimi tahmini, deprem hasarlarını yansıtacak şekilde daha küçük bir hasat alanıyla sonuçlanması beklenen tarımsal altyapı ve ekipmanlara atfen ılımlı bir şekilde düşürülmüştür (FAO, 2022). Dünya'da 2019/20 dönemi buğday üretiminde ilk sırada %20'lik pay ile Avrupa Birliği bölgesi yer alırken bunu %18 ile Çin ve %14 ile Hindistan takip etmiştir. Dünya buğday üretiminin %2'sini gerçekleştiren Türkiye, tüm üretici ülkeler arasında onuncu sıradadır (Anonim, 2023).

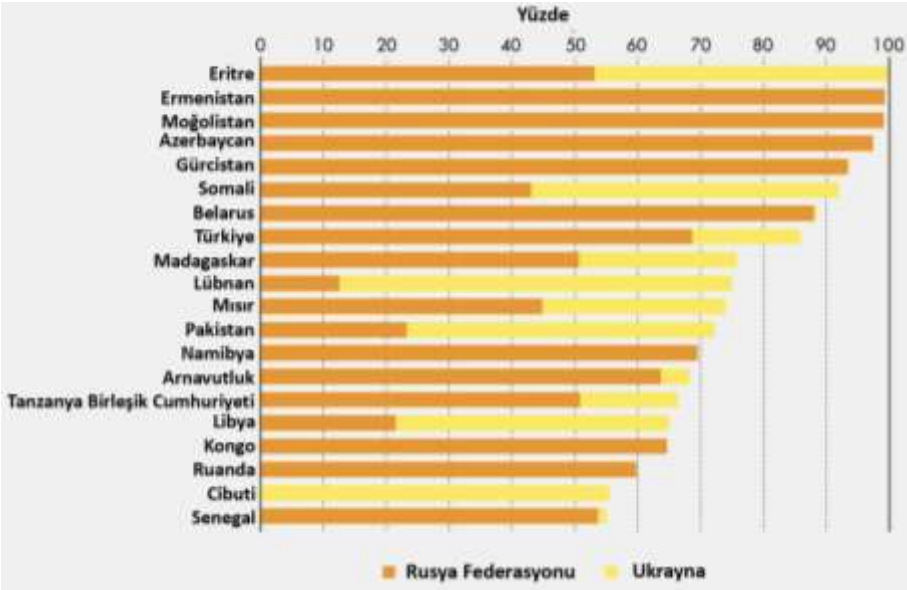
Dünya nüfusunun 2050 yılında 9 milyar seviyesine ulaşacağı ve bu nedenle ürün verimliliğinin iki katına çıkması gerektiği kabul edilmektedir (Jaganathan vd., 2018). Gelecekte, tahıl yetiştirmek için gerekli tarım arazilerin yetersiz kalabileceği ve bu konunun artan gıda ihtiyacının karşılanması için bir problem olabileceği düşünülmektedir. İklim değişiklikleri, tarım arazilerinin azalması, tarımda kullanılabilecek su kaynaklarının yetersizliği, biyotik ve abiyotik stres etmenlerinin artması, giderek şiddetlenen küresel iklim değişikliği tarım ve gıda üretimi için önemli engeller arasında gösterilmiştir (Gençtan vd., 2020). Diğer yandan, buğdayın Dünya'nın çoğu bölgesinde yetiştirilebiliyor olması onun değişen iklim koşullarına uyumuyla ilgili başarısına işaret etmektedir (Şekil 1).

Dünya toplam tahıl üretiminde buğdayın payı 2000'de %10 iken, 2020'de %8'e düşmüştür. Bununla birlikte, 2022'de dünyada en çok ihraç edilen tahıl olan buğdayın üretiminin %40'ından fazlasını ise Çin, Hindistan ve Rusya Federasyonu'nun gerçekleştirdiği bildirilmiştir (Şekil 2). FAO Gıda Fiyat Endeksine göre, 2007/2008'deki gıda güvenliği krizi sırasında başta pirinç ve buğday olmak üzere tahıl fiyatlarının rekor seviyelere ulaşması, buğday üretiminin stratejik önemine işaret etmektedir. Bunun en çarpıcı örneği, günümüzde tahıl koridoru anlaşması ile Ukrayna'daki savaş nedeniyle ihraç edilmesi beklenen tahılın dağıtımının periyodik olarak sağlanıyor olmasıdır (Şekil 3) (FAO, 2022).

Şekil 1: Dünya buğday üretiminin 2020 yılındaki durumu (FAO (2022)'den değiştirilerek).



Şekil 2: 2020'de ticareti yapılan başlıca tahıllar ile bunların en önemli ithalat ve ihracatçıları (FAO (2022)'den değiştirilerek).

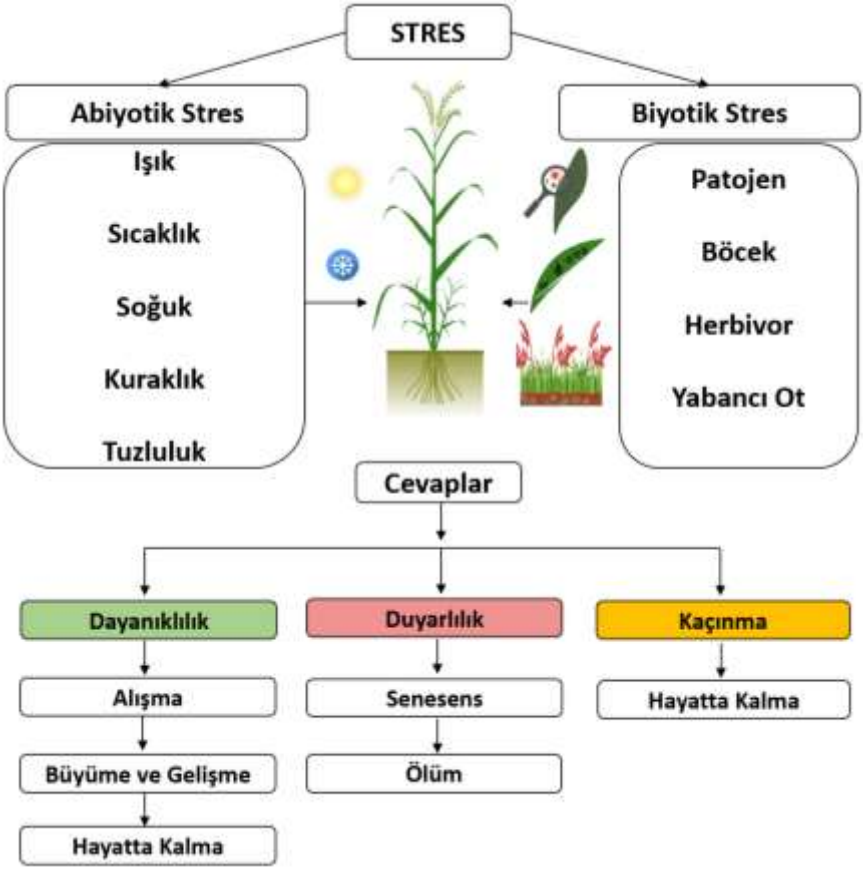


Şekil 3: Buğday ithalatındaki bağımlılığın durumu: En büyük net buğday ithalatçısı ülkelerin ithalatında 2021 yılı itibarıyla Rusya Federasyonu ve Ukrayna'nın payı (%) (FAO (2022)'den değiştirilerek).

1.2. Bitkilerde üretimi sınırlayan stres faktörleri

Stres terimi çoğunlukla öznel olarak ve çeşitli anlamlarla kullanılır. Stres için fizyolojik tanım ve uygun terim, farklı durumlara verilen tepkiler olarak belirtilir ve genellikle bitki üzerinde dezavantajlı bir etkiye sahip olan bir dış faktör olarak tanımlanır. Çevresel stres, doğal yaşam alanı içinde bitkilerin metabolik dengesini bozan ve onların büyüme koşullarında ortaya çıkan herhangi bir değişiklik olarak tanımlanabilir (De Oliveira vd., 2013). Stres koşulları bir bitkinin fotosentez oranını sınırlayıp enerjiyi biyokütleye dönüştürme yeteneğini azaltmasıyla bitki büyümesi ve üretkenliğinde zararlı etkilere sahip olan çok sayıda çevresel faktör mevcuttur. Bunlar abiyotik (tuzluluk, kuraklık, sıcak, soğuk, ağır metaller, ozon, UV radyasyonu ve besin eksiklikleri gibi) ve biyotik stres faktörleri (patojen, böcek, herbivor ve yabancı ot gibi) olarak sınıflandırılırlar ve tarla koşullarında bitki büyümesi ve verimi üzerinde yıkıcı bir etkiye sahip olabilirler (Şekil 4) (De Oliveira vd., 2013; Suzuki vd., 2014; Pessarakli vd., 2015; Gull vd., 2019; Balkan, 2019; Mareri vd., 2022).

Çevresel stres, bitki verimi kısıtladığı için önemli bir bilimsel ilgi alanıdır. Bu durum iklim değişikliğinin doğrudan veya dolaylı etkileri ve antropojenik faaliyetlerle daha da kötüleşmiştir. Bu nedenle, artan gıda talepleri ile başa çıkmak ve çevresel stres altında mahsul verimliliğini artırmak için araştırmacıların üzerinde bilimsel bir sorumluluk vardır (Parihar vd., 2015; Mareri vd., 2022). Ürün verimini sınırladığı bilinen stres faktörleri bitki türlerinin farklı ortam türleri arasında dağılımının belirlenmesinde önemli bir rol oynar. Ek olarak hem doğal hem de tarımsal ortamlardaki bitkiler üzerindeki stres etkileri, yağış düzenleri ve aşırı sıcaklıklar üzerinde iklim değişikliğinin potansiyel etkileri, tarım arazilerinin sulama yoluyla tuzlanması gibi nedenler sürdürülebilir tarımsal verimlilik ihtiyacına işaret etmektedir (De Oliveira vd., 2013).



Şekil 4: Bitkilerde çevresel stres faktörleri ve bitki yanıtları (Baweja ve Kumar (2021) ve Skendžić vd. (2023)'den değiştirilerek).

1.3. Buğdayda stres kaynaklı verim kayıpları ve mekanizması

Bitkilerin doğal ortamlarında çok sayıda abiyotik ve biyotik stres kaynağı mevcut olabilir. Bu streslere karşı bitki tepkileri de aynı derecede karmaşıktır (Cramer vd., 2011). Bitkiler gen ifadesinden fizyolojiye, bitki yapısından birincil ve ikincil metabolizmaya kadar çevresel streslere birçok şekilde yanıt verir. Bu karmaşık değişiklikler, bitkilerin olumsuz koşulları tolere etmesine ve/veya uyum sağlamasına olanak tanır. Bitki tepkisinin karmaşıklığı, stresin süresi ve yoğunluğundan, bitki genotipinden, farklı streslerin kombinasyonundan, maruz kalan doku ve hücre tipinden ve bitkilerin stresi algıladıkları gelişim aşamasından ileri gelebilmektedir (Mareri vd., 2022).

Kuraklık, tuzluluk, sıcak ve soğuk gibi abiyotik stresler, buğday gibi temel gıda bitkilerinin hayatta kalmasını, biyokütle üretimini ve verimini olumsuz etkiler (Parihar vd., 2015). Kuraklık stresi, özellikle kurak ve yarı kurak iklimlerde bitkiler için köklere su temini sınırlı olduğunda veya terleme oranı çok yüksek olduğunda meydana gelebilecek en yaygın stres faktörlerinden biridir (Pessarakli vd., 2015; Balkan, 2019). Potansiyel olarak metabolizmanın ve hücre yapısının büyük ölçüde bozulmasına ve sonunda enzim reaksiyonlarının durmasına yol açabilen çok kapsamlı bir su kaybıdır (De Oliveira vd., 2013). Düşük su varlığı, ışık yakalama ve kullanımı arasındaki dengesizlik nedeniyle fotosentez aktivitesi sınırlandığından bitkide oksidatif stres meydana gelebilir (Pessarakli vd., 2015). Kuraklık stresi bitkinin su içeriğinde, turgorunda, toplam su potansiyelinde, stomaların kapanmasında ve büyümesinde azalma ile karakterize edilir. Ek olarak, kuraklık stresi altındaki bitkilerin fizyolojik tepkileri arasında yaprakların solması, yaprak alanının azalması, yaprak dökülmesi ve kök büyümesinin uyarılması da sayılabilir. Bitki kaynaklarını kök büyümesini desteklemek için kullandığından, bitkiler çiçeklenme ve tohum gelişimi sırasında kuraklığa karşı daha hassastırlar. Şiddetli kuraklık stresi fotosentezin durmasına, metabolizmanın bozulmasına ve son olarak ölüme neden olabilir (De Oliveira vd., 2013).

Kuraklık stresi altında, aktif çözünen madde birikimin (çözünür karbonhidratlar, proteinler ve serbest amino asitler vb.) etkili bir stres tolerans mekanizması olduğu iddia edilmektedir (Pessarakli vd., 2015). Bununla birlikte, kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin yapraklarındaki kloroplastlarda, fazla ışık enerjisi ile reaktif oksijen türleri üretilir (ROTlar; süperoksit radikali (O_2^{*-}), hidroksil radikali (OH^*), hidrojen peroksit (H_2O_2)). Kloroplastlar, mitokondriler ve peroksizomlar gibi organeller, fotosentez, fotorespirasyon ve solunum gibi temel süreçler yoluyla ROT ve diğer redoks sinyallerinin güçlü üreticileridir (Dietz vd., 2016). Bu nedenle, ROT'lar lipitlerden, proteinlerden ve nükleik asitlerden elektron kopararak onların kararlı yapılarını bozabilir. Bunun sonucunda ise lipit peroksidasyonu, proteinlerde denatürasyon ve nükleik asitlerde mutasyon meydana gelebilir (Demirbaş ve Acar, 2008). Bitki hücresinde yer alan antioksidan enzimler (örn. süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX), peroksidaz (POX), glutatyon redüktaz (GR), monodehidroaskorbat redüktaz

(MDHAR), dehidroaskorbat redüktaz (DHAR)) ve enzimatik olmayan antioksidanlar (örn. flavonlar, antosiyaninler, karotenoidler ve askorbik asit (AsA)) antioksidan savunma sistemini oluştururlar ve hücreyi oksidatif strese karşı korurlar (Pessarakli vd., 2015).

Küresel iklim modelleri, sık kuraklık dönemleriyle birlikte değişen yağış modellerini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, kuraklık dünya çapında buğday verimliliğini tehdit eden önemli bir çevresel stres faktörü olarak ifade edilmektedir. Kuraklık stresi tüm büyüme aşamalarında buğday performansını engellese de çiçeklenme ve tane doldurma aşamalarındaki negatif etkisi daha kritiktir ve önemli verim kayıplarına neden olur. Bu kayıpların başlıca nedenleri, kloroplastlarda oksidatif hasar ve stoma kapanması gibi metabolik sınırlamalar ve azalan net fotosentez oranı nedeniyle zayıf tane oluşumu ve gelişimidir (Farooq vd., 2014). Buğdayda kuraklığın algılanmasıyla absisik asit (ABA) stomaların kapanmasına neden olurken net fotosentez oranının azalmasına yol açar. Bu durum kısa vadede bitkinin su kullanım verimliliğini artırır (De Oliveira vd., 2013). Sıcaklık ve kuraklık, buğdayın nihai kullanım kalitesi üzerinde belirleyici faktörlerdir. Yüksek sıcaklık altında, temel amino asitlerin yoğunluğu, sedimantasyon indeksi ve yoğunlaşma etkisi nedeniyle protein miktarı yüksek olabilmektedir. Bununla birlikte, erken olgunlaşma nedeniyle gıda olarak hamur mukavemeti azalır, bu da glutenin sentezi süresinin kısalmasına neden olur. Buna ek olarak, farklı buğday çeşitlerinde kuraklık stresine duyarlı 33 protein tanımlanmıştır. Hatta, kuruma toleransında yer alan ve kuraklık koşullarında su kayıplarının hızını yavaşlatan LEA proteinlerinin (geç embriyogenez proteinleri), su eksikliğine geniş bir adaptasyonu temsil ettiği bilinmektedir. Transgenik yaklaşımlar, bu proteinlerin aşırı ekspresyonunun, özellikle buğdayda kuraklık gibi abiyotik stresleri iyileştirdiğini göstermiştir. Bununla birlikte, kesin moleküler işlevleri halen net değildir (Zulkiffal vd., 2021).

Yüksek sıcaklıklar, dünyanın birçok bölgesinde yaz aylarında soğuk mevsim bitki büyümesini kısıtlayarak bitki büyümesini ve işlevini sınırlar. Öyle ki sıcak mevsim boyunca, yüksek sıcaklık nedeniyle sınırlı fotosentez ve karbonhidrat birikimi, artan hücre zarı hasarları, C3 bitkilerinde istenmeyen protein katlanmasına ve hatta hücre ölümüne neden olmaktadır (Pessarakli vd., 2015). Kuraklık stresinde olduğu gibi sıcaklık stresinde de ROT'ların konsantrasyonu artar. Buğday antioksidan enzimler (POX, SOD, CAT ve

GR), metabolitler (glutatyon, karotenoidler ve AsA) ve biyokimyasal çözünen maddeler (prolin, glisin betain, salisilik asit, nişasta, potasyum ve absisik asit) yardımıyla ROT kaynaklı oksidatif hasarı sınırlamak için kendi detoksifikasyon sistemleri dizisine sahiptir. Bu durum sıcaklık ve kuraklık stresleri altındaki bitkide hücre zar stabilitesinde önemli ölçüde azalmaya neden olan ROT'tan korur. Toleranslı ve duyarlı genotipler, sırasıyla %70'ten fazla ve %50'den az hücre zarı stabilitesi değerlerini korur. Ayrıca farklı buğday çeşitlerinde sıcaklık toleransı savunma yeteneğini indükleyen ve moleküler kütlelerine göre beş grupta (Hsp100, Hsp90, Hsp70, Hsp60 ve küçük Hsp'ler) sınıflandırılan toplam 39 ısı şoku proteini (örn; kalmodulin, kalsineurin ve aneksin) tanımlanmıştır (Zulkiffal vd., 2021).

Küresel ısınma, kuraklık ve sıcaklığın buğday gibi tahıllara birlikte etki edeceği ifade edilmektedir. Sıcaklık ve kuraklık koşulları altında, fenolojik değişiklikler adaptasyon ve nihai verim açısından son derece önemlidir. Buğdayın her gelişim döneminde stres koşullarına vermiş olduğu yanıt farklılık gösterir. Çimlenme (10-30°C), vejetatif evre, üreme (15°C) ve antezis sonrası (35°C) aşamalarda buğday için eşik sıcaklık ile oluşan zarar geri alınamaz ve bitki büyümesi ve gelişimi zarar görür. Isı ve kuraklık stresleri altında çoğu morfolojik özellik (yaprak boyutu, bitki boyu, tane boyutu ve ağırlığı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, kök-sürgün uzunluğu oranı, kardeş bitki sayısı, başak uzunluğu ve biyokütle) azalma gösterir. Çimlenme ve fide oluşumu sert bir şekilde azalır. Diğer yandan, yaprak boyutundaki azalma terlemeyi azalttığı için ısı ve kuraklıktan kaçınma mekanizmasının zorunlu bir sonucu olabilir. Ek olarak, ciddi su kıtlığı altında ksilemden su akışının kesilmesiyle büyüme azalır ve buna bağlı olarak çiçek üretimi, tane gelişimi ve dolgunluk gelişimi aksar. Stres kaynaklı zararın geri döndürülmesi ileri dönemlerde gerçekleşmezken başlangıç aşamasında geri dönüş olabilir. Buğdayda sıcaklık stresi, daha yüksek yaprak alanına sahip daha ince yaprakların gelişmesine neden olurken, kuraklık altında gelişen yapraklar genellikle daha yüksek stoma yoğunluğuna sahip daha küçük hücrelere sahiptir. Sıcaklık stresi altında kloroplastlar yuvarlak hale gelir ve elips şeklinden uzaklaşır. Kuraklık stresinde ise kloroplastların granal tilakoidlerinin sayısının azaldığı ifade edilmektedir. Ayrıca, kombine stres altında kloroplast stromasında nişasta granülleri bulunmamıştır (Korkut vd., 2019; Zulkiffal vd., 2021).

Isı ve kuraklık stresi kombinasyonunda, buğday bitkileri stomalarını hızla kapatarak terlemeyi ve su kaybını azaltır. Ancak, fotosentezde ve klorofil içeriğinde azalmaya yol açan düşük miktarda CO_2 fiksasyonuna neden olur. Bu azalma, kloroplastlardaki yapısal değişikliklerle sonuçlanır. Kombine stres uygulaması buğdayda fotosentez oranını kontrole kıyasla dramatik şekilde (%79) azaltır. Su durumunun bir göstergesi olarak, bağıl su içeriği ısı ve kuraklık toleransının anlamlı bir belirleyicisidir. Bunun nedeni zar stabilitesi ve su temini ile evapotranspirasyon arasındaki dengenin olmasıdır. Buğdayda kombine stres, bağıl su içeriğini kuraklığa yakın oranda (%61) azaltır. Membran stabilite indeksi yine en çok kuraklık ve ısı stresin kombinasyonundan (%60) etkilenmiştir (Zulkiffal vd., 2021).

Dünya çapındaki tarım bölgelerinde değişen sıklık, yoğunluk ve süre ile kalıcı aşırı soğuklar gözlemlenmiştir. Bu durum buz kristalleşmesi yoluyla mekanik hasara ve metabolik fonksiyon bozukluğuna neden olarak bitki büyümesini durdurur. Bitki ekologları, bitki büyümesi ile iklimsel değişimler arasında paradoksal bir bağlantı ortaya koyduğundan, bazı bölgelerde küresel ısınma nedeniyle kış süresinin kısaldığını fark edilse de sıcak iklimdeki artışın bitkilerde soğuktan zarar görme riskini de artırdığını doğrulamaktadır (Hassan vd., 2021).

Soğuk stresi vejetatif aşamadaki bir bitkide kök sürgünü büyümesi kısıtlar (kök dallanmasında ve kök yüzey alanında önemli bir azalma) ve verimliliği azaltır. Kışlık tahıllarda, vejetatif fazdaki düşük sıcaklık stresi yapraklarda kloroz ve solmaya neden olur ve sonuçta nekroza ve engellenmiş büyümeye yol açar. Soğuk, çimlenmeyi ciddi şekilde etkiler ve buğdayda fide oluşumunu geciktirir. Özellikle tarımsal don dönemlerindeki soğuk stresi çiçeklerin dökülmesine, polen kısırlığına, denatüre başaklara ve eksik/zayıf meyve oluşumuna neden olarak önemli verim kayıplarına neden olur (Hassan vd., 2021).

Deniz kıyıları dışında, tuzlu topraklar fazla yağış ile tatlı suyun toprak profili boyunca aşağı doğru net bir şekilde sızması nedeniyle nemli bölgelerde nadiren oluşur. Öte yandan kurak bölgelerde toprağın alt katmanlarına doğru süzülmenin olmadığı dönemler olabilir, bu nedenle tuzlar toprakta birikebilir. Yetersiz yağış, yüksek buharlaşma, tuz taşıyan çökeltilerin varlığı ve sığ, acı yeraltı sularının birleşik etkisi toprak tuzlanmasına neden olan etmenlerdir (De Oliveira vd., 2013)

Tuzluluk terimi, birçok tarımsal ürün için zararlı konsantrasyonlarda elektrolitik mineral çözünenlerin toprakta ve suda bulunmasını ifade eder (De Oliveira vd., 2013). Hızla artan toprak ve su tuzluluğu, küresel buğday üretimi için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Tuzluluk stresi, buğdayın büyümesini ve gelişmesini olumsuz etkileyerek tane veriminin ve kalitesinin düşmesine neden olur. Buğday bitkileri büyümeyi optimize etmek ve tuzlu ortamın olumsuz etkilerini dengeleyerek verimi optimize etmek için hücre, doku ve tüm bitki seviyelerinde tuzluluk stresi altında uyum sağlamak için bir dizi fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler mekanizma kullanır (El Sabagh vd., 2021).

Tuz stresi altındaki bitkilerde, ozmotik etkilere ek olarak besin dengesizliği ve yüksek tuz seviyeleri alımının bir fonksiyonu olarak toksik hasarlardan da etkilenir (De Oliveira vd., 2013). Tuz stresi koşulu altında iyon taşıma hızı azalır, düşük kök emme oranı veya düşük ksilem özü verimi nedeniyle mineral iyon alımı azalabilir (Pessarakli vd., 2015). Diğer yandan, kuraklık stresi tepkilerin çoğunun tuz stresi altındaki bitkilerde benzer olduğunu vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, ozmotik ayarlama yani hücresel ozmotik potansiyelin net çözünen birikimiyle azaltılması, bitkilerde tuza ve kuraklığa tolerans için önemli bir mekanizma olarak kabul edilmiştir. Tuz stresi altındaki bitkilerde ozmotik potansiyeldeki bu azalma, inorganik iyon (Na^+, Cl^- ve K^+) ve uyumlu organik çözünen maddelerin (çözünür karbonhidratlar, amino asitler, prolin, betainler vb.) birikimlerinin bir sonucu olabilir (De Oliveira vd., 2013). Ozmotik stres koşulları altında bitkiler tuz birikmiş alandan kaçmaya zorlanır ve tuzlu duruma uyum sağlamak için kökler oluşturur. Uzun süreli tuzluluk stresi altında köklerin kullanabileceği su azalır ve kökler tarafından daha az miktarda besin elementi emilir. En önemli ayarlama mekanizmalarından biri, topraktaki daha fazla, düşük besin elementi konsantrasyonunu emmek, ancak daha az NaCl alımını sağlamaktır (Pessarakli vd., 2015). İyonik dengesizlik durumunda diğer önemli temel iyonların hedef hücrelerde alımını ve taşınması negatif etkilenir ve bu durum önemli bitki süreçlerini ve fonksiyonlarını engeller (Arif vd., 2020).

Tuzluluk, fide oluşumuna, bodur bitki büyümesine, üreme gelişimine zarar verir ve sonuçta mahsul verimini düşürür. Ayrıca hücre bileşenlerini değiştirir, fotosentez mekanizmasını bozar, membran yapısına zarar verir, ROT üretimini arttırır, enzimatik aktiviteyi azaltır (El Sabagh vd., 2021). Tuz

stresinde yetiştirilen buğday çeşitlerinde SOD, POX gibi antioksidan enzimlerin yanı sıra prolin ve toplam çözünebilir şekerlerin arttığı bilinmektedir (Pessarakli vd., 2015). Tuzluluk stresi, bitki köklerinde düşük ozmotik potansiyel nedeniyle Na^+ iyonunun asimilasyonunu artırarak ve Na^+ /K^+ oranını düşürerek ozmotik strese ve iyon toksisitesine neden olur (El Sabagh vd., 2021). Buna rağmen, mısıra kıyasla yüksek miktarlarda K^+ ve K^+/Na^+ oranları bağlamında buğdayda daha iyi bir iyon homeostazı belirlenmiştir (Pessarakli vd., 2015). İyon dengesizliğinin yanı sıra, tuzluluk stresi mevcut toprak suyunu, doku su içeriğini, su kullanım etkinliğini, su potansiyelini, terleme oranını, köklenme derinliğini, kök solunumunu, kök biyokütlesini, kök hidrolik iletkenliğini, hücre şişkinliğini ve ozmolit birikimlerini etkiler. Bunların yanında toprak tuzluluğu fide büyümesi, bitki boyu, sürgün ve kök uzunluğu, kök sayısı, yaprak, yaprak alanı, taze ve kuru ağırlık, kök/gövde oranı ve klorofil içeriği dahil olmak üzere buğdayın çeşitli morfolojik özelliklerini negatif etkiler (El Sabagh vd., 2021).

Tuzluluk nedeniyle tahıldaki protein, yağ ve lif içerikleri önemli ölçüde azalır. Uygulanan tuzluluğa tepki olarak, hassas buğday genotiplerinde protein içeriği iyileşirken, toleranslı genotiplerde azalmıştır (El Sabagh vd., 2021).

2. STRES KAYNAKLI VERİM KAYIPLARI VE MEKANİZMASI

Bitkilerin optimum altı ve/veya optimum üstü sıcaklık stresi, su stresi, besin elementi stresi ve biyotik stres ile uğraşmak zorunda kaldığı elverişsiz büyüme koşulları altında fizyolojik sürelerin üzerindeki etkilerin tam olarak anlaşılması, üreticilerin ürün direncini artırmalarına ve dünya genelinde daha yüksek verime sahip olmalarına yardımcı olacaktır (Pessarakli vd., 2015).

Bitkiler biyotik ve abiyotik stres tehditlerinin üstesinden gelmek için çeşitli mekanizmalar geliştirmiştir. Dış stres ortamını hissederler, uyarıları algılarlar ve ardından uygun hücresel tepkiler üretirler. Bu tepkiler hücre yüzeyinde veya sitoplazmada bulunan algılayıcılardan aldıkları uyaranların çeşitli sinyal iletim yolları yardımıyla çekirdekte yer alan transkripsiyonel mekanizmaya aktarılmasıyla yaparlar. Bu durum bitkinin strese karşı toleranslı olmasını sağlayan diferansiyel transkripsiyonel değişikliklere yol açar. Sinyal yolları, bir bağlantı halkası görevi görür ve stres ortamının algılanmasıyla uygun bir biyokimyasal ve fizyolojik tepki oluşturmada önemli

bir rol oynarlar (Gull vd.,2019). Temel olarak bitkilerin doğası strese fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler tepki verme yeteneğinde olmakla birlikte belli bir sınırlamaya sahiptirler. Sistem biyolojisi yaklaşımları moleküler tepkiler hakkında daha bütüncül bir bakış açısı sağlar (Cramer vd., 2011; De Oliveira vd., 2013). Dahası, moleküler ıslahın ve fizyolojik stratejilerin sınırlı başarısı, kuraklığın diğer stresler ve bitki morfolojisi ile etkileşimi dahil olmak üzere daha bütüncül bir yaklaşım sağlamasını önerir. Ayrıca, fizyolojik özelliklerin, genetik ve genomik araçların ve transgenik yaklaşımların entegrasyonu da buğdayda kuraklığa karşı direncin geliştirilmesine yardımcı olabilir (Farooq vd., 2014).

Soğuk stresi buğdayda morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişikliklere neden olur. Kışlık buğday çeşitlerinin çoğu, aşırı düşük sıcaklıkları tolere etme eğiliminde olsa da uzun süreli soğuk stresi ürün verimini azaltabilir. Erken büyüme aşamasında, yetersiz sıcaklık fide büyümesini engeller ve azalan yaprak boyutu, azalan pedinkül uzaması ve azalan kardeş ve başak sayısı gibi özellikler gelişim sürecini engeller. Üreme aşamasında, soğuk stresi polen kısırlığına, çiçeklerin dökülmesine, tozlaşmanın azalmasına, olgunluğun gecikmesine ve tane sayısının azalmasına neden olur. Sonrasında önemli verim kayıplarına yol açar. Ayrıca, düşük sıcaklık stresinin fotosentez, solunum, enerji dengesizliği, besinler ve su ilişkileri dahil olmak üzere fizyolojik ve biyokimyasal olayları nasıl etkilediği iyi açıklanmıştır (Hassan vd., 2021).

Buğdayın soğuk stresine dayanması ve normal büyüme ve gelişimini sürdürmesi nedeniyle genetik özelliklerini keşfetmeye ve bunlara odaklanmaya daha fazla ihtiyaç vardır. Bu bakımdan geleneksel ıslah, doğal çevre koşullarına daha uyumlu olan yabani buğday kaynaklarının değerlendirilmesi avantajlı olabilir. Çeşitlendirilmiş genetik özellikleri tanımlayarak ve QTL haritalama ve genom çapında ilişkilendirme çalışmaları (GWAS) gibi çeşitli gen haritalama araçlarıyla haritalama yapılabilir. Ayrıca, CRISPR-Cas9 sistemi gibi hassas ve doğru gen düzenleme ile genetik mühendisliği teknikleri kullanılarak yüksek verimli çeşitlerin elde edilebilecektir (Hassan vd., 2021).

Bitkilerin tuzluluğa toleransı, birçok genetik faktör tarafından yönetilen poligenik bir karakterdir. Tuzluluk altında K^+ artışı, Na^+'nın ortadan kaldırılması veya hem Na^+ hem de K^+ iyonlarının oranının optimize edilmesi,

terleme etkinliğinin iyileştirilmesi, ozmotik potansiyelin düzenlenmesi ve bitkilerin antioksidan savunma sistemi ile büyüme iyileştirilir. Ek olarak, yüksek antosiyanin pigmentine sahip buğday genotiplerinin, tuz stresi koşullarında çok daha yüksek kuru madde üretimi sağladığı ve bunun tuzluluk toleransında fenolik bileşiklerin rolüne işaret ettiği belirtilmiştir (El Sabagh vd., 2021).

Bitkilerde tuzluluk stresine karşı tolerans oluşturmak için en temel yaklaşımlar; Bitki performansının geleneksel ıslah yöntemleriyle iyileştirilmesi, gen markörlerinin tanıtılması ve genetiği değiştirilmiş genotiplerin seçimidir. Son yıllarda transgenik bitkilerin geliştirilmesi, strese dayanıklı çeşitler geliştirmek için umut verici bir yaklaşımdır. Tuzluluğun olumsuz etkilerini iyileştirmek için buğday mahsulünde birkaç transgenik bitki de geliştirilmiştir. Tuzluluğa dayanıklı buğday çeşitleri üretebilmek için ozmoprotektanlar, iyon taşıyıcı genler ve bunların kaynağı ve etkilenen özellikler kullanılmaktadır (El Sabagh vd., 2021).

FAO'ya göre, dünya topraklarının %6'sından fazlası tuzluluktan etkilenmektedir. Bu nedenle, tuzluluk stresi bitki ve mahsul verimliliği için önemli bir kısıtlama gibi görünmektedir (Parihar vd., 2015). Küresel anlamda tuzluluğa toleranslı buğday çeşitlerinin eksikliği vardır. Bu nedenle bitki fizyologları, yetiştiriciler ve agronomistlerin buğdayda tuz toleransını artırmak için entegre ve sürdürülebilir bir strateji geliştirmeleri gerekmektedir (El Sabagh vd., 2021).

Tarla koşullarındaki bir bitki aynı anda veya büyüme mevsimi boyunca farklı zamanlarda birkaç farklı abiyotik stres yaşayabilir (De Oliveira vd., 2013). Son araştırmalara göre bitkilerin iki veya daha fazla stres koşulunun kombinasyonlarına tepkisi benzersizdir ve bitkilerin ayrı ayrı uygulanan farklı streslerin her birine verdiği tepki kolayca tahmin edilemeyebilir. Çünkü kombine streslere verilen yanıtlar, büyük ölçüde birbirini etkileyip engelleyebilen farklı ve bazen karşıt sinyal yolları tarafından kontrol edilir (Suzuki vd., 2014).

Post-genomik çağda, üç sistematik yaklaşım/omik verileri kullanan kapsamlı analizler, stres adaptasyonu ve tolerans ile ilişkili karmaşık moleküler düzenleyici ağlara ilişkin anlayışımızı artırmıştır. Bunlardan ilki, kodlayan ve kodlamayan RNA'ların ve bunların ekspresyon profillerinin analizi için 'transkriptomik'tir. İkincisi, çok sayıda metaboliti analiz etmek için

güçlü bir araç olan 'metabolomik'tir. Üçüncüsü, protein ve protein modifikasyon profillerinin düzenleyici ağlar hakkında benzeri görülmemiş bir anlayış sunduğu 'proteomik'tir (Cramer vd., 2011). Sistem biyolojisi yaklaşımları, karmaşık ağlarda düzenleyici merkezlerin tanımlanmasına izin vererek çok hedefli bir yaklaşımı kolaylaştırır. Sistem biyolojisi, bir organizmanın moleküler parçalarını (transkriptler, proteinler ve metabolitler) alır ve bunları, o organizmanın farklı ortamlardaki dinamik aktivitelerini tanımlamak ve tahmin etmek için tasarlanmış işlevsel ağlara veya modellere uydurmaya çalışır (Cramer vd., 2011). Sistem biyolojisi yaklaşımları, moleküler tepkiler hakkında daha bütüncül bir bakış açısı sağlar. Bu nedenle buğday dahil birçok tarımsal ekonomiye sahip bitkinin doğasında var olan fiziksel, morfolojik ve moleküler sınırlamaların ve strese tepki verme yeteneğinin anlaşılması için kullanışlı bir alan oluşturur.

3. PRİMİNG (ÖN UYGULAMA)

Priming çalışmaları bitkilerin gelecekte karşılaşacakları stres faktörüne karşı önceden yapılmış olan düşük süre ve dozlu uygulamaları kapsamaktadır. Bu uygulamaların temel amacı stres öncesi bitki direncini arttırmaktır. Priming çalışmaları bitkinin tohum ve fide aşamasında yapılmakla birlikte cis ve trans olarak gruplandırılmaktadır. Cis uygulamaları karşılaşılacak olan stres faktörünün düşük doz ve sürede uygulanmasıyla gerçekleştirilir. Trans uygulamaları ise stres faktöründen farklı bir uygulama ajanı kullanılarak yapılmaktadır. Örneğin; tuz stresine karşı tolerans arttırımı hedeflenmekteyse bitkilere stres öncesi hidro-, ozmo-, hormo-, nutri-, biyo-, UV-, nanopartikül, manyetik alan ve bazı kimyasalların uygulaması yapılmaktadır (Jisha vd., 2013; Johnson ve Puthur, 2021).

Tarımsal üretimde başarılı olabilmek için ekim sonrası istenilen bitki sıklığının ve yüksek verim hedefine ulaşılması gereklidir. Çimlenmenin hızlı gerçekleşmesi, aynı boyutta ve eksiksiz bir çimlenmenin olması ve tarla çıkışında istenilen özelliklerin sağlanması verimin yüksek seviyeye ulaşmasına katkı sağlar. Tohum çimlenmesini baskılayan birçok faktör bulunmaktadır. En yüksek baskılanmaya neden olan dışsal faktörler arasında sıcaklık, havanın nispi nemi, toprak tuzluluğu, su miktarı, toprakta bulanan zararlı mikroorganizma ve patojenler yer alırken; tohumun genetik yapısı, olgunluğu ve üniform olmayan tohum büyüklüğü içsel faktörler arasında yer

almaktadır. Bunların yanında tohumun dormansi durumunda olması çimlenmenin önündeki en büyük engeldir (Elkoca, 2007).

Tohum ön uygulaması ekim öncesi işlem olup, tohumların belirli bir süre için kısmi hidrasyona tabi tutulup belirli bir çözeltiye maruz bırakılması işlemi olarak anlatılmaktadır. Bu aşamada radikula oluşumu gözlenmez. Tohumun ön hazırlığı sırasında tohumun su miktarı kontrol edilir. Böylelikle tohum neminin gerçek çimlenme için gerekli olan seviyenin altında kalması sağlanır. Bu seviye de çimlenmenin erken safhasıyla ilgili fizyolojik süreçlerin çoğunun başlaması için yeterlidir ancak bu durum tohumun hazırlık aşamasından gerçek tam çimlenmeye geçişini önlemektedir. Bunlar, tohumların gecikme safhasında (aktivasyon) uzatılması ve tutulmasıyla tohumların büyüme aşamasına girmesini önler (İbrahim, 2016; Lutts vd., 2016).

Priming çözeltisinden çıkarılan tohumların kurutma işlemi ilk nem içeriklerine ulaşıncaya kadar sürer. Bu işlem sayesine tohum bozulması ve tohum kalitesindeki kayıplar engellenmiş olur. Tohumlar radikula çıkışına kadar kurutulmaya direnç gösterebilirler. Radikula çıkışı başlandıktan sonra tohumun kurutulması tohum gücüne ve canlılığına zarar verir. Ön uygulamadan geçirilmiş tohumun ömrü kuruma ve depolama koşullarına bağlıdır. Hızlı kurutma çözünür karbonhidratları değiştirebilir, kurutma ve tohum ömrüne toleransı azaltır. Yavaş kurutma ise tohum ömrünü uzatabilmektedir. Bu nedenle, tohum canlılığı ve kurumaya karşı tolerans birbiriyle ilişkilidir (Chen ve Arora, 2013).

3.1. Priming (ön uygulama) çeşitleri

Bitki stres toleransının arttırılması amacıyla yapılan ön uygulama yöntemleri bu bölümde dokuz başlık altında anlatılmıştır.

3.1.1. Su-ön uygulaması (Hidropriming)

Tohumların ekim öncesinde belirli bir süre suda bekletilmesi şeklinde yapılan ön uygulama şeklidir. Bu yöntem çimlenme, tarla çıkış hızı ve oranını arttırma amacıyla kullanılan en basit, güvenli ve ekonomik yöntemdir. Bu yöntemde, tohumlar uygun sıcaklıkta steril distile suya daldırılmakta ve hidropriming süresi çimlenme sırasında tohumların su alınımının kontrollü bir şekilde alınması olarak ifade edilir. Suda bekletme işleminden sonra tohumların kurutulması gerekir (Jisha vd., 2013).

Bu yöntemin en büyük dezavantaj düzensiz su alınımı ve dengeli olmayan çimlenmenin meydana gelmesidir. Bazı bitki türleri için hızlı su alınımı tohum çimlenmesi için gerekli olan besin elementlerinin tohum dışına çıkmasına neden olabilir. Bu sorunu engellemek için tohumlar yüksek nem koşullarında bekletilir veya havalandırmalı nemlendirme işlemi yapılır (Nawaz vd., 2013).

3.1.2. Ozmotik çözelti-ön uygulaması (Ozmopriming)

Bu yöntemde düşük su potansiyeline sahip çözeltiler kullanılmaktadır. Kullanılan kimyasallar arasında polietilen glikol (PEG), mannitol, gliserol, sükroz, KCI, K_3PO_4, KNO_3, KH_2PO_4, $CaCI_2$, NaCI, $CaSO_4$, K, Na ve Mg yer alır (Elkoca, 2007; Jisha vd., 2013; Nawaz vd., 2013). Bu yöntem birçok tekniğine göre daha ucuz olmasının yanında bitki gelişimini iyileştirmede ve verim arttırmada üreticilere alternatif bir yol sunmaktadır (Jisha vd., 2013).

3.1.3. Hormon-ön uygulaması (Hormopriming)

Fitohormonlar veya bitki büyüme düzenleyicileri bitkilerde çeşitli fizyolojik ve gelişimsel süreçleri yöneten kimyasal haberciler olarak hareket eden düşük konsantrasyonlu kimyasallardır. Fitohormonlar iç ve dış uyaranları kontrol ederler ve stres yanıtı sırasında sinyal iletim yollarında önemli rollere sahiptirler (Raza vd., 2019). Bitki dış ortam koşulları her bitki türü için farklılık göstermesine rağmen bitkinin kalıtsal yetenekleri bitki büyümesinde etkin bir rol oynamaktadır (Kacar vd., 2006). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda fitohormon olarak kategorize edilen 10 kimyasal vardır. Bunlar oksin, giberellin, sitokinin, etilen, absisik asit, brassinosteroidler, jasmonik asit, salisilik asit, strigolaktonlar ve peptidler (Smith vd., 2017).

3.1.4. Biyolojik-ön uygulama (biyopriming)

Bu yöntem faydalı bir organizma ile tohumun aşılanmasına dayalı bir işlemdir. Biyolojik-ön uygulama işlemi toprak ve tohum kaynaklı hastalık etmenlerine karşı bakteri veya fungal antagonistlerin kullanıldığı ekolojik bir yaklaşımdır (Sivasubramaniam vd., 2011; Jisha vd., 2013).

3.1.5. Besin-ön uygulaması (nutripriming)

Besin ön uygulaması, tohum çimlenmesinden bitki gelişiminin her aşamasında etkili olan makro ve mikro elementlerin uygulamasına dayanan bir yöntemdir. Bu yöntemde, bitkileri mineral maddelerin toksik etkisinden

korunmak için uygun konsantrasyonun belirlenmesi en fazla dikkat edilmesi gereken noktadır. Besin ön uygulamasında demir (Fe), bor (B), çinko (Zn), silisyum (Si) ve selenyum (Se) kullanıldığı çalışmalar literatürde yer almaktadır (Johnson ve Puthur, 2021).

3.1.6. Nanopartikül-ön uygulaması

Nanoteknoloji birçok alanda olduğu gibi tarımda da kendisine yer bulmuştur. 1-100 nm boyutlarında partiküllerin kullanıldığı nanopartiküller tohum ve fide gelişiminin teşvik edilmesi amacıyla kullanılmaktadır (Johnson ve Puthur, 2021).

3.1.7. Manyetik alan-ön uygulaması

Fiziksel ön uygulama yöntemleri arasında yer alan manyetik alan ön uygulaması, tohumların çimlenme yüzdesi ve çimlenme hızını arttıran çevre dostu, ucuz ve zararsız bir uygulamadır (Johnson ve Puthur, 2021). Manyetik alan kullanılarak tohum hazırlamanın, stres koşulları altında artan süperoksit miktarının antioksidan enzimlerin artan aktivitesi ile azaltıldığı, bunun sonucunda çimlenme oranının, canlılığının ve fide biyokütlesinin arttığı belirtilmiştir (Araújo vd., 2016).

3.1.8. Ultraviyole-Ön Uygulama (UV-priming)

Ultraviyole ışınlar, iyonlaştırıcı olmayan ışınlar grubuna giren ve organizmalar için son derece zararlı olan fiziksel etkenlerdir. UV radyasyonları canlı dokulara nüfuz edebildiğinden dolayı DNA ve zar hasarına neden olabilirler. Düşük doz UV-B radyasyonları “Hormesis” olarak adlandırılır ki bu olay antioksidan durumunda değişikliklere neden olur. Böylelikle yakın zamanda gerçekleşecek olan yeni stres koşullarına adaptasyona neden olur ve koşullar kötüleştiğinde bitkiler kormuş olur. UV-B ön uygulamalarının dozajı otçullara ve patojenlere karşı bitki direncini arttırır ve ürün kalitesini arttırır (Johnson ve Puthur, 2021).

3.1.9. Diğer Ön Uygulama Yöntemleri

Yukarıda ifade edilen ön uygulama yöntemlerinin dışında çeşitli kimyasalların kullanıma dayanan teknikler de stres toleransının arttırılmasını hedeflenmektedir. Bu kimyasalların arasında reaktif oksijen/azot/kükürt türleri (H_2O_2, nitrik oksit (NO), hidrojen sülfür (H_2S)), β-amino bütirik asit

(BABA), AsA, melatonin ve glisin betain yer almaktadır (Savvides vd., 2016; Johnson ve Puthur, 2021).

4. BUĞDAYDA GERÇEKLEŞTİRİLEN PRİMİNG ÇALIŞMALARI

Bitkiler büyüme ve gelişmelerinin kritik safhalarında karşılaşmış oldukları çeşitli stres faktörlerinden diğer zamanlara göre daha fazla etkilenirler. Bu etki genellikle büyümede gerileme ve verim kaybı olarak kendisini gösterir. Bitkinin stres koşulu ile karşılaşmadan önce sağlıklı bir gelişim gösteriyor olması ve iyi bir savunma sistemine sahip olması önem arz etmektedir. Bu bölümde buğday bitkisinin büyüme ve gelişmesini baskılayan stres faktörlerine karşı bitkinin stres öncesi hazır olması için yapılan uygulamalar hakkında bilgiler anlatılmaktadır.

Tuzluluğa duyarlı buğday tohumlarına yapılan 50 ppm SA ve 50 ppm AsA uygulamasının tuzluluğun baskılayıcı etkisini azalttığı saptanmıştır. Ekim öncesi tohumlara yapılan ABA uygulamasının ise tuzluluğa karşı iyileştirici bir etkisinin olmadığı saptanmıştır (Afzal vd., 2006).

Buğday tohumlarına yapılan oksin uygulamasının tuzlu koşullar altında gelişen fidelerin hipokotil uzunluğunu, yaş ve kuru ağırlığını arttırdığı saptanmıştır (Akbari vd., 2007).

Alborz ve Sardari buğday çeşitlerinin tohumlarına yapılan 24 saatlik 50 ppm GA uygulamasının maksimum sürgün ve kök uzunluğuna, sürgün ve kök kuru ağırlığına ve çimlenme hızına neden olduğu saptanmıştır. PEG6000 uygulamasının maksimum sürgün ve kök uzunluğuna, kök kuru ağırlığına ve çimlenme oranına neden olduğu saptanmıştır (Ghobadi vd., 2012).

Buğdayda farklı nanopartikül ön uygulama işlemlerinin çimlenme ve fide gelişiminde iyileşmeye neden olduğu belirtilmiştir. Yüksek tohum çimlenme yüzdesinin tohum kabuğundan nanopartiküllerin tohum kabuğundan daha iyi difüze olmalarıyla tohumların besin ve su alma etkinliğini arttırmasına dayanmaktadır (Ghafari ve Razmjoo, 2013).

Buğday çeşitlerine eksojen glisin betain (GB) uygulamasıyla kuraklığa bağlı oluşan klorozis ve kök uzunluğundaki baskının ortadan kalktığı, oksidatif stres nedeniyle TBARS ve H_2O_2 miktarında meydana gelen artışın da GB uygulamasıyla azaldığı ifade edilmiştir (Acar vd., 2020).

Buğday fidelerinde su stresine karşı tohumlara yapılan silisyum (Si) uygulamasının fidelerin prolin seviyesinde, bağıl su içeriğinde, yaprak membran stabilite indeksinde ve epikutikular mum tabakasında iyileşmeye neden olduğu saptanmıştır (Ahmed vd., 2016).

Buğday bitkilerine Nano-ZnO uygulamasının tuz stresi koşullarında antioksidan savunma sistemini uyararak oksidatif hücre hasarını bastırdığı, fotosentetik elektron akışı ve şeker biyosentezini arttırarak tuz toleransının artmasına katkı sağladığı belirlenmiştir (Wang vd., 2020).

Sodyum nitroprusid (SNP) ile muamele edilmiş tohumlardan elde edilen buğday bitkilerinin bayrak yapraklarında su kısıtlaması altında indirgen şekerler, toplam şekerler ve glisin betain önemli ölçüde artarken antioksidan ve hidrolitik enzimlerin aktivitesinde artış meydana gelmiştir. Bununla birlikte, çalışmada MDA ve prolin içeriklerindeki önemli seviyedeki azalma hücre zarı stabilitesinin artmasıyla sonuçlanan daha düşük bir ROT oluşumunun bir göstergesi olarak nitelendirilmiştir. Su kısıtlaması altındaki buğday bitkilerinin veriminde, bitki biyokütlesinde ve 100 tane ağırlığında SNP uygulamasıyla önemli bir artış olduğu ifade edilmiştir (Hameed vd., 2021).

Tuz stresi altındaki üç buğday çeşidinde farklı H_2O_2 ön uygulama yöntemlerinin büyüme, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine etkisi araştırıldığı çalışmada, toleranslı çeşitte tohumlara yapılan H_2O_2 uygulamasının tuz tresi altındaki fidelerde SOD aktivitesini uyararak buğday bitkisinin büyümesine olumlu katkı sağladığı saptanmıştır (Arican ve Demirbaş, 2022).

Buğday tohumlarına yapılan altın nanopartikül (AuNP) uygulamasının tohumlara nüfuz ettiği, fide yapraklarında ise bulunmadığı, plastidlerin boyutunda, nişasta tanelerinde, kloroplastlardaki granada, granadaki tillakoid sayısında, fotosentezin yoğunluğunda, klorofil içeriğinde artışlara neden olduğu belirlenmiştir. Bu değişikliklerin buğdayın düşük sıcaklığa karşı toleransını arttırdığı saptanmıştır (Venzhik vd., 2022).

Buğday bitkisine yapılan farklı priming uygulamalarının (GA_3, H_2O_2, PEG ve sıcaklık) kuraklık stresine karşı tolerans arttırıcı etkilerinin incelendiği bir çalışmada en etkili ön uygulama şeklinin sıcaklık ve PEG ön uygulaması olduğu sonucuna varılmıştır (Günay vd., 2022).

Buğday tohumlarının SA, AsA ve NaCl ile yapılan ön uygulamalarının kurak koşullar altında bitki AsA seviyesini azaltarak, glutatyon içeriğini artırdığı ve antioksidan savunma sistemini düzenleyerek ROT üretimini baskıladığı ifade edilmektedir. Bununla beraber, glioksalaz sistemi enzimlerinin (glioksalaz I ve glioksalaz II) artan aktiviteleri, kuraklık stresi altındaki buğday fidelerinde aşırı MG üretimini kontrol ettiği rapor edilmiştir (Alam vd., 2022).

Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) uygulamasının (*Bacillus simplex*, *B. pumilus*) ekmeklik buğday çeşidinde büyümeyi desteklediği ve verimi %9,6-29,29 arasında önemli ölçüde arttırdığı belirlenmiştir. Özellikle W3 ve W4 suşlarının (*B. simplex*) tane verimini önemli düzeyde arttırdığı belirlenmiştir.

Araştırıcılar PGPR kullanımının sürdürülebilir ve çevre dostu tarım uygulaması olduğunu ifade etmişlerdir (Öksel vd., 2022). Bitki büyümesini destekleyen rizobakteri (*Bacillus thuringiensis* LU3) uygulamasının tuz stresi altında buğdayda POX ve GR aktivitelerinde meydana gelen artışla lipit peroksidasyonu ve H_2O_2 seviyesini azalttığı ve bitki gelişimini iyileştirici şekilde etkilediği saptanmıştır. Bu çalışmada, duyarlı çeşidin toleranslı çeşide göre yapılan uygulamaya daha fazla tepki verdiği belirlenmiştir (Teker Yıldız vd., 2023).

Buğdayda soğuk stresine toleransın arttırılmasının hedeflendiği bir çalışmada, bitki direncinin soğuk ön uygulamasından 9 gün sonra uygulama yapılmayan fidelere göre daha yüksek seviyede olduğu saptanmıştır. Araştırıcılar farklı konumlarda bulunan yaprakların fotosistem II'deki ışık emiliminin anten pigment içeriği ve ışık toplama proteinlerindeki artışla ilişkili olduğunu saptamışlardır (Wu vd., 2023).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanoğlunun temel besin kaynaklarının başında yer alan buğdayın yetiştiriciliğinde araştırmacı sayısı ve teknolojik imkanların uygulanabilirliğinin artması verimin 1000 kg/dekar seviyesine ulaştırmıştır. Bu sınırın aşılması bitki stres dayanım potansiyelinin iyi bir şekilde anlaşılması ve yetiştiricilik sırasında uygulama zamanlamasının doğru şekilde yapılmasına bağlıdır. Bu bağlamda, priming (ön uygulama) tekniklerinin ve uygulanabilirliğinin yaygınlaştırılması önem arz etmektedir. Birçok ön

uygulama bitki genetik potansiyelinin üst sınırına yaklaşmasına katkı sağlamaktadır. Bitkisel üretimde yüksek verime ulaşılmanın tartışılmaz ilkesi, bilgi biriminin doğru zamanlamayla yüksek teknolojinin kullanılması olmalıdır.

KAYNAKÇA

Acar, O., Teker Yıldız, M., Günay, E., Baltacıer, G., (2020). Kuraklık stresi altındaki buğdayda eksojen glisin betain'in fizyolojik ve biyokimyasal etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35, 3, 446-455.

Afzal, I., Basra, S. M., Farooq, M., Nawaz, A. (2006). Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8(1), 23-28.

Ahmed, M., Qadeer, U., Ahmed, Z. I., Hassan, F. U. (2016). Improvement of wheat (*Triticum aestivum*) drought tolerance by seed priming with silicon. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62(3), 299-315.

Akbari, G., Sanavy, S. A., Yousefzadeh, S. (2007). Effect of auxin and salt stress (NaCl) on seed germination of wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). Pak. J. Biol. Sci., 10, 2557–2561.

Alam, M. U., Fujita, M., Nahar, K., Rahman, A., Anee, T. I., Masud, A.A.C., Ruhul Amin, A.K.M., Hasanuzzaman, M. (2022). Seed priming upregulates antioxidant defense and glyoxalase systems to conferring simulated drought tolerance in wheat seedlings. *Plant Stress*, 6, 2022, 100120. https://doi.org/10.1016/j.stress.2022.100120.

Anonim (2021). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE) Tarım Ürünleri Piyasaları, Buğday. https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasalar%C4%B1/2020-Temmuz%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Raporu/Bu%C4%9Fday,%20Temmuz-2020,%20Tar%C4%B1m%20%C3%9Cr%C3%BCnleri%20Piyasa%20Raporu.pdf Son erişim tarihi: 08 Mart 2021.

Anonim (2023). Toprak mahsulleri ofisi (TMO) 2019 yılı hububat sektörü raporu. https://www.tmo.gov.tr/Upload/Document/sektorraporlari/hububat2019.pdf Son erişim tarihi: 02 Haziran 2023.

Araújo, S. D. S., Paparella, S., Dondi, D., Bentivoglio, A., Carbonera, D., Balestrazzi, A. (2016). Physical methods for seed invigoration: advantages and challenges in seed technology. *Front. Plant Sci.*, 7, 646.

Arican, E. S., Demirbaş, S., (2022). Effects of sequential hydrogen peroxide applications on salt stress tolerance in bread wheat varieties. *Journal of Agricultural Sciences-Tarim Bilimleri Dergisi*, 28, 592-602.

Arif, Y., Singh, P., Siddiqui, H., Bajguz, A., Hayat, S. (2020). Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: An omic approach towards

salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, 156, 64-77, https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042.

Balkan, A. (2019). Agronomic performance of seeds of some bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars exposed to drought stress. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1), 76-85.

Baweja, P., Kumar, G. (2020). Abiotic stress in plants: an overview. *Plant Stress Biology: Strategies and Trends*, 1-15.

Chen, K., Arora, R. (2013). Priming memory invokes seed stress-tolerance. *Environ. Exp. Bot.*, 94, 33–45.

Cramer, G.R., Urano, K., Delrot, S., Pezzotti, M., Shinozaki, K. (2011). Effects of abiotic stress on plants: a systems biology perspective. *BMC Plant Biol*. 17, 11: 163. https://doi.org/10.1186/1471-2229-11-163

Cummins, A. G., Roberts-Thomson, I. C. (2009). Prevalence of celiac disease in the Asia–Pacific region. *Journal of Gastroenterology and Hepatology*, 24(8), 1347-1351.

De Oliveira, A. B., Mendes Alencar, N. L., Gomes-Filho, E. (2013). Comparison between the water and salt stress effects on plant growth and development. InTech. https://doi.org/10.5772/54223.

Dietz, K. J., Turkan, I., Krieger-Liszkay, A. (2016). Redox- and reactive oxygen species-dependent signaling into and out of the photosynthesizing chloroplast. *Plant Physiol.*, 171(3), 1541-50. https://doi.org/10.1104/pp.16.00375.

EL Sabagh, A., Islam M. S., Skalicky M., Ali Raza M., Singh, K., Anwar Hossain, M. vd. (2021). Salinity stress in wheat (*Triticum aestivum* L.) in the changing climate: adaptation and management strategies. *Front. Agron.*, 3, 661932. https://doi.org/10.3389/fagro.2021.661932.

Elkoca, E. (2007). Priming: ekim öncesi tohum uygulamaları. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 38(1), 113-120.

FAO (2022). Statistical year book. 364 pages. https://www.fao.org/documents/card/en/c/cc2211en

Farooq, M., Hussain, M., Siddique, K.H.M. (2014). Drought stress in wheat during flowering and grain-filling periods. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 33:4, 331-349. https://doi.org/10.1080/07352689.2014.875291

Gençtan, T., Akar, T., Öktem, A., Soylu, S., Hurma, H., Balkan, A., Sürek, H. (2020). Tahıl üretimimizin mevcut durumu ve geleceği. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı, Ankara, 1, 371.

Ghafari, H., Razmjoo, J. (2013). Effect of foliar application of nano-iron oxidase, iron chelate and iron sulphate rates on yield and quality of wheat. *Int. J. Agron. Plant Prod*, 4 (11), 2997–3003.

Ghobadi, M., Abnavi, MS., Honarmand, SJ., Ghobadi, ME., Mohammadi, GR. (2012). Effect of hormonal priming (GA3) and osmopriming on behavior of seed germination in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Science*, *4*(9), 244.

Gull, A., Ahmad Lone, A., Ul Islam Wani, N. (2019). Biotic and abiotic stresses in plants. *IntechOpen*. https://doi.org/10.5772/intechopen.85832.

Günay, E., Teker Yıldız, M., Acar, O. (2022). Effects of different priming treatments on germination and seedling growth of wheat under drought stress. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*,10(2), 303-311.

Hameed, A., Farooq, T., Hameed, A., Sheikh, M. A. (2021). Sodium nitroprusside mediated priming memory invokes water-deficit stress acclimation in wheat plants through physio-biochemical alterations. *Plant Physiology and Biochemistry*, 160, 329-340. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.01.037.

Hassan, MA., Xiang, C., Farooq, M., Muhammad, N., Yan, Z., Hui, X., Yuanyuan, K., Bruno, AK., Lele, Z., Jincai, L. (2021). Cold stress in wheat: plant acclimation responses and management strategies. *Front. Plant Sci.* 12:676884. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.676884.

Ibrahim E. A. (2016). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *J Plant Physiol.*, 192, 38-46. https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.011. Epub 2016 Jan 16. PMID: 26812088.

Jaganathan, D., Ramasamy, K., Sellamuthu, G., Jayabalan, S., Venkataraman, G. (2018). CRISPR for crop improvement: an update review. *Front. Plant Sci*., 9, 985. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00985

Jisha, K.C., Vijayakumari, K., Puthur, J.T. (2013). Seed priming for abiotic stres tolerance: an overview. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35, 1381–1396.

Johnson, R., Puthur, J.T. (2021). Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 162:247–257.

Korkut, Z. K., Balkan, A., Başer, İ., Bilgin, O. (2019). Grain yield and some physiological traits associated with heat tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes. *Journal of Agricultural Sciences*, 25(3), 391-400.

Mareri, L., Parrotta, L., Cai, G. (2022). Environmental stress and plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(10), 5416. https://doi.org/10.3390/ijms23105416

Nawaz, J., Hussain, M., Jabbar, A., Nadeem, G.A., Sajid, M., Subtain, M. vd. (2013). Seed priming a technique. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6, 1373–1381.

Öksel, C., Balkan, A., Bilgin, O., Mirik, M., Başer, İ. (2022). Investigation of the effect of PGPR on yield and some yield components in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 27 (1), 127-133.

Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, VP., Prasad SM. (2015). Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 22, 4056–4075. https://doi.org/10.1007/s11356-014-3739-1.

Pessarakli, M., Haghighi, M., Sheibanirad, A. (2015). Plant responses under environmental stress conditions. *Adv. Plants. Agric. Res.*, 2(6), 276-286. https://doi.org/10.15406/apar.2015.02.00073.

Raza, A., Mehmood, S.S., Tabassum, J., Batool, R. (2019). Targeting plant hormones to develop abiotic stress resistance in wheat. In: Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Hossain, M. (eds) Wheat production in changing environments. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-6883-7_22.

Roy, N. K., Srivastava, A. K. (1999). Effect of presoaking seed treatment on germination and amylase activity of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress conditions. *Rachis*, 18, 46-51.

Savvides, A., Ali, S., Tester, M., Fotopoulos, V. (2016). Chemical priming of plants against multiple abiotic stresses: Mission possible. *Trends Plant Science*, 21, 329-340. https://doi.org/10.1016/j.tplants.2015.11.003.

Sivasubramaniam, K., Geetha, R., Sujatha, K., Raja, K., Sripunitha, A., Selvarani, R. (2011). Seed priming: Triumphs and tribulations. *The Madras Agricultural Journal*, 98, 197-209.

Skendžić, S., Zovko, M., Lešić, V., Pajač Živković, I., Lemić, D. (2023). Detection and evaluation of environmental stress in winter wheat using remote and proximal sensing methods and vegetation ındices—a review. *Diversity*, 15(4), 481.

Smith, S. M., Li, C., Li, J. (2017). Hormone function in plants. *Hormone Metabolism and Signaling in Plants* (Eds. Li, J., Li, C., Smith, S. M.). 1-38. Academic Press.

Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytol.*, 203(1), 32-43. https://doi.org/10.1111/nph.12797. Epub 2014 Apr 11. PMID: 24720847.

Teker Yıldız, M., Acar, O., Öztürk, F., Hacıoğlu, N. (2023). Some physiological and biochemical effects of *Bacillus thuringiensis* LU3 biopriming in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26 (5), 1086-1098.

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2020. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 Son erişim tarihi: 08 Mart 2021.

Venzhik, Y., Deryabin, A., Popov, V., Dykman, L., Moshkov, I. (2022). Priming with gold nanoparticles leads to changes in the photosynthetic apparatus and improves the cold tolerance of wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*, 190, 2022, 145-155. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2022.09.006.

Wang, Z., Li, H., Li, X., Xin, C., Si, J., Li, S., vd., (2020). Nano-ZnO priming induces salt tolerance by promoting photosynthetic carbon assimilation in wheat. *Arch. Agron Soil Sci*. 66 (9), 1259–1273.

Wu, Y., Wang, X., Peng, X., Ge, J., Cai, J., Huang, M. vd., (2023). Cold priming improves chilling resistance in wheat seedlings: Changing of photosystem II imprints during recovery from priming. *Environmental and Experimental Botany*, 207, 2023, 105220. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2023.105220.

Zulkiffal, M., Ahsan, A., Ahmed, J., Musa, M., Kanwal, A., Saleem, M. vd. (2021). Heat and drought stressem in wheat (*Triticum aestivum* L.): substantial yield losses, practical achievements, improvement approaches, and adaptive mechanisms. *Plant Stress Physiology*, (Ed. Hossain, A.) https://doi.org/10.5772/intechopen.92378

BÖLÜM 10

ARPA TARIMINDA ABİYOTİK STRES SINIRLAMALARINA KARŞI PGPR'LERİN KULLANIMI

Uzm. | Müge TEKER YILDIZ[1]

Prof. Dr. | Okan ACAR[2]

[1] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Çanakkale, Türkiye, mugeteker.mt@gmail.com, Orcid ID: 0000-0001-7657-9811

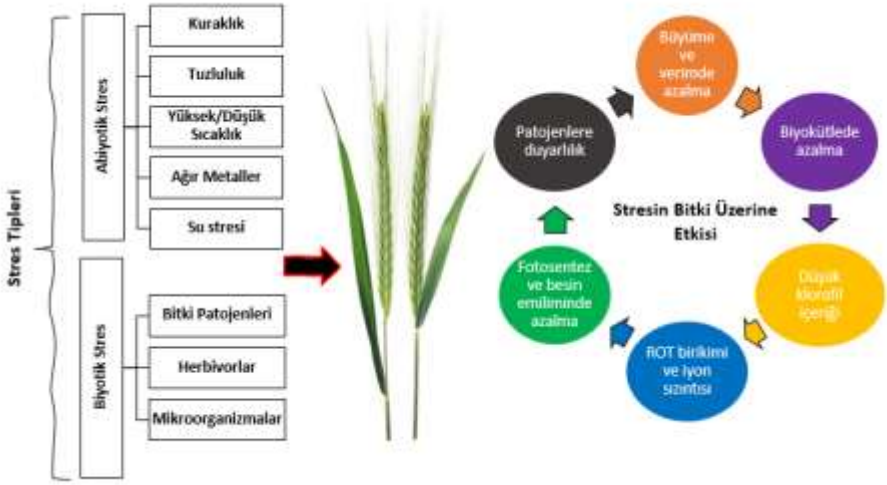
[2] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Çanakkale, Türkiye, oacar@comu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-9818-8827

GİRİŞ

1. BİTKİLERDE ÜRETİMİ SINIRLAYAN STRES FAKTÖRLERİ

Bitkiler fizyolojik olarak uygun büyüme koşullarında sağlıklı büyüme ve gelişme evrelerini gösterirler. Ancak uygun koşullar bozulduğunda bitkiler de bu durumu olumsuz algılar ve strese girer. Bu stresler temel olarak abiyotik (kuraklık, tuzluluk, sıcaklık vb.) ve biyotik (bitkiler, hayvanlar, mikroorganizmalar vb.) stres faktörleri olarak sınıflandırırlar (Lichtenthaler, 1996). Dünyada kullanılabilir tarım alanlarında %26 kuraklık stresi, %20 mineral stresi ve %15 ile soğuk ve don stresi görülmektedir (Blum ve Jordan, 1985; Erdoğan Bayram, 2018). Bunların haricindeki diğer streslerin tamamı %29'luk bir paya sahipken, sadece %10'luk bir alan herhangi bir stres etmeni ile karşı karşıya kalmamaktadır (Blum ve Jordan, 1985). Kuraklık stresi; genel anlamda meteorolojik bir olgu olup, yağışın mevsim normallerinin çok altında olduğu koşullarda ortaya çıkan ve toprağın sahip olduğu suyu en az seviyelere indirerek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan, bitki gelişimini ve verimini olumsuz yönde etkileyen yağışsız ya da az yağışlı dönemdir (Kozlowski ve Pallardy, 1997; Özel vd., 2016). Ancak yağışsız dönemin kuraklık etkisi toprağın su tutma kapasitesine ve buharlaşma hızına bağlıdır (Kozlowski ve Pallardy, 1997). Kuraklık dünya tarım alanlarının büyük bir bölümünde bitkisel üretimi sınırlandıran en önemli faktördür. Nüfus artışı ve iklim değişiklikleri gibi global problemler, dünya yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının hızla azalmasına neden olmuştur. Bitki, ekim başlangıcından, hasat edilene kadar geçen süre içerisinde kuraklığa maruz kalabilir ancak kuraklık stresi altında büyüme ve gelişimini tamamlamış olan bitkiler, kuraklığa maruz kalmadan gelişimini tamamlamış olan bitkilere göre daha küçük hacme sahiptirler (Tiryaki, 2016; Liu ve Stützel, 2004). Kuraklık stresi bitkilerde birçok fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler olaylara yol açmaktadır (Blum ve Jordan, 1985). Bitki su noksanlığına karşı ilk olarak hücre büyümesini azaltmaktadır (Taiz vd., 2015). Turgor basıncı azalır, bitki dokuları arasındaki su dengesi bozulur (Levitt, 1980). Buna bağlı olarak da fotosentez pigmentlerinde hasara yol açarak klorofil miktarında azalmalar meydana gelir. Dünya genelinde tarımsal üretim alanlarında toprakların verimliliğini olumsuz yönde etkileyen, ürün verimini sınırlandıran bir diğer önemli stres faktörü de tuz stresidir. Tarım yapılan alanların %20'sinde tuz

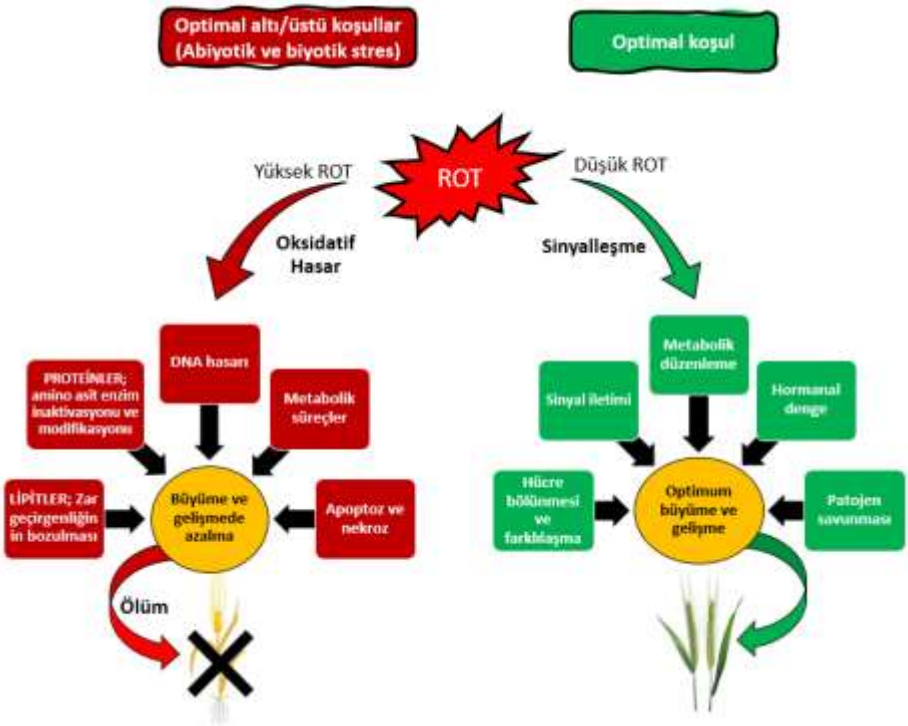
stresi yaşanmaktadır ve bu oranın 2050 yılında %50'ye çıkması beklenmektedir (Kang vd., 2010; Tiryaki, 2018). Toprak tuzluluğu çoğunlukla yağış miktarı az, yüksek sıcaklık derecelerine sahip olan kurak ve yarı kurak bölgelerde ortaya çıkmakta ve böyle alanlarda ciddi verim kayıplarına neden olmaktadır (Munns ve Termaat, 1986, Umezawa vd., 2000). Tuzluluk çalışmalarında çeşitlerin tuza tepkilerinin belirlenmesinde bitkinin gelişme dönemleri karşılaştırılır ve genellikle çimlenme ve fide gelişimleri üzerinde durulmaktadır (Ghoulam ve Fares, 2001; Van Hoorn vd., 2001). Fazla tuzlu topraklarda tohumların çimlenme döneminde rastlanan bu olumsuzlukların esas nedeni tohum kabuğunun içerisine su alımının engellenmesidir (Mansour, 1994). Ayrıca tuzlu topraklarda yetiştirilen bitkilerde görülen toksik etki ve bitki iyon dengesindeki bozulmalar, bitkide besin alımı ve besin taşınmasında problemler, fotosentez ve solunum gibi fizyolojik işlevlerin zarar gördüğünü gösterir (Levitt, 1980; Aydınşakir vd., 2012). Dünya tarımında, ekilebilir alanlar içinde %15'lik pay ile üretimi sınırlandıran stres faktörlerinden biri soğuk stresidir (Blum ve Jordan, 1985). Bitkiler için çok düşük sıcaklıklar bitkinin çimlenmesini, büyümesini ve gelişmesini, üreme organları ve hasat sonrası depolama süresi olmak üzere bitkilerin yaşamsal döngüsü üzerinde etken bir çevresel faktördür. Bitkiler için ekim dönemi, iklim koşulları (yağış miktarı, sıcaklık, nem) ve toprak koşulları oldukça önemlidir. Öyle ki bitkiler bu özelliklerin herhangi birinin eksikliğinde strese girer ve çoğu zaman morfolojik olarak gösterir. Ancak çeşitlerin toleransları adaptasyon sağladığı çevreye göre değişebilir. Tüm bu sınırlamalar, tarımsal üretkenliğin azalmasından sorumlu belirleyici faktörlerdir (Şekil 1).



Şekil 1: Bitki büyümesi üzerine biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin etkileri (Karnwal vd., (2023)'den değiştirilerek).

Abiyotik stresler bitkide neden oldukları morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimler nedeniyle verimde azalmaya neden olurlar (Büyük vd., 2012). Diğer yandan fotorespirasyon ve solunumun dahil olduğu normal metabolik süreçler boyunca mitokondri ve peroksizomlarda ara oksijen türleri üretilmektedir (Kacar vd., 2002; Edreva, 2005). Temel seviyedeki oksijen yanıcı olmakla birlikte zararsızdır, ancak güneş gibi bir kaynaktan gelen enerji fotosistemlerde bunu zararlı tekli oksijene ($^1O_2$) dönüşmesine neden olabilmektedir. Moleküler oksijen, eşleşmemiş bir elektrona sahip olduğunda, süperoksit ($O_2^{\cdot-}$) radikaline dönüşmektedir. Süperoksit radikali, eşleşmemiş elektronunu tamamlamak için çevresinden elektron alarak kararlı olma eğilimindedir. Bundan başka, hidrojen peroksit (H_2O_2), hidroksil radikali ($OH\cdot$) ve tekil oksijen ($^1O_2$) gibi moleküller Reaktif Oksijen Türlerin (ROT) oluşumuna neden olmaktadır (Foyer ve Noctor, 2009). Kloroplastlar, mitokondriler ve peroksizomlar gibi organeller, fotosentez, fotorespirasyon ve solunumun temel metabolik yolaklarında ROT ve diğer redoks sinyallerinin güçlü üreticileridirler (Dietz vd., 2016). Diğer yandan, ROT'lar lipitlerden, proteinlerden ve nükleik asitlerden elektron kopararak onların kararlı yapılarını bozabilir. Bunun sonucunda ise lipit peroksidasyon, proteinlerde denatürasyon ve nükleik asitlerde mutasyon meydana gelebilir (Demirbaş ve Acar, 2008). Bu nedenle, ROT

konsantrasyonundaki artış kontrol edilmezse bu durum hücrenin ölümüyle sonuçlanabilir. Birçok abiyotik stres faktörü hücrede ROT konsantrasyonunda artışa neden olduğundan aynı zamanda bitkide oksidatif strese neden olmaktadır (Moller vd., 2007) (Şekil 2). Bitki hücreleri, antioksidan savunma sistemi yardımıyla ROT'lerin bu zararlı etkilerinden korunur (Asada, 2006). Bu savunma sistemi enzimatik (APX: Askorbat peroksidaz; CAT: Katalaz; SOD: Süperoksit dismutaz; GR: Glutatyon redüktaz) ve enzimatik olmayan antioksidanlardan (tokoferoller, karotenoidler, suda çözünür indirgeyiciler) oluşmaktadır (Fazeli vd., 2007).



Şekil 2 : Abiyotik ve biyotik stres faktörlerinde ROT üretimi ve işlevleri (Rasheed vd., (2019)'dan değiştirilerek).

2. ARPA TARIMI HAKKINDA GENEL BİLGİ

Arpa (*Hordeum vulgare* L.) taksonomik olarak *Poaceae* ailesine ait tek yıllık önemli bir kültür bitkisidir. Orta Doğu'da M.Ö. 7000-6000'de arpa ekildiğini gösteren arkeolojik kanıtlar bulunmuştur (Morrell ve Clegg, 2011).

Kuzey Kutup Bölgesinden tropiklere ve deniz seviyesinden yüksek ovalara kadar çok geniş alanlarda arpa yetişmektedir (Körnicke, 1985). Bununla birlikte, hayvan yemi ve gıda endüstrisinde kullanılan önemli bir tahıl bitkisidir. Türkiye, 3,1 milyon hektar ekim alanında ürettiği 8,3 milyon ton ile dünyanın önemli arpa üreticilerinden biri olduğu verilerle yayınlanmıştır (Yüksel ve Akçura, 2022). Diğer yandan lif, protein ve β-glukan içeriği nedeniyle insan sağlığına da katkısı olduğundan üretimi giderek artmaktadır (Köten vd., 2013). Arpa tarımı Türkiye'nin tümünde yapılırken, kurak ve yarı kurak iklim özelliği gösteren İç Anadolu bölgesinde ekiminin daha fazla olduğu bildirilmiştir (Sönmez ve Yüksel, 2019).

2.1. Dünyadaki durum

Dünya çapında yetiştirilen en önemli tarla bitkilerinden biri olan arpa üretim miktarı bakımından buğday, mısır ve pirinçten sonra dördüncü sırada yer almaktadır (Payandeh vd., 2021). Dünyada da hayvan yemi, gıda ve malt endüstrisinde yaygın olarak kullanılması, olumsuz iklim koşullarına dayanıklılığı nedeniyle arpa tarımı geniş bir coğrafyaya yayılmıştır (Hierro vd., 2021). Dünyada arpa verimi 51,6 milyon hektar alanda, 157 milyon ton (3043 kg/da) olmasına rağmen, Türkiye'deki verim 3,09 milyon hektar alanda, 8,3 milyon ton (2684 kg/da) olarak rapor edilmiştir (FAO, 2020). Diğer yandan AB, Ukrayna, Fas ve ABD arpa üretimindeki azalmanın Avustralya, Rusya, Türkiye, Kanada, Arjantin, İran'daki üretim artışından az olması sebebiyle 2020/21 dünya arpa üretiminin bir önceki sezona göre 3 milyon ton artışla 150,7 milyon ton olarak gerçekleştiği tahmin edilmektedir (TEPGE 2021) (Tablo 1).

Tablo 1: Dünyadaki arpa üretimi (TEPGE 2021).

Ülkeler	2015/16	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21[1]	2021/22[2]
AB	62.095	53.211	51.482	49.470	55.270	55.283	54.800
Rusya	17.083	17.547	20.211	16.737	19.939	20.629	19.400
Kanada	8.257	8.839	7.891	8.380	10.383	10.741	11.300
Avustralya	8.993	13.506	9.254	8.819	10.127	13.000	10.500
Ukrayna	8.751	9.874	8.695	7.604	9.528	7.947	9.200
Türkiye	7.400	4.750	6.400	7.000	7.900	8.100	6.200
Arjantin	4.940	3.300	3.740	5.060	3.800	4.500	4.800
Kazakistan	2.675	3.231	3.305	3.971	3.830	3.659	3.700
İran	3.200	3.724	3.100	2.800	3.600	3.750	3.000
Diğer	26.162	29.106	29.137	29.584	33.440	32.133	30.569
Dünya	149.556	147.088	143.215	139.425	157.817	159.742	153.469

[1]Tahmin, [2]Öngörü

3. BİTKİ BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDİCİ RİZOBAKTERİLER (PGPR)

Gelecekte Dünya nüfusundaki artışın bir sonucu olarak artan gıda talebi kaçınılmaz bir sorun haline gelecektir. Bu nedenle tarımsal verimliliği artırmak için yeni tekniklerin bulunması ve uygulanması gerekecektir. Pestisit ve gübre gibi tarımda kullanılan kimyasallar verimi artırıp patojenleri, zararlıları ve yabancı otları öldürerek tarıma katkı sağlarken ekosisteme geri dönüşümsüz zararlar verebilmektedirler. Tarımsal faaliyetler aracılığıyla zirai ilaçların insana dolaylı zararları nedeniyle, bitki-bakteri ilişkileri sürdürülebilir tarım için gelecekte alternatif olarak kullanılabilir.

Çevre dostu ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesi ihtiyacı nedeniyle bitki-bakteri ilişkilerinde kimyasal içerikli gübrelerin aşırı kullanımının çevre üzerindeki olumsuz etkileri bağlamında rizobakterilerin biopriming şeklindeki kullanılmalarına dönük araştırmalar avantaj sağlamaktadır. Biyolojik tohum kaplama (biyo-priming), bitki üretimini, DNA sentezini ve mitokondriyal gelişimi destekleyen yenilikçi bir tekniktir (Chakraborti vd., 2022). Bu amaçla kullanılan bakteriler yaygın olarak "Plant Growth Promoting Rhizobacteria" (PGPR; Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakteriler) olarak tanımlanmaktadırlar (Kleopper ve Schroth, 1978). Bu nedenle, PGPR uygulaması abiyotik streslere maruz kalan bitkilerde esneklik sağlayabilecek alternatif bir yol ortaya koymaktadır. Rizosferde bulunan doğal olarak oluşan toprak mikroflorası, bitki köklerinin yüzeyine yapışır ve bitki büyümesi ve üretimi üzerinde faydalı etki sağlar. Abiyotik stres sınırlamasında PGPR uygulaması, bitki metabolizmasında çeşitli genlerin ve

proteinlerin ekspresyonunun düzenlenmesini tolere eder, ardından antioksidan kapasiteyi arttırır. Ek olarak PGPR'ler amino asit, çözünür şekerler ve ozmolitleri arttırarak ekzopolisakkarit (EPS) birikimi yoluyla toprak yapısını, stabiliteyi ve su potansiyelini iyileştirir. Böylece artan gibberellin, indol-3-asetik asit (IAA) ve sitokinin nedeniyle kökte meydana gelen değişimler ACC (1-aminosiklopropan 1-karboksilik asit) deaminaz tarafından etilen içeriğinin azaltılması ve bitkide indüklenmiş sistemik toleransı aktive ederek sinyal hormonlarının ve uçucu bileşiklerin aktive olması gibi bir dizi mekanizmalar ile bitkiyi abiyotik stres sınırlamalarına karşı savunur. Diğer yandan rizosfer, bitki köklerinin patojenik ve faydalı mikroflora dahil olmak üzere toprak mikropları ile çok sayıda karmaşık etkileşim içindedir. Rizosferde var olan binlerce bakteri arasında, yalnızca uyumlu bakteriler bitki savunma tepkisini değiştirmeye dahil olur ve bu iletişim sonuçta genel bitki sağlığını ve büyümesini etkiler (Babalola, 2010).

Bitkilerin abiyotik stres sınırlamalarına karşı büyümeyi ve gelişimi teşvik edici mekanizmalar ile toprak bakterileri arasındaki sinyal yolakları çok az anlaşılmıştır. Bu nedenle, PGPR aracılı hücresel sinyaller üzerine son araştırmalar büyük ilgi görmektedir. Bitki-PGPR etkileşimi, rizobakteri aracılı ISR (İndüklenmiş Sistemik Direnç) olarak bilinen bitkilerde kararlı bir savunma mekanizmasına aracılık eder (Choudhary ve Johri, 2008). PGPR aşılama kök hacmini, besin alınımını, EPS üretimini, stresle ilişkili hormonları (absisik asit ve etilen), poli-şekerleri, glisin betain ve prolin gibi stresle ilişkili metabolitleri arttırdığı gibi aynı zamanda antioksidan savunma sisteminin indüklenmesi ile sonuçlanır (Agami vd, 2016). PGPR işlevine sahip ve bitkiler için aşılayıcı işlevi gören çoğu bakteri türü genellikle *Agrobacterium, Achromobacter, Arthrobacter, Azotobacter, Azospirillum, Bacillus, Burkholderia, Alcaligenes, Enterobacter, Rhizobium, Klebsiella, Microbacterium, Beijerinckia, Paenibacillus, Clostridium, Pantoea, Serratia, Streptomyces, Pseudomonas* cinsilerine ait türleri içerir (Singh vd., 2018).

PGPR ile aşılama, tarım ürünlerinde verimliliği veya kaliteyi iyileştirmek için en iyi seçeneklerden birisi olarak sunulur. Ayrıca bunların tarımsal üretimde kullanılması, zirai kimyasal ve sentetik bileşiklerin kullanımını azaltır ve çevre dostu sürdürülebilir tarım üretimine katkıda bulunur. PGPR'lerin çalışma yöntemleri doğrudan ve dolaylı mekanizmalar içerir. Buna göre PGPR'ler, bitkilerde fitohormonal ağın düzenlenmesinin yanı sıra doğrudan

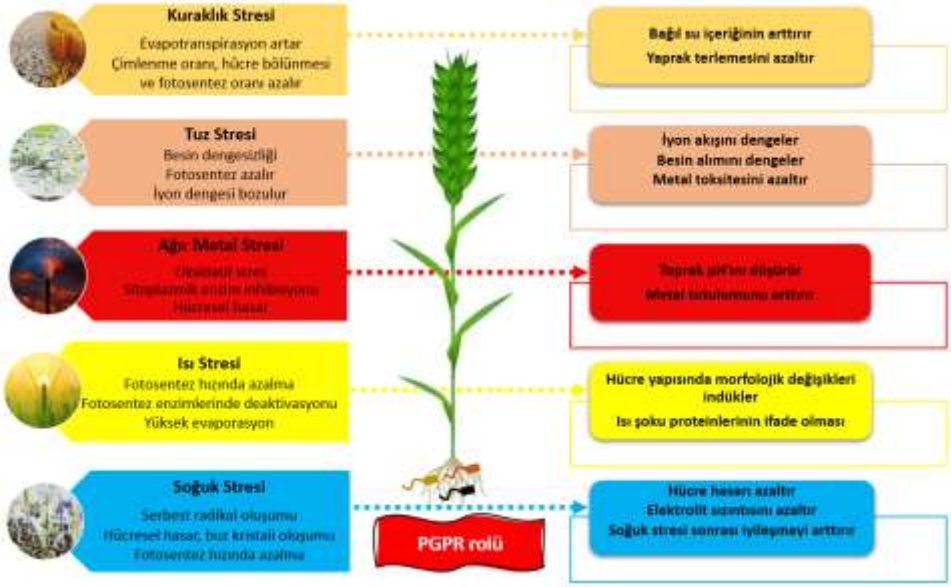
temel mineral kaynağının edinimini kolaylaştırdığı gibi dolaylı olarak bitkilerde sistemik direnci indükler (Vejan vd., 2016).

4. ABİYOTİK STRES SINIRLAMALARINA KARŞI PGPR'LERİN ROLÜ

Abiyotik stres sınırlamasında bitki-bakteri arasındaki rizosferik etkileşimindeki mekanizmalar hala kapsamlı şekilde belirlenmiş değildir. Toprakta yaşayan çeşitli mikroorganizmaların, abiyotik stres sınırlaması esnasında bitkilerin strese uyum sağlamasına yardımcı olduğuna ilişkin çok sayıda rapor mevcuttur (Morales-Cedeno vd., 2021). Bir tohumun yaşam döngüsünün başladığı ve toprakla temasa geçtiği anda toprak bakterileri ile ilişki halindedir (Meena vd. 2017). Bu bitki-bakteri etkileşiminin topraktan besin maddelerinin alınması, hastalıklara karşı savunma ve abiyotik stres toleransını artırmasıyla bitki büyümesinin teşvik edildiği gösterilmiştir (Turner vd. 2013). Rizobakteriler bitkilerin kök salgıları ile sinyali algılar ve köke doğru hareket ederler. PGPR'ler, doğrudan ve dolaylı süreçler yoluyla abiyotik strese yanıt olarak bitki büyümesini ve gelişimini artırabilir (Şekil 3). Örneğin, bazı PGPR'ler, çeşitli fitohormonlar (oksinler, aminolevulinik asit, sitokinin, absisik asit ve gibberellinler) üreterek, besinlerin mevcudiyetini ve emilimini (azot fiksasyonu ve fosfat çözündürme) ve sentezini iyileştirerek doğrudan bitki büyümesini arttırırlar (Kumar vd., 2022). Antibiyotik üretimi, hücre duvarını parçalayan enzimler, ACC deaminaz, fitopatojenlerin büyümesini bastırmak ve stres toleransına yardımcı olmak için bakterilerin dolaylı stratejilerine birkaç örnektir (Kumar vd., 2022). *Arthrobacter, Azotobacter, Bacillus, Caulobacter, Pseudomonas, Rhizobium, Serratia, Erwinia, Flavobacterium, Agrobacterium, Micrococcus, Chromobacterium* ve *Hypomycrobium* cinslerine dahil çok sayıda bakteri türü çeşitli abiyotik stresleri hafifletmek için kullanılmaktadır (Lahsini vd., 2022). *Bacillus, Pseudomonas* ve *Rhizobium* suşların EPS üreterek, stres sırasında bitkilerde direnç veya tolerans sağlayan bir biyofilm sentezleyerek farklı bitki türlerinde bitki büyümesini teşvik ettikleri bildirilmiştir (Lahsini vd., 2022). ROT'ların temizlemesine, lipit peroksidasyonun azaltmasına, protein yapısının ve zar bütünlüğünün korumasına, Na+ alımının azaltılmasına, tohum çimlenme oranının artmasına, fotosentezin gelişimine ve besin alınımına PGPR'lerin doğrudan etkisi vardır (Vocciant ve vd., 2022). Mevcut demirin miktarını

azaltarak patojen büyümesini önleyen ve demir sınırlaması olan tuzlu topraklarda bazı PGPR'ler bitkilere de demir sağlayan sideroforlar üretir (Phour ve Sindhu, 2022). Öyle ki, tuza eğilimli pirinç tarlalarından izole edilen ve siderofor üreten *Bacillus aryabhatti* MS3'ün tuzlu koşullar altında sideroforların biyosentezindeki önemli bir gene sahiptir. Ayrıca bazı mikroorganizmalar, fosfor (P) ve potasyum (K) gibi besin elementlerinin çözündürülmesi ile bunların bulunuşluluğunu artırarak abiyotik streslerin hafifletilmesine katkıda bulunmaktadır (Saboor vd., 2021). Bitkiler ve bakteriler tarafından üretilen çeşitli fitohormonların, kök ve sürgün büyümesini, şeklini, çiçeklenmesini, yaşlanmasını ve tohum büyümesini ve ayrıca hücre bölünmesi, gelişimi, gen ifadesi ve stres tepkileri dahil olmak üzere çok sayıda fizyolojik süreci etkilediği gösterilmiştir. Oksin üreten PGPR'nin bitki gelişimini teşvik ettiği birincil mekanizma, kök uzunluğunu, kök salgı seviyesini, kök yüzey alanını ve köklerin dallanmasını arttıran yanal kök oluşumudur. Böylece oksinler bitki büyümesini destekler. Ayrıca, IAA'nın PGPR aracılı üretimi çevresel stres koşulları altında bitki oksin havuzunu manipüle ederek bitkilerde indüklenen fenotip yanıtlarının kritik bileşenidir (Phour ve Sindhu, 2022). Sitokinin üreten PGPR suşlarının bitkileri kuraklık stresine karşı korumada faydalı olduğu kanıtlanmıştır (Liu vd., 2013). Ek olarak, sitokininlerin hem ABA aracılı stres sinyalleşmesinde hem de bitki gelişiminde önemli bir düzenleyici rol oynadığı gösterilmiştir. Gibberellinlerin ise ayrıca gövde uzaması, kök sayısı, kök uzunluğu, tohum çimlenmesi, fotosentez hızı, klorofil içeriği, meyve ve çiçeklenme yoluyla bitki büyümesini uyarmaktan da sorumlu olduğu bildirilmiştir (Zaidi vd., 2015). Stres hormonu olan etilen kök dallanmasını, kök tüyü oluşumunu, nodül gelişimini etkileyen çeşitli stres koşullarına yanıt olarak bitkiler tarafından salınır ve etilen seviyeleri hem biyotik hem de biyotik stresler altında artar (Zohreh vd., 2021). Etilen öncüsü ACC, bakteriyel ACC deaminaz tarafından 2-oksobütirat ve amonyağa metabolize ederek bitki köklerindeki etilen konsantrasyonunu düşürür ve oksin yanıt faktörü baskısını hafifletir, dolayısıyla dolaylı olarak genel bitki gelişimini iyileştirir (Chaudhary ve Sindhu, 2017). ACC deaminaz üreten PGPR suşları, çok çeşitli bitki türlerinde abiyotik stres kaynaklı büyüme baskılanmasını önlemek için kullanılmıştır (Pandey ve Gupta, 2019). ACC deaminaz üreten PGPR suşlarının (*Aneurinibacillus aneurinilyticus* ACC02 ve *Paenibacillus* sp.

ACC06) birlikte fasulye bitkisine aşılanması, tuzluluk stresi nedeniyle yükselen etilenin %60'ını azalttığını ve böylece tolerans sağladığını gösterilmiştir (Pandey ve Gupta 2019).



Şekil 3: Abiyotik stres sınırlamalarında PGPR'lerin bitkiler üzerindeki etkileri (Goswami ve Suresh (2020)'den değiştirilerek) .

4.1.Bitki-PGPR uygulamalarında antioksidan savunma sisteminin rolü

Çevresel stresler bitkilerin fotosentetik karbon metabolizmasına ve elektron taşınım sistemine zarar vermektedir. Abiyotik stresler ile bitkilerde ROT konsantrasyonu artması oksidatif strese neden olur. Sonuçta oksidatif stres bitki hücrelerinde kalıcı hasarlara neden olur (Anjum vd., 2012). Oksidatif strese neden olan ROT'ların detoksifikasyonunda enzimatik (CAT, SOD, APX ve GR (Yadav ve vd., 2014)) ve enzimatik olmayan (askorbat, sistein, glutatyon, a-tokoferol, karotenoidler, flavonoidler ve antosiyaninler (Gill ve Tuteja, 2010)) moleküllerden oluşan antioksidan savunma sistemi etkilidir. Kloroplast ve mitokondrideki SOD, APX, GR, CAT ve POX, H_2O_2' yi temizler. SOD ve CAT, $O_2^{\bullet-}$ ve H_2O_2' in H_2O ve moleküler O_2 ye dönüştürülmesini sağlarlar (Foyer vd., 1994) ve $OH^{\bullet}$ temizlerler (Asada

1999). SOD, bir hücredeki ROT' ne karşı ilk savunma hattını oluşturmaktadır (Alscher vd., 2002). Stres koşullarında antioksidan enzim aktivitelerinin seviyeleri değişmektedir (Demirbaş ve Acar, 2008). Bitki-bakteri ilişkisinin pozitif etkisi olarak bitkide antioksidan savunma sistemini harekete geçince oksidatif hasarı azalır ve stres koşullarında yetiştirilen ürünlerin büyümesi olumlu etkilenir. Bu bağlamda, PGPR uygulamalarının bitkilerde ROT temizleme sistemlerini aktive ederek çeşitli abiyotik stres sınırlamalarına karşı umut verici bir rolü olabilir. Sonuçta antioksidan savunma sisteminin PGPR aracılı uyarılması ve düzenlenmesi, abiyotik stres sınırlamasına karşı önemli bir tolerans stratejisi olabilir (Tablo 2).

Tablo 2: Bitki-PGPR uygulamaları ve antioksidan savunma sistemi üzerine etkisi (Nivetha 2021'den değiştirilerek).

Bitki	PGPR	Etki	Stres	Kaynak
Pirinç (*Oryza sativa*)	*Pseudomonas pseudoalcaligenes Bacillus pumilus*	Azaltılmış O_2^- ve SOD ve APX aktiviteleri azalmıştır	Tuz stresi	Jha vd., (2011)
Buğday (*Triticum aestivum*)	*Pseudomonas putida*	Azaltılmış membran yaralanması ve APX, SOD ve CAT gibi antioksidan enzimler azalmıştır	Sıcaklık stresi	Ali vd., (2011)
Mısır (*Zea mays*)	*Basil* spp.	APX ve GPX aktivite azalmıştır. Prolin, şekerler, serbest amino asitleri arttırmıştır	Kuraklık stresi	Vardharajula vd., (2011)
Buğday (*Triticum aestivum*)	*Bacillus subtilis* SU47 *Arthrobacter* sp.	Antioksidan enzim aktivitesi azalmıştır	Tuz stresi	Upadhyay vd., (2012)
Buğday (*Triticum aestivum*) Arpa(*Hordeum vulgare*)	*Bacillus megaterium* M3 *Bacillus subtilis* OSU142 *Azospirillum brasilense* Sp245 *Raoultella terrigena*	Azaltılmış ROT içeriğinin yanı sıra SOD, POX ve CAT enzimleri	Donma stresi	Turan vd., (2013)
Mısır (*Zea mays*)	*Proteus penneri* (Pp1) *Pseudomonas aeruginosa* (Pa2) *Alcaligenes faecalis* (AF3)	EPS üreten bakterilerle aşılanmış bitkilerde APX, CAT ve GPX enzimlerinin aktivitesinde azalmıştır	Kuraklık stresi	Naseem ve Bano, (2014)
Soya fasulyesi (*Glycine max* L.)	*Pseudomonas putida*	Azalan SOD, flavonoidler ve radikal süpürme aktivitesi	Kuraklık stresi	Kang vd., (2014)
Pirinç (*Oryza sativa*)	*Pseudomonas pseudoalcaligenes*	Azaltılmış lipit peroksidasyonu ve SOD	Tuz stresi	Jha ve Subramania,

	Bacillus pumilus	dismutaz aktivitesi		(2014)
Salatalık (*Cucumis sativus*)	*Burkholderia cepacia* SE4 *Promicromonospora* SE18 *Acinetobacter calcoaceticus* SE3	CAT, POX, polifenol oksidaz ve toplam polifenol aktiviteleri azalmıştır	Tuz stresi	Kang vd., (2014a)
Mısır (*Zea mays*)	*Burkholderia* sp. LD -11	SOD aktivitesini azalmıştır	Kuraklık stresi	Fan vd., (2015
Nohut (*Cicer arietinum* L.)	*Planomicrobium chinense* *Bacillus cereus* *Pseudomonas fluorescens*	Yapraklarda CAT, POX ve SOD aktiviteleri azalmıştır	Kuraklık stresi	Khan vd., (2017)
Buğday (*Triticum aestivum* L.)	*Bacillus thuringiensis* LU3	Kök-gövde uzunluğu, biyokütle, yaprak alanı artarken TBARs ve H_2O_2 azalmıştır, POX ve GR artmıştır	Tuz stresi	Teker Yıldız vd., (2023)

5. ARPA TARIMINDA PGPR KULLANIMI

İklim değişikliğinden kaynaklanan kuraklık, tuzluluk ve sıcaklık gibi abiyotik stres sınırlamaları tarımsal ürünlerin büyümesini ve gelişmelerini azaltabilir ve sonuçta ürün verimini ve kalitesini azaltır. Tarımda kullanılan kimyasalların kullanımın giderek artması ile tarımda sürdürülebilirliği bozmaktadır. Böylece günümüzde tarımda zirai ilaç kullanımın artması birçok zararlı ve tehlikeli kimyasal maddelerin bitkiden toprağa oradan yeraltı suları ile çevreye en son olarak da gıda yoluyla insanlara kadar gelmektedir. Bu bağlamda sürdürülebilir tarım için sağlıklı çevre oluşturulmasında PGPR kullanımı çok önemlidir. Diğer yandan, dünya ölçeğinde önemli bir tarla bitkisi olan arpanın çevresel streslere karşı olan duyarlılığı gelecekte Dünya tahıl üretiminde azalmaya neden olabilir. PGPR uygulamalarının arpada çimlenme oranını, kök gelişimini, verimini, yaprak alanını, klorofil oranını, azot oranını, protein oranını, kök ve gövde ağırlığını arttırdığı ve bazı hastalıklara dayanıklılık sağladığı bulunmuştur (Tablo 3). Ancak bu çalışmaların abiyotik stres sınırlamalarına karşı hangi mekanizmalar tarafından tetiklendiği ile ilgili ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç vardır.

5.1. Arpada PGPR araştırmaları

Dünya'da 2050 yılına kadar kuraklıktan ve tuzluluktan etkilenen ekin alanlarının iki kat artacağı, su kaynaklarının ise neredeyse otuz kat azalacağı tahmin ediliyor (Mahmood vd., 2023). Diğer yandan küresel olarak nüfus

artışı nedeniyle, insanlık için gerekli gıdayı karşılamak adına abiyotik stres sınırlamalarından dolayı kullanılmayan tarım alanlarının ürün yetiştirme amacıyla kullanılması gerekmektedir (Zilaie vd., 2022). Bitkisel üretimde PGPR'lerin ilk uygulamaları bitki gelişimini destekleme amaçlı olmasına rağmen, sonraki araştırmalar PGPR'lerin bitkisel üretimde biyolojik kontrol ajanı olarak da kullanılabileceğini göstermiştir. Çeşitli abiyotik stresler altında PGPR'ler kullanılarak toprak aşılaması yapılmasının sürdürülebilir tarımda ilgiyle karşılandığı bildirilmiştir (Verma vd., 2018). Sonuç olarak tuzlu topraklarda bitki sağlığının, mikrobiyal aşıların kullanımı ile iyileştirilebileceği bildirilmiştir (Lugtenberg vd., 2013). Yapılan çok sayıda araştırma *Agrobacterium, Alcaligenes, Arthrobacter, Actinoplanes, Azotobacter, Bacillus, Pseudomonas* sp., *Rhizobium, Bradyrhizobium, Erwinia, Enterobacter, Amorpho sporangium, Cellulomonas, Flavobacterium, Streptomyces* ve *Xanthomonas* gibi toprak bakterilerinin PGPR niteliğinde olduğunu, bu uygulamaların bitki verimini arttırdığını ve bitki hastalıklarının yıkıcı etkilerini azalttığını göstermişlerdir (Dutta ve Podile, 2010). Örneğin, *Azospirillum brasilense* (NO40) ile aşılanan arpa bitkisinde sürgün ve kökler, fotosentetik pigmentler, fotosentetik kapasite, stoma iletkenliği, terleme hızı ve bazı besin elementlerinin (K, P, Mg, Ca ve Fe) birikimi artarken CAT, POX ve SOD aktivitelerinin azaldığı bildirilmiştir (Omar vd., 2009). Benzer şekilde arpada *Bacillus megaterium* M3, *Azospirillum brasilense* Sp.245, *Bacillus megaterium* RC07, *Paenibacillus polymyxa* RC05 ve *Bacillus licheniformis* RC08 bakteri kombinasyonlarının uygulanması kök ve sürgün ağırlığını %21,4-23,8 ve dane verimini %8,3-19,1 arttırmıştır (Çakmakçı vd., 2014). Bir başka araştırmada ise, soğuk stres altındaki arpa bitkilerinini *Bacillus megaterium* M3, *Bacillus subtilis* OSU142, *Azospirillum brasilense* Sp245 ve *Raoultella terrigena* ile aşılanmasının kök ve sürgün kuru ağırlığı ile antioksidan enzim aktivitelerini (SOD, POX, CAT) önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir (Turan vd., 2013).

Tablo 3: Arpa-PGPR uygulamaları ve etki ettiği mekanizmalar.

PGPR	PGPR Etkisi	Abiyotik stres	Kaynak
Azospirillum brasilense (NO40)	Sürgün ve köklerde, fotosentetik pigmentleri, fotosentetik kapasiteyi, stoma iletkenliğini, terleme hızını ve K, P, Mg, Ca ve Fe birikimini arttırmıştır.CAT, POX ve SOD aktiviteleri azalmıştır.	Tuz Stresi	Omar vd., (2009)
Bacillus megaterium M3 *Bacillus subtilis* OSU142 *Azospirillum brasilense* Sp245 *Raoultella terrigena*	Arpa bitkilerinin kök ve sürgün kuru ağırlığını önemli ölçüde arttırırken antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, POX, CAT) arttırmıştır.	Soğuk Stresi	Turan vd., (2013)
Piriformospora indica	Ca^{+2} seviyeleri yükseldiğini, sinyal iletim yollarının aktivasyonuna sağlayarak, yaprakta potasyum (K^+) / sodyum (Na^+) oranını artırmıştır	Tuz Stresi	Alikhani vd., (2013)
Acinetobacter spp. Pseudomonas sp.	IAA ve ACC deaminaz birikimi	Tuz Stresi	Chang vd., (2014)
Hartmannibacter diazotrophicus E19 T	kök (% 308) ve sürgün (% 189) kuru ağırlığı önemli ölçüde artırırken kök yüzeyi sodyum alımını azaltmıştır. Büyüme ve gelişimini, ACC deaminaz aktivitesi ile arttırmıştır	Tuz Stresi	Christian Suarez vd.,(2015)
Microbacterium natoriense Pseudomonas brassicacearum Curtobacterium flaccumfaciens	Bitki büyümesini% 300'e varan oranda arttırmıştır	Tuz Stresi	Cardinale vd., (2015)
*Hartmannibacter diazotrophicus E*19T	Kök(% 308) ve sürgün (%189) kuru ağırlığını önemli ölçüde artırdı	Tuz Stresi	Suarez vd., (2015)
Piriformospora indica	Karbonhidrat metabolizmasının, nitrojen metabolizmasının ve etilen biyosentez yolağında rol aldığını indüklenmiş sistemik tuz toleransında rol oynadığını ileri sürülmüştür. Nişasta konsantrasyonunu artırdığını göstermiştir.	Tuz Stresi	Ghaffari MR vd., (2016)
Bacillus amyloliquefaciens	20 izolattan biyofilm oluşumunun en yüksek aktivitesini gösteren izolat HM6 (B6), fide uzunluğu, taze ve kuru ağırlığının tuzun verdiği hasarı azalttığını bildirmişlerdir.	Tuz Stresi	Kasim vd., (2016)
Bacillus mojavensis S1 *B. pumilus* S2 *Pseudomonas fluorescens*S3	kök gelişimini, su ve besin alımını arttırdı. 200 mM NaCl altında yüksek prolin ve IAA üretimine sahip olan S1 ve S3 suşları ile aşılamadan sonra tuzluluk stresi azaltmıştır.	Tuz Stresi	Mahmoud vd., (2020)

Pseudomonas fluorescens SBW25 *Pseudomonas putida* KT2440	Kök yaş ve kuru ağırlıklarının, klorofil içeriğinin ve bağıl su içeriğinin önemli ölçüde arttığını, strese duyarlı taşıyıcıların ve antioksidan enzim genlerinin ekspresyonunu modüle ederek tuzluluk toleransını arttırmıştır.	Tuz Stresi	Zaib vd., (2020)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Abiyotik stres sınırlamaları tarım bitkilerinin büyümesini, gelişimini ve verimini dünya çapında ciddi şekilde etkiler. Artan ürün verimi ve bitki hastalığı yönetimi için tarımsal alanda giderek gelişen kimyasal girdiler, dirençli fitopatojen formlarının gelişmesine, toprak yapısı ve verimlilik kaybına ve ekosistem ile insan sağlığı üzerinde zararlı etkilere neden olmaktadır. Bu noktada, agro-kimyasalların tedbirsiz kullanımıyla ilgili sorunları telafi etmek için sürdürülebilir alternatif yöntemlere ihtiyaç vardır. Bu nedenle biyo-gübre ve biyo-kontrol ajanları şeklinde bitkiye faydalı mikroorganizmaların uygulanması önemli bir uygulama alanına sahiptir. PGPR uygulamaları, bitkileri abiyotik stres sınırlamalarına karşı fizyolojik ve biyokimyasal mekanizmalar ile dayanıklıklarını arttırmaktadır. Abiyotik stres sınırlamaları ile karşı karşıya kalan bitkilerde üretilen ROT birikimi PGPR'ler yardımıyla azaltıp antioksidan savunma sistemini indükleyebilir. Böylece, büyüme ve gelişimine katkı sağlayan PGPR uygulamaları ile bitkiler antioksidan mekanizmalar ve çeşitli sinyal yolakları aracılığıyla oksidatif stresten korurken sağlıklı büyümeye devam ederler. Diğer yandan, PGPR tek başına bitkilerdeki tüm stres kaynaklı problemleri ortadan kaldıramasa da, tarım alanlarında tehlikeli kimyasalların ve zirai ilaçlarının kullanımının önemli ölçüde azaltılmasına katkı sağlayabilir. Bununla birlikte, abiyotik stres sırasında baskılanan ya da tetiklenen mekanizmaların daha çok araştırılmasına ihtiyaç vardır. Mevcut araştırmalar gelecekte sürdürülebilir gıda üretimi için yeni bilgiler edinme konusunda yeni araştırmaların büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermektedir. Diğer yandan bu çalışmalar özellikle kimyasal gübrelerin ve ilaçların kullanımını ciddi şekilde azaltarak sürdürülebilir sağlıklı bir dünya için bitki-bakteri etkileşimleri adına yeni bakteri suşların geliştirilmesi ve bunların altında yatan mekanizmaların aydınlatılmasını gerektirmektedir. PGPR uygulamaları küresel iklim değişikliği kaynaklı çevresel stresler nedeniyle, sürdürülebilir arpa tarımı için

bir avantaj oluşturma potansiyeline sahiptir. Bu durum ülkemizin ekonomik güvenliğine katkı yapabilecektir.

AÇIKLAMA: Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi (ÇOMÜ BAP) tarafından devam eden doktora tezi kapsamında (Proje No: FDK-2021-3684) maddi olarak desteklenmektedir.

KAYNAKÇA

Agami, R.A., Medani, R.A., Abd El-Mola, I.A., Taha, R.S. (2016). Exogenous application with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) or proline induces stress tolerance in basil plants (*Ocimum basilicum* L.) exposed to water stress. *International Journal of Agriculture and Environmental Research* 2(5):78.

Ali, S.Z., Sandhya, V., Grover, M., Linga, V.R., Bandi, V. (2011). Effect of inoculation with a thermotolerant plant growth promoting *Pseudomonas putida* strain AKMP7 on growth of wheat (*Triticum* spp.) under heat stress. *Journal of Plant Interactions* 6(4), 239-246.

Alikhani, M., Khatabi, B., Sepehri, M., Nekouei, M.K., Mardi, M., Salekdeh, G.H. (2013). A proteomics approach to study the molecular basis of enhanced salt tolerance in barley (*Hordeum vulgare* L.) conferred by the root mutualistic fungus *Piriformospora indica*. *Molecular Systems Biology* 9(6), 1498-1510.

Alscher, R. G., Erturk, N., Lenwood, S. (2002). Role of superoxide dismutases (SODs) in controlling oxidative stress in plants. *Journal of experimental botany*, 53(372), 1331-1341.

Anjum, S.A., Farooq, M., Xie, X.-Y., Liu, X.-J. and Ijaz, M.F. (2012). Antioxidant Defense System and Proline Accumulation Enables Hot Pepper to Perform Better under Drought. *Scientia Horticulturae*, 140, 66-73.

Asada, K. (2006). Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions, *Plant Physiology* 141(2): 391-396.

Aydınşakir, K., Erdurmuş, C., Büyüktaş, D., Çakmakcı, S. (2012). Tuz (NaCl) stresinin bazı silajlık sorgum (*Sorghum bicolor*) çeşitlerinin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1), 47-52.

Babalola, O.O. (2010). Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnology letters*, 32, 1559-1570.

Blum, A., Jordan, W.R. (1985). Breeding crop varieties for stress environments. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 2(3), 199-238.

Büyük, İ., Semra-Aydın, S., Aras, S., (2012). Bitkilerin Stres Koşullarına Verdiği Moleküler Cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2): 97-110.

Cakmakci, R., Turan, M., Gulluce, M., Sahin, F. (2014). Rhizobacteria for reduced fertilizer inputs in wheat (*Triticum aestivum* spp. *vulgare*) and barley (*Hordeum vulgare*) on Aridisols in Turkey. *International Journal of Plant Production* 8 (2).

Chakraborti, S., Bera, K., Sadhukhan, S., Dutta, P. (2022). Bio-priming of seeds: Plant stress management and its underlying cellular, biochemical and molecular mechanisms. *Plant Stress*, 3, 100052.

Chang, P., Gerhardt, K. E., Huang, X. D., Yu, X. M., Glick, B. R., Gerwing, P. D., Greenberg, B. M. (2014). Plant growth-promoting bacteria facilitate the growth of barley and oats in salt-impacted soil: implications for phytoremediation of saline soils. *International Journal of Phytoremediation*, 16(11), 1133-1147.

Chaudhary, D., Sindhu, S.S. (2017). Amelioration of salt stress in chickpea (*Cicer arietinum* L.) by coinculation of ACC deaminase-containing rhizospheric bacteria with *Mesorhizobium* strains. *Legume Res* 40(1):80–86.

Choudhary, D.K., Johri, B.N. (2009). Interactions of *Bacillus* spp. and plants–with special reference to induced systemic resistance (ISR). *Microbiological research*, 164(5), 493-513.

Demirbaş, S., ve Acar, O. (2008). Superoxide dismutase and peroxidase activities from antioxidative enzymes in *Helianthus annuus* L. roots during *Orobanche cumana* Wallr. penetration. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(8a), 1038-1044.

Dietz, K. J., Turkan, I., Krieger-Liszkay, A. (2016). Redox- and reactive oxygen species-dependent signaling into and out of the photosynthesizing chloroplast. *Plant Physiology*, 171(3), 1541–1550.

Dutta, S., ve Podile, A.R. (2010). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): the bugs to debug the root zone. *Critical reviews in microbiology* 36(3), 232-244.

Edreva, A. (2005). Generation and Scavenging of Reactive Oxygen Species in Chloroplasts: a Submolecular Approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 106: 119–133.

Erdoğan Bayram, S. (2018). Su stresi ve bitkilerde su stresine bağlı fizyolojik değişimler, *Tralleis Elektronik Dergisi* 3(2): 219-228.

Fan, X., Hu, H., Huang, G., Huang, F., Li, Y., Palta, J. (2015). Soil inoculation with Burkholderia sp. LD-11 has positive effect on water-use efficiency in inbred lines of maize. *Plant and Soil*, 390, 337-349.

FAO, (2020). Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, Production quantities of Barley by country. Rome, Italy. Available, 25.04.2023, https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize

Fazeli, F., Ghorbanli, M., Niknam, V.(2007). Effect of drought on biomass, protein content, lipid peroxidation and antioxidant enzymes in two sesame cultivars, Biologia Plantarum, vol. 51, no. 1, pp. 98-103.

Foyer, C. H., ve Noctor, G. (2009). Redox regulation in photosynthetic organisms: signaling, acclimation, and practical implications. *Antioxidants & redox signaling*, *11*(4), 861-905.

Ghaffari, M.R., Ghabooli, M., Khatabi, B., Hajirezaei, M.R., Schweizer, P., Salekdeh, G.H. (2016). Metabolic and transcriptional response of central metabolism affected by root endophytic fungus *Piriformospora indica* under salinity in barley. *Plant molecular biology* 90, 699-717.

Ghoulam, C., Fares, K. (2001). Effect of salinity on seed germination and early seedling growth of sugar beet (*Beta vulgaris* L.*). Seed science and technology* 29(2), 357-364.

Gill, S. S., Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 48(12), 909-930.

Goswami, M., Suresh, D. (2020). Plant growth-promoting Rhizobacteria alleviators of abiotic stresses in soil: a review. Pedosphere, 30(1), 40-61.

Hierro, Ó.D., Gallejones, P., Besga, G., Artetxe, A., Garbisu, C. (2021). A Comparison of IPCC Guidelines and Allocation Methods to Estimate the Environmental Impact of Barley Production in the Basque Country through Life Cycle Assessment (LCA). *Agriculture* 11(10): 1005.

Jha, B.,Gontia, I., Hartmann, A. (2012). The roots of the halophyte Salicornia brachiata are a source of new halo tolerant diazotrophic bacteria with plant growth-promoting potential. *Plant and Soil* 356: 265-277.

Jha, Y., Subramanian, R. B. (2014). PGPR regulate caspase-like activity, programmed cell death, and antioxidant enzyme activity in paddy under salinity. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 20, 201-207.

Kacar, B., Katkat, A. V., Öztürk, Ş. (2002). Bitki Fizyolojisi. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayın No: 198, Vipaş Yayın No:74., Bursa.

Kang, J., Xie, W., Sun, Y., Yang, Q., Wu, M. (2010). Identification of genes induced by salt stress from Medicago truncatula L. seedlings. *African Journal of Biotechnology*, 9: 7589-7594.

Kang, S. M., Radhakrishnan, R., Khan, A. L., Kim, M. J., Park, J. M., Kim, B. R., Lee, I. J. (2014). Gibberellin secreting rhizobacterium, Pseudomonas putida H-2-3 modulates the hormonal and stress physiology of soybean to improve the plant growth under saline and drought conditions. *Plant Physiology and Biochemistry* 84, 115-124.

Karnwal, A., Shrivastava, S., Al-Tawaha, A. R. M. S., Kumar, G., Kumar, A., Kumar, A. (2023). PGPR-Mediated Breakthroughs in Plant Stress Tolerance for Sustainable Farming. *Journal of Plant Growth Regulation*, 1-17.

Kasim, W. A., Gaafar, R. M., Abou-Ali, R. M., Omar, M. N., Hewait, H.M. (2016). Effect of biofilm forming plant growth promoting rhizobacteria on salinity tolerance in barley. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(2), 217-227.

Khan, N., Bano, A., Babar, M. A. (2017). The root growth of wheat plants, the water conservation and fertility status of sandy soils influenced by plant growth promoting rhizobacteria. *Symbiosis* 72, 195-205.

Kleopper, J. W., M. N. Schroth. (1978). Plant Growth Promoting Rhizobacteria on Radishes, In Proceedings of the Fourth International Conference on Plant Pathogenic Bacteria, Vol. 2 pp 879-882.

Kozlowski, T.T., Pallardy, S.G. (1997). Physiology of Woody Plants, Academic Press, San Diego.

Körnicke, F. (1885). Die Arten und Varietäten des Getreides (Vol. 1). P. Parey.

Köten, M., Ünsal, S., Atlı, A. (2013). Arpanın İnsan Gıdası Olarak Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology,* 1(2), 51-55.

Kumar, G., Rashid, M.M., Bajpai, R., Rana, M., Kumar, A., Mukherjee, A., Sarma, B.K. (2021). Plant growth promoting myco-stimulation for sustainable agriculture production under abiotic stress. In: New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering. pp 197–219.

Lahsini, A.I., Sallami, A., Ait-Ouakrim, E.l.H., Khedri, H.E.l., Obtel, M., Douira, A., Modafar , C.E.l., Benkerroum, N., Talbi, C., Chakhchar, A., Filali-Maltouf, A. (2022). Isolation and molecular identification of an indigenous abiotic stress-tolerant plant growth-promoting rhizobacteria from the rhizosphere of the olive tree in southern. *Morocco. Rhizosphere* 23:100554.

Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental Stress, Volume 1: Chilling, Freezing, and High Temperature Stresses. Academic Press, Cambridge.

Lichtenthaler, H. K. (1996). Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. *Journal of plant physiology*, 148(1-2): 4-14.

Liu, F., Stutzel, H. (2004). Biomass partitioning, Specific leaf area and water use efficiencyof vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to drought stress. *Scientia Horticulturae* 102 (1): 15-27.

Liu,.F., Xing, S., Ma, H. (2013) Cytokinin-producing, plant growth-promoting rhizobacteria that confer resistance to drought stress in *Platycladus orientalis* container seedlings. *Appl Microbiol Biotechnol* 97:9155–9164.

Lugtenberg, B. J., Malfanova, N., Kamilova, F., Berg, G. (2013). Plant growth promotion by microbes. *Molecular microbial ecology of the rhizosphere*, 1, 559-573.

Mahmoud, O. M. B., Hidri, R., Talbi-Zribi, O., Taamalli, W., Abdelly, C., Djébali, N. (2020). Auxin and proline producing rhizobacteria mitigate salt-induced

growth inhibition of barley plants by enhancing water and nutrient status. *South African Journal of Botany* 128, 209-217.

Mahmoud, S. H., Gan, T. Y., Zhu, D. Z. (2023). Impacts of climate change and climate variability on water resources and drought in an arid region and possible resiliency and adaptation measures against climate warming. Climate Dynamics, 1-27.

Mansour, M.M.F. (1994). Changes in growth, osmotic potential and cell permeability of wheat cultivars under salt stress. *Biologica Plantarum* 36: 429-434.

Meena, K.K, Sorty, A.M., Bitla, U.M., Chaudhary, K., Gupta, P., Pareek, A., Singh, D.P., Prabha, R., Sahu, P.K., Gupta,V.K., Singh, H.B., Krishanani, K.K., Minhas, P.S. (2017). Abiotic stress responses and microbe-mediated mitigation in plants: the comic strategies. *Front Plant Sci* 8:172.

Moller, I.M., Jensen, P.E., Hansson, A. (2007). Oxidative modifications to cellular components in plants. *Annual Review of Plant Biology* (58), pp. 459-81.

Morales-Cedeno, L.R., del Carmen Orozco-Mosqueda, M., Loeza-Lara, P.D., Parra-Cota, F.I., de los Santos-Villalobos, S., Santoyo, G. (2021). Plant growth promoting bacterial endophytes as biocontrol agents of pre- and post-harvest diseases: fundamentals, methods of application and future perspectives. *Microbiological Research* 242:126612.

Morrell, P. L., Clegg, M. T. (2011). *Hordeum* Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources: Cereals, 309-319.

Munns, R., Termaat, A. (1986). Whole Plant Responses to Salinity. *Australian Journal of Plant Physiology* 13, 143-160.

Naseem, H., Bano, A. (2014). Role of plant growth-promoting rhizobacteria and their exopolysaccharide in drought tolerance of maize. *Journal of Plant Interactions* 9(1), 689-701.

Nivetha, N., Lavanya, A. K., Vikram, K. V., Asha, A. D., Sruthi, K. S., Bandeppa, S., Annapurna K., Paul, S. (2021). PGPR-mediated regulation of antioxidants: Prospects for abiotic stress management in plants. *Antioxidants in Plant-Microbe Interaction*, 471-497.

Omar, M. N. A., Osman, M. E. H., Kasim, W. A., Abd El-Daim, I. A. (2009). Improvement of salt tolerance mechanisms of barley cultivated under salt stress using Azospirillum brasilense. *Salinity and water stress: improving crop efficiency*, 133-147.

Pandey, S., Gupta, S. (2019). ACC deaminase producing bacteria with multifarious plant growth promoting traits alleviates salinity stress in French bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. *Front Microbiol* 10:1506.

Payandeh, Z., Jahanbakhshi, A., Mesri Gundoshmian, T., Clark, S. (2021). Improving Energy Efficiency of Barley Production Using Joint Data Envelopment Analysis (DEA) and Life Cycle Assessment (LCA): *Evaluation of Greenhouse Gas Emissions and Optimization Approach. Sustainability* 13(11): 6082.

Phour, M., Sindhu, S.S. (2022). Mitigating abiotic stress: microbiome engineering for improving agricultural production and environmental sustainability. *Planta* 256(5), 85.

Rasheed, A., Rasool, S. G., Gul, B., Ajmal Khan, M., Hameed, A. (2019). Reactive oxygen species production and scavenging during seed germination of halophytes. Ecophysiology. *Abiotic Stress Responses and Utilization of Halophytes* 63-81.

Saboor, A., Ali, M.A., Husain, S., Tahir, M.S., Irfan, M., Bilal, M., Baig, K.S., Datta, R., Ahmed, N., Danish, S., Glick, B.R. (2021). Regulation of phosphorus and zinc uptake in relation to arbuscular mycorrhizal fungi for better maize growth. *Agronomy* 11:2322.

Singh, A. K., Kumar, A., Singh, P. K. (Eds.). (2018). PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture: Food Security and Environmental Management. Woodhead Publishing.

Sönmez, A. C., Yüksel, S. (2019). İleri Kademe Arpa (*Hordeum vulgare* L.) Genotiplerinin Verim ve Bazı Fizyolojik Özelliklerinin Eskişehir Koşullarında Belirlenmesi. *KSU Journal of Agriculture and Nature* 22, 60-68.

Suarez, C., Cardinale, M., Ratering, S., Steffens, D., Jung, S., Montoya, A. M. Z., Schnell, S. (2015). Plant growth-promoting effects of *Hartmannibacter diazotrophicus* on summer barley (*Hordeum vulgare* L.) under salt stress. *Applied Soil Ecology* 95, 23-30.

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., Murphy, A. (2015). Abiotic stress. Plant physiology and development (6th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc, 730-731.

Teker Yıldız, M., Acar, O., Öztürk, F., Hacıoğlu Doğru, N. (2023). Some Physiological and Biochemical Effects of *Bacillus thuringiensis* LU3 Biopriming in Common Wheat (*Triticum aestivum* L.) under Salt Stress. *KSU Journal of Agriculture and Nature* 26 (5), 1086-1098.

TEPGE, (2021). Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü, Arpa Ürün Raporu, *TEPGE*, Yayın No:339.

Tiryaki, İ. (2018). Bazı tarla bitkilerinin tuz stresine gösterdikleri adaptasyon mekanizmaları. *KSU Journal of Agriculture and Nature* 21(5), 800-808.

Turan, M., Güllüce, M., Çakmak, R., Şahin, F. (2013). Effect of plant growth-promoting rhizobacteria strain on freezing injury and antioxidant enzyme activity of wheat and barley. *Journal of Plant Nutrition* 36(5), 731-748.

Umezawa, T., K. Shimizu, M. Kato, T. Ueda. (2000). Enhancement of salt tolerance in soybean with NaCl pretreatment. *Physiologia Plantarum* 110: 59-63.

Upadhyay, S. K., Singh, J. S., Saxena, A. K., Singh, D.P. (2012). Impact of PGPR inoculation on growth and antioxidant status of wheat under saline conditions. *Plant Biology*, *14*(4), 605-611.

Van Hoorn, J.W., Katerji, N., Hamdy, A., Mastrorilli, M. (2001). Effect of Salinity on Yield and Nitrogen Uptake of Four Grain Legumes and on Biological Nitrogen Contribution From the Soil. *Agricultural Water Management* 51, 87–98.

Vardharajula, S., Zulfikar Ali, S., Grover, M., Reddy, G., Bandi, V. (2011). Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp.: effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress. *Journal of Plant Interactions*, *6*(1), 1-14.

Vejan, P., Rosazlin, A., Tumirah, K., Salmah, I., Amru, N.B., (2016). Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability. *Molecules* 21, 573.

Verma, J.P., Jaiswal, D.K., Krishna, R., Prakash, S., Yadav, J., Singh, V. (2018). Characterization and screening of thermophilic *Bacillus strains* for developing plant growth promoting consortium from hot spring of Leh and Ladakh region of India. *Frontiers in microbiology* 9, 1293.

Vocciante, M., Grifoni, M., Fusini, D., Petruzzelli, G., Franchi, E. (2022). The role of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in mitigating plant's environmental stresses. *Applied Sciences* 12:1231.

Yadav, G., Srivastava, P.K., Singh, V.P., Prasad, S.M. (2014). Light intensity alters the extent of arsenic toxicity in *Helianthus annuus* L. seedlings. *Biological Trace Element Research* 158:410–421.

Yüksel, K. Akçura, M. (2022). İklim Değişiminin Farklı Büyüme Tabiatına Sahip Bazı Arpa Çeşitleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 9(1), 107-118.

Zaidi, A., Ahmad, E., Khan, M.S., Saif, S., Rizvi, A. (2015). Role of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable production of vegetables: current perspective. *Scientia Horticulturae* 193:231–239.

Zilaie, M. N., Arani, A. M., Etesami, H., Dinarvand, M. (2022). Halotolerant rhizobacteria enhance the tolerance of the desert halophyte *Nitraria schoberi* to salinity and dust pollution by improving its physiological and nutritional status. *Applied Soil Ecology* 179, 104578.

Zohreh, H., Gruber, M., Coutu, C., Glick, B.R., Hegedus, D.D. (2021). Gene expression patterns in shoots of *Camelina sativa* with enhanced salinity tolerance provided by plant growth promoting bacteria producing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase or expression of the corresponding acdS gene. *Scientific Reports* 11(1):4260.

BÖLÜM 11

KÜÇÜKBAŞ HAYVANLARDA STRES FAKTÖRLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KULLANILAN BAZI PARAMETRELER

Dr. Öğr. Üyesi | Hacer TÜFEKCİ[1]

[1]Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Yozgat, Türkiye. hacer.tufekci@bozok.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-2272-4088

GİRİŞ

Çiftlik hayvanları hayatları boyunca farklı stres faktörleri ile karşı karşıya kalır. Sıcak, soğuk, taşıma, beslenme, yürüme, sütten kesme, kırkım, farklı yetiştiricilik uygulamaları ve bu uygulamalarda hayvana uygulanan muameleler, yakalama, tutma, bekletme, barınma, sosyal çevre, değişen iklim koşulları, veterinerlik hizmetleri, hastalıklar ve parazitler dahil olmak üzere hayvanlarda strese neden olan birçok olumsuz koşul mevcuttur. Dolayısı ile stres, hayvanın çeşitli dış ve iç faktörlerin olumsuz etkileriyle baş edememesi, adaptasyon sağlayamaması sonucu ortaya çıkan ve olumsuz sonuçlara yol açabilen bir refleks tepkisidir (Selye, 1936; Hristov vd., 2012). Hayvanlar, fizyolojik ve davranışsal stres tepkilerini kullanarak zorlu koşullarla başa çıkmaya çalışır. Bu tepkiler engellendiğinde ya da başarılı olmadığında, stresin tipik davranışsal, fizyolojik, sağlık ve verim üzerine çeşitli belirtileri ortaya çıkar. Ayrıca bu mücadelelerin başarısız olması, hayvan refahını da tehlikeye atmakla birlikte üretim, etkinlik ve elde edilen ürün kalitelerini de olumsuz yönde etkilemektedir. Koyun ve keçi üretimini doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen tüm stres faktörleri sonuçta hayvanlarda performansın tehlikeye girmesine, verimliliğin düşmesine, bağışıklık sisteminin düşmesine neden olabilmektedir (Naqvi, 2017).

Koyun ve keçi üretim sistemleri, küresel gıda güvenliği, sağlıklı beslenmede hayvansal protein ihtiyacının karşılanması ve alternatif tarımsal kullanımı olmayan meralardan faydalanılabilmesi bağlamında çok önemlidir (Tüfekci ve Tozlu Çelik, 2022). Bu tür sistemlerde, ele alınması gereken bazı zorluklar vardır. Bunlar arasında beslenme veya üreme gibi klasik üretim konularının yanı sıra iklim değişikliği bağlamında meydana gelen çeşitli faktörlerin yetiştiricilik açısından meydana getirdiği olumsuzluklar ile başa çıkmayı öngören farklı yönetim sistemleri de yer almaktadır. Bu konulara yeterli yanıt, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirlik için belirleyicidir. Bu tür sorunların cevapları, sadece klasik üretim yönlerini değil, aynı zamanda giderek daha önemli hale gelen sağlık, refah ve çevresel üretim yönlerine entegre bir şekilde değerlendirilerek verilmelidir (Silva vd., 2022)

Stres, homeostaz için gerçek veya algılanan bir tehdit olma potansiyeline sahip zihinsel, duygusal ve fiziksel olaylara verilen tüm biyolojik tepkilerin toplamıdır (Kumar vd., 2023; Tilbrook, 2007; Tilbrook ve Clarke, 2006). Meydana gelecek korku ve sıkıntı hayvanın stresle başa çıkma

ve uyum sğlama yeteneğinin bozulduğu ve psikolojik dengeyi yeniden kazanamadığı olumsuz bir durumdur (Nielsen vd., 2020). Stresin süresi (kronik, aralıklı veya akut) ve çeşidi (psikolojik, fiziksel ve fizyolojik stres faktörleri) değişebilir (Cappellozza ve Marques, 2021). Ayrıca hayvanın ırkı, yaşı, cinsiyeti, fizyolojik durumu, stres etkeninin türü, süresi ve yoğunluğu, beslenme, iklim, yetiştiricilik uygulamaları ve çevre gibi çeşitli faktörlerin etkileşimlerine bağlı olarak belirli bir strese hayvanın tepkisi oldukça değişken olabilmektedir (Kumar vd., 2023; Khalifa, 2003).

Hayvan, çeşitli tepkilerle çevresel zorluklarla başa çıkar. Bunlar arasında fizyolojik yanıt, biyokimyasal yanıt, nöroendokrin yanıt, moleküler ve hücresel yanıt, metabolik yanıt ve davranışsal yanıt yer alır. Fizyolojik tepkiler vücut sıcaklığındaki, solunum hızındaki, kalp atış hızındaki ve deri sıcaklığındaki değişiklikleri içerir. Kan biyokimyasal ve endokrin tepkileri, hayvanların sinir sisteminin kontrolü altında kan metabolitlerinin, stres ve metabolik hormonların konsantrasyonunu değiştirerek olumsuz çevre koşullarıyla başa çıkmaya çalıştıkları tepkilerdir. Hücresel ve moleküler tepkiler, hayvanın stresten kurtulmasını sağlayan temel mekanizmalardır ve hayvanlar davranışlarını değiştirerek stres durumuna uyum sağlamaya çalışırlar (Niyas vd., 2015). Dolayısı ile biyobelirteçler, çeşitli biyolojik süreçlerin potansiyel belirteçleridir ve objektif olarak ölçülebilir (Dhama vd., 2019). İdeal bir biyobelirteç, belirli bir duruma ve fizyolojik duruma özgü, güvenli, ölçülmesi kolay ve ölçülebilir olmalıdır. Hızlı, kesin, doğru ve tutarlı sonuçlar sağlamalıdır (Jain ve Jain, 2010; Sahu vd., 2011). Bazı durumlarda hayvan refahını değerlendirmek için tek bir stres ölçüsü güvenli olmayabilir, böyle durumlarda birden fazla stres göstergesini bir arada değerlendirmek daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır (Kumar vd., 2012). Yapılan bazı çalışmalarda refahın belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan endokrin veya bağışıklık göstergelerine kıyasla davranışsal ölçümlerin stresli koşulların tespiti için daha duyarlı olduğu ifade edilmiştir (Napolitano vd., (2008).

Bu çalışmada küçükbaş hayvanlarda stres faktörlerinin değerlendirilmesinde kullanılan bazı parametrelerin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. STRESİN ÖLÇÜLMESİ

Stres etkeni, bir stres tepkisini başlatan uyarıcıdır ve günümüz hayvancılık uygulamalarının kaçınılmaz bir sonucudur. Stres pek çok faktörden etkilendiğinden belirlenmesi bazı durumlarda oldukça zordur. Çiftlik hayvanları yetiştiriciliğinde stres faktörlerinin değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerin iyi bilinmesi, kullanılması ve yorumlanması gerekmektedir.

Stres esnasında biyolojik fonksiyonlardaki değişiklikler stresin biyolojik maliyetini de oluşturmaktadır. Pek çok stres faktörü için biyolojik maliyet stres kısa süreli olduğunda önemli değildir. Stresin uzun sürdüğü veya ciddi olduğu durumlarda biyolojik maliyet önem taşır. Biyolojik fonksiyonlardaki değişiklik hayvanlarda üretkenliğin ve devamlılığın temelini oluşuran bağışıklık, büyüme ve üreme özelliklerini baskılar (Altınçekiç ve Koyuncu, 2012). Bu biyolojik fonksiyonlardaki değişikliklerin izlenmesi, ölçülebilmesi ve değerlendirilmesi yoluyla stresin tipi, aşaması ve alınacak önlemler konusunda karar verilebilmektedir. Hayvanlar strese davranışsal/fizyolojik değişiklikleri, endokrin değişiklikleri, metabolik değişiklikleri ve bağışıklık sistemindeki değişikliklerle yanıt verebilir (Tablo 1) Ayrıca bu sistemlerin tümü herhangi bir stres tarafından değiştirilmez ve tüm stres etkenleri için geçerli olan spesifik olmayan bir stres tepkisi yoktur. Bu nedenle, hayvanlardaki stres derecesini değerlendirmek için bir dizi sistemi izlemek önemlidir (Squires, 2003; Clark vd., 1997; Ewbank, 1985; Stephens, 1980; Hill, 1983).

Tablo 1: Stresi değerlendirilmek için kullanılan bazı metotlar (Squires, 2003)

Davranışsal/Fizyolojik	Endokrin	Metabolik sistemler
Aktivite / uyku düzeni	Katekolaminler	İmmun fonksiyon
Genel görünüm / gruplaşma	CRH, ACTH, glikokortikoitler	Hastalık aşaması
Yem ve su tüketimi	Gonadotropinler / cinsiyet stereoitleri	Büyüme performansı
Nabız ve kan basıncı	Sitokinler, β-endorfin, renin ve prolaktin	Üreme performansı

2. 1. Morfolojik / Davranışsal / Fizyolojik Parametreler

Hayvanlar strese hem türe özgü davranışlarla hem de bireysel hayvana özgü öğrenilmiş davranışlarla yanıt verir. Hayvanlar bireysel olarak genetik yapılarına ve önceki deneyimlerine bağlı olarak aynı uyarana farklı tepkiler verebilir. Hayvanın günlük biyolijik süreci ve çevresel etkilerin yanı sıra yaş, cinsiyet, fizyolojik durumu da bireylerin strese tepkilerini etkileyebilir.

Refahın izlenmesinde, hayvanların hareketlilik seviyesi, duruşu, çıkardıkları sesler, saldırganlık durumu, hareket düzenleri, yem ve su alımı ve uyku düzeni gözlemlenebilir. Hayvan, refahını olumsuz etkileyen bir durumla karşılaştığında bu durumdan kaçınmak için gösterdiği çaba miktarı, uyarandan kaçınma derecesinin bir ölçüsü olarak kullanılabilir. Bu şekilde barınak sistemlerinin, yem ve diğer çevresl faktörlerin uygunluğu test edilebilir. Yani hayvanın maruz kaldığı belirli bir durumdan olumsuz etkilenip etkilenmediğini değerlendirmek için hayvan tercih testleri yapılabilir (Squires, 2003).

Çiftlik hayvanlarında morfolojik özellikler, hayvan ile çevre arasındaki ısı alışverişi mekanizmalarını doğrudan etkiledikleri için adaptasyon açısından oldukça önemlidir. Bazı türlerde morfolojik adaptif özellikler için ırk farklılıkları belirgindir (Sejian vd., 2018a; McManus vd., 2009). Hayvanlarda vücudu kaplayan tüy rengi, sıcaklık stresi altındaki çiftlik hayvanlarına adaptif bir yetenek kazandıran önemli morfolojik özelliklerden biridir. Açık tüy rengine sahip hayvanların koyu tüy rengine sahip hayvanlara kıyasla doğrudan güneş radyasyonunun %50-60'ını yansıttığı için sıcak tropik bölgelerde avantajlı olduğu kabul edilmektedir. Ayrıca tüy rengi, hayvanlarda ortamdan emilen ve vücutlarından yansıyan radyan ısı yükünün miktarını belirler ve açık tüy rengi hayvanların vücut sıcaklıklarının konfor bölgesi aralıklarında tutulmasına da yardımcı olur (McManus vd., 2009; Asres ve Amha, 2014). Koyu tüy rengine sahip hayvanların uzun süre güneş ışınlarına maruz kalmaları halinde daha yüksek solunum hızına, nabız hızına, terleme hızına, deri ve rektal sıcaklığa sahip oldukları bildirilmiştir (Maia vd., 2015; Berihulay vd., 2019). Tüy uzunluğu, kalınlığı ve tüy yoğunluğu, kısa tüy, ince deri ve birim alan başına daha az tüy kökünün sıcak koşullara daha yüksek uyum sağlama yeteneğiyle doğrudan bağlantılı olduğu bildirilmiştir. Koyunlarda yapağı koruyucu bir bariyer görevi görür ve suyun vücuttan buharlaşmasını engeller, böylece terleme yoluyla ısı kaybını azaltır. Bu durum

ve yağlı kuyruk yapısı kurak ve yarı kurak bölgelere adapte olmuş yerli koyun ırklarının avantajlı birer morfolojik özelliği olarak da kabul edilmektedir (Mahgoub vd., 2010; Gootwine, 2011; Marai vd., 2006; Khalifa, 2003). Ayrıca hayvanlarda ter bezlerinin çapının, hacminin, çevresinin ve yoğunluğunun yüksek olması, sıcak ortamlar için iyi adaptif özellikler olarak kabul edilir (Jian vd., 2015; Collier vd., 2008). Çiftlik hayvanlarında vücut boyutu ve şekli aşırı sıcak ortamlarda termoragülatör makanizmayı etkilemektedir. Kısmen daha küçük yapılı hayvanlar düşük yem ve su gereksinimlerine ihtiyaç duyarlar (Silanikove, 2000a; Cain vd., 2006; Brito vd., 2004).

Davranışsal tepkiler, sıcaklık stresini azaltmak için hayvanlar tarafından benimsenen ilk ve en önemli tepki olarak kabul edilmektedir. Sıcaklık stresine maruz kalan hayvanlarda gözlemlenen en hızlı ve belirgin davranış gölge arayışıdır. Hayvanlar mevcut gölgelik alanları kullanarak sıcaklık stresinin etkilerini hafifletmeye çalışır (Endris ve Feki, 2021; Shilja vd., 2016). Ruminant hayvanlar sıcaklık stresine maruz kaldığında karşılaşılan en belirgin bir diğer davranışsal tepki, azaltılmış yem alımıdır. Sıcak koşullarda daha düşük yem alımı, sıcaklık stresi altındaki hayvanlarda mevcut metabolik ısı üretimini düzenlemek için adaptif bir yanıt olarak tanımlanır (Kouba vd., 2001; Odongo vd., 2006; Russell, 2007). Koyunlarla yapılan çalışmalarda sıcaklık stresine maruz kalan hayvanların yem alımını azalttığı bildrilmişştir (Slimen vd., 2019; Marai vd., 2007; Sejian vd., 2018b). Damián vd. (2013) yaptıkları çalışmada; sütten kesme ve annelerinden ayırmanın kuzularda meydana getirdiğ stres sonucu gölgede kalma sürelerinde artış ve otlama sürelerinde azalma olduğunu bildirmişlerdir. Sıcaklık stresi su gereksinimini artırmakta ve su alımındaki artış hayvanlarda termoregülasyon için oldukça önemlidir (Marai vd., 2007). Yapılan çalışmalarda yaz aylarında çeşitli hayvan türleri için daha yüksek su içme sıklığı ve daha fazla su alımı bildirilmiştir (Valente vd., 2015; Shilja vd., 2016). Kuzularda yapılan benzer bir çalışmada da sıcak çevre koşullarına maruz kalmanın hayvanlarda su alımında belirgin bir artışa neden olduğu bildirilmiştir (Padua vd., 1997). Çevre sıcaklığının artması hayvanlarda artan ayakta durma ve azalan yatış süreleri ile ilişkili olduğu, hayvanların güneş ışınlarının doğrudan ve dolaylı etkilerinden kaçınmak için kendilerini farklı yönlere çevirmek için ayakta daha fazla kaldığı bildirilmiştir. Ayrıca ayakta durma pozisyonunda hayvan

vücudunun hava akımına veya rüzgara maruz kalma miktarını artırarak vücut ısı yükünün çevreye dağılmasını kolaylaştırdığı bildirilmiştir (Silanikove, 2000a; Provolo ve Riva, 2009; Endris ve Feki, 2021).

Hayvanlar strese maruz kaldıktan sonra harekete geçen fizyolojik mekanizmalar homeostazın ve fiziksel dengenin korunmasına yardımcı olur (Farooq vd., 2010) ve bu fizyolojik modifikasyonlar normal vücut ısısını korumak ve hipertermiyi önlemek için gereklidir (Alam vd., 2015). Meydana gelecek fizyolojik tepkiler, stres etkenine bağlı olarak kısa vadeli değişiklikler ve uzun vadeli değişiklikler olarak farklılık göstermektedir (Gaughan, 2012). Stres durumunda hayvanlarda özellikle küçükbaş hayvanlarda adaptasyonun sağlayabilmesi için rektal sıcaklık, kalp atış hızı ve solunum hızı gibi fizyolojik parametreleri değiştirdiği (Ribeiro vd., 2014), vücut sıcaklığının (Gupta vd., 2013) ve solunum hızının (Haheeb, 1992) hayvanlarda sıcaklık stresinin iyi bir ölçüsü olduğu bildirilmiştir. Renaudeau vd. (2012) yaptıkları çalışmada sıcaklık stresine maruz kalan bir hayvanın ilk ve en önemli mekanizması, solunum hızının artması ve buharlaşma yoluyla ısı kaybına neden olması olduğunu bildirmiştir. Ribeiro vd. (2014), sıcak dönemlerde hayvanların rektal sıcaklıktaki artıştan kaçınmak için solunum mekanizmalarını kullandıklarını ve böylece homeotermiyi koruduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca solunum hızına dayalı sıcaklık stresi belirleme, uzaktan gözlemle yapılabilme ve değerlendirme kolaylığı gibi avantajlara da sahiptir (Silanikove, 2000b).

Yüksek çevre sıcaklıklarında nabız sayısı artmakta birlikte çok yüksek sıcaklıklarda metabolizma hızının yavaşlaması nedeni ile nabız sayısının düştüğü belirlenmiştir (Marai vd., 2007). Yorulmaz ve Altın (2015) Karayaka koyunlarında mevsimsel sıcaklık değişimlerine bağlı olarak hayvanlarda oluşan stresi tanımlanmayı amaçladıkları çalışmalarında, hayvanlarda yüksek sıcaklıklara bağlı olarak solunum sayısı ve rektal sıcaklık değerlerinin arttığı, nabız sayısının ise azaldığını bildirmişlerdir. Yapılan benzer çalışmalarda da sıcaklık arttıkça solunum hızında, vücut yüzeyinde ve rektal sıcaklıkta da artış olduğu bildirilmektedir (Aleena vd., 2018). Aynı zamanda hayvanlarda solunum hızında ve su alımında artma (Bernabucci vd., 2010) ve su içme sıklığında da artmaya neden olmuştur (Aleena vd., 2018). Sevi ve Caroprese (2012) yaptıkları çalışmada sıcaklık stresinin emziren koyun ve keçilerde daha yüksek solunum hızına bağlı olarak enerji gereksinimlerinin arttığı

bildirilmiştir. Yapılan çalışmalarda hayvanın vücudu ısı dengesi sağlayamadığında rektal sıcaklıkta artışın meydana geldiği (Abdel-Hafez, 2002) ve rektal sıcaklığın hayvanların vücut sıcaklığının bir göstergesi olarak sıklıkla kullanıldığı bildirilmiştir (Swenson ve Reece, 2006). Hayvanlarda sıcak iklime maruz kalma durumunda rektal sıcaklığın arttığı benzer bulgularda da bildirilmiştir (Popoola vd., 2014; Marai vd., 2007; Phulia vd., 2010)

2.2. Endokrin Parametreler

Hayvanlarda beslenme, yönetim ve yetiştiricilik uygulamaları, cinsiyet, yaş, hastalıklar ve stres gibi belirli faktörler kan bileşimi ve kan değerlerinde değişikliğe neden olur. Ek olarak hayvanların sağlık durumlarının, fizyolojik değişikliklerinin izlenmesinde ve değerlendirilmesinde kan biyokimyasal profillerinin önemli olduğu bilinmektedir (Njidda vd., 2013; Endris ve Feki, 2021; Etim, 2015). Yapılan çalışmalarda keçilerde sıcaklık artışının solunum hızını artırarak hayvanlarda oksiyen tüketimini artırdığı bu durumun kandaki kısmı oksijen basıncını artırıp eritropoezi azaltarak dolaşımdaki eritrosit sayısını ve dolayısıyla PCV ve hemoglobin değerlerini azalttığı bildirilmiştir (Gupta vd., 2013; Sivakumar vd., 2010). Koyunlarda yapılan çalışmalarda benzer şekilde sıcaklık stresinin kanda hemoglobin, PCV, plazma glikozu, toplam protein ve albümin düzeylerini önemli ölçüde değiştirdiği ifade edilmiştir (Sejian vd., 2013; Sejian vd., 2014).

Merkezi sinir sistemi ve endokrin sistemi, stresin algılanmasında ve berteraf edilmesinde devreye giren ilk stres tepkileridir (Durmuş ve Koluman, 2019). Endokrin tepkiler, hayvan adaptasyonunun ana düzenleyicilerinden biridir. Yapılan çalışmalarda stresin, hipofiz hormonlarının salgılanmasında değişikliklere neden olarak, metabolizmanın, bağışıklık sisteminin yanı sıra üremede olumsuzluklara yol açabileceğini (Moberg, 2000) ve sıcaklık stresine uyum ile ilişkili hormonların büyüme hormonu (GH), prolaktin (PRL), tiroid hormonları, mineralokortikoidler, glukokortikoidler, katekolaminler ve antidiüretik hormonu (ADH) olduğu bildirilmiştir (Sheba vd., 2012). Ayrıca sıcaklık stresi sırasında hipotalamo-pitutarya adrenal kortikal (HPA) aksının aktivasyonu, kortizol konsantrasyonunun artmasına neden olur (Silanikove, 2000a). Kumar vd. (2011), yüksek ortam sıcaklığına kısa süreli maruz kalma sırasında, keçilerde katekolaminler ve glukokortikoidlerin konsantrasyonunun

yükseldiğini bildirmişlerdir. Yapılan bazı çalışmalarda keçilerde sıcaklık nem indeksi değerinin arttığı durumlarda T3(Triiyodotironin) ve T4 (Tiroksin) hormonlarında gerileme meydana geldiği (Koluman Darcan vd., 2013) ve hayvancılıkta heptaglobin, NEFA (esterlenmemiş yağ asitleri), T3 ve T4 hormonlarının sıcaklık stresine karşı metabolik adaptasyon belirteçleri olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Aleena vd., 2016; Sejian vd., 2019). Yapılan çalışmalarda sıcaklık stresinin akut ve kronik olmasına bağlı olarak plazma progesteron seviyesinde değişikliklere neden olabileceği ve bu endokrin değişikliklerin foliküler aktiviteyi ve yumurtlama mekanizmasını azalttığını, bunun da oosit ve embriyo kalitesinde azalmaya yol açtığı bildirilmiştir (Rensis ve Scaramuzzi, 2003). Maurya vd. (2019) sıcaklık ve beslenme stresinin koçlarda kan biyokimyasal ve endokrin sistemleri üzerinde olumsuz etkilere neden olabileceğini bildirmiştir.

Verma vd. (2000) yaptıkları çalışmada kandaki tiroid hormonlarının konsantrasyonundaki değişikliklerin, hayvanın metabolik ve besin durumunu yansıttığı ve azalan yem alımının, artan sıcaklığın hipotalamusun tokluk merkezi üzerindeki doğrudan etkisine bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Ek olarak sıcaklık stresinin hayvanlarda leptin ve adiponektin salgılanmasını artırdığı bu durumunda yem tüketiminde azalmaya neden olduğu ifade edilmiştir. Hayvanlar, artan ortam sıcaklıklarına uyum sağlamak için metabolik aktiviteleri ve dolayısıyla vücut ısısı üretimini kontrol etmek için tiroid hormonlarının salgılanmasını azaltır (Mazzullo vd., 2014). Ayrıca yapılan çalışmalarda kortizol düzeyinin ruminantlarda sıcaklık stresi için birincil biyokimyasal belirteç olduğu ve süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz, özellikle aşırı sıcaklık stresine maruz kalma durumunda hayvanlarda oksidatif stresin iyi bir göstergesi olduğu bildirilmiştir (Sivakumar vd., 2016).

2. 3. Metabolik Parametreler

Yetiştiricilerin, çiftlik hayvanları üzerinde stres oluşturan çevresel faktörleri ve yönetim uygulamalarını belirleyememeleri veya tanıyamamaları, hayvanların performansının düşmesine, üreme özelliklerinin düşmesine ve dolayısı ile hayvanslal ürün tedariğinde azalmalara yol açabilir.

Stres, patojenlere karşı hayvanların hassasiyetinde bir artışa yol açar. Stres faktörlerine karşı bağışıklık tepkisi, merkezi sinir sistemi, endokrin

sistem ve bağışıklık sistemi arasındaki karmaşık çift yönlü etkileşimler tarafından yönetilir (Ader vd., 1995). Stres hormonları, bağışıklık hücrelerinde özelleşmiş reseptörlerin ve ilişkili hücre içi sinyal yollarının varlığı ile adaptif etkilere sahiptir (Adamo, 2014; Glaser ve Kiecolt-Glaser, 2005). Koyuncu ve Nageye (2020) yaptıkları çalışmada sıcaklık ve nem değişikliklerinin hayvanlarda parazit hastalıklarının ve vektörlerin görülme sıklığını artırdığını bildirmiştir. Hayvan hastalıkları doğrudan kayıplara (ölümler, döl veriminde azalma vb) ve dolaylı kayıplara (ilaçlar ve aşılar için ek maliyetler, ek işçilik süreleri ve maliyetleri vb) neden olabilir.

Hayvansal üretimde temel amaç, yem ve diğer kaynakların etkin kullanımı ile maksimum büyümedir. Büyüme üzerine besinler, hormonlar, enzimler, sıcaklık gibi pek çok faktör etkilidir (Indu vd., 2014) ve bu süreç döllenmeden itibaren yetişkinliğe kadar olan döneme kadar değişerek devam eder. Hayvanların büyüme ve verim performansları, farklı stres etkenlerinden olumsuz etkilenir. Strese yanıt olarak artan glukokortikoid seviyeleri, ön hipofizden büyüme hormonu (GH) salgılanmasını engelleyen somatostatinin hipotalamik salgılanmasını uyarır. Hayvanların büyümesi bu stres hormonlarından etkilenir (Rushton, 2009).

Yapılan bazı çalışmalarda; hayvanlarda taşıma stresinin vücut ağırlıklarında azalmaya neden olduğu, taşıma sırasında elektrolit dengesizliği gibi fizyolojik değişiklikler solunum hızını ve kalp hızını artırdığı, dehidrasyon, enerji açığı ve buna bağlı katabolizma bildirilmiştir (Kannan vd., 2002; Das vd., 2001). Sıcaklık stresi ile beraber taşıma stresinin de hayvanların büyüme performansı üzerinde olumsuz bir etki meydana getirdiği bilimsel olarak kanıtlanmıştır. Türlerin ve ırkların bireysel fizyolojik durumlarına bağlı olarak farklı sıcaklık toleransı ve konfor bölgelerine sahip olduğu bilinmektedir. Bu sınırların dışında, hayvanlar termoregülasyon için ekstra enerjiye ihtiyaç duyması büyüme ve üretim performansları için daha az enerji kalmasına neden olmaktadır. Yüksek nem veya kuraklıkla ilişkili sıcaklık, hayvanlar için en stresli durum olmakla birlikte bu şartlar altındaki hayvanlarda ilk olarak yem alımı azalır bu da büyümeye ve süt üretiminde düşmeye neden olur. Ayrıca sıcaklık stresi durumunda süt verimindeki düşüş, özellikle laktasyonun pik döneminde, daha yaşlı ve daha yüksek süt veren hayvanlar için daha fazladır. Soğuk stresi yaşayan hayvanlarda da süt veriminde düşüş mevcuttur ancak bu düşüş sıcak stresi yaşayan hayvanlara

göre daha azdır (Ravagnolo ve Misztal 2000; Endris ve Feki, 2021). Ayrıca, sıcaklık stresi, negatif enerji dengesi nedeniyle vücut kondisyon skorunda azalmaya neden olur. Sıcak havalarda daha fazla bakım gereksinimi, yaz aylarında iştahsızlık ve düşük kaliteli yemler gibi faktörler, daha yavaş büyümeye ve vücut boyutunun küçülmesine neden olur (West, 2003).

Çevre sıcaklığının artması erkek hayvanlarda testiküler sıcaklıkta artışa, sperm çıkışının azalmasına, sperm motilitesinin artmasına ve ejakülattaki morfolojik olarak anormal spermatozoa oranının artmasına neden olurken, döl veriminin düşmesine neden olarak üremeyi olumsuz etkiler (Hansen, 2009). Dişi hayvanlarda östrus insidanslarının, folikül içindeki oosit sayısının, gelişimin erken evrelerinde gelişen embriyoyu, korpus luteumun sıcaklık stresine duyarlı olduğu bildirilmiştir. Dolayısı ile sıcaklık stresi altında östrus ekspresyonu azalması ve embriyo kaybının artması üremeyi olumsuz etkiler (Naqvi vd., 2012; Nardone vd., 2010).

3. SONUÇ

Stres, günümüz hayvancılık uygulamalarının kaçınılmaz bir sonucudur. Hayvanlarda stres fizyolojik, biyokimyasal, nöroendokrin, hücresel, metabolik ve davranışsal birçok değişikliklere neden olur. Çeşitli sebeplerle hayvanda meydana gelecek stres etkeni aynı zamanda stres tepkisini başlatan bir uyarıcıdır. Bu tepkiler; vücut sıcaklığında, solunum hızında, kalp atış hızında ve deri sıcaklığında değişikliklere ve ayrıca hayvanların sinir sisteminin kontrolü altında kan metabolitlerinin, stres ve metabolik hormonların konsantrasyonunda değişikliklere neden olarak hayvanların davranışlarında meydana gelen farklılıklar ile stres durumuna uyum sağlamaya veya stresten kurtulmasını sağlayan temel mekanizmalardır. Meydana gelen bu tepkiler, çiftlik hayvanlarında adaptasyonunun ana düzenleyicilerinden biridir. Bu mekanizmaların anlaşılması değişen iklim şartları ve üretim sistemlerinde, refah dikkate alarak hayvanların verimliliklerinde sürekliliğin sağlanması, uygun iyileştirmelerin yapılabilmesi için gerekmektedir. Ayrıca uygun iyileştirmelerin yapılması hayvanlar üzerinde meydana gelecek olumsuz faktörlerin elimine edilmesine de yardımcı olacaktır.

KAYNAKÇA

Abdel-Hafez, M.A.M. (2002). Studies on the reproductive performance in sheep. Ph.D. thesis. Faculty of Agriculture, Zagazig University, Zagazig, Egypt.

Adamo, S. A. (2014). The effects of stress hormones on immune function may be vital for the adaptive reconfiguration of the immune system during fight-or-flight behavior. Integrative and Comparative Biology, 54(3), 419-426. doi.org/10.1093/icb/ icu005

Ader, R., Cohen, N., Felten, D. (1995). Psychoneuroimmunology: Interactions between the nervous system and the immune system. The Lancet, 345(8942), 99-103. doi.org/10.1016/S0140-6736(95)90066-7

Alam, M.M., Hashem, M.A., Rahman, M.M., Hossain, M.M., Haque, M.R. (2011) Effect of heat stress on behavior, physiological and blood parameters of goat. Progress Agric 22, 37- 45

Aleena, J., Pragna, P., Archana, P.R., Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., Manimaran, A., Beena, V., Kurien, E.K., Varma, G., Bhatta, R., (2016). Significance of metabolic response in livestock for adapting to heat stress challenges. Asian J. Anim. Sci., 10, 224-234.

Aleena, J., Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., Beena, V., Bhatta, R. (2018). Resilience of three indigenous goat breeds to heat stress based on phenotypic traits and PBMC HSP70 expression. International Journal of Biometeorology, 62, 1995-2005.

Altınçekiç, Ş. Ö., ve Koyuncu, M. (2012). Çiftlik hayvanları ve stres. Hayvansal Üretim, 53(1).

Asres, A., Amha, N. (2014). Physiological adaptation of animals to the change of environment: a Review. J. Biol. Agric. Healthc. 4(25), 2224-3208.

Berihulay, H., Abied, A., He, X., Jiang, L., Ma, Y. (2019). Adaptation mechanisms of small ruminants to environmental heat stress. Animals 9(3), 75.

Bernabucci, U., Lacetera, N., Baumgard, L.H., Rhoads, R.P., Ronchi, B., Nardone, A. (2010). Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. Animal, 4,7, ss 1167-1183. doi:10.1017/S175173111000090X

Brito, L.F., Silva, A.E., Barbosa, R.T., Kastelic, J.P. (2004). Testicular thermoregulation in Bos indicus, crossbred and Bos taurus bulls: Relationship with scrotal, testicular vascular cone and testicular morphology and effects on semen quality and sperm production. Theriogenology, 61, 511-528.

Cain, J.W., Krausman, P.R., Rosenstock, S.S., Turner, J.C. (2006). Mechanisms of thermoregulation and water balance in desert ungulates. Wildl. Soc. Bull., 34(3), 570-581.

Cappellozza, B., ve Marques, S. R. (2021). Effects of pre-slaughter stress on meat characteristics and consumer experience. In Meat and nutrition. IntechOpen. doi.org/10.5772/intechopen.96742.

Clark, J.D., Rager, D.R. and Calpin, J.P. (1997) Animal well-being II. Stress and distress. Laboratory Animal Science 47, 571-579.

Collier, R.J., Collier, J.L., Rhoads, R.P., Baumgard, L.H. (2008) Invited review: genes involved in the bovine heat stress response. J Dairy Sci 91, 445-454.

Damián, J. P., Hötzel, M. J., Banchero, G., Ungerfeld, R. (2013). Behavioural response of grazing lambs to changes associated with feeding and separation from their mothers at weaning. Research in veterinary science, 95(3), 913-918.

Das, K.S., Srivastava, B.B., Das, N. (2001). Standing orientation and behaviour of goats during short-haul road transportation. Small Ruminant Res., 41, 91-94.

Dhama, K., Latheef, S. K., Dadar, M., Samad, H. A., Munjal, A., Khandia, R., & Joshi, S. K. (2019). Biomarkers in stress related diseases/disorders: Diagnostic, prognostic, and therapeutic values. Frontiers in Molecular Biosciences, 6(91). doi.org/10.3389/fmolb.2019.00091

Durmuş, M., Koluman, N. (2019). Yüksek Çevre Sıcaklığına Maruz Kalan Ruminant Hayvanlarda Meydana Gelen Hormonal Değişimler. Hayvansal Üretim, 60(2), 159-169.

Endris, M., ve Feki, E. (2021). Review on effect of stress on animal productivity and response of animal to stressors. J Anim Vet Adv, 20(1), 1-14.

Etim, N. N. (2015). Reference values for haematological parameters of sheep: A Review. The American Journal of Innovative Research and Applied Sciences, 1(1), 14-21.

Ewbank, R. (1985). Behavioral responses to stress in farm animals. Animal Stress, 71-79.

Farooq, U., Samad, H. A. Shehzad, F., Qayyum, A. (2010) Physiological responses of cattle to heat stress. World Appl Sci J 8, 38-43.

Gaughan, J.B. (2012) Basic principles involved in adaption of livestock to climate change. In: Environmental stress and amelioration in livestock production. Sejian V, Naqvi SMK, Ezeji T, Lakritz J, Lal R (eds), SpringerVerlag Publisher, Germany 153-180.

Glaser, R., Kiecolt-Glaser, J. K. (2005). Stress-induced immune dysfunction: Implications for health. Nature Reviews Immunology, 5(3), 243-251.doi.org/ 10.1038/nri157

Gootwine, E. (2011). Mini review: Breeding Awassi and Assaf sheep for diverse management conditions. Trop. Anim. Health Prod., 43, 1289-1296.

Gupta, M., Kumar, S., Dangi, S.S., Jangir, B.L. (2013). Physiological, biochemical and molecular responses to thermal stress in goats. Int J Livest Res 3, 27-38.

Haheeb, A.A.M., Marai, I.F.M., Kamal, T.H. (1992). Heat stress. In: Farm Animals and the Environment. Edited by Phillips C. and Pigginns D., CAB International, Wallingford, UK, ss. 27-47.

Hansen, P.J. (2009). Effects of heat stress on mammalian reproduction. Phil Trans R Soc B, 364, 3341-3350.

Hill, J. A. (1983). Indicators of stress in poultry. World's Poult. Sci. J. 39: 24-32, 1983

Hristov, S., Maksimović, N., Stanković, B., Zˇujović, M., Pantelić, V., Stanisˇić, N., ve ark. (2012). The most significant stressors in intensive sheep production. Biotechnology in Animal Husbandry,28(4), 649-658.

Indu, S., Sejian, V., Naqvi, S.M.K. (2014). Impact of simulated heat stress on growth, physiological adaptability, blood metabolites and endocrine responses in Malpura ewes under semi-arid tropical environment. Anim Prod Sci., 55(6), 766-776. doi.org/10.1071/AN14085.

Jain, K. K., ve Jain, K. K. (2010). The handbook of biomarkers. Springer.

Jian, W., Y. Ke and L. Cheng, (2015). Physiological responses and lactation to cutaneous evaporative heat loss in Bos indicus, Bos taurus and their crossbreds. Asian-Australas J. Anim. Sci., 28, 1558-1564.

Kannan, G., T.H. Terrill, B. Kouakou, S. Gelaye, Amoah, E.A. (2002). Simulated preslaughter holding and isolation effects on stress responses and live weight shrinkage in meat goats. J. Anim. Sci., 80, 1771-1780.

Khalifa, H.H. (2003) Bioclimatology and adaptation of farm animals in a changing climate In: Lacetera N, Bernabucci U, Khalifa HH, Ronchi B, Nordone A (eds) Interactions between climate and animal production. Wageningen academic publishers, The Netherlands.

Koluman Darcan, N., Daşkıran, İ., Şener, B. (2013). Ekstansif sistemde yetiştirilen keçilerde sıcaklık stresinin T4 (Tiroksin), T3 Triiyodotironin, kortizol hormonları üzerine etkileri. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(3), 29-36.

Kouba, M., Hermier, D., Le Dividich, J. (2001). Influence of a high ambient temperature on lipid metabolism in the growing pig. Journal of Animal Science, 79(1), 81–87. https://doi.org/10.2527/2001.79181x.

Koyuncu, M., Nageye F.İ. (2020). İklim değişikliğinin sürdürülebilir hayvancılığa etkileri. J. Anim. Prod., 61(2): 157-167. doi:10.29185/hayuretim.6731

Kumar, B., Manuja, A., Aich, P. (2012). Stress and its impact on farm animals. Frontiers in Bioscience-Elite, 4(5), 1759-1767.

Kumar, P., Ahmed, M. A., Abubakar, A. A., Hayat, M. N., Kaka, U., Ajat, Goh, Y., Sazili, A. Q. (2023). Improving animal welfare status and meat quality through

assessment of stress biomarkers: a critical review. Meat Sci. 197, 109048. doi.org/ 10.1016/j.meatsci.2022.109048.

Kumar, S.B.V., Kumar, A., Kataria, M. (2011). Effect of Heat stress in tropical livestock and different strategies for ıts Amelioration. J Stress Physiol Biochem 7, 45-54.

Mahgoub, O., I.T. Kadim, A. Al-Dhahab, R.B. Bello, I.S. Al-Amri, A.A.A. Ali and S. Khalaf, (2010). An assessment of Omani native sheep fiber production and quality characteristics. J. Agricu. Mar. Sci., 15, 9-14.

Maia, A.S.C., DaSilva, R.G., Nascimento, S.T., Nascimento, C.C., Pedroza, H.P., Domingos, H.G. (2015). Thermoregulatory responses of goats in hot environments. Int J Biometeorol 59(8), 1025-1033

Marai, I.F.M., El-Darawany, A.A., Fadiel, A., Abdel-Hafez, M.A.M. (2007) Physiological traits as affected by heat stress in sheep: a review. Small Rumin Res 71, 1-12.

Marai, I.F.M., El–Darawany, A.A., Fadiel, A., Abdel–Hafez, M.A.M. (2006). Physiological traits as affected by heat stress in sheep-A review. Small Rum Res., 71(1-3), 1-12.

Maurya, V.P., Sejian, V., Kumar, D., Naqvi, S.M.K. (2019). Impact of heat stress, nutritional stress and their combinations on the adaptive capability of Malpura sheep under hot semi-arid tropical environment. J. Anim. Behav. Biometeorol, 7, 31-38.

Mazzullo, G., C. Rifici, G. Caccamo, M. Rizzo, Piccione, G. (2014). Effect of different environmental conditions on some haematological parameters in cow. Ann. Anim. Sci., 14, 947-954.

McManus, C., G.R. Paludo, H. Louvandini, R. Gugel, L.C.B. Sasaki and S.R. Paiva, (2009). Heat tolerance in Brazilian sheep: Physiological and blood parameters. Trop. Anim. Health Prod., 41: 95-101.

Moberg, G.P. (2000). Biological response to stress: Implications for Animal Welfare. In: Moberg GP, Mendy JA (eds) The Biology of Animal Stress. 1-21, CAB I Publishing. CAB International, Wallingford, Oxion OX108DE, UK.

Napolitano, F., De Rosa, G., Sevi, A. (2008). Welfare implications of artificial rearing and early weaning in sheep. Applied Animal Behaviour Science, 110(1-2), 58-72.

Naqvi, S.M.K., De, K., Kumar, D., Sahoo, A. (2017). Mitigation of Climatic Change Effect on Sheep Farming Under Arid Environment. In Abiotic Stress Management for Resilient Agriculture (pp. 455-474). Springer, Singapore.

Naqvi, S.M.K., Kumar, D., Paul, R.K., Sejian, V. (2012). Environmental stresses and livestock reproduction In: Sejian V, Naqvi SMK, Ezeji T, Lakritz J Lal R (eds)

environmental stress and amelioration in livestock production. Springerverlag Publisher, New York 97-125.

Nardone, A., Ronchi, B., Lacetera, N., Ranieri, M.S., Bernabucci, U. (2010). Effects of climate changes on animal production and sustainability of livestock systems. Livest. Sci., 130, 57-69.

Nielsen, S. S., Alvarez, J., Bicout, D. J., Calistri, P., Depner, K., Drewe, J. A., & Winckler, C. (2020). Welfare of cattle at slaughter. EFSA Journal, 18(11). doi. org/10.2903/j.efsa.2020.6275

Niyas, P.A.A., Chaidanya, K., Shaji, S., Sejian, V., & Bhatta, R. (2015). Adaptation of livestock to environmental challenges. J Vet Sci Med Diagn, 4(3), 2.

Njidda, A.A., Hassan, I.T., Olatunji, E.A. (2013). Haematological and biochemical parameters of goats of semi-arid environment fed on natural grazing rangeland of Northern Nigeria. J Agric Vet Sci 3, 1-8.

Odongo, N. E., Alzahal, O., Lindinger, M. I., Duffield, T. F., Valdes, E. V., Terrell, S. P., McBride, B. W. (2006). Effects of mild heat stress and grain challenge on acid-base balance and rumen tissue histology in lambs. Journal of Animal Science, 84(2), 447-455. https://doi.org/10.2527/2006.842447x.

Padua, J.T., Dasilva, R.G., Bottcher, R.W. and Hoff, S.J., (1997). Effect of high environmental temperature on weight gain and Food intake of Suffolk lambs reared in a tropical environment. In: Trop Anim Health Prod (2010) 42,1763-1770 1769 Proceedings of 5th international symposium, Bloomington, Minnesota, USA, ss. 809-815.

Phulia, S.K., Upadhyay, R.C., Jindal, S.K., Misra, R.P. (2010). Alteration in surface body temperature and physical responses in Sirohi goats during day time in summer season. Ind J Anim Sci 80: 340-342.

Popoola, M.A., Bolarinwa, M.O., Yahaya, M.O., Adebisi, G.L., Saka, A.A. (2014) Thermal comfort effects on physiological adaptations and growth performance of west African dwarf goats raised in Nigeria. European Scientific Journal Special edition 3, 275-281.

Provolo, G., ve Riva, E. (2009). One year study of lying and standing behaviour of dairy cows in a frestall barn in Italy. J. Agric. Eng., 40, 27-33

Ravagnolo, O. ve Misztal, I. (2000). Genetic component of heat stress in dairy cattle, parameter estimation. J. Dairy Sci., 82, 126-230.

Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., De Basilio, V., Gourdine, J.L. (2012) Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production animal. Animal 6, 707-728.

Rensis, F.D., ve Scaramuzzi, R.J. (2003). Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow-a review. Theriogenology 60, 1139-1151.

Ribeiro, N.L., Ribeiro, M.N., Bozzi, R., Givisiez, P.E.N., Costa, R.G. (2014) Physiological and biochemical blood parameters of goats subjected to heat stress. J Biomed Environ Sci 9, 35.

Rushton, J. (2009). The Economics of Animal Health and Production. CABI, Wallingford, UK., ISBN: 978-1-84593-194-0, Pages: 364

Russell, J. B. (2007). Can the heat of ruminal fermentation be manipulated to decrease heat stress? Paper presented at the proceedings of the 22nd Southwest Nutrition Management Conference, Tempe, AZ, USA

Sahu, P., Pinkalwar, N., Dubey, R. D., Paroha, S., Chatterjee, S., & Chatterjee, T. (2011). Biomarkers: An emerging tool for diagnosis of a disease and drug development. Asian Journal of Research in Pharmaceutical Science, 1(1), 9-16.

Sejian, V., Bagath, M., Krishnan, G., Rashamol, V.P., Pragna, P., Devaraj, C., Bhatta, R. (2019). Genes for resilience to heat stress in small ruminants: A review. Small Ruminant Research, 173, 42-53.

Sejian, V., Bhatta, R., Gaughan, J.B., Dunshea, F.R., Lacetera, N. (2018a). Adaptation of animals to heat stress. Anim., 12, 431-444.

Sejian, V., Kumar, D., Naqvi, S.M.K. (2018b). Physiological rhythmicity in Malpura ewes to adapt to cold stress in a semi-arid tropical environment. Biol. Rhythm Res., 49, 215-225.

Sejian, V., Singh, A.K., Sahoo, A., Naqvi, S.M.K. (2014). Effect of mineral mixture and antioxidant supplementation on growth, reproductive performance and adaptive capability of Malpura ewes subjected to heat stress. J Animal Physiol Anim Nutr 98, 72-83

Sejian, V., Indu, S., Naqvi, S.M.K. (2013). Impact of short term exposure to different environmental temperature on the blood biochemical and endocrine responses of Malpura ewes under semi-arid tropical environment. Ind J Anim Sci 8, 1155-1160.

Selye, H. (1936). A syndrome produced by diverse nocuous agents. Nature,138, 32.

Sevi, A., Caroprese, M. (2012). Impact of heat stress on milk production, immunity and udder health in sheep: A critical review. Small Ruminant Research, 107, 1-7.

Sheba, M.J., Kumar, M., Balasubramanian, P., Dharmaraj, M., Mohankumar, P.S. (2012). Neuroendocrine regulation of adaptive mechanisms in livestock In: Sejian V, Naqvi SMK, Ezeji T, Lakritz J, Lal R (eds) environmental stress and amelioration in livestock production springer-verlag publisher, New York 263-298.

Shilja, S., V. Sejian, M. Bagath, A. Mech, C.G. David et al., (2016). Adaptive capability as indicated by behavioral and physiological responses, plasma

HSP70 level and PBMC HSP70 mRNA expression in Osmanabadi goats subjected to combined (heat and nutritional) stressors. Int. J. Biometeorol., 60, 1311-1323.

Silanikove, N. (2000a). The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments. Small Rumin. Res., 35, 181-193.

Silanikove, N. (2000b). Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. Livestock Prod Sci., 67, 1-18.

Silva, S. R., Sacarrão-Birrento, L., Almeida, M., Ribeiro, D. M., Guedes, C., González Montaña, J. R., & de Almeida, A. M. (2022). Extensive sheep and goat production: the role of novel technologies towards sustainability and animal welfare. Animals, 12(7), 885.

Sivakumar, A.V.N., Singh, G., Varshney, V.P. (2010). Antioxidant supplementation on acid base balance during heat stress in goats. Asian Aust J Anim Sci 23, 1462-68.

Slimen, I. B., Chniter, M., Najar, T., & Ghram, A. (2019). Meta-analysis of some physiologic, metabolic and oxidative responses of sheep exposed to environmental heat stress. Livestock Science, 229, 179-187.

Squires, J.E. (2003). Effect on animal behavior, health and welfare. In Applied Animal Endocrinology, 1st ed.; CAB International: Oxfordshire, UK, ss. 215-217, ISBN 0-85199-594-2.

Stephens, D. B. (1980). Stress and its measurement in domestic animals: a Teview of behavioural and physiological studies under field and laboratory situations. Adv. Vet. Sci. Comp. Med. 24, 179-210.

Swenson, M.J., Reece, W.O. (2006). Dukes-Fisiologia dos Animais Domésticos, Koogan GSA, Rio de Janeiro.

Tilbrook, A. J. (2007). Neuropeptide, stress-related. In Encyclopedia of stress. Academic Press. (2), 903-908.

Tilbrook, A. J., ve Clarke, I. J. (2006). Neuroendocrine mechanisms of innate states of attenuated responsiveness of the hypothalamo-pituitary adrenal axis to stress. Frontiers in Neuroendocrinology, 27(3), 285-307. doi.org/10.1016/j. yfrne.2006.06.002

Tüfekci, H., Tozlu Çelik, H. (2022). The effect of global warming on production and products obtained from sheep and goats. Global Climate Change: Agriculture and Food Science Perspective. Hülya Doğan, Hafize Fidan, Editör, İksad publishing house, Ankara, ss. 237-258.

Valente, E.E.L., Chizzotti, M.L., de Oliveira, C.V.R., Galvao, M.C., Domingues, S.S., Rodrigues, A.C., Ladeira, M.M. (2015). Intake, physiological parameters and

behavior of Angus and Nellore bulls subjected to heat stress. Semina: Ciencias Agrarias, 36, 4565- 4574

Verma, D.N., Lal, S.N., Singh, S.P., Parkash, O. (2000). Effect of season on biological responses and productivity of buffalo. Int. J. Anim. Sci., 152, 237-244.

West, J.W. (2003). Effects of heat-stress on production in dairy cattle. J Dairy Sci 86, 2131-2144.

Yorulmaz, E. (2014). Koyunlarda stresle ilgili bazı fizyolojik parametrelerin mevsimsel değişimi. Adnan Menderes Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.

BÖLÜM 12

HİNT İNCİRİ (*Opuntia engelmannii*) BİTKİSİNDEN ALINAN SÜRGÜNLERİN BİOCHAR İLAVELİ FARKLI ORTAMLARDAKİ KÖKLENME VE GELİŞİM PERFORMANSLARI

Arş. Gör. | Güzella YILMAZ VURAL[1]*

Doç. Dr. | Halil ERDEM[2]

[1] Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü guzella.yilmaz@gop.edu.tr ORCID ID: 0000-0002-9284-9698

[2] Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü halil.erdem@gop.edu.tr ORCID ID: *0000-0002-3296-1549*

GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artması düzensiz kentleşme sorununu beraberinde getirmiş, doğadan uzak kalan insanların doğa özlemi sonucu yeşil alanlara duyulan ihtiyaç artmıştır. Yeşil alana duyulan ihtiyacın artması ile peyzaja verilen önem değer kazanmış ve peyzaj tasarımlarında kullanılan bitkiler için büyük bir pazar oluşmuştur. Estetik, fonksiyonel ve ticari amaçlarla üretimi yapılan bitkilere süs bitkileri denilmektedir. 2. Dünya Savaşı'ndan sonra birçok ülkede ticari önemi yüksek bir sektör haline gelen süs bitkileri sektörü, ilk defa 20. yy'ın başında önem kazanmaya başlamıştır (Ay, 2009). Son yıllarda süs bitkileri üretim ve ticareti çok hızlı değişim ve gelişim göstermektedir. Birçok ülke için süs bitkileri ülke ekonomisine önemli katkı sağlayan bir sektör halini almıştır (Anonim, 2020a).

Dış mekan süs bitkileri, süs bitkileri içerisinde önemli bir yer tutar. Rekreasyon alanlarında, karayolu ve kentlerin ağaçlandırılmasında, park ve bahçelerin tasarımında kullanılan ağaç, çalı ve otsu bitkiler dış mekan süs bitkilerini oluşturur. Dış mekan süs bitkilerinin kullanım alanlarının sayıları ve alanları arttıkça dış mekan süs bitkilerine yönelik talep de paralel olarak artış göstermiştir (Anonim, 2020b).

Son yıllarda ülkemizde dış mekan süs bitkileri üretimine yönelik gelişmeler mevcuttur. Her ne kadar, dış mekan süs bitkileri üretimi artmış olsa da, ülkemizin yüz ölçümü ve farklı iklim özelliklerine sahip olma gibi avantajları düşünüldüğünde, bitki üretiminin ülkemiz için yeterli düzeye ulaşmadığı görülmektedir. Yerel yönetimler, kamu kurumları ve özel kuruluşların peyzaj tasarımına verdiği önemdeki artış nedeni ile bitkisel materyale duyulan ihtiyacın artması, üretimin yetersiz olması durumunda, fidanlıkları ihtiyacın karşılanması için ithal ürüne yönlendirmektedir. 2018 yılında, İtalya başta olmak üzere farklı ülkelerden 60 milyon $ değerinde ithal bitki alımı gerçekleştirilmiştir. Dış mekan süs bitkisi fiyatlarında büyük değişkenlikler görülmektedir. Bunun en büyük sebebi, bitki standardı olmayıp, çeşitli faktörlerin fiyata etki etmesidir. Bitki formu, büyüklüğü, kalitesi bitki fiyatını etkileyen en önemli faktörlerdir. Özellikle, büyümesi yavaş olan ve çoğaltılması zor olan bitki fiyatları yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Üretim tekniklerinin yetersiz oluşu, işletmelerin yeterli ekonomik güce sahip olmayışı ve üretimde mekanizasyonun yaygın olmayışı ülkemizdeki fidan üretimini sınırlandırmaktadır (Anonim, 2020a).

Süs bitkileri sektöründe istenilen seviyeye ulaşmanın ilk şartı kaliteli fidan yetiştirmektir. Süs bitkileri tohumla veya vejetatif çoğaltma yöntemleri ile çoğaltılabilmektedir. Kolay ve ucuz olması yanında, küçük bir alanda fazla sayıda ve hızda bitki üretmenin mümkün olduğu vejetatif yollarla üretim süs bitkileri alanında en çok kullanılan yöntemdir. Ana bitkinin aynı özelliğinde bitki elde etmeyi mümkün kılan vejetatif üretim, kaliteli fidan üretim amacını destekleyen üretim biçimidir (Anonim, 2007). Ülkemizde süs bitkileri üretimini istenilen seviyeye ulaştırabilmek için etkili ve ekonomik yeni yöntemlerin belirlenmesi ve geliştirilmesi önemlidir.

Süs bitkilerinin estetik, fonksiyonel ve ticari amaçla üretimlerinin yanı sıra tedavi edici özellikleri ve yüksek besin değeri özellikleri için de üretimi mevcuttur. Nüfus artışı ve iklim değişikliği tehdidine karşılık yetersiz besin riski için yeni besin maddesi gereksinimi artmaktadır. Süs bitkileri içerisinde yer alan yenilebilir türlerden, besin içeriği ve antioksidan kapasitesi gibi özellikleri ile ön plana çıkan türlerin kültüre alınması ve daha kaliteli şekilde üretilebilmesi önem arz etmektedir. Son yılarda yapılan bazı çalışmalarda, tek ürün yetiştiriciliği ve iklim değişikliği tehditti altında olan yetiştiricilik sistemlerinde tarımsal biyolojik çeşitliliğin artırılmasının acil ihtiyaç olduğu bu bağlamda yenilebilir yabani türlerin kültüre alınmasının önemi vurgulanmıştır (Morales vd., 2014; Benvenuti vd., 2017).

Süs bitkileri içerisinde yer alan, *Opuntia engelmannii* bitkisi Cactaceae familyasının Opuntia cinsine ait olan bir türdür (Kuti, 1992). Anavatanı, Meksika ve ABD'dir (Davis, 1972). Tropikal ve subtropikal iklimlerde yetişen bir meyve türüdür (Benson, 1957). Bitki yüksek ekolojik adaptasyona sahiptir (Stintzing ve Carle, 2005; Carle vd., 2006). Türkiye'de Antalya, Mersin, Muğla gibi sıcak iklime sahip şehirlerde yetiştirilmektedir (Duru ve Turker, 2005). Bitkinin meyveleri, antimikrobiyal, antioksidan ve yüksek tıbbi özellik taşır (Stintzing vd., 2003). Meyveler vitaminler, mineraller, fenolik bileşikler ve yağlar bakımından da zengindir (El-Mostafa Kharrassi vd., 2014; Ennouri vd., 2005; Ramadan ve Mörsel 2003). Hint inciri meyveleri reçel, marmelat, meyve suyu gibi besin maddeleri yapımında kullanıldığı gibi kozmetik sanayisinde de değerlendirilmektedir (Castellar vd., 2006; Stintzing vd., 2001; Stintzing vd., 2003; Moßhammer vd., 2005; Moßhammer vd., 2006; Carle vd., 2006).

250°C veya daha yüksek sıcaklıkta, az havalı ya da havasız ortamlarda, organik madde yakılarak biochar elde edilir (Karhu vd., 2011). Biochar, iklim değişikliğinin etkisini azaltır, toksik elementlerin bitkiye taşınmasını engeller ve toprak kökenli patojenleri baskılar (Lehman vd., 2006; 2008; Eo vd., 2018). Biochar uygulamalarının toprak kalitesini ve verimliliğini arttırabildiği bu sayede bitki büyüme ve gelişimini arttırdığı gözlemlenmiştir (Lehmann vd., 2003; Luo ve Gu, 2016). Şimdiye kadar farklı bitkiler üzerinde yapılan çalışmalar soncunda, uygulama yapılan toprağın özelliğine, bitki türüne ve biyoçarın elde edildiği kaynağa bağlı olarak değişmekle birlikte, genel olarak biyoçarın bitki gelişimini, verimi ve bitkilerin besin maddesi içiriğini artırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Głodowska vd., 2017).

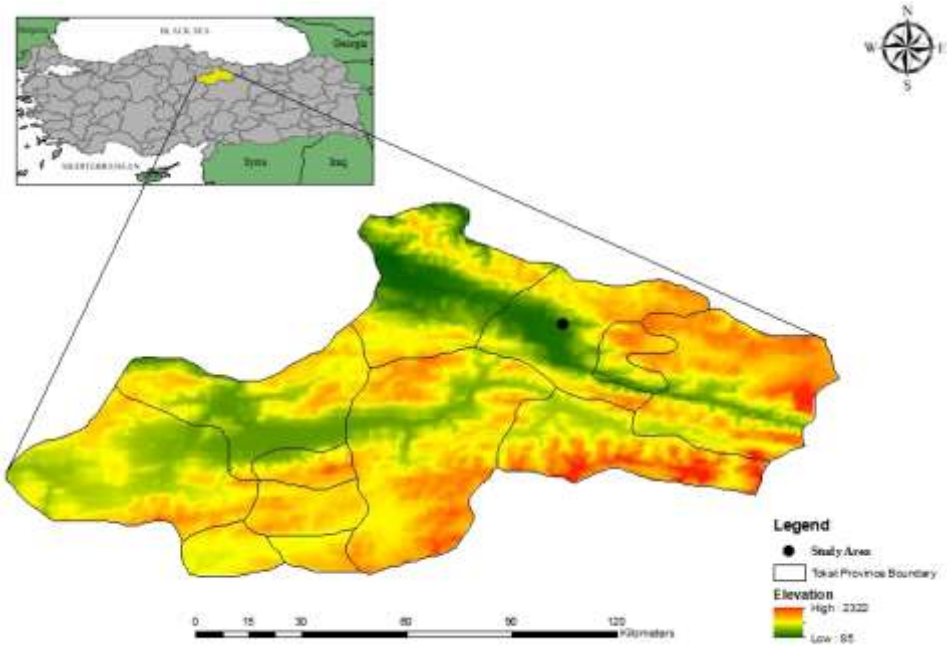
Çalışmanın amacı besin değeri ve tıbbı özellikleri yüksek olan süs bitkisi *Opuntia engelmannii* bitkisinin, köklenme yüzdesini yükseltmek için zararlı kimyasallar yerine, besleyici ve antimikrobiyal özellikleri sayesinde olumlu etki sağlayacağı düşünülen bal-tarçın karışımının etkisini belirlemek ve farlı çeşit ve dozdaki biochar uygulamalarının bitki büyüme ve gelişimine etkilerini belirlemektir.

1. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine ait serada yürütülmüştür. Çalışmada, peyzaj değeri yüksek olan Hint inciri bitkisinden alınan sürgünlerin farklı ortamlarda köklenme yüzdeleri ve gelişme performansları incelenmiştir. Araştırmada kontrol grubu (1/1: torf/orman toprağı) hariç, %2 ceviz biochar katkılı karışım (1/1: torf/orman toprağı), %5 ceviz biochar katkılı karışım (1/1: torf/orman toprağı) %2 fındık biochar ilaveli karışım (1/1: torf/orman toprağı), %5 fındık biochar ilaveli karışım (1/1: torf/orman toprağı) kullanılmıştır. Denemede, bitki büyüme ve gelişimine olan katkıları düşünülerek biochar ilave edilmiştir. Ayrıca deneme, sürgünlerin doğrudan dikilmesi ve sürgün uçlarının bal-tarçın karışımına batırılarak dikilmesi şeklinde iki aşamalı olarak kurulmuştur. Deneme her karışım için 3 tekerrürlü (3 saksı) olacak şekilde ve bal-tarçın karışımı uygulanan ve uygulanmayan bitkilerden olacak şekilde tasarlanmıştır. Deneme 20 Aralık 2021 tarihinde kurulmuş ve 21 Mayıs 2021 de sonlandırılmıştır. Deneme sonunda bitkilerin köklenme oranları, kök ağırlıkları, kök uzunlukları, yeni oluşan sürgün sayıları gibi özellikleri

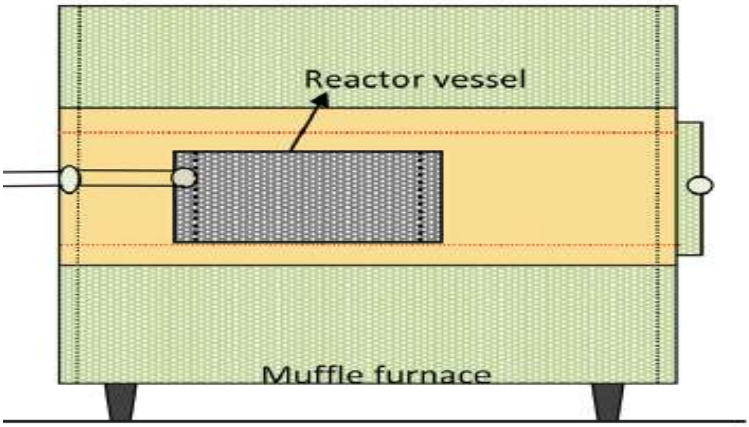
belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan bal-tarçın karışımı ile farklı doz ve tipteki biochar çeşitlerinin bitki köklenmesi ve verime etkileri araştırılmıştır. Bitkiler su ihtiyacı oldukça düzenli olarak sulanmıştır. Bitkilere hiçbir gübreleme yapılmamıştır.

Çalışmaya konu olan Opuntia engelmannii bitkisine Tokat ilinin ilçesi olan, karasal iklimin hakim olduğu Niksar ilçesinde rastlanmış ve doğal yayılış gösterdiği gözlemlenmiştir. Bitkiler haritada konumu verilen alandan temin edilmiştir (Şekil1).



Şekil 1: Çalışmada kullanılan bitki ana materyalinin haritadaki konumu

Biochar üretiminde, Trabzon ilinden getirtilen fındık kabukları ve Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi bünyesinde bulunan ceviz ağaçlarının budama atıkları kullanılmıştır. Fındık kabukları ve ceviz budama atıkları kurutulduktan sonra (hava kuru), 0,5 mm büyüklüğünde öğütülüp, özel hazırlanmış krom çelik kaplarda, kül fırını içerisinde 500°C'de yavaş proliz işlemi uygulanarak biochar haline getirilmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 2: Biochar üretiminde kullanılan piroliz ünitesinin gösterimi

Şekil 3: Biochar üretimi için özel imal edilmiş kabın kül fırını içerisindeki görüntüsü

2. BULGULAR

Çalışma sonucunda bal-tarçın uygulaması yapılan ve yapılmayan her iki gruptaki bitkiler için ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler, klodod boyu, klodod eni, yeni oluşan klodod sayısı (kardeşlenme), yeni klododların boyu ve eni, toplam herba ağırlığı, kök ağırlığı, kuru kök ağırlığı ve kök uzunluğudur. Ölçüm sonuçları SPS istatistik programında değerlendirilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, bal-tarçın karışımının köklenen bitki sayısı dikkate alındığında, saksılara dikimi yapılan her klodod

(yeni bitki sürgünü) köklendiği için köklenme oranını arttırdığı veya azalttığı söylenemez.

Şekil 4: Bal-Tarçın karışımı uygulanmayan grup

Şekil 5: Bal-Tarçın karışımı uygulanan grup

Çalışma sonucunda elde edilen resimlerden de görüldüğü gibi genel olarak bal-tarçın karışımı uygulaması yapılmayan gruptaki bitki ölçüm sonuçlarının pek çoğunun bal-tarçın karışımı uygulanan gruptaki bitki ölçümlerine göre daha iyi olduğu görülmektedir (Şekil 4, Şekil 5).

Tablo 1: Farklı biochar çeşit ve dozlarının *Opuntia engelmannii* bitkisinin gelişimi üzerine etkisi (bal-tarçın karışımı uygulanmayan grup)

	Kontrol	%2 F. Bio.	%5 F. Bio.	%2 C. Bio.	%5 C. Bio.
Klodod boyu (cm)	6.16	9.1	9.66	7.93	7.1
Klodod eni (cm)	5.4	6.3	6.16	5.83	5.1
Yeni klodod oluşturma sayısı	2.33	2.33	3	2.33	3.33
Yeni klodod boyu (cm)	4.2 A	6.54 AB	8.55 B	6.8 AB	8.69 B
Yeni klodod eni (cm)	2.81 A	4.15 AB	4.92 B	4.11 AB	4.73 B
Toplam herba ağırlığı	37.53 A	63.4 AB	90.26 B	60.13 AB	84.46 B
Kök ağırlığı (g)	8.33	14.93	16.93	8.46	10.46
Kuru kök ağırlığı (g)	5.9	10.03	12	5.9	6.5
Kök uzunluğu (cm)	7.33 A	14.93 AB	21.63 B	8.53 A	7.13 A

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$)

Tablo 1'de gösterildiği gibi, uygulamaların klodod boyu, klodod eni, yeni klodod oluşturma sayısı, kök ağırlığı ve kuru kök ağırlığı parametrelerinde önemli bir fark yaratmadığı sonucuna varılmıştır. Her ne kadar önemli bir fark olarak adlandıramasak da kontrol grubunda 6.16 olan klodod boyunun %5 fındık biocharı uygulaması ile elde edilen en yüksek boya (9,66) ulaştığı gözlemlenmiştir. Yeni oluşan klodod boy, en, toplam herba ağırlığı ölçümleri incelendiğinde ise kontrol grubuna kıyasla, %5 fındık biocharı ve %5 ceviz biocharı uygulanan bitkilerde önemli artış olduğu

gözlemlenmiştir. Kök uzunluğu parametresinde ise kontrol grubuna kıyasla yalnızca %5 fındık biocharı uygulanan bitkilerde önemli bir artış olduğu belirlenmiştir.

Tablo 2: Farklı biochar çeşit ve dozlarının *Opuntia en*gelmannii bitkisinin gelişimi üzerine etkisi (bal-tarçın karışımı uygulanan grup)

	Kontrol	%2 F. Bio.	%5 F. Bio.	%2 C. Bio.	%5 C. Bio.
Klodod boyu (cm)	4.6	6.6	6.06	6.13	6.5
Klodod eni (cm)	4.43	4.86	5.26	5.2	5.6
Yeni klodod oluşturma sayısı	1.66	2.33	2.33	2	2.66
Yeni klodod boyu (cm)	5.74 A	6,51 AB	6.42 AB	8.41 B	7.33 AB
Yeni klodod eni (cm)	3.92 AB	3.85 AB	3.67 A	5.25 B	4.18 AB
Toplam herba ağırlığı	28.8 A	47.66 AB	44.6 AB	64.33 B	57.2 B
Kök ağırlığı (g)	8.06	6.23	8.73	3.13	4.8
Kuru kök ağırlığı (g)	4.83	4.1	5.6	1.96	3.03
Kök uzunluğu (cm)	8.63 AB	7.93 A	9.6 AB	14.16 B	7.23 A

Aynı sütunda farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($p<0,05$)

Tablo 2'de görüldüğü gibi bal-tarçın karışımı uygulanan gruptaki bitkilerde de tıpkı bal-tarçın karışımı uygulanmayan gruptaki gibi yapılan uygulamaların klodod boyu, klodod eni, yeni klodod oluşturma sayısı, kök ağırlığı ve kuru kök ağırlığı parametrelerinde önemli bir fark yaratmadığı sonucuna varılmıştır. Yeni oluşan klodod boylarına bakıldığında kontrol grubuna göre yalnızca %2 ceviz biocharı uygulanan saksılarda önemli artış olduğu saptanmıştır. Aynı şekilde %2 ceviz biocharı yeni oluşan klodod eni paremetresinde de diğer uygulamalara ve kontrol grubuna göre önemli derecede artış sağlayan tek uygulama olmuştur. Toplam herba ağırlığı parametresine bakıldığında ceviz biocharının hem %2 hem de%5 oranında uygulanmasının toplam herba ağırlığını önemli derecede arttırdığı sonucuna varılmıştır. %2 ceviz biocharı uygulaması kök uzunluğu paremetresinde de önemli artış gözlemlenen uygulama olarak saptanmıştır.

Elde edilen veriler incelendiğinde Yılmaz Vural'ın (2022), Lehmann vd.'nin (2003) ve Luo ve Gu' nun (2016) yapmış olduğu çalışma sonuçlarına benzer olarak biochar uygulamalarının bitki büyüme ve gelişimine olumlu yönde katkı sağladığı sonucuna varılmıştır.

3. SONUÇ

Köklenme yüzdesini arttırabilmek için bal-tarçın karışımı kullanımının etkisi, *Opuntia engelmannii* bitkisinden alınan, bal-tarçın karışımı uygulamasının yapıldığı ve yapılmadığı tüm klododlar köklendiği için, belirlenememiştir. Elde edilen verilere göre bu bitki üzerinde köklendirme üzerine etkisi belirlenemeyen, besleyici ve antimikrobiyel özellikte olan bal-tarçın karışımının, köklendirmeye olumlu katkı sağlayabileceği düşünüldüğünden farklı çalışmalarda denenmesi gerektiği düşünülmektedir. Bu karışımın denenmesi sonucunda olumlu sonuç alınması, köklendirme aşamasında kullanılan kimyasal ürünlerin yerine doğal ürünler kullanılabilmesinin önünü açmaktır.

Çalışma sonucunda, biochar uygulamaları ile bitkilerin büyüme ve gelişimlerinin arttırılabileceği ve daha verimli üretilebileceği sonucuna varılmıştır. Biochar uygulamaları her ne kadar bitki büyüme ve gelişimini arttırmış olsa da çalışmada elde edilen sonuçlara göre, farklı çeşit ve dozdaki biocharların farklı bitkilere, farklı etki edebileceği unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

Anonim, (2020a). Süs Bitkileri Sektör Raporu. Süs Bitkileri Üreticileri Alt Birliği, http://www.susbir.org.tr/index.php/raporlar (erişim tarihi:22.10.2021).

Anonim, (2020b). Süs Bitkileri ve Mamulleri Sektör Raporu. Turkish Flowers, http://www.susbitkileri. org.tr/ images/d/library/354b3de7-2257-4c30-b60d-998ecc546d7b.pdf (erişim tarihi: 28.10.2021).

Anonim, (2007). Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi (MEGEP), Bahçecilik, Dış Mekân Bitkileri, Ankara 35 s.

Ay, S. (2009). Süs bitkileri ihracatı, sorunları ve çözüm önerileri: Yalova ölçeğinde bir araştırma. Suleyman Demirel University Journal Of Faculty Of Economics & Administrative Sciences. Vol. 14 Issue 3, P423-443. 21p.

Benson, L., Plant Classification, D.C. Heath and Company, Boston. (1957).

Benvenuti, S., Maggini, R.; Pardossi, A. (2017). Agronomic, Nutraceutical, and Organoleptic Performances of Wild Herbs of Ethnobotanical Tradition. Int. J. Veg. Sci. 23,270–281.

Carle, R.., Markus R. Moßhammer, Florian C. Stintzing, (2006). Cactus Pear Fruits (*Opuntia spp*.): A Review of Processing Technologies and Current Uses. Hohenheim University, Germany.

Castellar, M.R., Obón, J.M., and J.A. Fernández-López (2006). The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. Journal of the Science of Food and Agriculture 86: 122-128.

Davis, P.H., (1972). Flora of Turkey and the East Aegean Islands. University of Edinburg.

Duru, B.,Turker N., (2005). Changes in Physical Properties and Chemical Composition of Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica*) During Maturation. University of Mersin,Food Engineering 33342 Mersin.

El-Mostafa, K., El Kharrassi, Y., Badreddin,e A., Andreoletti, P., Vamecq, J., Kebbaj, M.H.S.E., Latruffe, N., Lizard, G., Nasse,r B., Cherkaoui-Malki, M., (2014). Nopal Cactus (*Opuntia ficus-indica*) as Source of Bioactive Compounds for Nutrition, Health and Disease,Molecules 190914879.

Ennouri, M., Evelyne, B., Laurence, M., Hamadi, A. (2005). Fatty acid composition and rheological behaviour of prickly pear seed oils. *Food Chem. 93,* 431–437.

Eo, J., Park, K.C., Kim, M.H., Kwon, S.I., Song, Y.J. (2018). “Effects of rice husk and rice husk biochar on root rot disease of ginseng *(Panax ginseng)* and on soil organisms“, Biological Agriculture & Horticulture, 34(1), 27-39.

Głodowska, M., Husk, B., Schwinghamer, T. and Smith, D.L. (2016) Biochar Is aGrowth-Promoting Alternative to Peat Moss for the Inoculation of Corn with

aPseudomonad. Agronomy for Sustainable Development, 36, 21.https://doi.org/10.1007/s13593-016-0356-z

(3) (PDF) Biochar Based Inoculants Improve Soybean Growth and Nodulation. Available from: https://www.researchgate.net/publication/320060089_Biochar_Based_Inoculants_Improve_Soybean_Growth_and_Nodulation [accessed May 22 2023].

Karhu, K., Mattila, T., Bergstrom, I., Regina, K., (2011). "Biochar addition to agricultural soil ıncreased ch4 uptake and water holding capacity results from a short-term pilot field study", Agriculture, Ecosystems & Environment, 140: 309-313. doi.org/10.1016/ j.agee.2010.12.005.

Kuti, O.J., (1992). Growth and compositional changes during the development of prickly pear fruit. J.Hort. Sci.,67,6, 861-868.

Lehmann, J., da Silva, Jr JP., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., Glaser, B., (2003). Nutrient Availability and Leaching in an Archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon Basin: Fertilizer, Manure and Charcoal Amendments, Plant and Soil, 249, 343–357.

Lehmann, J., Gaunt, J., Rondon, M., (2006). Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems—A Review, Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change, 11, 403–427.

Lehmann, J., Joseph, S., (2008). Biochar for Environmental Management: An Introduction, Lehmann J, Joseph, S. (Eds.). Biochar for Environmental Management: Science and Technology, Earthscan, pp. 1-12.

Luo, L., Gu, J.D. (2016). Alteration of extracellular enzyme activity and microbial abundance by biochar addition: Implication for carbon sequestration in subtropical mangrove sediment. Journal of Environmental Management 182: 29-36.

Morales, P., Ferreira, I.C.F.R., Carvalho, A.M., Sánchez-Mata, M.C., Cámara, M.; Fernández-Ruiz, V., Pardo-de-Santayana, M., Tardío, J. 2014. Mediterranean non-cultivated vegetables as dietary sources of compounds with antioxidant and biological activity. LWT Food Sci. Technol. 55, 389–396.

Moßhammer, M.R, Stintzing, F.C., and R. Carle (2005). Development of a process for the production of a betalain-based colouring foodstuff from cactus pear. Innovative Food Science and Emerging Technologies 6: 221-231.

Moßhammer, M.R., Stintzing, F.C., and R. Carle (2006). Evaluation of different methods for the production of juice concentrates and fruit powders from cactus pear. Innovative Food Science and Emerging Technologies: in press.

Ramadan, M.F.; Mörsel, J.-T., (2003). Recovered lipids from prickly pear [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill] peel: A good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols.*Food Chem.83*, 447–456.

Stintzing, F.C. and R. Carle (2005). Cactus stems (*Opuntia spp*.): A review on their chemistry, technology, and uses. Molecular Nutrition and Food Research 49: 175-194.

Stintzing, F.C., Schieber, A., and R. Carle (2001). Phytochemical and nutritional significance of cactus pear. European Food Research and Technology 212: 396-407.

Stintzing, F.C., Schieber, A., and R. Carle (2003). Evaluation of colour properties and chemical quality parameters of cactus juices. European Food Research and Technology 216: 303-311.

Yılmaz Vural, G., (2022). "Dısposal Of Storage Sludge Caused By Envıronmental Pollutıon Wıth Bıochar Applıcatıons And Ensurıng Its Use In Landscape Works", Ijlar, 6(2), (Yayın No: 8019028).

BÖLÜM 13

GİLABURU (*Viburnum opulus L.*)'NUN BİYOKİMYASAL BİLEŞENLERİ SAĞLIKLA İLİŞKİSİ VE GASTRONOMİK AÇIDAN ÖNEMİ

Dr. Öğr. Üyesi | Fatma HAYIT[1]

[1] Yozgat Bozok Üniversitesi, Turizm Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü Yozgat, Türkiye. fatma.hayit@bozok.edu.tr, Orcid ID: 0000-0003-0097-406X

GİRİŞ

Gilaburu *(Viburnum opulus* L.), *Caprifoliaceae* familyası üyelerinden çiçekli dekoratif, tıbbi ürün ve gıda bitkisidir (Prajapati vd., 2003; Karaçelik vd., 2015; Sagdic vd., 2014; Kajszczak vd., 2020). Sistematik olarak yeri Tablo 1'de verilmiştir. Literatürde Türkiye dışında kızılcık çalısı, kartopu ağacı, kartopu gülü, kızılağaç, su mürveri, mürver gülü, gül ebrusu, kramp kabuğu, uzun kızılcık, Avrupa yaban mersini, Avrupa kızılcık bitkisi gibi farklı isimler ile Türkiye de ise gilaburu olarak bilinmektedir (Witmer, 2001, Velioğlu vd., 2006, Česonienė vd., 2010; Rop vd., 2010; Karaçelik vd., 2015; Yilmaztekin ve Sislioglu, 2015; Kajszczak vd., 2020). Gilaburu, 3–4 m yüksekliğe kadar hızla büyüyebilen bir bitkidir. Bitki başlangıçta beyaz çiçekleri ile çiçek açar ve bu nedenle süs amaçlı yetiştirilir (Prajapati vd., 2003; Česonienė vd., 2010). Kırmızı renkli meyveleri ve çiçek açtığı zaman oluşan güzelliği sebebiyle Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde "Gül Ebru" adını almıştır (Ersoy vd., 2017). Güçlü buruk tadı olan, kırmızı acı dut meyveleri olgunlaşır ve uzun süre bitki üzerinde kalabilir (Witmer, 2001).

Şekil 1: Gilaburu (meyveli ve çiçekli)

Türkiye'nin Orta Anadolu ve Karadeniz bölgesinde (Altan ve Maskan 2004), doğu, kuzeydoğu, batı ve orta Avrupa'da yaygın görülmektedir (Česonienė vd., 2012). Gilaburu Türkiye'de Tokat, Artvin, Samsun, Trabzon,

Sivas, Erzurum, Bursa, İzmit, Sakarya, İstanbul, İzmir, Kırşehir, Ankara, Kahramanmaraş ve özellikle Kayseri illerinde doğal olarak yetişmektedir (Baytop 1999, Aksoy vd., 2004, Sağdiç vd., 2006).

Rusya ve Ukrayna ülkelerinin geleneksel mutfaklarında hem taze hem de işlenmiş ürün olarak (meyve suyu, marmelatlar, reçeller, likörler ve turta üretiminde) kullanılmaktadır (Baytop, 1999; Rop vd., 2010; Ulger vd., 2012; Perova vd., 2014). Reçel ve çiğ olarak da tüketilmektedir (Yılmaz vd., 2013).

Gilaburu meyvesi, oldukça yüksek polifenolik madde ve askorbik asit içeriğine sahiptir. Fazla miktarda aktif bileşiklerin varlığı bu bitkinin güçlü antioksidanlar olarak kullanılmasını sağlamaktadır (Česonienė vd., 2010). Meyvenin, diğer meyve türleri ile karşılaştırıldığında besin değeri olarak önemli bir kaynak olduğu görülmektedir. Ayrıca bağışıklığı güçlendirerek bir çok hastalığın önlenmesinde önemli etkisi bulunmaktadır (Rop vd., 2010). Esansiyel yağ (Yılmaz vd., 2008), klorojenik asit, antosiyanidinler, antosiyaninler, glikozitler ve antiradikal aktivite açısından oldukça zengindir (Perova vd., 2014). Meyve suyu bileşiminde organik asitlerden L- malik asit, kalsiyum, demir, magnezyum, fosfor, potasyum, manganez, çinko, selenyum, tanen, reçine, acı glikozit, salisin gibi çok güçlü spazm giderici maddeler bulunmaktadır (Dinç vd., 2012; Shange, 2016).

Gilaburu fenolik glukozit, tanenler ve bazı organik asitlerden oluşmakta ve bu bileşenler rahim krampları, pelvis organlardaki kolik ağrı şikayetlerinde kullanılmaktadır (Prajapati vd., 2003). Beraberinde içerdiği besin bileşenleriyle antiinflamatuar, spazmolitik, hipotansif, antibakteriyel, idrar söktürücü, antiradikal ve diğer farmakolojik etkilere sahiptir. K vitamini ve C vitamini kaynağıdır (Perova vd., 2014).

Gıda endüstrisinde farklı gıdaların değerini artıran doğal vitaminler, pigmentler ve diğer maddelere olan talebin artması nedeniyle gilaburu meyvesinin biyokimyasal bileşimine olan ilgi artmıştır (Česonienė vd., 2010).

Bu çalışmada gilaburu meyvesinin besinsel ve kimyasal bileşenleri ile sağlık üzerindeki etkileri derlenerek gilaburu meyvelerinin biyokimyasal bileşenlerini ve sağlığı geliştirici aktivitelerini açıklayan veriler ortaya koyularak gıda ve ilaç endüstrisinde kullanımın alanının yaygınlaştırılması ayrıca meyvenin tanıtılarak tüketiminin arttırılması hedeflenmiştir.

Tablo 1: Glaburunun taksonomisi

Alem	Bitki
Sube	Magnoliophyta
Sınıf	Magnoliopsida
Takım	Dipsacales
Familya	Caprifpliaceac(Hanımeligiller)
Cins	Viburnum
Tür	*Viburnum opulus* (Gilaburu)

Kaynak: Yıldız ve Ekici 2019

1. GİLABURUNUN KİMYASAL BİLEŞİMİ

Gilaburu, biyolojik olarak aktif maddeler açısından zengin meyveleri olan, gıda ve ilaç endüstrisince değerli bulunan bir bitkidir. (Česonienė vd., 2012). Tablo 2'de meyvenin içerdiği fenolik bileşenler ve miktarları verilmiştir.

Ana bileşeni, taze ağırlıklarının %85,7-88,3'ünü oluşturan sudur (Altun vd., 2009). %12.6 oranında suda çözünür katı madde içermektedir (Ersoy vd., 2017).

250 – 580 mg/100 g klorojenik asit içeriğine sahiptir. Klorojenik asiti yüksek oranda içermesinden dolayı da meyve önemli bir fenolik madde kaynağı olarak kabul edilmektedir (Perova vd., 2014). Klorojenik asit çoğunlukta olmak üzere flavonoidleri (kateşin, epikateşin, kuersetin, gallik asit, klorojenik asit, kafeik asit, siringik asit, kumarik asit, ferulik asit, protokateküik asit ve vanilik asit) antosiyaninler ile askorbik asit ve malik asiti yoğun oranda içermektedir (Rop vd., 2010; Özrenk vd., 2011; Kraujalytė vd., 2012 ; Barak ve ark., 2019). 753.0 - 1460.0 mg/100 g aralığında yüksek miktarlarda toplam fenolik madde içeriğine sahiptir (Česonienė vd., 2010). Rop vd., (2010) *Viburnum opulus'*un üç farklı çeşidi üzerinde inceleme yaptıkları çalışmalarında, 2007-2009 yıllarında yetiştirilen çeşitlerde toplam fenolik madde içeriğinin 6.80-8.29 gram gallik asit/kg olduğunu raporlamışlardır. Altı *Viburnum opulus* L. çeşidinin meyve suyundaki toplam fenolik aktiviteye ilişkin çalışma sonucunda ise 1168 mg/100 g oranlarında yüksek miktarda toplam fenolik madde içeriği belirlenmiştir (Česonienė vd., 2012). Başka bir çalışmada da toplam fenolik bileşiklerinin 351.26 mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/100 ml olduğu belirlenmiştir (Cam ve Hişil, 2007).

403-733 mg/100 g gallik asit (Perova vd., 2014), 284.96-352.04 mg kg^{-1} kateşin içermektedir (Özrenk vd., 2011). Ayrıca fenolik bileşenlerden 26.26-38.35 mg kg^{-1} kafeik asit, 24.70-30.29 mg kg^{-1} siringik asit, 55.90-44.98 mg kg^{-1} ferulik asit, 13.91-17.16 mg kg^{-1} kumarik asit, 20.93-36.27 mg kg^{-1} protokateküik asit ve 22.49-22.10 mg kg^{-1} vanilik asit içeriğine sahiptir (Özrenk vd., 2011).

Tablo 2: Giaburu meyvesinin fenolik madde içeriği

Gilaburu Kimyasal Bileşenleri	Miktarı	Kaynak
Toplam fenolik madde	753.0 - 1460.0 mg/100 g	Česonienė vd., 2010
	1168 mg/100 g	Česonienė vd., 2012
	351.26 mg GAE/100 ml	Cam ve Hişil, 2007
	403.0-733.0 mg/100 g	Perova vd., 2014
	621-987 mg/100 g	Ersoy vd., 2017
-Klorojenik asit	250 – 580 mg/100 g	Perova vd., 2014
-Gallik asit	6.80-8.29 gram gallik asit/kg	Rop vd., 2010
	403-733 mg/100 g	Perova vd., 2014
-Kateşin	284.96-352.04 mg kg-1	Özrenk vd., 2011
-Kafeik ait	26.26-38.35 mg kg-1	Özrenk vd., 2011
-Siringik asit	24.70-30.29 mg kg-1	Özrenk vd., 2011
-Kumarik asit	13.91-17.16 mg kg-1	Özrenk vd., 2011
-Protokateküik asit	20.93-36.27 mg kg-1	Özrenk vd., 2011
-Vanilik asit	22.49-22.10 mg kg-1	Özrenk vd., 2011
Toplam antosiyanin	11.00-31.00 mg/100 g	Perova vd., 2014
	23.2- 44.6 mg/100 g	Česonienė vd., 2010
Toplam flavonoid	5.0-25.5 mg/100 g	Perova vd., 2014
	3.14-4.89 g/kg	Rop vd., 2010
- Kuarsetin	6.11-8.32 mg/kg	Özrenk vd., 2011
- Rutin	17.81-20.02 mg/kg	Özrenk vd., 2011
Toplam antioksidan	9.21-9.79 gram AAE/kg	Rop vd., 2010

Viburnum opulus'un 11 farklı çeşidinin incelendiği çalışmada çeşitler arasında toplam antosiyanin 11.00-31.00 mg/100 g aralığında, toplam flavonoid içeriğinin 5.0-25.5 mg/100 g aralığında, toplam polifenol içeriğinin ise 403.0-733.0 mg/100 g aralığında olduğu belirlenmiştir (Perova vd., 2014). Ayrıca flavonollerin esas olarak kuersetin glikozitlerden oluştuğu

bildirilmiştir. Kuarsetin miktarı 6.11-8.32 mg/kg, rutin içeriği ise 17.81-20.02 mg/kg olarak raporlanmıştır (Özrenk vd., 2011).

Tablo 3'te gilaburu meyvesinin içerdiği organik asit içeriği verilmiştir. *Viburnum opulus* organik asitlerden tartarik asit (1.24-1.41g/kg), malik asit (1.21-1.37 g/kg), süksinik asit (0.046-0.052 g/kg), fumarik asit (0.15-0.16 g/kg), asetik asit (0.026-0.032 g/kg) içermektedir (Özrenk vd., 2011). Toplam organik asit içeriğinin %34.0–67.0 oranında malik asit, %27.2 – 64.0 oranında sitrik asitten oluştuğu bildirilmiştir (Perova vd., 2014).

Tablo 3: Giaburu meyvesinin organik asit içeriği

Gilaburu Kimyasal Bileşenleri	Miktarı	Kaynak
Tartarik asit	1.24-1.41g/kg	Özrenk vd., 2011
Malik asit	1.21-1.37 g/kg	Özrenk vd., 2011
Süksinik asit	0.046-0.052 g/kg	Özrenk vd., 2011
Fumarik asit	0.15-0.16 g/kg	Özrenk vd., 2011
Asetik asit	0.026-0.032 g/kg	Özrenk vd., 2011
Askorbik asit	12.4 -92.0 mg/100 g	Perova vd., 2014, Özrenk vd., 2011, Česonienė vd., 2010

Askorbik asit içeriği 40.0-92.0 mg/100 g olarak belirlenmiştir. Fruktoz içeriği 2300–4000 mg/100 g, glikoz içeriği ise 2800–4600 mg/100 g olarak tespit edilmiştir. Antiradikal aktivitesi 377–968 mg TE/100 g meyve olarak bildirilmiştir (Perova vd., 2014). Farklı bir çalışmada 32.76-33.43 mg/100g c vitamini, 2346-2421 mg/100g glikoz, 1597-1675 mg/100g früktoz ve 0.064-0.069 mg/100g sakaroz içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir (Özrenk vd., 2011). Farklı genotiplerinin incelendiği başka bir çalışmada 12.4 ila 41.4 mg/100 g arasında askorbik asit içerdiği, 1.4 ila 2.8 mg/100 g arasında karotenoid içerdiği, 23.2 ila 44.6 mg/100 g arasında antosiyanin içerdiği belirlenmiştir (Česonienė vd., 2010).

Üç farklı çeşit üzerine araştırma yapan bir başka çalışmada da toplam antioksidan içeriği 9.21-9.79 gram AAE/kg aralığında; toplam flavonoid içeriği 3.14-4.89 g/kg; askorbik asit içerikleri ise 1.01-1.64 g/kg olarak bildirilmiştir (Rop vd., 2010). Meyve 0.10-0.24 mg/g A, 0.96- 14.38mg/g E

vitamini, 3.27-6.52mg/g beta-karoten, 2.89-10.95 mg/g likopen içermektedir (Boyacı vd., 2016).

Tablo 4: Giaburu meyvesinin vitamin şeker ve renk maddeleri içeriği

Gilaburu Kimyasal Bileşenleri	Miktarı	Kaynak
Askorbik asit	40.0-92.0 mg/100 g	Perova vd., 2014
	32.76-33.43 mg/100g	Özrenk vd., 2011
	12.4 ila 41.4 mg/100 g	Česonienė vd., 2010
	1.01-1.64 g/kg	Rop vd., 2010
Fruktoz	2300–4000 mg/100 g	Perova vd., 2014
	1597-1675 mg/100g	Özrenk vd., 2011
Glikoz	2800–4600 mg/100 g	Perova vd., 2014
	2346-2421 mg/100g	Özrenk vd., 2011
Sakkaroz	0.064-0.069 mg/100g	Özrenk vd., 2011
A Vitamini	0.10-0.24 mg/g	Boyacı vd., 2016
E Vitamini	0.96- 14.38mg/g	Boyacı vd., 2016
Beta-karoten	3.27-6.52mg/g	Boyacı vd., 2016
Likopen	2.89-10.95 mg/g	Boyacı vd., 2016
Karotenoid	1.4 ila 2.8 mg/100 g	Česonienė vd., 2010

Bu bileşenlerin yanında Yilmaztekin ve Sislioglu, (2015) tarafından yapılan çalışmada gilaburu geleneksel fermantasyon sürecince incelenmiştir. Çalışmada 8 uçucu bileşik sınıfının varlığı tespit edilmiştir (asitler, alkoller, aldehitler, esterler, ketonlar ve laktonlar.). Uçucu bileşiklerin miktarı ve çeşitliliği fermantasyon boyunca değiştiği, 3-metilbütanoik asit bileşeninin tüm numunelerinde baskın bileşen olduğu, toplam uçucu bileşik miktarının fermantasyonun 1. ayında en yüksek seviyede olduğu ve daha sonra kademeli olarak azalmaya başladığı bildirilmiştir. *V. opulus* meyvelerinin aromasının incelendiği farklı bir çalışmada toplamda 41 bileşen tespit edilerek %63.0-71.8'inin 3-metil-bütanoik asit olduğu, %28,1-%25,62 oranlarında 2 oktanon içerdiği belirlenmiştir (Kraujalytė vd., 2012). 3-metil- ve 2-metil-bütanoik asitler meyvenin aktif koku bileşenleri olarak çok önemli aroma bileşenleridir, ayrıca meyvede hoş olmayan kokulu bileşikler olarak genel meyve tadında etkilidir (Kraujalytė vd., 2012).

2. ANTİ KANSER ETKİSİ

Viburnum opulus fenolik maddelerden klorojenik asit, gallik asit ve kateşin içeriğine sahiptir. Klorojenik asit bitkilerin tohum, kök ve yapraklarında bulunan doğal bir bileşiktir. Tıpta ve gıda endüstride kullanılan oldukça değerli bir doğal polifenol bileşiği olarak görülmektedir. Yüksek saflıkta ve büyük oranlarda klorojenik asit üretmek için araştırmalar her geçen gün artmaktadır (Chen vd., 2007). Klorojenik asitin kalın bağırsakta, karaciğerde ve dilde tümör oluşumu üzerinde inhibe edici etkileri ve oksidatif stres üzerinde koruyucu etkileri bulunmaktadır (Mori vd., 1986; Tsuchiya vd., 1996; Azuma vd., 2000; Jiang vd., 2001). Yapılan bir çalışmada klorojenik asit ve diğer doğal olarak oluşan fenolik bileşikler, olası kanser tümör büyümelerini durduran ajan olarak değerlendirilmiştir (Jin vd., 2005). Farklı bir çalışmada klorojenik asit, insan oral cilt kanseri ve tükürük bezi tümörü hücre hatlarında iyileşmeye sebep olduğu bildirilmiştir (Jiang vd., 2001). Ayrıca AIDS virüsü HIV virüslerine karşı öncü bileşik olarak değerlendirilmiştir (Ma ve Liang, 2003). Benzer başka bir çalışmada klorojenik asitin hepatit B virüsü ile enfekte ördek yavrusu modelinde serum hepatit B virüsü seviyesini düşürdüğü, antiviral aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Wang vd., 2009).

Gallik asit, etkili bir antioksidandır ve insanlarda kolon kanseri hücrelerinin sayısını önemli ölçüde azalttığı bilinmektedir (Klenow ve Glei 2009).

Kateşinlerin hücre döngüsünü durdurarak kanser hücrelerinin çoğalmasını engellediği (Liang vd., 1999) bilinmekte ve yine kanser hücrelerinin hücre ölümüne sebep olma (Ahmad ve Mukhtar, 1999) özellikleri bulunmaktadır.

Ceylan, (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, farelerde deneysel olarak oluşturulan tümörlere karşı gilaburu bitkisinin meyvelerinden elde edilen meyve suyu ekstraktının tümör gelişimini üzerinde yavaşlatıcı etkisinin olduğu bildirilmiştir. Deney hayvanları ile yapılan başka bir çalışma sonucunda gilaburunun reaktif oksijen türlerinin oluşumunu ve hücre ölümümü baskılayarak, oksidatif DNA hasarını düzelttiği, ülseratif kolitin önlenmesi ve tedavisinde önemli olduğu bildirilmiştir (Yel, 2018). Yine hayvanlar üzerinde yapılan farklı bir çalışmada deneysel olarak oluşturulan

tümör üzerine gilaburunun tümör hücrelerinin bölünmesini yavaşlattığı bu sebeple gilaburunun antitümöral etkisinin olduğu raporlanmıştır (Al, 2019).

3. ANTİMİKROBİYAL ETKİSİ

Viburnum opulus meyve suyunun antimikrobiyal özelliklerin değerlendirilmesi için yapılan çalışma sonucunda hem Gram-negatif (*Salmonella typhimurium* ve *Salmonella agona*) hem de Gram-pozitif (*Salmonella typhimurium* ve *Salmonella agona*) olmak üzere geniş patojenik bakteri yelpazesinin büyümesini güçlü bir şekilde inhibe ettiği belirlenmiştir (Česonienė vd., 2012). *Viburnum opulus*'dan, izole edilmiş esansiyel yağların *E. coli, K. pneumoniae, P. aeruginosa, E. faecalis, S. aureus, B. cereus* bakterilerine karşı antimikrobiyal aktivite gösterdiği bilinmektedir (Yılmaz vd., 2008). *S. typhimurium, S. Agona, L. Monocytogenes, M. luteus* ve *S. Epidermidis* bakterilerine karşı gilaburu suyunun antibakteriyel aktivite gösterdiği kanıtlanmıştır fakat mayalar üzerinde aynı etki saptanmamıştır (Česonienė vd., 2014).

Güvenliği kabul edilen önemli bir bakteriyosin olan nisinin hem antimikrobiyal aktivite hem de stabilite etkinliğini arttırmak için doğal bileşik olan gilaburu özü ile kombinasyonunun *S. aureus* üzerinde antimikrobiyal aktivitesinin incelendiği çalışma sonucunda birlikte kullanıldıklarında antimikrobiyal aktivitelerini kaybetmedikleri sinerjistik etki gösterdikleri ve *S. Aureus* üzerine etkili olduğu kanıtlanmıştır. Ayrıca gilaburu kullanımının gıdalarda koruyucu olarak kullanılacak nisin miktarının azalmasına sebep olarak hem maliyet hem de güvenli gıda katkı maddesi olması açısından daha olumlu olacağı bildirilmiştir (Kirazli ve Tunca, 2022). Antimikrobiyal özellikte olması, bakteriyel büyümeyi engellenmesi de içerdiği farklı fenolik maddelerin varlığı ile ilişkilendirilmiştir (Burns Kraft vd., 2008; Rauha vd., 2000). Meyve suyu fenolik bileşiklerinin, laktik asit açısından yararlı mikroorganizmaları engellemeden patojenik bakterileri önlediği bilinmektedir (Zakłos-Szyda vd., 2020).

4. ANTİİNFLAMATUAR ETKİSİ

Gilaburu meyve suyunun kemik sağlığını güçlendiren bir diyet bileşeni olarak kullanılabilir olduğu, meyvenin içerdiği fenolik maddelerin kemik dokusu demineralizasyonunu azalttığı bildirilmiştir (Zakłos-Szyda vd., 2020).

Başka bir çalışmada da gilaburu ekstraktının antinosiseptif aktiviteye sahip olduğu net olarak sebebi bilinmezken meyvenin içerdiği bileşenlerin bu etkiyi sağladığı belirtilmiştir (Altun vd., 2009) .

5. BÖBREKLER ÜZERİNDE ETKİSİ

Gilaburu meyvesinin böbrek taşını düşürdüğü ve bu yüzden yetiştiği bölgelerde halk tarafından yaygın olarak kullanıldığı bilinmektedir. Çifteci (2021) tarafından yapılan çalışmada, 18-65 yaş aralığında, üreterde 4- 10 mm arasında taşı olan 60 hasta incelenmiştir. Çalışma sonucunda gilaburu kullanan grubun taş düşürme oranının %80 olduğu ve taş düşürme sürelerinin daha kısa olduğu belirlenmiştir. Gilaburu içen hastaların idrar testlerinde; sodyum, potasyum, kalsiyum, idrar dansite düzeylerinin daha düşük, idrar Ph'larının daha yüksek olduğu saptanmıştır. Gilaburunun kullanımı ile hastaların ağrı düzeylerinde azalma olduğu bu yüzden antiinflamatuar kullanımını azalttığı, taş oluşumuna etkili olabilecek biyokimyasal verilerini olumlu etkilediği bildirilmiştir. Çapkın (2014), tarafından yapılan çalışmada ise gilaburu meyve konsantresinin deney hayvanları üzerinde böbrek hastalığı üzerinde etkisi incelenmiştir. Gilaburu kullanımı ile böbrek katalaz, süperoksit dismutaz, glutatyon peroksidaz enzim düzeylerinde idrar kalsiyumu, serum fosfor, idrar oksalat, idrar sitrat, düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunduğu ve gilaburunun böbrek taşı üzerine olumlu bir etkide bulunabileceği beraberinde böbrek dokusunda antioksidan enzimlerde belirgin artış sağladığı bildirilmiştir. Denek fareler üzerinde yapılan başka bir çalışma sonucunda da gilaburu suyunun idrar örnek sonuçlarına göre börek taşı üzerinde düzelmeye sebep olduğu ve böbrekte kristal birikimini azalttığı raporlanmıştır (Ömerli, 2016). Benzer olarak İlhan vd., (2014) tarafından yapılan çalışmada gilaburunun liyofilize ticari suyunun idrar örneklerinde oksalat seviyesini azaltarak, serbest radikal üretimi üzerindeki inhibitör etki gösterdiği beraberinde böbrek taşı üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir. Gilaburunun böbrek üzerine olumlu etkisinin olduğu başka çalışmalar tarafından da desteklenmiştir (Tuğlu vd., 2014; Erdem vd., 2016).

6. DİĞER SAĞLIK ETKİLERİ

Çeşitli kalp ritim bozukluklarını tedavi etmek ve önlemek için kullanılan bir antiaritmik ilacın karaciğer ve böbrek dokuları üzerinde

oluşturduğu yapısal ve biyokimyasal değişiklikler üzerinde gilaburunun etkisinin incelendiği çalışma sonucunda karaciğer ve böbrek hasarına karşı gilaburunun koruyucu etkisinin olduğu belirlenmiştir (Karakeçi, 2022). Deney hayvanları üzerinde yapılan bir çalışmada meyve özünün kalp atardamarlarında damar gevşetici aktiviteye sahip olduğu, bu pozitif vasküler etkinin, kısmen meyve içeriğindeki klorojenik asidin varlığına bağlandığı raporlanmıştır (Bujor vd., 2019). Yumurtalık kistleri ve regl ağrıları başta olmak üzere jinekolojik bozuklukların tedavisinde etkili olduğu bilinmektedir (Saltan vd., 2016).

7. GASTRONOMİK ÖNEMİ

Gilaburu ilk kez "Gemerek Gilaburusu" adıyla da 2017 yılında Sivas bölgesinde coğrafi işaretli ürünler içinde yer alırken, 2018 yılında Kayseri bölgesinde "Bünyan Gilaburusu" ve 2021 yılında "Akkışla Gilaburusu" olarak Türk Patent ve Marka Kurumu tarafından coğrafi işaretli ürünler içine dahil edilmiştir (Anonim,2023). Coğrafi işaret bir ürünün kökeninin bulunduğu bölge, alan, şehir ya da ülke ile bütünleştiğini gösteren işarettir. Coğrafi işaretle bölgeye ait olan değerlerinin korunarak nesiller arası aktarımının yapılması ile biyolojik çeşitliliğin korunması sağlanmaktadır (Oraman, 2015). Gilaburunun coğrafi işaret alması ile Kayseri ve Sivas bölgelerine gelen turistlerin, bölgenin yiyecek içecek kültürünü incelerken bu ürünle tanışmasına da imkân sağlayacaktır. Turizm gelirleri içinde gastronomi turizmi toplam turizm gelirlerinin önemli kısmını oluşturmakta olduğu bilinmektedir (Cömert ve Özkaya, 2014). Bu açıdan incelendiğinde gastronomi turizmini etkileyecek her ürün değerlidir. Gilaburu da coğrafi işareti ve sağlığa olan faydaları ile gastronomi turizmine katkı sağlayacak bir ürün olma özelliğindedir.

Gilaburu çoğunlukla meyvenin sıkılıp süzülerek suyunun içilmesi şeklinde tüketim alanı bulmaktadır. Suyunun, çekirdeğinin veya posasının değerlendirilmesi ile farklı gıda ürünlerine ilave edilmesi mümkündür fakat bu şekilde günümüzde yaygın kullanım alanı bulunmamaktadır.

Hayta vd., (2010) çalışmalarında gilaburu posasının kek üretiminde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Posa ilavesi ile kek örneklerinde antioksidan aktivite ve fenolik madde miktarlarında artış olduğu, duyusal olarak da kabul edilebilir olduğu bildirilmiştir. Gilaburu posa ve

çekirdeklerinin bu şekilde kullanımı ile besin değeri yüksek, kabul edilebilir, fonksiyonel bir ürün üretilebileceği raporlanmıştır. Taşpınar (2018) tarafından yapılan çalışmada, gilaburu suyu farklı oranlarda (%0, %4, %8, %12) yoğurt içeriğine ilave edilerek 28 gün depolama süresince kalite süreçleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda gilaburu suyu miktarının artışına paralel olarak yoğurt bileşenlerinden askorbik asit, toplam flavonoid madde, toplam fenolik madde, toplam antosiyanin madde ve antioksidan aktivite içeriğinin arttığı bildirilmiştir. Gilaburunun buruk tadı dolayısı ile duyusal açıdan kontrol yoğurt gurubuna kıyasla beğenilirliğinin az olduğu fakat %4 ve %8 ilave oranlarında kabul edilebilirliği ve biyoaktif bileşenleri yüksek yoğurt üretiminin yapılabileceği raporlanmıştır.

Gilaburunun reçel olarak değerlendirildiği farklı bir çalışmada taze meyvenin içerdiği toplam fenolik madde miktarının farklı pişirme teknikleriyle (vakum ve açıkta pişirme) reçel üretimi sonucu toplam fenolik madde miktarının (sırası ile %3,42 ve %6,06 oranlarında) azaldığı bildirilmiştir. Toplam antosiyanin içeriğinin ise yine önemli oranda azaldığı (sırası ile 58,3 ve 78.29 oranlarında) raporlanmıştır. Besin içeriklerinin azalmasına rağmen gilaburunun farklı bir tüketim alanının geliştirilmesi, yüksek su aktivitesi sebebi ile raf ömrü kısa olan bir meyvenin raf ömrünün uzatılması sebepleriyle gilaburu meyvesinin reçele işlenmesi önemlidir. Fakat bu çalışmada reçelin duyusal olarak değerlendirmesi yapılmamıştır. Yeni ürün olarak üretilen gıda ürünlerinin duyusal olarak tüketici açısından kabul edilebilir olması önemlidir. Bu yüzden reçel olarak tüketici kabul edilebilirliği incelenmelidir.

Çalışmalar ışığında gilaburunun unlu mamullerde, süt ürünlerinde ve reçel gibi farklı gıdalara ilave edilip farklı tüketimlerde kullanılabilir olduğu görülmektedir. Fakat gilaburu içeren fonksiyonel bir ürün geliştirmek için daha fazla çalışılmaya ihtiyaç vardır.

8. SONUÇ

Gilaburu doğal olarak yetişen besinsel içeriği ve biyoaktif maddece zengin olan bir meyve çeşididir. İçerdiği zengin besin içeriği ile antikanser, antiinflamatuar, antimikrobiyal etkisi bulunmaktadır. Böbrek rahatsızlıklarına doğal bir çözüm olarak değerlendirilmektedir. İçerdiği biyokimyasal ve biyoaktif madde maddelerin etkisiyle sağlığı olumlu etkilediği için

fonksiyonel gıda olarak değerlendirilebilir. Kullanım alanı çeşitlendirilebilir, farklı gıdaların içinde doğal olarak katılıp gıdaların besin değerinin arttırılmasında kullanılabilir. Gastronomi açısından farklı süslemelerde kullanılabilmesi ve renginden dolayı da doğal renklendirici olarak kullanım alanı bulması için değerlendirilebilir.

Gilaburu hem gastronomi-gıda hem de sağlık alanında tüketiminin yaygınlaştırılması gereken değerli bir üründür. Gliaburunun gastronomi ve gıda kapsamında yapılan çalışmaların nitelik ve sayısı dikkate alındığında bu alanda yapılacak olan çalışmaların teşvik edilmesi ve arttırılması da önem arz etmektedir. Bu alanlarda gilaburu ile ilgili ileri çalışmalar yapılarak literatürün desteklenmesi gereklidir.

KAYNAKÇA

Ahmad, N., & Mukhtar, H. (1999). Green tea polyphenols and cancer: biologic mechanisms and practical implications. *Nutrition reviews*, 57(3), 78-83.

Aksoy, A., Güvensan,. A, Akçiçek, E., & Oztürk, M. (2004). Etnoecology of Viburnum opulus L. International Symposium on Medicinal Plants: Linkages Beyond National Boundaries, 7-9 September 2004, Islamabad, Pakistan, 65-70.

Al, Ö. (2019). *Farelerde deneysel olarak oluşturulan kanser üzerine gilaburu (Viburnum opulus) meyve suyunun farklı fraksiyonlarının etkileri*. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Anatomi Ana Bilim Dalı, Kayseri.

Altan, A., Maskan, M. (2004). Gilaboru (Viburnum Opulus L.) meyvesinden hazır içecek tozu eldesi üzerine çalışmalar. *Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*, *23*(24), 18-23.

Altun, M.L.; Çitoğlu, G.S.; Yilmaz, B.S. & Özbek, H. (2009). Antinociceptive and anti-inflammatory activities of Viburnum opulus. *Pharm. Biol*, *47*, 653–658.

Anonim, (2023). https://ci.turkpatent.gov.tr/cografi-isaretler/liste?il=&tur=&urunGrubu=&adi=gilaburu

Azuma, K., Ippoushi, K., Nakayama, M., Ito, H., Higashio, & H., Terao, J. (2000). Absorption of chlorogenic acid and caffeic acid in rats after oral administration. *Journal of agricultural and food chemistry*, *48*(11), 5496-5500.

Barak, T. H., Celep, E., Inan, Y., & Yesilada, E. (2019). Influence of in vitro human digestion on the bioavailability of phenolic content and antioxidant activity of Viburnum opulus L. (European cranberry) fruit extracts. *Industrial Crops and Products*, *131*, 62–69.

Baytop, T. (1999). Türkiye' de Bitkilerle Tedavi Geçmişte ve Bugün. İlaveli ikinci baskı, Nobel Yayınları, 3-210.

Boyacı, H., Çöteli, E., & Karataş, F. (2016). Gilaburu (Viburnum opulus L.) Meyvesindeki A, E Vitamini, Beta-Karoten, Likopen, Redükte ve Okside Glutatyon Miktarlarının Araştırılması. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9*(2), 111-117.

Bujor, A., Miron, A., Luca, S. V., Skalicka-Wozniak, K., Silion, M., Ancuceanu, R., & Totoson, P. (2019). Metabolite profiling, arginase inhibition and vasorelaxant activity of Cornus mas, Sorbus aucuparia and Viburnum opulus fruit extracts. *Food and Chemical Toxicology*, *133*, 110764.

Burns Kraft, T. F., Dey, M., Rogers, R. B., Ribnicky, D. M., Gipp, D. M., Cefalu, W. T., & Lila, M. A. (2008). Phytochemical composition and metabolic

performance-enhancing activity of dietary berries traditionally used by native North Americans. *Journal of agricultural and food chemistry, 56*(3), 654-660.

Cam, M., Hişil, Y. (2007). Comparison of chemical characteristics of fresh and pasteurised juice of gilaburu (Viburnum opulus L.). *Acta Alimentaria, 36*(3), 381-385.

Česonienė, L., Daubaras, R., Kraujalytė, V., Venskutonis, P. R., & Šarkinas, A. (2014). Antimicrobial activity of Viburnum opulus fruit juices and extracts. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 9*, 129-132.

Česonienė, L., Daubaras, R., Venclovienė, J., & Viškelis, P. (2010). Biochemical and agro-biological diversity of Viburnum opulus genotypes. *Open Life Sciences, 5*(6), 864-871.

Česonienė, L., Daubaras, R., Viškelis, P., & Šarkinas, A. (2012). Determination of the total phenolic and anthocyanin contents and antimicrobial activity of Viburnum opulus fruit juice. *Plant foods for human nutrition, 67*, 256-261.

Ceylan, D. (2015). *Farelerde deneysel olarak oluşturulan kanser üzerine gilaburu (Vİburnum opulus) meyve suyunun etkileri*. Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Kayseri.

Chen, Y., Jimmy Yu, Q., Li, X., Luo, Y., & Liu, H. (2007). Extraction and HPLC characterization of chlorogenic acid from tobacco residuals. *Separation Science and Technology, 42*(15), 3481-3492.

Cömert, M., & Özkaya, F. D. (2014). Gastronomi turizminde Türk mutfağının önemi. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 2(2), 62-66.

Çapkın, T., (2014). *Deneysel sıçan hiperokzalüri modelinde Viburnum opulus'un (Gilaburu) etkilerinin araştırılması*. Tıpta Uzmanlık, Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Üroloji Ana Bilim Dalı, Isparta.

Çifteci, T., (2021). *Gilaburu (Viburnum opulus)'nun üreter taşlarının medikal ekspulsiyonundaki etkileri*. Tıpta Uzmanlık, Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Üroloji Ana Bilim Dalı, Isparta.

Dinç, M., Aslan, D., İçyer, N. C., & Çam, M. (2012). Gilaburu suyunun mikroenkapsülasyonu. *Elect J Food Technol, 7*(2), 1-11.

Erdem, G., Kesik, V., Honca, T., Özcan, A., Uğuz, S., Akgül, E. Ö., & Bayrak, Z. (2016). Antinephrolithiatic activity of Persea americana (avocado) and Viburnum opulus (guelder rose) against ethylene glycol-induced nephrolithiasis in rats. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines, 13*(2), 110-119.

Ersoy, N., Ercisli, S., & Gundogdu, M. (2017). Evaluation of European Cranberrybush (Viburnum opulus L.) genotypes for agro-morphological,

biochemical and bioactive characteristics in Turkey. *Folia Horticulturae*, *29*(2), 181-188.

Ersoy, N., Ercisli, S., & Gundogdu, M. (2017). Evaluation of European Cranberrybush (Viburnum opulus L.) genotypes for agro-morphological, biochemical and bioactive characteristics in Turkey. *Folia Horticulturae, 29*(2), 181-188.

Hayta, M., Şeker, İ. T., Uçar, B. (2010). *Gilaburu Posasının Kek Kalitesine Etkisi*. Bilimsel Araştırma Projesi, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi.

İlhan, M., Ergene, B., Süntar, I., Özbilgin, S., Saltan Çitoğlu, G., Demirel, M. A., & Küpeli Akkol, E. (2014). Preclinical evaluation of antiurolithiatic activity of Viburnum opulus L. on sodium oxalate-induced urolithiasis rat model. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.

Jiang, Y., Satoh, K., Watanabe, S., Kusama, & K., Sakagami, H. (2001). Inhibition of chlorogenic acid-induced cytotoxicity by CoCl2. *Anticancer research*, *21*(5), 3349-3353.

Jin, U. H., Lee, J. Y., Kang, S. K., Kim, J. K., Park, W. H., Kim, J. G., & Kim, C. H. (2005). A phenolic compound, 5-caffeoylquinic acid (chlorogenic acid), is a new type and strong matrix metalloproteinase-9 inhibitor: isolation and identification from methanol extract of Euonymus alatus. *Life sciences*, *77*(22), 2760-2769.

Kajszczak, D., Zakłos-Szyda, M., & Podsędek, A. (2020). Viburnum opulus L.—A review of phytochemistry and biological effects. *Nutrients*, *12*(11), 3398.

Karaçelik, A. A., Küçük, M., Iskefiyeli, Z., Aydemir, S., de Smet, S., Miserez, B., & Sandra, P. (2015). Antioxidant components of Viburnum opulus L. determined by online HPLC–UV–ABTS radical scavenging and LC–UV–ESI-MS methods. *Food Chemistry*, *175*, 106–114.

Karakeçi, N. (2022). *Ratlarda amiodaron kaynaklı karaciğer ve böbrek toksisitesi üzerine gilaburu (viburnum opulus L.)'nun etkisi.* Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Histoloji ve Embriyoloji Ana Bilim Dalı, Isparta.

Kirazli, S., & Tunca, S. (2022). NISIN and gilaburu (Viburnum opulus L.) combination is a cost-effective way to control foodborne Staphylococcus aureus. *Food Control*, *142*, 109213.

Klenow, S., &Glei, M. (2009). New insight into the influence of carob extract and gallic acid on hemin induced modulation of HT29 cell growth parameters. *Toxicology in vitro*, *23*(6), 1055-1061.

Kraujalyte, ˙ V., Leitner, E., & Venskutonis, P. R. (2012). Chemical and sensory characterisation of aroma of Viburnum opulus fruits by solid phase microextractiongas chromatography–olfactometry. *Food Chemistry, 132*(2), 717–723.

Kraujalytė, V., Leitner, E., & Venskutonis, P. R. (2012). Chemical and sensory characterisation of aroma of Viburnum opulus fruits by solid phase microextraction-gas chromatography–olfactometry. *Food Chemistry, 132*(2), 717-723.

Liang, Y.C, LinShiau, S.Y, Chen, C.F, & Lin, J.K. (1999). *J. Cell. Biochem.*, 75:1-12.

Ma, B. L., & Liang, S. F. (2003). Progress report on extraction and separation of chlorogenic acid from eucomiaulmoides. *Shaanxi Forest Science and Technology, 4*, 74-79.

Mori, H., Tanaka, T., Shima, H., Kuniyasu, T., & Takahashi, M. (1986). Inhibitory effect of chlorogenic acid on methylazoxymethanol acetate-induced carcinogenesis in large intestine and liver of hamsters. *Cancer letters, 30*(1), 49-54.

Oraman, Y. (2015). Türkiye'de coğrafi işaretli ürünler. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 76-85.

Ömerli, A. (2016). *Sıçanlarda deneysel olarak oluşturulan böbrek taşı üzerine gilâburu (viburnum opulus) suyunun etkisi.* Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Anatomi Ana Bilim Dalı, Kayseri.

Özrenk, K., Gündoğdu, M., Keskin, N., & Kaya, T. (2011). Some physical and chemical characteristics of gilaburu (Viburnum opulus L.) fruits in Erzincan region.

Perova, I. B., Zhogova, A. A., Cherkashin, A. V., Éller, K. I., Ramenskaya, & G. V., Samylina, I. A. (2014). Biologically active substances from European guelder berry fruits. *Pharmaceutical Chemistry Journal, 48*, 332-339.

Photo by Evelien Van Den Brink on Unsplash

Prajapati, N.D., Purohit, S.S., Sharma A.K., Kumar, T. A. (2003). Handbook of Medical Plants, Agrobios, India.

Rauha, J. P., Remes, S., Heinonen, M., Hopia, A., Kähkönen, M., Kujala, T., & Vuorela, P. (2000). Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. *International journal of food microbiology, 56*(1), 3-12.

Rop, O., Reznicek, V., Valsikova, M., Jurikova, T., Mlcek, J., & Kramarova, D. (2010). Antioxidant properties of European cranberrybush fruit (Viburnum opulus var. edule). *Molecules, 15*(6), 4467-4477.

Sagdic, O., Ozturk, I., Yapar, N., Yetim, H. (2014). Diversity and probiotic potentials of lactic acid bacteria isolated from gilaburu, a traditional Turkish fermented European cranberrybush (Viburnum opulus L.) fruit drink. *Food Research International, 64*, 537–545.

Sağdiç, O., Aksoy, A., Özkan, G. (2006). Evaluation of the Antibacterial nad Antioxidant Potentials of Cranberry (Gilaburu, Viburnum opulus L.) Fruit Extract. Acta Alimentarias, 35 (4): 487–492.

Sağlam, F. (2007). *Antosiyanince zengin dut, kiraz ve gilaburu meyvelerindeki fenolikler ve antioksidan kapasitesi üzerine reçel yapım işleminin etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

Saltan, G., Süntar, I., Ozbilgin, S., Ilhan, M., Demirel, M. A., Oz, B. E., Akkol, E. K. (2016). Viburnum opulus L.: A remedy for the treatment of endometriosis demonstrated by rat model of surgically-induced endometriosis. *Journal of ethnopharmacology*, *193*, 450-455.

Shange, N. C. (2016). The efficacy of a phytotherapeutic complex (Angelica sinensis, Dioscorea villosa, Matricaria chamomilla, Viburnum opulus and Zingiber officinalis) compared with homoeopathic similimum in the treatment of primary dysmenorrhoea (Doctoral dissertation).

Taşpınar, T. (2018). *Sürdürülebilir sağlıklı ve fonksiyonel gıda üretiminde gilaburu suyu ilavesinin set tipi yoğurtların özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı.

Tsuchiya, T., Suzuki, O., Igarashi, K. (1996). Protective effects of chlorogenic acid on paraquat-induced oxidative stress in rats. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, *60*(5), 765-768.

Tuğlu, D., Yılmaz, E., Yuvanc, E., Erguder, I., Kisa, U., Bal, F., Batislam, E. (2014). Viburnum opulus: Could it be a new alternative, such as lemon juice, to pharmacological therapy in hypocitraturic stone patients?. *Archivio italiano di urologia, andrologia: organo ufficiale [di] Società italiana di ecografia urologica e nefrologica/Associazione ricerche in urologia*, *86*(4).

Ulger H, Ertekin T, Karaca O, (2012). Influence of Gilaburu (Viburnum opulus) Juice on 1,2 dimethylhydrazine (DMH)-Induced Colon Cancer. Toxicol *Ind Health, 29*(9): 824-829.

Velioglu, S.Y., Ekici, L., Poyrazoglu, E. S. (2006). Phenolic composition of European cranberrybush (Viburnum opulus L.) berries and astringency removal of its commercial juice. *International journal of food science & technology*, *41*(9), 1011-1015.

Wang, G. F., Shi, L. P., Ren, Y. D., Liu, Q. F., Liu, H. F., Zhang, R. J., Zuo, J. P. (2009). Anti-hepatitis B virus activity of chlorogenic acid, quinic acid and caffeic acid in vivo and in vitro. *Antiviral research*, *83*(2), 186-190.

Witmer, M. C. (2001). Nutritional interactions and fruit removal: cedar waxwing consumption of Viburnum opulus fruits in spring. *Ecology*, *82*(11), 3120-3130.

Witmer, M. C. (2001). Nutritional interactions and fruit removal: cedar waxwing consumption of Viburnum opulus fruits in spring. *Ecology*, *82*(11), 3120-3130.

Yel, B.Ö. (2018). Sıçanlarda deneysel kolit modelinde gilaburu'nun (viburnum opulus L.) olası tedavi edici ve koruyucu etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Ana Bilim Dalı, İstanbul.

Yıldız, R., Ekici, H. (2019). Gilaburu (Viburnum opulus L.)'nun Farmakolojik Açıdan Değerlendirilmesi. *Veteriner Farmakoloji ve Toksikoloji Derneği Bülteni*, *10*(1), 16-23.

Yılmaz, B. S., Altun, M. L., Orhan, I. E., Ergene, B., Citoglu, G. S. (2013). Enzyme inhibitory and antioxidant activities of Viburnum tinus L. relevant to its neuroprotective potential. *Food chemistry*, *141*(1), 582-588.

Yilmaz, N., Yayli, N., Misir, G., Karaoglu, S., Yayli, N. (2008). Chemical composition and antimicrobial activities of the essential oils of Viburnum opulus, Viburnum lantana and Viburnum orientala. *Asian Journal of Chemistry*, *20*(5), 3324.

Yilmaztekin, M., Sislioglu, K. (2015). Changes in volatile compounds and some physicochemical properties of European cranberrybush (Viburnum opulus L.) during ripening through traditional fermentation. *Journal of Food Science*, *80*(4), C687-C694.

Zakłos-Szyda, M., Nowak, A., Pietrzyk, N., Podsędek, A. (2020). *Viburnum opulus* L. juice phenolic compounds influence osteogenic differentiation in human osteosarcoma Saos-2 cells. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(14), 4909

BÖLÜM 14

YARDIMCI ABSORPLAYICI OLARAK OKSİN TÜREVLERİNİN KULLANILMASININ BOYA DUYARLI GÜNEŞ PİLLERİNİNE ETKİSİ

Prof. Dr. |Recep ŞAHİNGÖZ[1]

Prof. Dr. |Hatice KANBUR ÇAVUŞ[1,2]

Öğr. Gör.|Caner İLDEŞ[3]

[1]Yozgat Bozok Universitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Yozgat, Türkiye, recep.sahingoz@bozok.edu.tr, Orcid ID: 0000-0002-9525-8068
[2]Yozgat Bozok Üni., Kenevir Araştırmaları Ens., Malzeme ve Enerji Böl. Yozgat, Türkiye, hatice.kanbur@bozok.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-8525-0313
[3]Yozgat Bozok Üni., Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Yozgat, Türkiye, caner.ildes@bozok.edu.tr Orcid ID: 0000-0003-3168-935X

GİRİŞ

Güneş ışığı, yenilenebilir ve temiz bir enerjinin sınırsız şeklidir. Güneş enerjisinin ekonomik tüketimi, enerji talebini sınırsızca karşılayabilir. Güneş hücreleri, üzerine düşen güneş ışığını direkt olarak elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik aygıtlardır. Bu cihazlar güneş ışınımını alır ve elektrik enerjisine dönüştürür (Tang, 1986).

Birinci nesil güneş hücreleri, uzun yıllardır üzerinde çalışma yapılan ve günümüzde sıklıkla kullanılan yapımında silisyum (Si) ve galyum arsenik (GaAs) kullanılan hücrelerdir. Birinci nesil güneş pillerinin verimi günümüzde %35 civarındadır. Birinci nesil güneş pilleri ile ilgili sorun, üretim maliyetleri ve çevre sorunlarıdır (Conway vd., 1981)

İkici nesil güneş hücreleri aynı zamanda ince film güneş hücreleri olarak da bilinir. İkinci nesil güneş hücreleri arasında üç farklı hücre öne çıkmaktadır. Bunlar; amorf (belirli bir kristal yapısına sahip olmayan) silisyum (a-Si), kadmiyum ve tellür elementlerinden oluşan birleşik yarıiletken kadmiyum tellür (CdTe) ve bakır, indiyum, selenyum elementlerinin birleşimi olan kalkoprit yapılı CuInSe2 (CIS) bileşik yarıiletkendir. CIGS ve CdS/CdTe gibi ince filmlerinin doğada nadir bulunan In ve Te yine toksin olan Cd ve S elementlerini içermesinden kaynaklı güneş hücresi pazarında geniş bir yer tutmayacağı ön görülmektedir. Günümüzde verimleri %30 civarındadır (Tang, 1986).

Son teknoloji güneş hücreleri olarak görülen boya duyarlı güneş hücreleri (DSSCs) 1991 yılında Grätzel ve O'Regan tarafından %7 dönüşüm verimliliği ile bulunmuştur (O'Regan vd., 1991). DSSC'ler, çevre dostu olmaları, uygun maliyetli olmaları, basit imalatları ve devasa alt tabakalar üzerinde üretilebilmeleri nedeniyle üçüncü nesil güneş pili teknolojisi olarak kabul edilmektedir (Grätzel, 2001).

2. TEORİK BİLGİLER

2.1. Boya Duyarlı Güneş Pilleri (DSSC)

DSSC'lerin yapısal konfigürasyonu, Şekil 1'de gösterildiği gibi katot, boya ile duyarlılaştırılmış fotoanot ve redoks elektrolitinden oluşur. Fotoanot, TiO_2, ZnO, SnO_2, CdS, CdSe, vb yarıiletkenler ve oksitlerinden oluşan, boyayla duyarlılaştırılmış bir filmdir (Nazeeruddin vd., 2011). TiO_2 iyot içeren sıvı elektrolit karşısında zamana bağlı daha iyi dayanım göstermesi,

diğer yarıiletken oksitlerden daha yüksek performans sergilemesi ayrıca düşük maliyeti, piyasadaki bolluğu, toksin olmayan yapısı gibi nedenlerle boya duyarlı güneş hücreleri için günümüzde en iyi seçenek haline gelmiştir (Fan vd.,2011), (Jang vd., 2011), (Zeng vd., 2010). TiO_2' in DSSC'de üç temel görevi bulunmaktadır: Boyanın absorbe edilmesi için yüzey alanı oluşturmak, uyarılan boyadan gelen elektronu kabul etmek ve gelen elektronun iletken cam veya esnek yüzeye iletilmesini sağlamaktır.

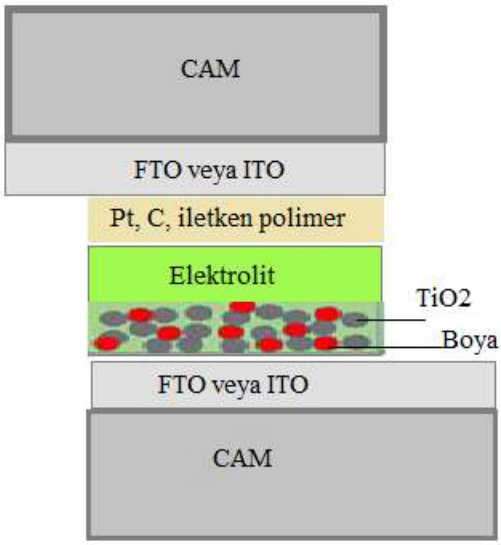
DSSC'deki duyarlılaştırıcı boyanın görevi, kimyasal bağlar ile bağlandığı yarıiletken tabakaya elektron sağlamaktır. Boya öncelikle görünür ışığı soğurur, elektronu yarıiletkene pompalar ve çözeltideki redoks çiftinden elektron kabul eder ve bu döngü sürekli tekrarlanır. DSCC'lerde çok farklı türde boyalar kullanılmaktadır. Porfirinler, polipiridiller, kumarinler, indolinler, trifenilaminler, konjüge polimerler, perilenler vb. bu sınıflar içinde yer almaktadır. Rutenyum polipiridil boyaları bugüne kadar en yüksek verim elde edilen boyalar olmalarına rağmen sistemler için çok uygun değildirler. Bu boyaları sınırlayan faktörler arasında sentezlerinin zor olması, başlangıç maddelerinin pahalı olması, molar soğurma katsayılarının düşük olması sayılabilir. Organik boyalar, rutenyum tabanlı kromoforlara göre daha yüksek molar absorpsiyon katsayısına sahiptirler ve çok modifikasyon alternatifi içerirler. Böylece istenilen aralıkta absorpsiyon yapan boyar maddelerin sentezi mümkündür (Kuang vd., 2006). Ancak günümüzde en yüksek verim hala rutenyum türevlerine aittir.

Elektrolit, içerisinde farklı iyonlar barındıran, indirgenme ve yükseltgenmenin gerçekleştiği iletken bir sıvıdır. Redoks elektrolitler, yükseltgenmiş durumdaki duyarlılaştırıcıyı indirgemek üzere, karşıt elektrottan gelen elektronları alarak boyanın HOMO seviyesine transfer etme gibi bir ara göre görev üstlenmektedir.

Kısa devre akım yoğunluğu (J_{sc}) ve açık devre voltajı (V_{oc}) elektrolite önemli ölçüde bağlıdır. Boya duyarlı güneş pillerinde en çok kullanılan elektrolit, karşıt elektrot ile foto elektrot arasındaki elektronlara aracılık eden ($I_3^-I^-$) redoks iyonlarını içerir. Boya duyarlı güneş pillerinde önemli bir sınırlama bulunmaktadır bu; ($I_3^-I^-$) redoks çiftlerini içeren elektrolitin uçuculuğu ve sıvı elektrolitin kaplaması sırasında ve sonrasında yaşanan problemlerdir. Bu sorunun çözümüne yönelik sıvı elektrolit yerine yarı katı ve katı halde elde edilen elektrolitler düşünülmüş ve üretilmiştir. Ancak sıvı

elektrolite göre katı elektrolitlerin kullanıldığı hücrelerin verimlerinin daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Nazeeruddin vd., 2011).

Katot, FTO yada ITO camı üzerine kaplanmış olan platin, karbon, ve konjüge polimerlerdir (Hashmi vd., 2011), (Kalyanasundaram vd., 1998), (Li vd., 2016). Günümüze kadar yapılan çalışmalarda en yaygın karşıt elektrotlar, mükemmel elektro katalitik aktivite ve yüksek iletkenlik sunan ince bir Pt filmin alttaş yüzeylere kaplanmasıyla oluşturulmaktadır (Hashmi vd., 2011), (Kalyanasundaram vd., 1998), (Li vd., 2016).

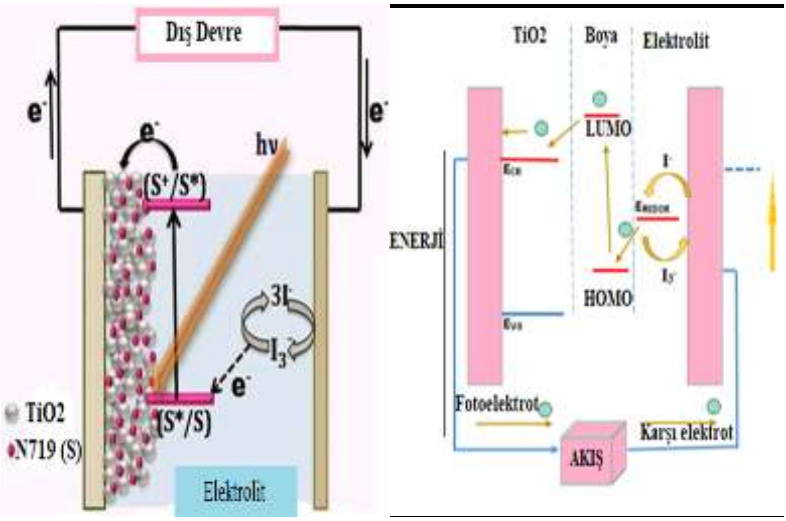


Şekil 1: DSSC'nin Bileşenleri

DSSC'den elektrik üretiminden Tablo 1'deki reaksiyonlar sorumludur (Hashmi vd., 2011), (Nazeeruddin vd., 2011). DSSC güneş ışığına maruz kaldığı anda boya molekülleri bu ışığı emer ve elektronları uyarır. Bu uyarılmış elektronlar, TiO_2'nın iletim bandına sürüklenir ve buradan difüzyon işlemiyle FTO'ya ya da ITO'ya aktarılır. Ardından harici devreden karşı elektrota akar. Boya, TiO_2'ye bir elektron verdikten sonra pozitif yüklü hale gelir. Pozitif yüklü boya elektrolitteki iyodür iyonundan bir elektron alır almaz nötr hale gelir. Oksitlenen triiyodür, karşı elektrot üzerinden yayılır ve bir elektron kazanarak tekrar iyodüre dönüşür. Böylece mevcut döngü tamamlanır (Şekil 2).

Tablo 1: Bir DSSC'de gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar

Tepkimeler	Ürün
S+hγ	S^* Foton Emilimi
S^*	$S^+ + e^-$ (TiO_2) Elektron enjeksiyonu
$2S^+ + 3I^-$	$2S + I_3^-$ Boya yenilenmesi
$I_3^- + 2e^-$(Pt)	$3I^-$



Şekil 2: DSSC Çalışma prensibi

2.2. DSSC'lerde Yardımcı Absorblayıcıların Kullanılması

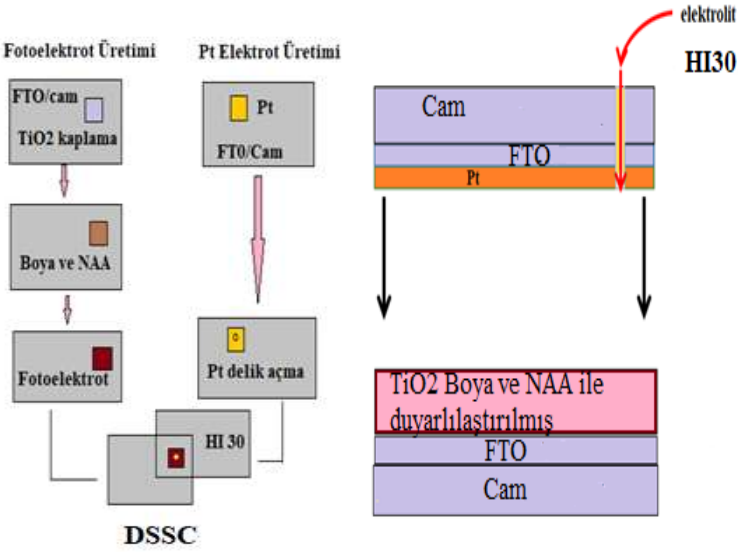
DSSC'de enerji üretim sürecinde, oksitlenmiş hassaslaştırıcı ve özellikle elektrolit içindeki redoks çiftinin oksitlenmiş türleri, istenmeyen elektron rekombinasyon reaksiyonlarının iki ana kaynağıdır. Bunlardan kaynaklanan akım kayıplarının önüne geçebilmek için çeşitli yöntemler denenmiştir. Bu yöntemlerden biri, duyarlılaştırıcı boyayla beraber yeni tür yardımcı absorblayıcıların birlikte kullanılmasıdır. Yardımcı absorblayıcılar, boya molekülleri ile rekabet halinde DSSC'lerin yarı iletken yüzeyine aynı anda aşılanan maddelerdir. Hassas bir şekilde tasarlanmış boya ve yardımcı absorblayıcılardan oluşan hibrit katman, yüzey koşullarını düzeltmeye yarar.

Yardımcı absorblayıcı olarak karboksilik asit türevleri, malonik asit türevleri ve oksin (asetik asit) türevleri gibi pekçok malzeme, farklı duyarlılaştırıcı boyar maddeler ile birlikte çalışılmıştır (Zhang vd., 2007), (Lim vd., 2011), (Kay vd., 1993). Bizim çalışmamızda rutenyum N19 boya ile yardımcı absorblayıcı olarak oksin türevlerinden 1-naftalenetik asit (NAA) kullanılarak DSSC'ler üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Oksin grubu hem doğal olarak hem de sentetik yolla üretilen bir malzemedir. Doğal olanları; 4-kloro-indolasetik asit, fenilasetik asit ve indol-3-butirik asit'ten oluşan, sentetik olanları ise 1-naftalen asetik asit, 2,4-diklorofenoksiasetik asit ve 2-Metoksi-3,6-diklorobenzoik asit gibi bileşikleri içeren bir gruptur. Bunlar hücre bölünmesi, hücre farklılaşması, kök büyümesi, damar sisteminin gelişmesi, meyvelerin gelişmesi ve bitki filizlerinin ışığa doğru bükülmesi gibi pek çok süreçten sorumlu olan tabiî hormonlardır (Matsuyoshi vd., 2013), (Xue vd., 2020), (Huang vd., 2008). Bu çalışmada bu hormonların ışığa duyarlılığı kullanılarak DSSC'lerin veriminin artırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla oksin grubu içinden NAA yardımcı absorblayıcı olarak seçilmiş ve kullanılmıştır. NAA, bitki büyüme düzenleyicisi olarak kullanılan naftalin türevleridir ve ayrıca tarım, ormancılık, tıp ve diğer alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Matsuyoshi vd., 2013), (Xue vd., 2020), (Huang vd., 2008).

3. DENEYSEL YÖNTEM

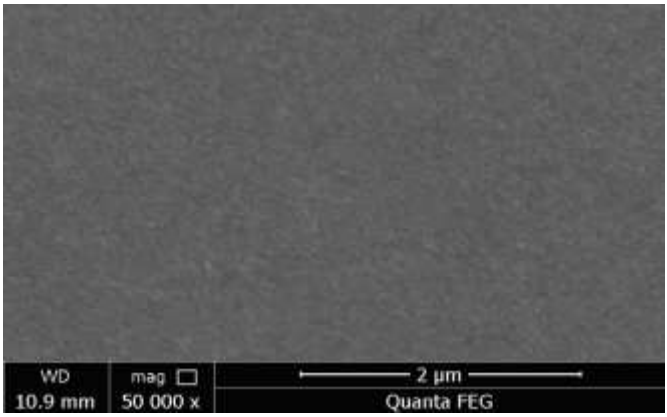
Bu çalışmada öncelikle FTO alttaş üzerine TiO_2 macunlarla hazırlanmış filmlerden biri 0.5 mM N719 boya ile hazırlanan (50:50 V) acetonitril ve t-bütanol çözeltisinde oda sıcaklığında 18 saat bekletilmiştir. Ardından 0.5 mM N719 içine 0.05 mM NAA ilave edilerek (50:50 V) acetonitril ve t-bütanol çözeltisi hazırlanmıştır. İkinci TiO_2 filmi, bu boya/NAA çözeltisinde oda sıcaklığında 18 saat bekletilmiştir. Boyadan çıkarılan TiO_2 elektrotlar alkolle yıkanıp yarım saat oda sıcaklığında kurutulmuştur. Arka elektrot olarak sputtring yöntemiyle FTO üzerine kaplanmış Pt elektrotlar kullanılmıştır. Fotoanotlar ve karşı elektrotlar, 110°C 50 μm kalınlığında film ile birleştirilmiştir. Son olarak, Pt elektrotlarda açılan ince delikten sıvı elektrolit HI-30 enjekte edilerek her iki DSSC üretimi tamamlanmıştır (Şekil 3).



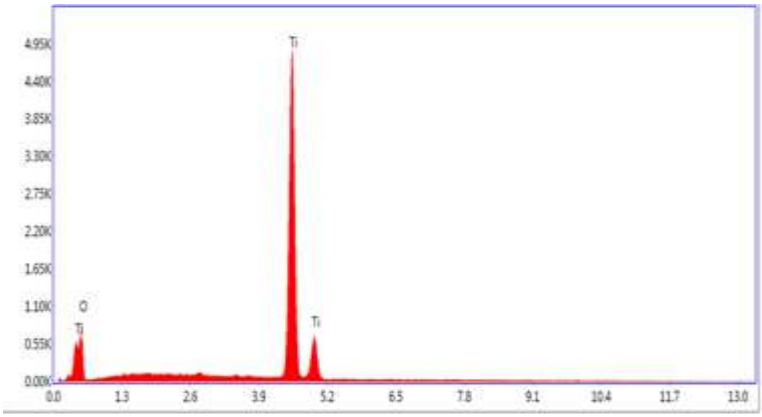
Şekil 3: DSSC Üretim aşamaları ve şematik gösterimi

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Öncelikle TiO_2 filminin mikro yapısı elektron mikroskobu (SEM) ile taranarak analiz edildi. Şekil 4' te görüldüğü gibi oldukça homojen bir kaplama görülmektedir. Şekil 5' de TiO_2'nin FTO yüzeyine iyi bir kontak sağladığını onaylamak için EDS analizi verilmiştir. Şekil 4'de Ti ve O pikleri TiO_2'nin FTO üzerine kaplandığını onaylamaktadır.

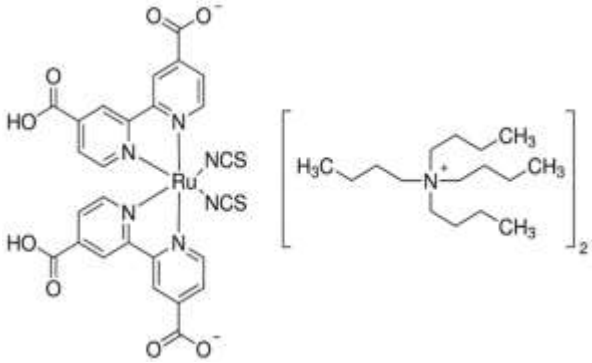


Şekil 4: Fotoanot TiO_2/FTO için SEM görüntüsü

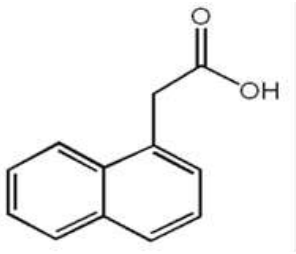


Şekil 5: TiO_2/FTO için Enerji Dağılım Spektroskopisi (EDS)

Kullanılan farklı boya çözeltileri için farklı duyarlılaştırma aşamaları literatürde mevcuttur. Genelde 12-72 saat aralığında boyada bırakılma işlemi uygulanmaktadır. Bu çalışmada boya çözeltileri içinde TiO_2 filmleri 18 saat bekletilmiştir. Şekil 6'da kullanılan N719 boyanın molekül yapısı görülmektedir. DSSC'deki boya hassaslaştırıcı, genellikle görünür ışıktaki (400-700nm) spektral bölgeyi izler; bu, DSSC'nin iç mekân ışığı altında verimli bir şekilde güç üretmesini sağlar. Çalışmamızda boya çözeltisi içine yardımcı absorblayıcı olarak NAA katılarak boyanın duyarlaştırıcı etkisini değiştirmesi neticesinde DSSC verimi üzerinde etkisi incelenmiştir. Şekil 7'de kullanılan NAA yapısal formülü görülmektedir.

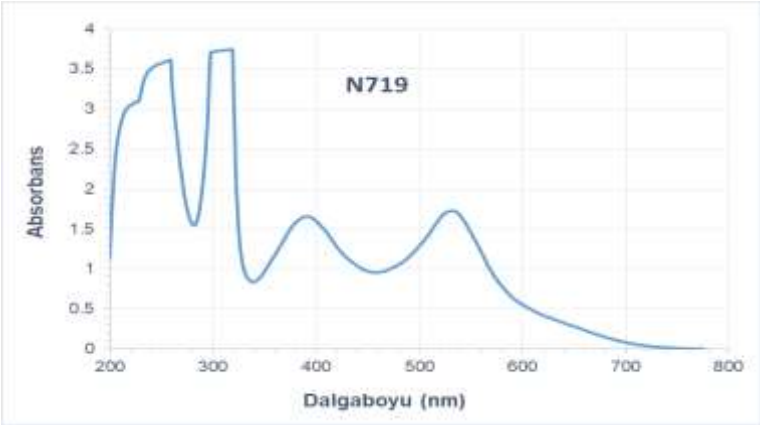


Şekil 6: N719 (Di-tetrabutylammonium *cis*-bis(isothiocyanato)bis(2,2′-bipyridyl-4,4′-dicarboxylato) ruthenium (II) Boyanın molekül yapısı

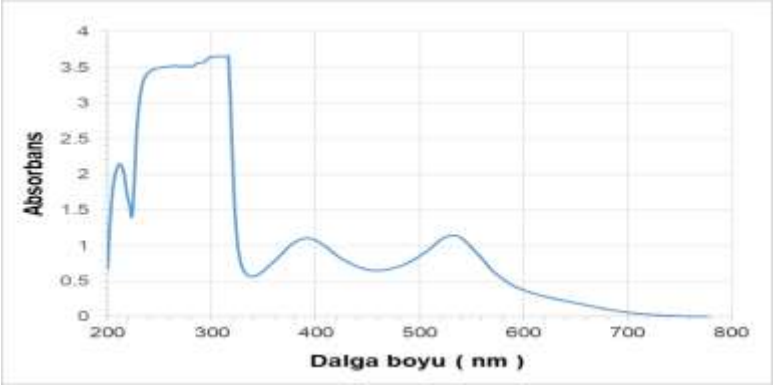


Şekil 7: 1-naftalenetik asit (NAA)'nın yapısal formülü

Şekil 8'de N719 boyanın ethanol çözeltisinde alınan absorbans eğrisi gösterilmektedir. Hazırlanan çözeltide kullanılan alkollere göre ve kullanılan boya miktarına göre soğurma spektrumu küçük farklılıklar göstermekle birlikte genelde benzer soğurma spektrumları gözlenmektedir (Weerasinghe, vd.,2010). Şekil 9'da yine ethanol içinde hazırlanan N719 ve NAA çözeltisinin absorbans eğrisi gösterilmektedir. Özellikle UV bölgede NAA'nın soğurmayı artırdığı görülmektedir.



Şekil 8: N719(Di-tetrabutylammonium *cis*-bis(isothiocyanato)bis(2,2′-bipyridyl-4,4′-dicarboxylato) ruthenium (II) Boya için UV-Vis absorbans eğrisi



Şekil 9: 0.5 mM N719 ve 0.05 mM auxin karışımı için UV-Vis absorbans eğrisi

Çalışmamızda 0.12 cm^2 aktif alana sahip sadece N719 boya ile duyarlılaştırılan DSSC için güç dönüşüm verimli % 4.12 olarak elde edilmiş ve Tablo 2'de verilmiştir. İki soğurucunun birlikte DSSC ye uygulanması, duyarlılaştırıcının tek başına olduğundan daha düzgün bir tek tabaka oluşumu sağlamıştır. Böylece TiO_2 iletim bandından elektrolite geri elektron transferi için daha etkili bir yalıtım bariyeri elde edilmiştir (Wang vd., 2003). $Ti0_2$ yüzeyinde boya ve NAA birlikte absorpsiyonunun, DSSC hücrelerinin hem fotoakımını hem de fotovoltajını iyileştirdiği gözlenmiştir. Artan fotovoltaj, enjekte edilen elektronlar ve I_3^- iyonları arasındaki rekombinasyonun baskılanmasından kaynaklanmaktadır. (Matsuyoshi vd., 2013), (Kay vd., 1993), (Wang vd., 2003). Sonuç olarak, rutenyum N719 boyasının NAA ile TiO_2 yarı iletken nanokristalleri üzerine uygun oranlarda birlikte aşılanmasının, boyaya duyarlı güneş hücrelerinin güç dönüşüm verimliliğini arttırdığı görüldü.

Tablo 2: Üretilen DSSCs için Fotovoltaik Parametreler

Fotovoltaik Parametreler	**Sadece 0.5 mM N719 boya kullanılan DSSC**	**0. 5 mM N719 ve 0.05 mM Auxin kullanılan DSSC**
J_{sc} (mA/cm2)	11.20	14.47
V_{oc} (mV)	613	619
I_{max} (mA)	1.012	1.473
V_{max} (mV)	491	478
FF (%)	0.60	0.66
η (%)	4.12	5.91

Tablo 3'te farklı boyalarla birlikte yardımcı absorblayıcı kullanılan literatürdeki bazı çalışmalar verilmiştir. Çalışmaların ayrıntıları incelendiğinde kullanılan boya türünün ve miktarının, kullanılan yardımcı absorblayıcının, hazırlanan çözeltideki çözücülerin ya da farklı foto ve karşıt elektrot kullanılmasının sonuçları etkilediği görülmektedir. Bizim çalışmamızda en iyi performansa sahip rutenyum bazlı N719 boya ile en iyi fotoanot malzemesi TiO_2 ve katot olarak Pt kullanıldığından yardımcı absorblayıcının eklenmesi ile daha yüksek % 43.45 bir verim artışı elde edilmiştir. Ayrıca çalışmamızda farklı oranlarda NAA boya çözeltisine ilave edilmiş ve en iyi sonucu veren (10:1) boya ve NAA oranında hazırlanan DSSC'nin sonuçları Tablo 4.3'de verilmiştir.

Tablo 3: Çeşitli araştırma çalışmalarında farklı Yardımcı Absorblayıcılar kullanılarak hazırlanan DSSC 'de güç dönüşüm verimlerinin kıyaslanması

Yardımcı Adsorban	**Verim (boya)**	**Verim (boya ve yardımcı adsorban)**	**Artış yüzdesi**	**Referans**
Chenodeoxycholic acid	4.98	5.70	14.5	Toor vd., 2016
diphenylphosphinic acid	5.10	5.74	12.6	Shen vd., 2011
3,4,5-Tris(dodecyloxy) benzoic acid	1.81	2.13	17.7	Toor vd., 2016
6-guanidinohexanoic acid hydrochloride	7.20	7.80	7.69	Zhang vd., 2007
4-guanidinobutyric acid hydrochloride	7.20	8.30	15.3	Zhang vd., 2007
Azobenzenecarboxylic acid	4.30	5.20	20.9	Ardakani vd., 2019
Phenylmalonic acid	6.90	7.80	13.0	Matsuyoshi vd, 2013
hexadecylmalonic acid	7.20	7.80	7.69	Wang vd., 2003
1-Naphthylacetic acid	4.12	5.91	43.45	**Bu çalışma**

5. SONUÇ

DSSC'lerin verimini etkileyen pek çok parametre vardır. Uygun alttaş seçimi ve bunlara uygun temizleme prosedürleri, uygun fotoelektrot seçimi, farklı arka elektrot oluşturma teknikleri, kullanılan boya ile yardımcı absorblayıcı seçimi, kullanılan elektrolit çözeltisi, çalışılan ortam koşulları vb.

değiştirildiğinde verim oldukça değişmektedir. Bu nedenle daha ucuz, daha uzun ömürlü ve daha verimli DSSC'ler üretmek için çalışmalar tüm dünyada artarak devam etmektedir.

Bu çalışmada fotoelektrot olarak öncelikle günümüzde en yüksek verim sağlayan TiO_2 kullanılmıştır ve boya çözeltisinin içine oksin türevi sentetik NAA eklenerek DSSC'nin verimi üzerinde iyileştirici etkileri araştırılmıştır. NAA soğurucu etkisi bilindiğinden iki soğurucunun birlikte DSSC ye aşılanması ile duyarlılaştırıcının tek başına tutunduğundan daha sıkı bir şekilde paketlenmesiyle TiO_2 iletim bandından elektrolite geri elektron transferi için daha etkili bir yalıtım bariyeri sağlanması amaçlanmıştır. Böylece $Ti0_2$ yüzeyinde boya ve NAA'nın birlikte absorpsiyonunun, DSSC hücrelerinin hem fotoakımını hem de foto voltajını iyileştirdiği gözlenmiştir. Sonuç olarak, rutenyum N719 boyasının NAA ile TiO_2 yarı iletken nanokristalleri üzerine uygun oranlarda birlikte aşılanmasının, boyaya duyarlı güneş hücrelerinin güç dönüşüm verimliliğini arttırdığı gözlenmiştir.

KAYNAKÇA

Ardakani M. M., Arazi R. (2019) Improving the effective photovoltaic performance in dye-sensitized solar cells using an azobenzenecarboxylic acid-based system. *Heliyon* 5,1-15.

Conway, E.J., Walker, G.H., Heınbockel, J.H.(1981) A thermochemical model of radiation damage and annealing applied to GaAs Solar Cells. *Fifteenth IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, 1, 38-44.

Fan, K., Gong, C., Peng, T., Chen, J., Xia, J., et al. (2011) A novel preparation of small TiO_2 nanoparticle and its application to dye-sensitized solar cells with binder-free paste at low temperature. *Nanoscale*, 3, 3900.

Grätzel, M. (2001) Photoelectrochemical cells. *Nature*, 414 (6861), 338-344.

Hashmi, G., Miettunen, K., Peltola, T., Halme, J., Asghar, I., Aitola, K., Toivola, M., Lund, P.(2011) Review of materials and manufacturing options for large area flexible dye solar cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 3717–3732.

Huang W., Qu W., and Zhu D. (2008).Electrochemistry and Determination of 1-Naphthylacetic Acid Using an Acetylene Black Film Modified Electrode Bull. Korean Chem. Soc. 29, 1323.

Jang, Y.W., Kim, Y.K., Won, H.W., Cho, D.H., et al. (2011) Preparations and Characterizations of TiO2 Pastes for Flexible Dye-Sensitized Solar Cells. *Mol. Cryst. Liq. Cryst.*, 538, 240.

Kalyanasundaram, K., Grätzel, M. (1998) Applications of functionalized transition metal complexes in photonic and optoelectronic devices. *Coordination Chemistry Reviews*, 177, 347-414.

Kay A. and Grätzel M. (1993) Artificial photosynthesis. 1. Photosensitization of titania solar cells with chlorophyll derivatives and related natural porphyrins, Journal of Physical Chemistry, 97, 6272.

Kuang, D., Ito, S., Wenger, B., Klein, C., Moser, J.E., Humphry-Baker, R., Zakeeruddin, S. M., Gratzel, M. (2006) High Molar Extinction Coefficient Heteroleptic Ruthenium Complexes for Thin Film Dye-Sensitized Solar Cells. *Journal of American Chemical Society*, 128, 4146-4154.

Li, Y., Carretero-Palacios, S., Yoo, K., Hak Kim, J., Jime´nez-Solano, A., Lee, C.H., Mı´guez, H., Jae Ko, M. (2016) Maximized performance of dye solar cells on plastic: a combined theoretical and experimental optimization approach, *Energy Environ. Sci.*, 9, 2061-2071.

Lim J., Kwon Y. S., and Park T. (2011) Effect of coadsorbent properties on the photovoltaic performance of dye-sensitized solar cells. Chemical Communications, 47, 4147.

Lin C. L., Chu C. M. (2014) A study on the effects of siloxane derivatives as Coadsorbents on the performance of dye-sensitized solar cells. Energy Procedia 61, 842-845.

Matsuyoshi H., Tomita H., Nishino H., Sakamoto H., Manabe K. (2013) The Effects of Malonic Acid Derivatives and Acetic Acid Derivatives as Coadsorbents on the Photovoltaic Performance of Dye-Sensitized Solar Cells. International Journal of Photoenergy, special issue, 1-6.

Moranderia A. Lopez-Duarte I., et al. (2009) Ru(II)-phthalocyanine sensitized solar cells: the influence of coadsorbents upon interfacial electron transfer kinetics. Journalof Materials Chemistry, 19, p. 5016.

Nazeeruddin, M.K., Baranoff, E., Grätzel, M. (2011) Dye-sensitized solar cells: A brief overview. *Solar Energy*, 85, 1172–1178.

Oregan, B., , M. (1991) A Low-Cost, High-Efficiency Solar-Cell Based on Dye-Sensitized Colloidal TiO2 Films. *Nature*, 353 (6346), 737-740.

Shen H., Lin H., Liu Y., Li X., Zhang J., Wang N., Li J. (2011) A novel diphenylphosphinic acid coadsorbent for dye-sensitized solar cel. Electrochimica Acta 56 ,2092–2097.

Tang, C.W. (1986) Layer organic photovoltaic cell. *Applied Physics Letters*, 48, 183-185.

Toor R.A., Sayyad M.H., Nasr N., Sajjad S., Shah S.A.A., Manzoor T. (2016) Efficiency enhancement of dye sensitized solar cells with a low cost Co-adsorbant in N719 dye. *Int. J. Sustain. Energy Environ. Res.* 5,46-50.

Zeng, Q., Yu, Y., Wu, L., Qi, B., Zhi, J.(2010) Low-temperature fabrication of flexible TiO2 electrode for dye-sensitized solar cells. *Phys. Status Solidi A*, 207, 2201.

Zhang Z., Evans N., Zakeeruddin S. M., Humphry-Baker R., and Gr¨atzel M. (2007) Effects of ω-guanidinoalkyl acids as coadsorbents in dye-sensitized solar cells.

Xue L.W., Chen C., Zhao G.Q., and Yang W. Chun. (2020) Syntheses, Crystal Structures, Antimicrobial Activity and Termal Behavior of Copper(II) Complexes Derived from 1-Naphthylacetic Acid and Diamines. Acta Chim. Slov. 67, 189.

Wang P., Zakeeruddin S. M., Comte P., Charvet R., Humphry-Baker R., Gra1tzel M. (2003) Enhance the Performance of Dye-Sensitized Solar Cells by Co-grafting Amphiphilic Sensitizer and Hexadecylmalonic Acid on TiO2 Nanocrystals. *J. Phys. Chem. B*, 107, 14336-14341.

Weerasinghe, H.C., Sirimanne, P.M., Franks, G.V., Simon, G.P., Cheng, Y.B.(2010) *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 213, 30–36.

BÖLÜM 15

ARSLANLI (SEYİTÖMER/KÜTAHYA) SAHASI BİTÜMLÜ ŞEYLLERİNDE REDOKSA DUYARLI İZ ELEMENTLER İLE ZİRKON'NUN JEOKİMYASAL DAVRANIŞLARI VE ORGANİK MADDE İLE OLAN İLİŞKİLERİ

Jeoloji Yük. Müh. | Öncü ARSLAN [1]
Prof. Dr. | Ali SARI [2]
Doç. Dr. | Berna YAVUZ PEHLİVANLI [3]

[1]Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Ankara, oncuarslan06@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-6569-235X
[2]Ankara Üni.Müh. Fak.Jeoloji Müh.Böl.,Gölbaşı Yerleşkesi 50.Yıl Kampüsü. Gölbaşı/Ankara, sari@eng.ankara.edu.tr https://orcid.org/0000-0001-6289-3332 Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, Ankara, oncuarslan06@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-6569-235X
[3] Yozgat Bozok Üni.Müh.-Mimarlık Fak.Jeoloji Müh.Böl./Yozgat, berna.yavuz@yobu.edu.tr, https://orcid.org/0000-0003-0127-8525

GİRİŞ

Çalışma bölgesi Seyitömer (Kütahya) ilçesi sınırları içerinde yer alan Arslanlı sahasıdır. Bu sahada tabanda oldukça kalın bir kömür çökelimi mevcut olup, üzerine yaklaşık 20 m kalınlığında organik maddece zengin bitümlü marn ve şeyller gelmektedir.

Bitümlü kayaçların element içerikleri onların mineralojik bileşimleri ve organik madde miktarlarıyla çok yakından ilişkilidir. Örneğin, karbonat minerallerince daha zengin olan bitümlü marnların redoksa duyarlı elementler olan Vanadyum (V), Uranyum (U), Nikel (Ni), Kobalt (Co) ve Bakır'ca (Cu) zenginliği bitümlü şeyllere göre son derece düşüktür. Bitümlü kayaçların element zenginlikleri ayrıca depolanma ortamlarının redoks şartlarıyla da çok yakından ilişkilidir. Redoksa duyarlı element zenginleşmeleri oksijenli ortamlarda oluşmamaktadır. Elementler genellikle yarı oksijenli olarak tanımlanan disoksik/suboksik ortamlarda ise zenginleşme kısmen, minimum oksijenli sülfidik indirgen (anoksik) ortamlarda fazla ve oksijensiz tam sülfidik (öksinik) ortamlarda ise çok daha fazla zenginleşirler. Ortamın fizikokimyasal şartlarına duyarlı elementler tercihen organik maddeye, pirit'e, ve mangan oksi/hidroksitlere absorpsiyon ve/veya adsorpsiyon ile katılarak zenginleşmektedir. Bu nedenle, bir sahadaki bitümlü kayacın redoksa duyarlı element zenginleşmesi onun depolanma ortamının redoks koşulları ve organik madde bolluğu hakkında bize önemli bilgiler sağlar. Her çökel havzasında bitümlü kayaçların organik madde ve element zenginleşmesi aynı değildir. Bu farklılığın sebebi her havzanın farklı redoks koşullarına sahip olmasıdır. Çeşitli araştırmacılar element oranlarını kullanarak depolanma ortamlarının redoks koşullarını anlamaya çalışmışlardır. Jones ve Wignall (1994)'e göre örn; V/Cr, Ni/Co, U/Th birbirinden bağımsız olarak redoks göstergesi olarak kullanılamaz. Jones ve Manning (1994), Hatch ve Leventhal (1992) ve Rimmer (2004)'e göre U/Th, V/Cr, Ni/Co ve V/(V+Ni) gibi redoks belirteçler tek tek güvenilir olarak kullanılamaz, ancak bunlar topluca düşünülmelidir. Phanerozoik sırasında (Hatch ve Leventhal, 1992; Jones ve Manning, 1994; Rimmer, 2004) ve geç Prekambriyen döneminde denizel sedimanların çökelmesi sırasında redoks koşulunun göstergesi olarak V/(V+Ni) oranı kullanılmıştır (Guo vd., 2007). Çökeltilerin kimyasal olarak değiştirilmesinin V ve Ni' nin mutlak konsantrasyonunu değiştirebileceği ancak oranının sabit kalacağı ve en azından kısmen çökelme sırasında redoks potansiyeli ile

kontrol edildiği belirtilmiştir (Lewan, 1984). Bu çalışmada; Arslanlı sahasında yüzeyde kendiliğinden yanmakta olan bitümlü kayaçların redoksa duyarlı element zenginleşmelerinin nedenlerini, birbirleriyle olan jeokimyasal ilişkilerini ve organik madde ile olan yakınlığını ayrıntılı olarak açıklayacağız. Ayrıca, pek çok bilimsel çalışmada detritik kökenli olarak ifade edilen olan zirkon elementinin bu çalışmada organik madde ile olan ilişkisini de ortaya koyacağız.

2. MATERYAL VE METOD

Seyitömer Formasyonuna ait bitümlü kayaçlar çok zengin bitüm içerikleri nedeniyle havanın oksijeni ile kolaylıkla kendiliğinden tutuşarak yanarlar ve okside olurlar. Bu çalışmada incelenen 14 adet bitümlü kayaç numunesi Seyitömer Formasyonunun atmosferle temas etmeyen yüzeyden yaklaşık 25-30 cm altındaki temiz bir katmandan alınmıştır. Uygun numune alma teknikleri kullanılarak kontamine olmayacak şekilde paketlenerek muhafaza edildi. Jeokimyasal analizler için numuneler öğütülerek toplam organik madde miktarlarını belirlemek için Rock-Eval piroliz analizi, Türkiye Petrolleri'nin (TP) Jeokimya Araştırma Laboratuvarlarında Rock Eval-VI cihazı ile yapılmıştır. Standart olarak IFP 160000 (Institüt Français Petrole) kullanıldı. Öreklerin inorganik element içerikleri için Yozgat Bozok Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde İndüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometrisi (ICP-MS) cihazı kullanılarak element içerikleri gerçekleşti.

3. JEOKİMYASAL İNCELEMELER

3.1. Redoksa Duyarlı ElementlerinJeokimyasal Davranışları

Redoksa duyarlı elementler su kolonundan çökeller içerisine farklı şekillerde taşınır ve sedimentlerde zenginleşirler.

Bu taşınma şekilleri;

1-Organik maddeye absorb veya adsob olarak,

2-Metal sülfidler şeklinde örn.,FeS_2,CuS, ZnS vb.,

3-Pirit üzerine absop veya adsob olarak,

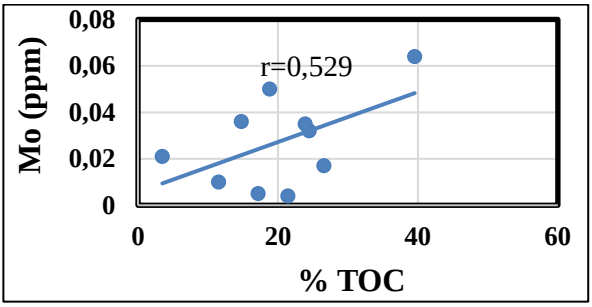
4-Mangan oksit/hidroksitler üzerine absorb veya adsob şeklinde olur.

Redoksa duyarlı elementlerin bitümlü kayaçlar içerisindeki zenginleşmelerinde organik madde miktarı, ortamın sülfidik şartlarda olmasının yanında mangan oksihidroksitlerde önemli rol oynamaktadır.

İz elementler, oksijence fakir ve sülfürce zengin indirgen şartlarda sedimentlerin çökeltilmesi sırasında pirit oluşumu ileorantılı olarak piritler içerisinde zenginleşebilirler. Cu, Ni, Zn, Co, Mo gibi bu elementler organik madde (OM) ve pirit ile ilişkili olarak da tortularda tutulabilir (Tribovillard vd., 2006). Pirit içine dahil edilebilen ağır metaller (örn. Cu, Ni, Co), oksianyonik elementler (örn. Mo), Zn-sülfür inklüzyonları olarak ortaya çıkan elementler (örn. Zn) ve silikatlar veya organik inklüzyonlar (örn. V) olarak ortaya çıkan elementlerdir (Gregory vd., 2015).

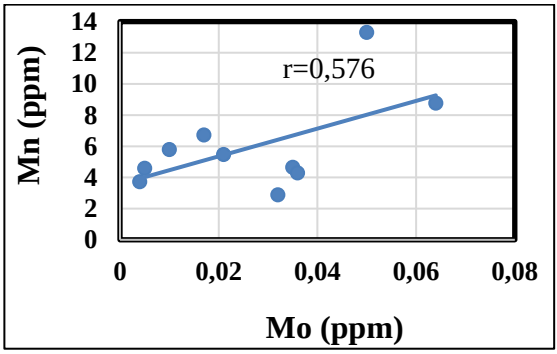
3.2. Molibden'nin Jeokimyasal Davranışı

Molibden, paleoredoks koşullarının yeniden yapılandırılmasında çok kullanışlıdır. Algeo ve Lyons, (2006)'ya göre modern öksinik ortamlarda, Mo genellikle TOC ile pozitif korelasyon göstermesine rağmen, zenginleşme derecesi Mo miktarına kesinlikle bağlıdır. Mo/TOC oranı, havza kısıtlamasının derecesi ve derin su yenilenmesinin zaman çizelgesi gibi hidrografik özelliklere ilaveten, yaşlı şeyllerin gömülmesi sırasındaki termal süreçler vasıtasıyla seçici organik karbon kaybının farklı derecelerini de yansıtabilir (Wild vd., 2004). Molibdat (MoO_4^{-2}) oksik koşullarda çökelirken, otojenik Mo ise öksinik koşullarda çözünmüş sülfürlerin, molibdatı (MoO_4^{-2}) tiyomolibdatlara dönüşerek serbest hidrojen sülfür (H_2S) ile çökelir. Organik madde çökelirken sedimanların içine Mo geçer ve su kolonundaki Mn ve Fe-oksihidroksit (MnOOH, FeOOH) formunda güçlü bağ yapar (Tribovillard vd.,2006; Algeo ve Tribovillard, 2009; Tribovillard vd., 2012). Aslanlı sahasındaki öreklere ait Mo ile TOC arasındaki orta pozitif korelasyon (r=0,529) Mo çökeliminde organik maddenin etken olduğunu gösterir. Bu durum, Mo'nin sapropelik çamurlar içerisine taşınırken organik maddeye absorp ve/veya adsorp olduğuna ve çökelme ortamının redoks koşulunda sülfürlü olduğuna işaret eder (Şekil 1).



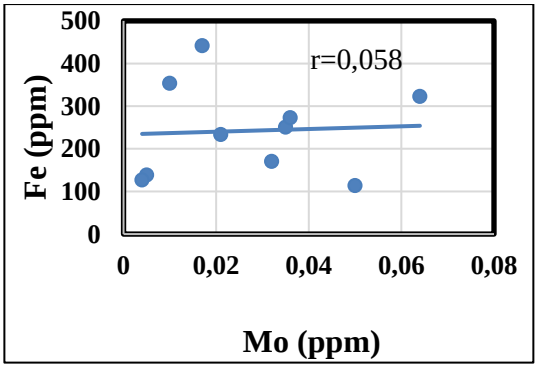
Şekil 1: Mo elementi ile %TOC arasındaki korelasyon

Molibden, oksijence zengin sularda MoO_4 formunda içinde Mo^{6+} olarak bulunur ve organik madde ile absorbe edilir zenginleşebilir. Anoksik koşullar ise Mo, sülfürlenmiş organik madde ile Mo^{4+}'e indirgenir (Tribovillard vd., 2004). Molibden, ortalamanın üstünde bir değer gösterdiğinde plaeo-redoks ortamlarını tanımlamak için kullanılır (Rowe vd., 2012). Oksik koşullar altında Mo genellikle Mn-oksihidroksitler tarafından sediment yüzeyinde kolayca yakalanır, ancak alt oksik koşullar altında önemli bir zenginleşme sağlanamaz (Bertine ve Turekian, 1973; Berrang ve Grill, 1974; Calvert ve Pedersen, 1993; Crusius vd., 1996). Normal oksijence zengin doğal sularda, molibden, iki değerli molibdat (MoO_4^{2-}) anyonu olarak bulunur (Tribovillard vd., 2006). Molibdat (MoO_4^{2-}) anyonu, disoksikten anoksik şartlara indirgendikten sonra Mn-oksihidroksit formunda adsorbe olarak zenginleşebilir. Mo, Fe-sülfidler ile oksik deniz ortamlarında Mn-oksihidroksitlerle birlikte zenginleşebilir (Scott ve Lyons, 2012). Mn-Fe redoks döngüsü, Mo zenginleşmesinde önemli bir rol oynayabilir. Bunlar, su kolonundaki Mn-Fe oksihidroksitler molibdat (MoO_4^{2-}) anyonlarını adsorbe edebilir, bu molibdat anyonları daha sonra indirgeyici koşullar altında süpürülerek tortuya salıverilirler. Çalışma alanımıza ait örneklerde Mn ile Mo arasında orta dereceli korelasyon olması (r=0,576) Mo'nin çökeliminde Mn-oksihidroksit komplekslerinin etkisinin de olduğunu gösterir (Şekil 2).



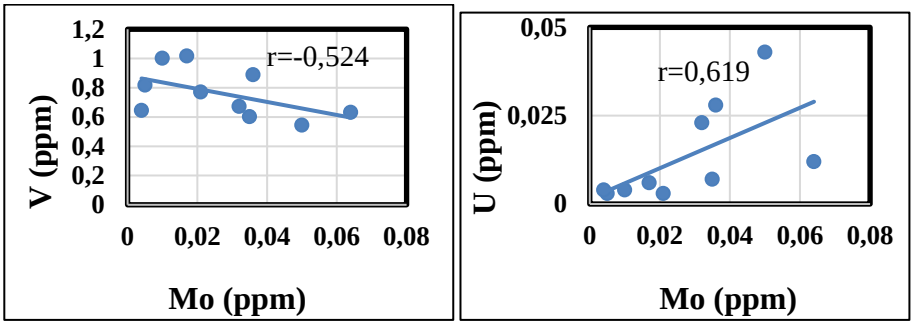
Şekil 2: Mo ile Mn elementleri arasındaki korelasyon

Öksinik veya H_2S bakımından zengin sularda Mo'nin belirgin miktarlarda tortu içine otojenik zenginleştirme gösterebilir. Bu nedenle pirit ve organik moleküllerle yakın bir ilişkisi söz konusudur. Aslanlı sahasına ait bitümlü örneklerde Mo ile Fe elementi arasında çok zayıf korelasyon (r=0,058) ilişkisinin olması, Fe'in indirgen ortamlarda pirit şeklinde çökeldiği varsayıldığında Mo'nin çökeliminde pirit'in hiç bir etkisinin olmadığına işaret eder (Şekil 3).



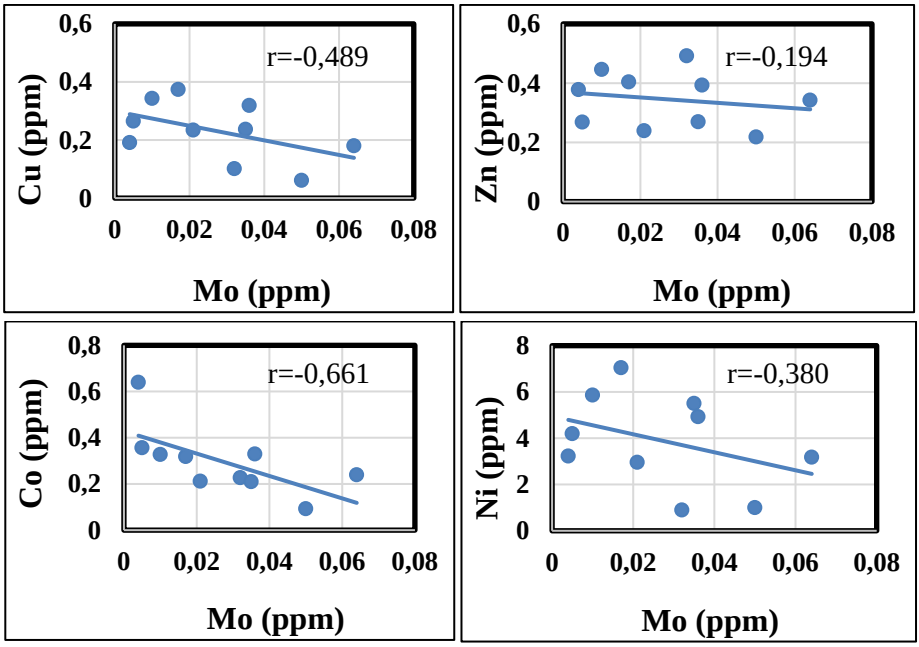
Şekil 3: Fe ile Mo elementleri arasındaki korelasyon

Molibden suboksik, anoksik ve öksinik koşullarda genellikle U ve V'la birlikte zenginleşir. Ancak, incelediğimiz numunelerde Mo'nin V'la korelasyonu (r=-0,524) negatif olmasına rağmen, U'la olan kuvvetli pozitif korelasyonu (r=0,619) Mo'nin bitümlü çökeller içerisindeki zenginleşmesinde U'la benzer jeokimyasal süreçleri takip ederken, V'la farklı süreçleri takip ettiğine işaret eder (Şekil 4).



Şekil 4: Mo ile U ve V elementleri arasındaki korelasyon

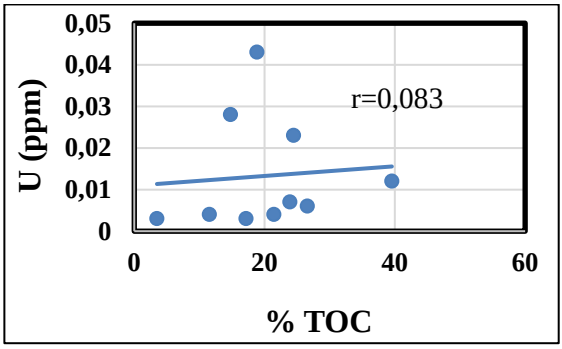
Suboksik, anoksik ve öksinik koşullarda genellikle bitümlü kayaçlarda Mo, V, Cu, Ni, Zn, Co zenginleşmeleri görülür. Ancak, incelediğimiz numunelerde Mo'nin Cu (r=-0,489), Zn (r=-0,194), Co (r= -0,661) ve Ni'le (r = -0,380) olan çok zayıf korelasyonları Mo'nin Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarındaki zenginleşmesinde Cu, Zn, Co ve N ile benzer jeokimyasal süreçleri takip etmediğini göstermektedir (Şekil 5).



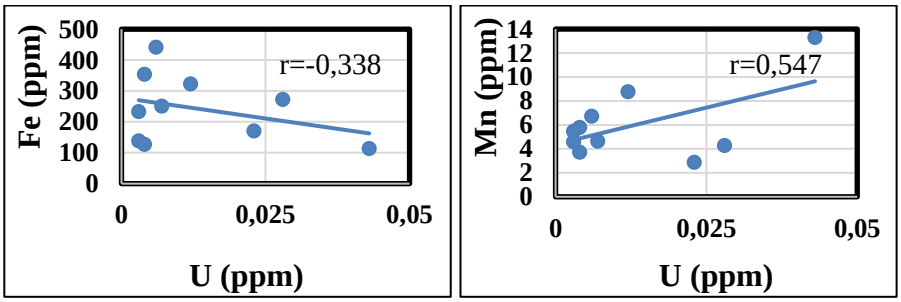
Şekil 5: Mo ile Cu, Zn, Co ve Ni elementleri arasındaki korelasyon

3.3. Uranyum'un Jeokimyasal Davranışı

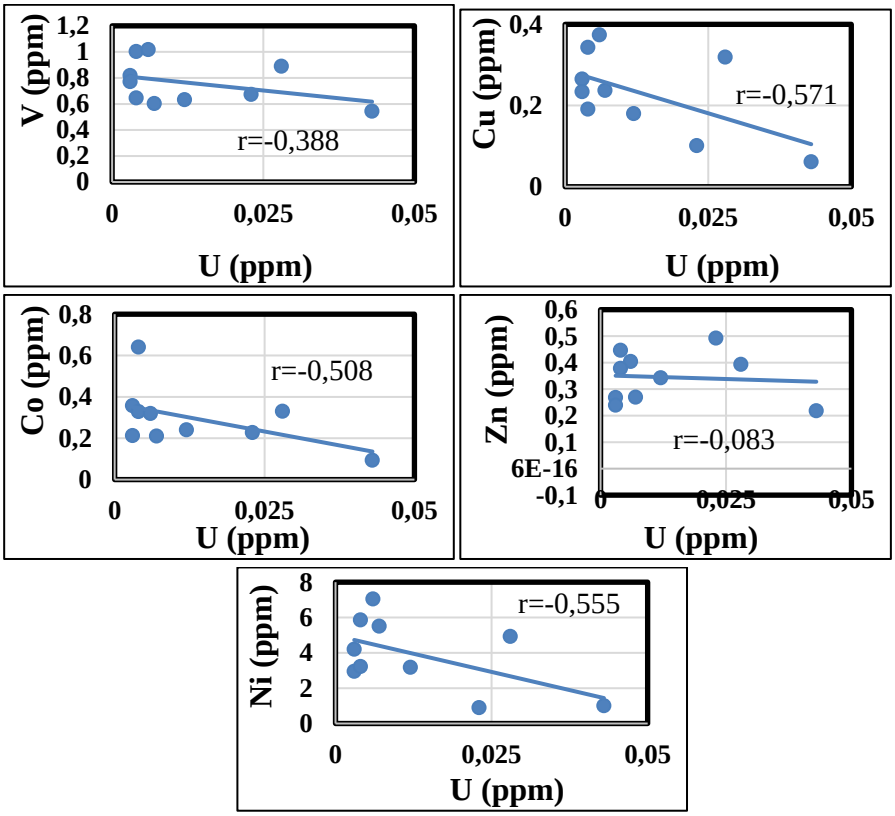
Uranyum, U(VI)'dan U(IV)'e anoksik koşullarda indirgenmektedir. U genellikle anoksik (sülfidik olmayan) fasiyeslerde organik karbon ile iyi bir korelasyon gösterir (Algeo ve Maynard, 2004; Tribovillard vd., 2006). Anoksik koşullarda U, humik asitlerde organik-metal ligandlar oluşturur ve UO_2 çökelmesi ile U^{4+} olarak su sütununda serbestleşir (Calvert ve Pedersen, 1993; Algeo ve Maynard, 2004). Yerel redoks koşulları organikce zengin çökellerde U zenginleştirmelerinin büyüklüğü üzerinde belirgin bir kontrol sağlar. İndirgen koşullar altında U'nun UO_2, U_3O_7 veya U_3O_8 olarak çökelmesi ve organik maddeye adsorpsiyonunu, çözünür haldeki U(VI) tortu-su ara yüzeyinin altında çözünmeyen U(IV)'e indirgendiği için artar. (Tribovillard vd., 2006; Algeo ve Tribovillard, 2009). Aslanlı sahasına ait bitümlü numunelerde U ve TOC arasındaki zayif pozitif korelasyon (r= 0,083) çökelme ortamında U'un zenginleşmesinde organik maddenin etken olmadığına işaret eder (Şekil 6).



Şekil 6: U elementi ile %TOC arasındaki korelasyon



Şekil 7: U ile Fe ve Mn elementleri arasındaki korelasyon



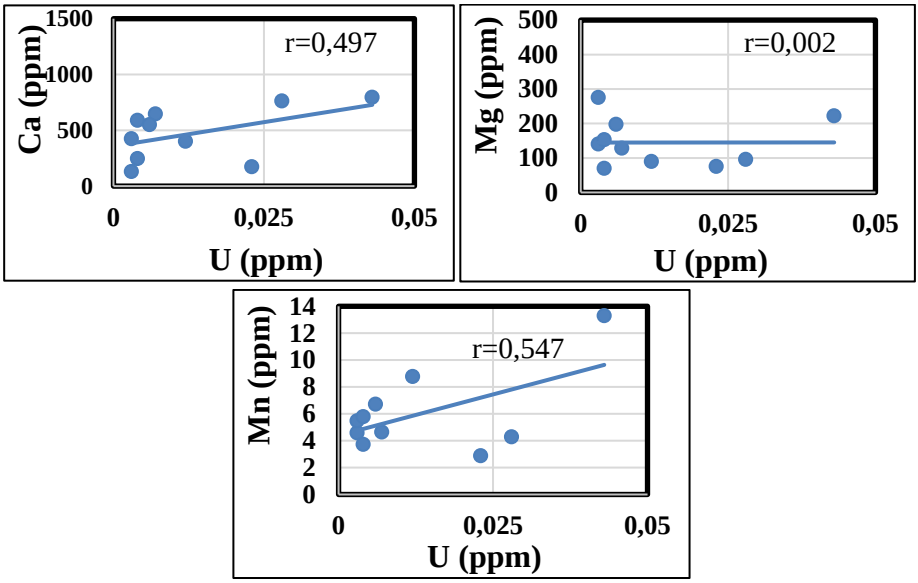
Şekil 8: U ile V, Cu, Zn, Ni ve Co elementleri arasındaki korelasyon

Langmuir (1978)'e göre yüzey ortamlarında U'nun iki değerlik durumu vardır: indirgenmiş ve çözünmez U(IV) ve oksitlenmiş ve çözünür U(VI). Nehirler, U'un deniz suyundaki başlıca kaynağıdır (Dunk vd.,2002). Aslanlı sahasına ait bitümlü numunelerde U'la Mn (r=0,547) arasındaki pozitif korelasyon ilişkisi U'un sapropeller içerisine taşınmasında Mn oksihidroksitlerin etken olduğunu gösterirken, Fe'le (r =-0,338) arasındaki zayıf negatif korelasyon ilişkisi bitümlü kayaçlarındaki uranyum zenginleşmesinde Fe oksihidroksitlerin ve/veya piritin hiçbir etkisinin olmadığına işaret eder (Şekil 7).

Anoksik çökeltilerdeki indirgenmiş U(IV) birikimi, deniz suyu U'nun anoksik ortam gözenekli sularına yayılmasının ardından U(VI)'nın mikrobiyal yolla indirgenmesi ile gerçekleşir (Anderson vd., 1989; Barnes ve Cochran, 1990; Klinkhammer ve Palmer, 1991; Anderson ve Lewis, 2014). Mo'nin

tersine, çözünmüş H_2S'nin varlığı sedimanlarda U'nun gömülme oranı için çok az önemli fakat çökelti gözeneklerindeki koşulların indirgen olması çok daha önemlidir (Algeo ve Tribovillard, 2009). Aslanlı sahasına ait bitümlü örneklerde U ile Mo arasındaki kuvvetli pozitif korelasyon (r = 0,619) oramda uranyum zenginleşmesi sırasında indirgen sülfidik koşulların varlığına ve ortamın yine anoksik şartları temsil ettiğine işaret eder (Şekil 4). Suboksik kıta kenarı çökellerinde U zenginleşmesi, Mo zenginleşmesi olmadan gerçekleşebilir (Morford ve Emerson, 1999; Morford vd., 2005). İncelenen numunelerde de U'un V (r = - 0,388), Cu (r = - 0,571), Co (r = -0,508), Zn (r = - 0,083) ve Ni (r = - 0,555) gibi redoksa duyarlı olan diğer elementlerle negatif korelasyon göstermesi ve hiçbir ilişkisinin olmaması V, Cu, Co, Zn ve Ni elementlerinin Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında detritik kaynaklı olduklarına ve redoks göstergesi olarak kullanılamayacaklarına işaret eder (Şekil 8).

Uranyum suboksik ortamda çökelimi Mo'e göre daha verimli olmasına rağme, Mo ise öksinik ortamlarda daha verimlidir (Crusius vd., 1996; Morford ve Emerson, 1999; Morford vd., 2005; Algeo ve Tribovillard, 2009). Uranyum, normal olarak oksijence zengin deniz sularında karbonat anyonlarına bağlı oldukça kolay çözünen U(VI) katyonu olarak bulunur (Tribovillard vd., 2006). Çalışma alanımıza ait bitümlü örneklerde U ile Ca (r=0,497) arasındaki orta pozitif korelasyon ilişkisi uranyum çökelimi sırasında uranyumun kalsit ile ilişki kurduğuna işaret ederken, Mg'la (r = 0,002) olan çok zayıf pozitif korelasyon ilişkisi uranyumun çökelimi sırasında dolomit ile ilişki kurmadığına işaret eder (Şekil 9).

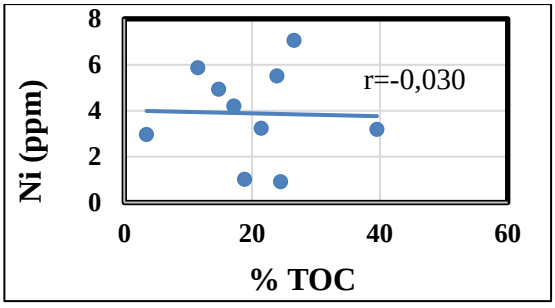


Şekil 9: U ile Ca, Mg ve Sr elementleri arasındaki korelasyon

3.4. Nikel'in Jeokimyasal Davranışı

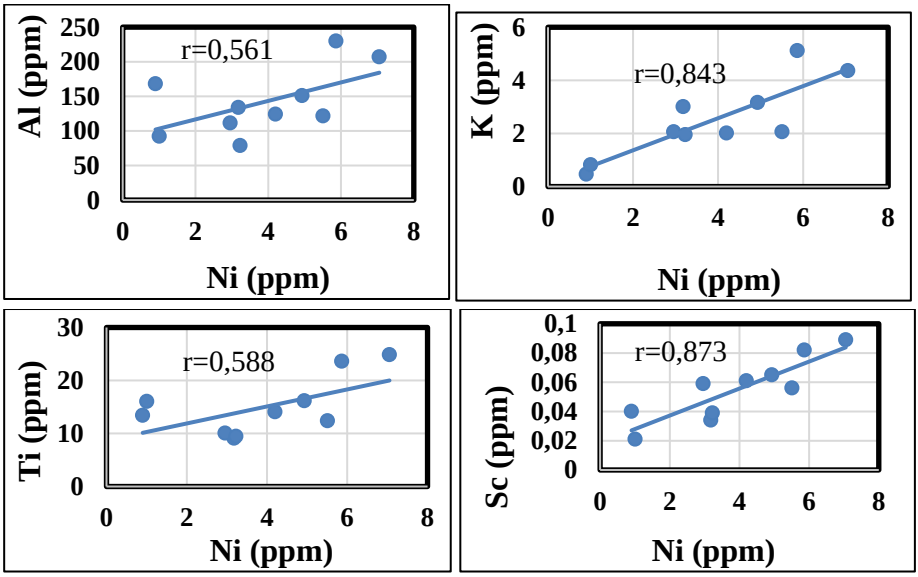
Nikel'de Co gibi sülfidik indirgen ortamlarda piritin yapısına girer veya eşit olarak dağılmış nano-çökeltilere dahil olabilir. Ni, genellikle diyajenetik piritte zenginleşme eğilimindedir (Gregory vd., 2015). Organik yapıdaki Ni, organik maddenin (OM) bozulmasıyla, gözenek sularına öksinik koşullar altında serbest kalarak, pirit içine dahil olabilir (Tribovillard vd., 2006).

Aslanlı sahasına ait tüm örnekler korelasyon bazında değerlendirildiklerinde Ni'nin %TOC ile (r = -0,030) zayıf nrgstif korelasyonu mevcut olup, Ni'in bitümlü çökellerde zenginleşmesi sırasında % TOC'la ilişkili olmadığını gösterir (Şekil 10).



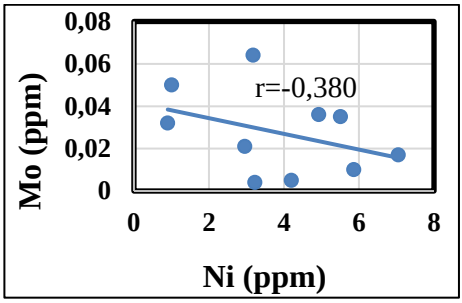
Şekil 10: Ni'in %TOC arasındaki korelasyon

İncelenen örneklerde Ni'nin Al (r = 0,561), K (r = 0,843), Ti (r = 0,588) ve Sc (r = 0,873) ile orta ve çok kuvvetli pozitif korelasyon ilişkileri Ni'in detritik kökenli olduğunu ve bitümlü çekellerde redoksa duyarlı bir element olmadığını düşündürmektedir (Şekil 11).



Şekil 11: Ni'in Al, K, Ti ve Sc elementleri arasındaki korelasyon

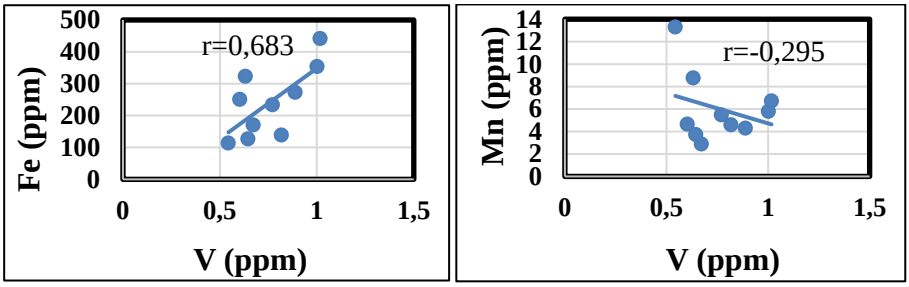
Yine, incelenen örneklerde Ni'nin Mo ile (r=-0,380) zayıf negatif korelasyonu Ni'in bitümlü çökellerde redoksa duyarlı bir element olmadığını desteklemektedir (Şekil 12).



Şekil 12: Ni'in Mo arasındaki korelasyon

3.5.Vanadyum'un Jeokimyasal Davranışı

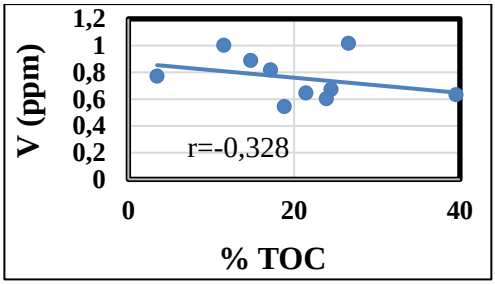
Tribovillard vd., (2006)'ya göre V'un redoks jeokimyası Mo'e çok yakındır. Oksijenlenmiş sularda V, vanadat oksianyonlarda VO_4^{2-} yaygın olarak V(V) değerlik halinde bulunur. Mo gibi, V'da yaygın olarak Mn ve Fe-oksihidroksitlere adsorbe olur ve sapropelik çökeltilere taşınmasını sağlar. Vanadyum, oksijenli koşullaraltında yarı tutarlı vanadat oksianyonlar (HVO_4^{2-} ve $H_2VO_4^-$) V(V) olarak bulunur. Vanadat hem Mn hem de Fe-oksihidroksitleri (Wehrly ve Stumm, 1989) ve muhtemelen kaolinit üzerine adsorbe olur (Breit ve Wanty, 1991). Morford ve Emerson (1999) ile Algeo ve Maynard (2004) yaptıkları çalışmada V'un oksijenli sularda, mangan ve demir oksihidroksitleri üzerine adsorbe edildiğini ileri sürmektedir. İncelenen numunelerde V'un Fe'le olan kuvvetki pozitif korelasyonu (r= 0,683) V'un çökeliminde Fe-oksihidroksitlerin kısmen etkili olduğunu gösterirken, Mn'la olan zayıf negatif korelasyonu (r = - 0,295) V'un çökeliminde Mn-oksihidroksilerin etkili olmadığını gösterir (Şekil 13).



Şekil 13: V ile Fe ve Mn elementleri arasındaki korelasyon

İndirgen anoksik koşullarla birlikte organik asitlerin varlığında çökelen, çözülmeyen vanadil hidroksit bileşikleri V(V)'den V (IV) 'e indirgenir. Ayrıca, Mo'den farklı olarak, öksinik koşullarda, anoksik ya da disoksikşartlara oranla sedimanlar içindeherzman V çökelmez. Bu nedenle V, anoksikliğin mükemmel bir göstergesi olsada öksinikliğin göstergesi değildir. İncelediğimiz numunelerde V ile % TOC zayıf negatif korelasyon (r= -0,328) göstermektedir (Şekil 14). Bu durum, redoks şartları anoksik ve/veya öksinik olan pek çok bitümlü şeyl çökelim havzasında önemli bir redoks göstergesi olan Vanadyum'un Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında ise redoks

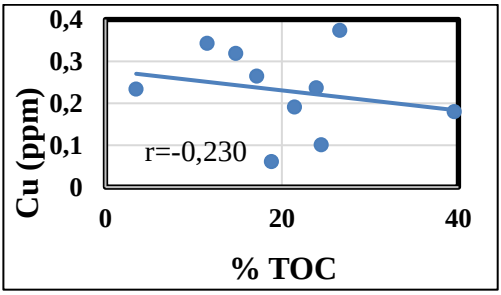
belirteci bir element olmadığını ve redoks göstergesi olarak kullanılamayacağına işaret eder (Sarı ve Arslan 2019).



Şekil 14: V ile %TOC arasındaki korelasyon

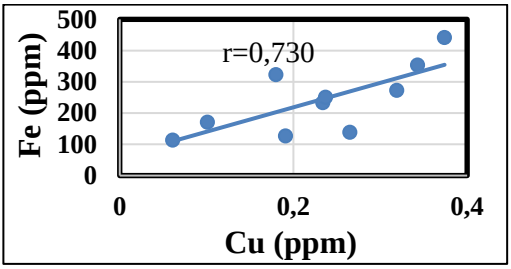
3.6. Bakır'ın Jeokimyasal Davranışı

Cu (II) indirgeyici koşullar altında Cu (I) 'e indirgenir ve düşük konsantrasyonlarda Ni ve Co ile benzer şekilde piritle birlikte çökelir (Gregory ve diğ., 2015; Tribovillard ve diğ., 2006). Ayrıca Cu organik maddenin bozuşmasıyla gözenek sularında serbestleşerek, Fe-Mn-oksihidroksitler üzerine adsorbe olur. İncelediğimiz numunelerde Cu'ın %TOC'la zayıf negatif korelasyon (r = - 0,230) göstermektedir (Şekil 15). Bu ilişki Cu'ın Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında redoks belirteci bir element olmadığını ve redoks göstergesi olarak kullanılamayacağına işaret eder.



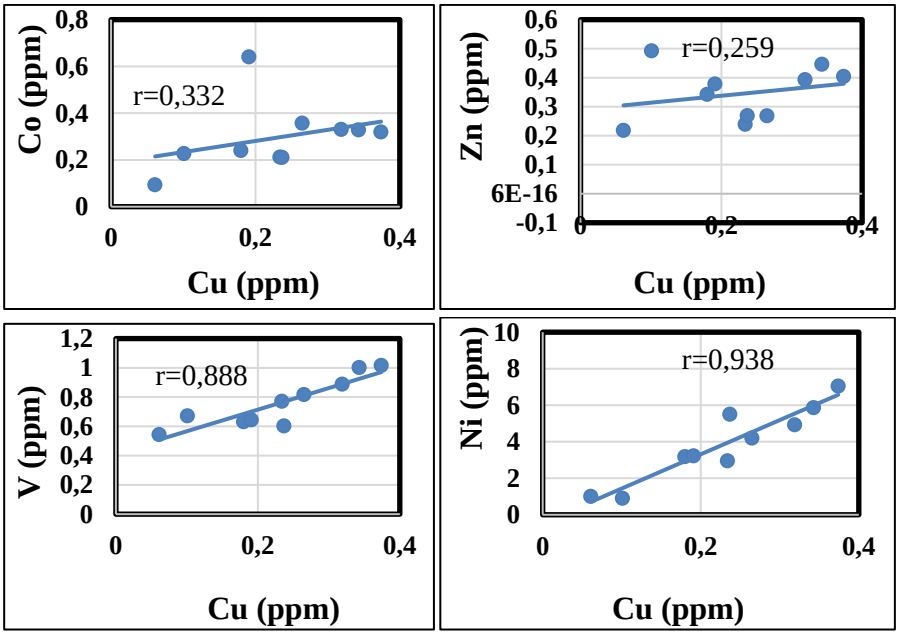
Şekil 15: % TOC ile Cu elementi arasındaki korelasyon

Örneklerimizde Cu'ın Fe'le çok yüksek pozitif korelasyon (r = 0,730) ilişkisinin olduğu görülmektedir (Şekil 16). Bu durum Cu'ın taşınmasında Fe oksi/hidroksitlerin etkili olduğuna işaret eder.



Şekil 16: Cu ile Fe elementi arasındaki korelasyon

Yapılan çalışmada Cu'ın Co (r= 0,332) ve Zn'la (r = 0,259) zayıf, V (r= 0,888) ve Ni'le (r= 0,938) çok kuvvetli pozitif korelasyona sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durum, Cu'ın biriktirilme sırasında redoksa duyarlı elementlerle kısmen ilişkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle Arslanlı sahası bitümlü kayaçları için Cu'da çok güvenilir bir redoks belirteci element değildir (Şekil 17).

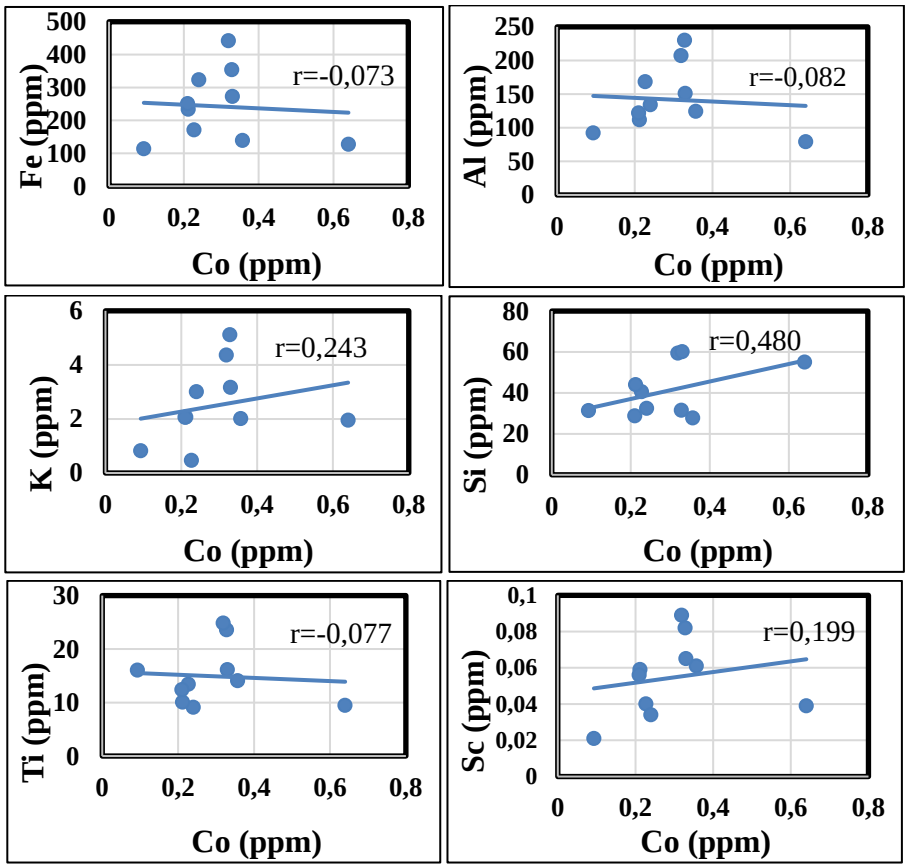


Şekil 17: Cu ile Co,V,Zn ve Ni elementleri arasındaki korelasyon

3.7. Kobalt'ın Jeokimyasal Davranışı

Alüminyum, Ti, Sc ve Si gibi elementler detritik göstergeler olarak bilinirler. Detritik kökenli elementler genellikle oksijenli su kolonlarında

çökelen sedimentlerde zenginleşirler. Diğer bir ifade ile bitümlü çökellerde Al, Ti, Sc ve Si gibi detritik kökenli elementler genellikle zenginleşmezler ve organik maddeyle negatif korelasyon ilişkisi kurarlar. Gregory vd., (2015), Co'ın daha çok pirit yapısına veya eşit olarak dağılmış nano inklüzyonlara dahil olduklarını göstermişlerdir. Tribovillard vd. (2006), güçlü detritik etki nedeniyle Co'yu güvenilir bir redoks belirteci olarak kullanma konusunda endişelerini dile getirmiştir. İncelenen örneklerde; Co'ın Fe'le zayıf negatif korelasyon (r =- 0,073) ilişkisi vardır. Co'ın çökeliminde Fe-oksihidroksitlerin yanında pirit'in etkisinin olmadığını göstermektedir.

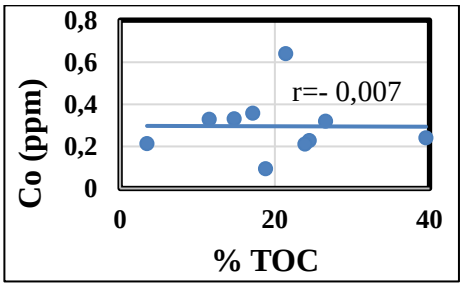


Şekil 18: Co ile Fe, Al, Ti, K, Sc ve Si elementleri arasındaki korelasyon

Kobaltın detritik belirteçler olan Al (r =- 0,082) ve Ti (r =- 0,077) ile zayıf negatif korelasyon göstermesine karşın, K (r = 0,243), Si (r = 0,480) ve

Sc ile (r = 0,199) zayıf ve orta pozitif korelasyon ilişkisinin olduğu görülmektedir. Bu da Co'ın kökensel olarak çok zayıfda olsa detritik kaynaklı olduğuna işaret eder (Şekil 18).

Arslanlı sahası Ölçülü Stratiğrafi Kesitine ait bitümlü numunelerdeki Co'ın % TOC'la çok zayıf negatif korelasyonu (r =-0.007) Şekil 19'de görülmektedir. Bu durum bitümlü kayaçlarda Co'ın zenginleşmesinde %TOC'nun etkili olmadığını göstermektedir. Bu verilere göre Arslanlı sahası bitümlü numunelerinde Co'ın redoks göstergesi bir element olarak kullanımının uygun olmadığını gösterir.

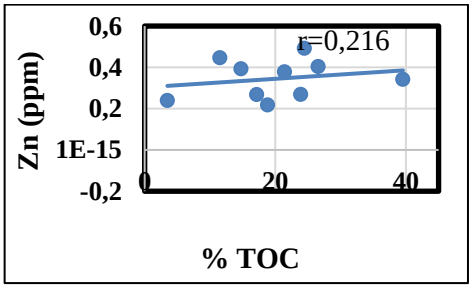


Şekil 19: Co elementi ile %TOC arasındaki korelasyonu

4. REDOKSA DUYARLI ELEMENTLER İLE ORGANİK MADDE İLİŞKİSİ

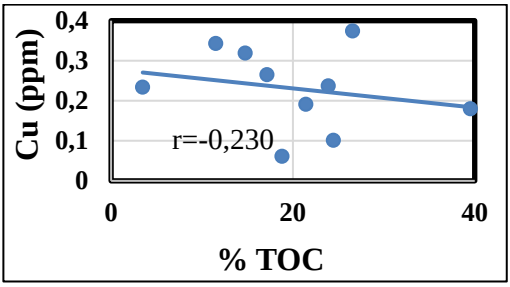
Toplam organik karbon (% TOC) ve iz elementler arasındaki korelasyon, birçok yazar tarafından paleoredoks koşullarının bir göstergesi olarak kullanılmıştır (Cruse ve Lyons, 2004; Algeo ve Lyons, 2006; Tribovillard vd., 2006; Algeo vd., 2007; Tribovillard vd., 2008; Ross ve Bustin, 2009; Sarı vd., 2010; Yavuz Pehlivanlı, 2011; Yavuz Pehlivanlı vd., 2014; Sarı ve Arslan 2019; Arslan, 2020). Tribovillard vd., (2006)'ya göre redoksa duyarlı Cu, Ni, Zn gibi elementler organik madde ve pirit ile ilişkili olarak sedimanlar içinde zenginleşebilir. Tribovillard vd., (2006)'ya göre %TOC ile iz elementler arasındaki korelasyon, iz elementlerin oksik-disoksik koşullar altında organik maddenin bozunum fraksiyonuyla biriktirildiğini söylemektedirler. Anoksik olmayan fakat sülfidik koşullar, güçlü TOC eser element değişmesini desteklemektedir. Çünkü tortuya eser element çıkarımı, su sütununda bulunan uygun organik sub-stratların miktarıyla yönetilmektedir. Öksinik koşullar, iz elementlerin en düşük değerlik

durumuna indirgendiği ve doğrudan su sütunundan oksi-hidroksitler ve çözülmeyen metal sülfidlerle çöktürülmesi nedeniyle öksinik koşullarda iz elementler TOC ile zayıf korelasyona yönelirler. TOC ile zayıf pozitif korelasyona sahip olan V, U ve Mo elementleri öksinik koşullarda zenginleşmeye neden olmaktadır. Ni, Cu, Mo, U ve V gibi elementler ise oksik ortamlarda ise organik madde ile hiçbir ilişki göstermemektedir. Çökelme ortamının fizikokimyasalşartları sülfidik olmaya başladığında ise Ni, Cu, Mo, U ve V gibi elementler organik madde ile ilişki kurmaya başlar. Aslanlı sahasına ait bitümlü numuneler içerisindeki elementlerden Mo, U, Ni ve Zn'nun %TOC ile korelasyon ilişkileri incelenmişitir. %TOC ile Mo'nin (r = 0,529) orta pozitif korelasyon ilişkisi Mo'nin deniz suyundan sediman içerisine taşınmasında organik maddenin önemli bir rol oynadığını göstermektedir. %TOC ile Zn'nun (r= 0,216) ve U'un (r = 0,083) zayıf pozitif korelasyonu ise Zn'nun deniz suyundan sediman içerisine taşınmasında organik maddenin kısmende olsa etkili olduğunu, U'un taşınmasında ise organik maddenin hiçbir etkisinin olmadığını göstermektedir (Şekil 1; 6; 20).



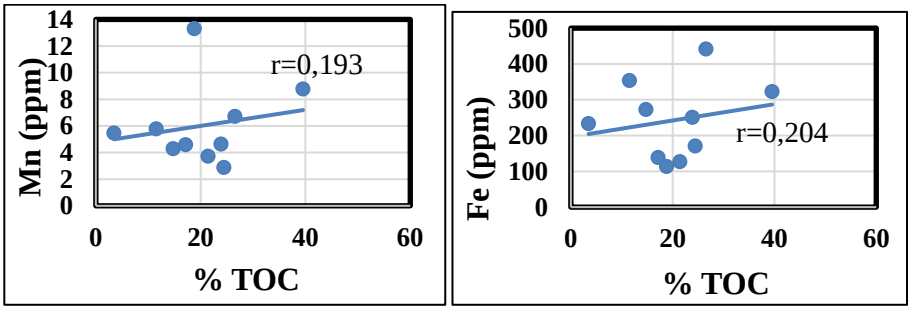
Şekil 20: %TOC ile Zn elementi arasındaki korelasyon

V, Cu ve Co elementleri gelllikle çökelim ortamlarının redoks şartlarına bağlı olarak organik madde ile birliktelik gösterirler ve çoğunluklarda pek çok indirgen koşulda redoks göstergesi olarak rol oynarlar. Ancak, Arslanlı sahası bitümlü numunelerinde %TOC'nun V (r= -0,328), Cu (r= -0,230) ve Co'la (r = -0,007) olan çok zayıf negatif korelasyon ilişkileri bu elementlerin deniz suyundan sediman içerisine taşınmasında organik maddenin hiçbir rolünün olmadığını işaret eder (Şekil 14; 19; 21).



Şekil 21: %TOC ile Cu elementi arasındaki korelasyon ilişkisi

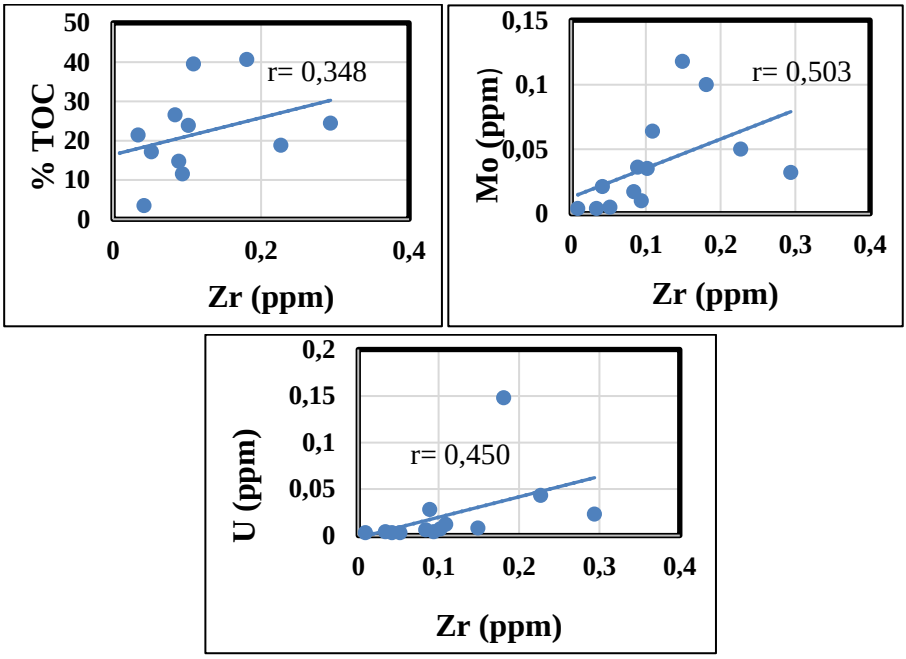
Elementlerin su kolonundan çökeller içerisine taşınmasında Mn, Fe ve organik madde birer taşıma ajanı olmalarına rağmen incelediğimiz örneklerde % TOC'un Mn (r = 0,193) ve Fe (r = 0,204) arasındaki zayıf pozitif korelasyon ilişkilerinin olması çökelim esnasında birbirlerinden tamamen bağımsız hareket ettiklerini ve çökelme ortamında suboksik/disoksik olduğuna işaret eder (Şekil 22).



Şekil 22: %TOC ile Fe ve Mn elementleri arasındaki korelasyon

5. ZİRKON ELEMENTİNİN %TOC İLE İLİŞKİSİ VE PALEO-ÜRETKENLİK GÖSTERGESİ

Zirkonyum (Zr), yerkabuğunda yaygın olarak bulunur. Zr doğal olarak birçok mineralde bulunur, ancak genellikle yüksek konsantrasyonda oluşmaz. Akarsularda, okyanus/deniz plajlarında veya eski göl yataklarında alüvyon birikintilerinde bulunan zirkon mineralleri; zirkonyum ortosilikat ($ZrSiO_4$) formundadır (Peterson ve MacDonell, 2007). Belli fizikokimyasal şartlarda Zr elementi mobildir (Scherbina, 1956). Çözülmüş Zr konsantrasyonu, Zr'nun katyonik olmayan formu organik maddece zengin deniz suyunda normal deniz suyundan 3 kat daha fazladır (Emelyanov ve Shimkus,1986).



Şekil 23: Zr ile % TOC, Mo ve U elementleri arasındaki korelasyon

Zirkonyumdioksit ve zirkonosendiklorür gibi çeşitli inorganik ve organometalik bileşikler Zr zenginleşmesinin kaynağıdır. Zr yerkabuğunda yaklaşık 130 mg/kg ve deniz suyunda 0,026 µg/L konsentrasyona sahiptir (Peterson ve MacDonell, 2007). Okyanus suları ortalama olarak 0,026 ppm, okyanuslarda askıda kalmış maddeler içinde 23 ppm, planktonlarda ise 1,9-39 ppm Zr olduğu bilinmektedir. Denizel organizmalar Zr'u aktif olarak bünyelerinde barındırır. Bu nedenle bu organizmalardaki Zr deniz suyundan 1500-3000 kat daha yüksektir (Lisitzin ve diğ., 1980). Zr, yeryuvarında aksesuar mineraller olarak bilinsede, granitik kayalarda ve bunların ilişkili geç evrelerindeki kayaların alterasyonu ve aşınmasından dolayı zenginleşebilir (Milnes ve Fitzpatrick, 1989). Mesela zirkonyum-oksitler genellikle nefelin siyenitlerde ve alkali bakımından zengin ultramafik magmatik kaya kütlelerinin karbonatitlerde bulunmaktadır. Zr'nun oksijen ile sekiz kat koordinasyonunda gerçekleştiği Silikat Zirkon (ZrSiO4), en önemli ve bol olan Zr mineralidir. Doğada, Zirkon (ZrSiO4) silikat minerali ile Baydelit (ZrO2) Zirkonyumoksit minerali en yaygın bulunan Zr minerali çeşitleridir. Çok azda olsa Kalzirtit (CaZi3TiO9) gibi mineralleri de mevcuttur. Şekil 6'dan da görüleceği üzere suboksik ve anoksik şartlar da U ve Mo arasında yüksek pozitif korelasyon (r = 0,619) oluşurken, öksinik ortam şartlarında ise U ve Mo arasında çok yüksek düzeyde korelasyon oluşur. Mo'nin organik madde ile orta negatif korelasyon (r=-0,524)

göstermesi ortamın oksik ve suboksik olduğunun en büyük kanıtıdır. Zr doğada çoğunlukla detritik kaynaklı olup, nadiren de olsa organik madde ile ilişki kurar. Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarındaki Zr elementinin Toplam organik madde (%TOC) ile zayıf pozitif (r=0,348), Mo (r=0,503) ve U ile (r = 0,450) orta pozitif korelasyon gösterdiği ilişkileri bulunmaktadır (Şekil 23).

Tüm Zr kaynakları karasal sistemlerden türemiştir (Sageman ve Lyons, 2003). Ti/Al, Zr/Al_2O_3 ve Si/Al gibi element oranları ortam değişikliklerini yansıtan göstergelerdir (Suzuki ve diğ., 1998). Arslanlı sahası bitümlü numunelerindeki Zr elementinin %TOC ile (r = 0,348) zayıf pozitif korelasyon ilişkisinin bulunması bitümlü şeyl çökelimi sırasında muhtemelen havzada ve/veya yakın çevresinde bir volkanik/hidrotermal aktivitenin olduğuna işaret eder.

6. BULGULAR

Öksinik koşullarda, Mo, çözünmüş sülfürlerin molibdatı (MoO_4^{-2}) tiyomolibdatlara dönüştürdüğü serbest hidrojen sülfür (H_2S)'ün olduğu ortamlarda zenginleşir. organik madde çökelmesi ile Mo sedimanların içine girerek çözeltideki Mn ve Fe-oksihidroksit (MnOOH, FeOOH) ile kuvvetli bağ kurar (Tribovillard ve diğ.,2006; Algeo ve Tribovillard, 2009; Tribovillard vd., 2012). Algeo ve Lyons, (2006)'ya göre modern öksinik ortamlarda, Mo genellikle TOC ile pozitif korelasyonlu olmasına rağmen, zenginleşme derecesi Mo kaynağına bağlıdır. Arslanlı sahası örneklerinde Mo ile TOC (r = 0,529) arasındaki orta pozitif korelasyon olması Mo çökeliminde organik maddenin etken rol oynadığını, Mo'nin organik maddeye absorp ve/veya adsorp olduğuna ve çökelme ortamının redoks koşulununda sülfürlü olduğuna işaret eder. Normal oksijence zengin doğal sularda, molibden, iki değerli molibdat (MoO_4^{2-}) anyonu olarak bulunur (Tribovillard vd., 2006). Molibdat (MoO_4^{2-}) anyonu, disoksikten anoksik sulara indirgemeye girdikten sonra Mo oksijenden kurtulur ve Mn-oksihidroksit komplekslerine adsorbe olur. Çalışma alanımıza ait örneklerde Mn ile Mo (r = 0,576) arasında orta pozitif korelasyon olması Mo'nin zenginleşmesinde Mn-oksihidroksit komplekslerinin etkisinin olabileceğini gösterir. Mo'nin dikkate değer oranda sedimanakatılması öksinik veya H_2S bakımından zengin sularda otojenik zenginleştirmeyeişaret eder. Ayrıca Mo'nin pirit ve organik moleküllerle yakın ilişkisi söz konusudur. Ancak, Aslanlısahasına ait bitümlü örneklerde

Mo ile Fe (r = 0,058) arasındaki çok zayıf pozitif korelasyon olması Mo'nin zenginleşmesinde pirit'in etkin olmadığını gösterir. Mo'nin % TOC ile (r = 0,529) olan orta pozitif korelasyon ilişkisi Mo çökelimin de organik maddenin çok etkili olduğunu gösterir. *S*uboksik, anoksik ve öksinik koşullarda genellikle bitümlü kayaçlarda Mo, V, Cu, Ni, Zn, Co zenginleşmeleri görülür. Ancak, Aslanlı sahasına ait bitümlü numunelerde Mo'nin Cu (r = -0,489), Zn (r = -0,194), Co (r = -0,661) ve Ni (r = -0,380) ile olan negatif korelasyon ilişkileri Mo'nin Ni, Zn ve Co ile benzer jeokimyasal süreçlere sahip olmadığını gösterir. İndirgeyici koşullar U'nun UO_2, U_3O_7 veya U_3O_8 olarak formunda sedimana katılmasına ve U'un organik maddeye adsorpsiyon yoluyla bağlanmasına nedenolur. Çünkü çözünmüş olan U(VI) sediman-su ara yüzeyinin altında çözünmeyen U(IV)'e indirgenir (Tribovillard vd.,2006; Algeo ve Tribovillard,2009). Aslanlı sahasına ait bitümlü örneklerde U ve TOC arasındaki zayıf pozitif korelasyon (r = 0.083) olması çökelme ortamının oksik ve suboksik bir fasiyese ait olduğuna işaret eder. Mo'nin tersine, çözünmüş H_2S'in varlığı sedimanlarda U'un gömülme oranı için çok az önemli olmakla birlikte sediman çökellerinin gözeneklerindeki koşulların indirgen olması daha önemlidir (Algeo ve Tribovillard, 2009). Çalışma alanına ait örneklerde U ile Mo arasındaki yüksek pozitif korelasyon (r = 0.619) Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarındaki uranyum zenginleşmesi sırasında indirgen koşulların varlığına ve ortamın oksik suboksik olduğuna işaret etmektedir. Uranyum, normal olarak oksijenlenmiş deniz sularında karbonat anyonlarına bağlı, oldukça kolay çözünen U (VI) katyonu olarak bulunur (Tribovillard vd., 2006). Çalışma alanımıza ait bitümlü örneklerde U ile Ca (r = 0,497) arasındaki orta pozitif korelasyon ilişkisi ve Mg (r = 0.002) ile çok zayif pozitif korelasyon ilişkisi çökelme ortamımızda U çökelimi sırasında U'un kalsit ile ilişki kurduğuna, çökelme ortamının tatlı su özelliğinde olduğu için Mg'la ilişkisinin olmadığına, U ile %TOC (r = 0,0083) arasındaki çok zayıf pozitif korelasyon Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında U zenginleşmesi sırasında oksik ve suboksik koşulların varlığına, U'un kısmen organik yapıya bağlı olarak çökeldiğine işaret eder. Organik madde çökeliminin dikkate değer oranda fazla olduğu durumlarda suda bulunan Ni ve Cu'ın sedimana dahil olmasında organik maddenin katkısı söylenebilir. Organik maddenin oksidasyonu esnasınd Ni serbestleşmes ile sülfid mineralleri içinde konsantre olur (Tribovillard vd., 2006). Aslanlı sahasına ait bitümlü numunelerde Ni'in

Co ile (r = 0.051) ve Fe ile (r = 0,086) olan çok zayıf pozitif korelasyonasahipolması aslında aralarında önemli bir ilişkinin olmadığını göstermektedir. Buda, Ni'in Co'la birlikte pirit ile ilişkili olmadığını düşündürmektedir. Morford ve Emerson, (1999) ile Algeo ve Maynard (2004)'e göre V'un oksijenli sularda, Mn ve Fe'in oksihidroksitleri üzerine adsorbe edilen HVO_4^{2-} ve H_2VO^{4-} gibi vanadat iyonik türlerde V^{5+} formda bulunduğu ileri sürülmektedir. Kuvvetli indirgeyici koşullar altında V, jeoporfirinler üzerine emilerek veya partiküllere oksit veya hidroksit olarak çökeltilmiş olarak V^{3+} forma indirgenir. Sülfidik-anoksik-diyajenetik aşamada ve sülfidik olmayan-anoksik-diyajenetik aşamadaki bu iki yönlü davranış, organik madde içinde V'un çok fazla konsantrasyon göstermesine neden olurken, sülfidlerde ise daha az V konsantrasyonuna yol açar. Oysa sülfidik-anoksik-diyajenez sürecinde V aslında sülfürlerle ilişkili olması beklenir. Arslanlı sahası örneklerinde V'un Fe ile olan yüksek pozitif korelasyonu (r =0.683) V'un çökeliminde Fe-oksihidroksitlerin kısmen etkili olduğunu gösterirken, Mn'la olan çok zayıf negatif korelasyonu (r = -0.295) V'un çökeliminde Mn-oksihidroksitlerin etkili olmadığını gösterir. Ayrıca incelediğimiz numunelerde V elementi %TOC ile (r = -0.328) ve Mo ile (r = -0.524) zayıf-orta negatif korelasyon göstermektedir. Bu negatifi ilişki V'un Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında redoks göstergesi olarak kullanılamayacağına işaret eder. Cu(II) öksinik koşullar altında Cu(I) 'e indirgenir. Ni ve Co ile benzer şekilde pirit içinde zenginleşebilir (Gregory ve diğ., 2015; Tribovillard vd., 2006). Ayrıca Cu, organik maddenin bozuşmasıyla gözenek sularlı içinde serbestleşebilir. Aslanlı sahasına ait bitümlü örneklerdeki Cu'ın Fe'le çok yüksek pozitif korelasyona (r = 0.730) sahip olduğu görülmektedir. Bu durum Cu'ın çökeliminde Fe-oksihidroksitlerin etkili olduğuna işaret etmektedir. Tribovillard vd. (2006), güçlü detritik etki nedeniyle Co'ı güvenilir bir redoks belirteci olarak kullanma konusunda endişelerini dile getirmiştir. İncelenen numunelerde; Co ile Fe (r = -0.073) çok zayıf negatif korelasyona sahiptir. Bu ilişki Co'ın çökeliminde Fe-oksihidroksitlerin etkisinin olmadığına işaret eder. Arslanlı sahası bitümlü örneklerindeki Co'ın % TOC ile (r = -0.007) çok zayıf negatif korelasyonu da bitümlü kayaçlarda Co'ın zenginleşmesinde organik maddenin etkili olmadığını göstermektedir. Korelasyon ilişkileri Mo, U, Ni ve Zr elementlerinin su kolonundan sapropelik çamurlar içerine taşınmasında

organik maddenin çok önemli bir taşıma ajanı olduğunu, bu elementlerin dip sedimanlarına taşınması sırasında organik yapıya absorp ya da adsorp olduklarını gösterir. Zr doğada çoğunlukla detritik kaynaklı olup, nadiren de olsa organik madde ile ilişki kurabilmektedir. Arslanlı sahası bitümlü örneklerinde Zr elementinin %TOC (r = 0.348) ile zayıf pozitif korelasyonu, Mo (r = 0.503) ve U (r = 0.450) ile orta pozitif korelasyonu yine depolanma ortamının oksik ve suboksik olduğunun en büyük kanıtıdır. Ancak, Arslanlı sahası bitümlü örneklerindeki Zr'nun gösterdiği bu davranış, Zr'nun genellikle detritik kaynaklı bir element olması nedeniyle çok yaygın görülen bir durum değildir. Bu nedenle Zr kesinlikle güvenilir bir redoks belirteci element olamaz.

7. SONUÇ

Arslanlı sahası Ölçülü Stratigrafi Kesitine (ÖSK) ait bitümlü kayaç örneklerinde V ve Cu arasında çok güçlü bir ilişki mevcut olup, Co'ın da bu elementlerle çok yakın ilişkide olduğu dikkati çekmektedir. Yine, çok dikkat çekici diğer bir husus ise Mo ve U elementleri arasında çok güçlü ilişkinin olduğu ve bu elementlerin de organik maddeyle çok yakın ilişkide bulunduklarıdır. %TOC'un Mo ve U ile olan yüksek pozitif korelasyonu depolanma ortamının indirgen koşullarda olduğunu ve dolayısıylada ortamın çoğunlukla anoksik olduğunu gösterir. Yine, Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında Ni'in diğer redoksa duyarlı elementlere göre Mo ve U elementlerine ve toplam organik karbona (%TOC) yüksek pozitif korelasyon gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen jeokimyasal bulgular Mo, U, Ni ve Zr elementlerinin su kolonundan sapropelik çamurlar içine taşınmasında organik maddenin çok önemli bir taşıma ajanı olduğunu, bu elementlerin dip sedimanlarına taşınması sırasında organik yapıya ya absorp ya da adsorp olduklarını gösterir. Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında Mo elementinin U (r= 0.619) yüksek pozitif korelasyonu saha için Mo ve U'un çok önemli birer redoks belirteci element olduklarını göstermektedir. V elementi, redoksa duyarlı bir element olup, genellikle suboksik su şartlarında Ni, Cu, Mo ve U'la birlikte zenginleşmektedir. Öksinik koşullarda ise daima U ve Mo ile birliktelik gösterir. Ancak Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında V'un Mo (r=-0.524) ve U (r =-0.388) ile olan orta-zayıf negatif korelasyonu V elementinin kesinlikle Arslanlı sahası bitümlü kayaçları için redoks belirteci olarak

kullanılamayacağını göstermektedir. Yine, V'un Co ile (r= 0.332) zayıf pozitif ve Cu'la da (r = 0.888) çok yüksek pozitif korelasyonu olsa da Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında redoks belirteci element olarak kullanılamaz. Zr elementi genellikle detritik kökenli olup, yine detritik kaynaklı olan Al, Ti, Th ve Sc gibi elementlerle çok yüksek pozitif korelasyon gösterir. Zr, Al, Ti, Th ve Sc gibi elementler bol oksijenli ortam göstergesidir. Bu elementler, Zr elementinde olduğu gibi çok sıra dışı durumlar dışında bitümlü kayaçlar gibi organik maddece zengin kayaçlar içinde zenginleşmesi beklenemez. Bu nedenle, Zr, Al, Ti, Th ve Sc gibi elementlerin %TOC ile korelasyon ilişkileri ya çok zayıf ya da hiç yoktur. Ancak, Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında Zr elementinin %TOC'la (r =0.348), U'la (r =0.450) ve Mo ile (r=0.503) olan zayıf ve orta pozitif korelasyon ilişkileri söz konusudur. Bu durum, Arslanlı sahası bitümlü kayaçlarında Zr'nun alışılagelmiş kökeninin dışında aslında detritik kökenli olmadığına, su kolonu içerisinde otojen olarak bulunduğuna ve organik yapıya bağlandığına işaret eder.

KAYNAKÇA

Algeo, T.J. and Tribovillard, N. (2009) Environmental Analysis of Paleoceanographic Systems Based on Molybdenum-Uranium Covariation. Chemical Geology, 268,211-225.https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2009.09.001

Algeo,T.J. and Maynard,J.B. (2004). Trace-element behavior and redox facies in core shales of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothems. *Chem.Geol*,206, 289–318.

Algeo,T.J.,Lyons,T.W.,Blakey,R.C.and Over,D.J. (2007). Hydrographic conditions of the Devono–Carboniferous North American Seaway inferred from sedimentary Mo–TOC relationships. *Palaeogeogr, Palaeoclimatol,Palaeoecol*,256,204–230.

Algeo,T.J.and Lyons,T.W.(2006). Mo-total organic carbon covariation in modern anoxic marine environments: Implications for analysis of paleoredox and paleohydrographic conditions, *Paleoceanog*,21,1-23.

Anderson, D. and Lewis, R. (2014). Cretaceous Mudrocks of the Graneros-Greenhorn-Niobrara Cylothems, Pueblo, Colorado. *AAPG Student Chapter Field Trip Guidebook*, Nov.9,2014. pp.1-55.

Anderson,R.F., Fleisher, M.Q. and LeHuray,A.P. (1989). Concentration, oxidation state, and particulate flux of Uranium in the Black Sea. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 53, 2205-2213.

Arslan Ö. (2020). Aslanlı (Kütahya-Seyitömer) Sahası Bitümlü Şeyllerinde Redoksa Duyarlı İz Metal (Mo, V, Re Ve U) İncelemeler. *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, 101 s.

Barnes, C.E. and Cochran,J.K. (1990). Uranium removal in oceanic sediments and the oceanic U balance. Earth Planet. Sei.Lett.,97,94-101.Barnes C.E. and J.K. Cochran (1990). Uranium removal in oceanic sediments and the oceanic U balance. *Earth Planet.Sci.Lett*.,97,94-101.

Berrang, P.G. and Grill. E.V. (1974). The effect of manganese oxide scavenging on molybdenum in Saanich Inlet, British Columbia. *Mar.Chem.*,2,125-148.

Bertine, K.K., and Turekian,K. (1973). Molybdenum in marine deposits. *Geochim.Cosmochim.Acta*, 37,1415-1434.

Breit, G.N. and Wanty,R.B. (1991). Vanadium accumulation in carbonaceous rocks: a review of geochemical controls during deposition and diagenesis. *Chem.Geol.*,91,83–97.

Calvert, S.E. and Pedersen,T.F. (1993). Geochemistry of recent oxic and anoxic marine sediments:implications for the geologic record. *Mar.Geol.*113,67-88.

Cruse,A., and Lyons,T. (2004). Trace metal record of regional paleoenvironmental variability in Pennsylvanian (Upper Carboniferous) black shales. *Chem.Geol,* 206,319-345.

Crusius,J., Calvert,S., Pedersen,T. and Sage,D. (1996). Rhenium and molybdenum enrichments in sediments as indicators of oxic, suboxic and sulfidic conditions of deposition. *Earth and Planet.Sci*.,96, 65–78.

Dunk,J.R.,Zielinski,W.J.,West,K.,Schmidt,K.,Baldwin,J.,PerrochetJ.,Schlick,K. and Ford,J.(2002). Distributions of rare mollusks relative to reserved lands in northern California. *Northwest Sci*.,76,249–256.

Emelyanov,E.M. and Shimkus,K.M. (1986). Geochemistry and Sedimentology of the Mediterranean Sea. *Reidel, Dordrecht*, 553pp.

Gregory,J.M.,Andrews,T. and Good,P. (2015). The inconstancy of the transient climate response parameter under increasing CO2. *Philos. Trans. R. Soc. London, Ser. A*, 373, 20140417, doi:10.1098/rsta.2014.0417.

Guo,A.M.,Arbab,A.S.,Falck,J.R.,Chen,P.,Edwards,P.A.,Roman,R.J. and Scicli,A.G. (2007). Activation of vascular endothelial growth factor through reactive oxygen species mediates 20-hydroxyeicosatetraenoic acid-induced endothelial cell proliferation. *J Pharmacol Exp. Ther.* 321,18–27.

Hatch,J.R. and Leventhal,J.S. (1992). Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) stark shale member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, USA. *Chem.Geol*.,99,65–82.

Jones,B. and Manning,A.C.D. (1994). Comparaison of geochemical indices used for the interpretation of paleoredox conditions in ancient mudstones. *Chem.Geol*.,111,111-129.

Klinkhammer,G. and Palmer,M. (1991). Uranium in the oceans:Where it goes and why. *Geochim. et Cosmochim.Acta,* 55,1799–1806.

Langmuir, D. (1978). Uranium solution-mineral equilibria at low temperatures with applications to sedimentary ore deposits. *Geochim. et Cosmochim. Acta,* 42,547-69.

Lewan, M.D. (1984) . Factors controlling the proportionality of vanadium to nickel in crude oils. *Geochim. et Cosmochim.Acta,* 48,2231-2238.

Lisitzin,A.P., Gurvich,E.G., Lukashin,N., Emelianov,E.M., Zverinskaya,LB. and Kurinov,A.D. (1980). Geochemistry of the Hydrolyzing Elements. *Nauka,Moscow*,239pp.

Milnes,A.R., and Fitzpatrick,R.W. (1989). Titanium and Zirconium.. In J.B.Dixon,&S.B.Weed (Eds.), Minerals in Soil Environments, Madison,Wisconsin,USA:*Soil Sci.Soc.of Am*. 2 ed.,pp.1132-1205

Morford,J.L., and Emerson, S. (1999).The geochemistry of redox sensitive trace metals in sediments. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 63,1735–1750.

Morford,J.L.,Emerson,S.R.,Breckel,E.J., and Kim,S.H.(2005). Diagenesis of oxyanions (V, U, Re, and Mo) in pore waters and sediments from a continental margin. *Geochim. et Cosmochim.Acta*, 69,5021–5032.

Peterson,J. and MacDonell,M. (2007)" Zirconium". Radiological and Chemical Fact Sheets to Support Health Risk Analyses for Contaminated Areas (PDF). *Argonne National Laboratory*. pp.64–65.Archived from the original (PDF) on 2008-05-28. Retrieved 2008-02-26.

Rimmer,S.M. (2004). Geochemical paleoredox indicators in Devonian–Mississippian black shales, Central Appalachian Basin (USA).*Chem.Geol.*,206,373–391.

Ross,D.J.K. and Bustin,R.M. (2009). Investigating the use of sedimentary geochemical proxies for paleoenvironment interpretation of thermally mature organic-rich strata: Examples from the Devonian–Mississippian shales, Western Canadian Sedimentary Basin. *Chem.Geol.*,260,1–19.

Rowe, H., Hughes, N. and Robinson, K., (2012). The quantification and application of handheld energy-dispersive X-ray fluorescence (ED-XRF) in mudrock chemostratigraphy and geochemistry: *Chem.Geol.*,324-325,122-131

Sageman,B.B. and Lyons,T.W. (2003). Geochemistry of fine-grained sediments and sedimentary rocks, in MacKenzie, F., ed., *Treatise on Geochemistry, Elsevier*, NY , vol. 7, p.115-158.

Sarı A, Yavuz Pehlivanlı B., Koca D and Koç Ş, (2010). During Triassic Paleoredoks and Provenance Investigation of Rich Organic Matter Tarasçı Formation / (Middle Taurus/Turkey). *Electronic Letters on Science and Engineering*, 6 (2), 9-24.

Sarı A. ve Arslan Ö. (2019). Redoksa duyarlı elementlerin indirgen ortamlardaki jeokimyasal davranışlarına Türkiye'den bir örnek: Bozcahöyük (Seyitömer/Kütahya) sahası bitümlü kayaçlar. *Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi*, Cilt 4, Sayı 2, 14-39 s. *Journal of Engineering and Earth Science*, Volume 4, Issue 2, 14-39 p. ISSN 2536-4561

Scherbina, V.V. (1956). Geochemical significance of quantitative Ag-Au ratios. *Geochim*, 3, 65-73.

Scott,C. and Lyons,T.W. (2012). Contrasting molybdenum cycling and isotopic properties in euxinic versus non-euxinic sediments and sedimentary rocks: Refining the paleoproxies. *Chem.Geol.*,324–325,19–27.

Suzuki,K.,Suzuki,N.,Ohme-Takagi,M.,and Shinshi,H. (1998). Immediate early induction of mRNAs for ethylene-responsive transcription factors in tobacco leaf strips after cutting. *Plant J.*,15657–665.

Tribovillard, N., Algeo, T. J., Lyons, T. and Riboulleau, A. (2006). Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: An update. *Chem.Geol.* ,232, 12–32.

Tribovillard, N., Bout-Roumazeilles,V., Algeo, T., Lyons, T.W., Sionneau, T., Montero-Serrano, J.C., and Baudin,F. (2008). Paleodepositional conditions in the Orca Basin as inferred from organic matter and trace metal contents. *Marine Geol.*,254,62–72.

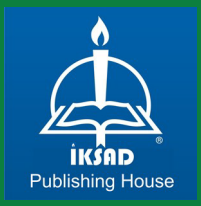
Tribovillard,N., Algeo,T.J., Baudin,F., and Riboulleau,A. (2012). Analysis of marine environmental conditions based on molybdenum-uranium covariation-Applications to Mesozoic paleoceanography: *Chem.Geol.*, 324-325,46-58.

Tribovillard,N.,Averbuch,O.,Devleeschouwer,X.,Racki,G. and Riboulleau,A. (2004). Deep-water anoxia over the Frasnian– Famennian boundary (La Serre, France): a tectonically-induced oceanic anoxic event? *Terra Nova* 16,288–295.

Wehrly,B. and Stumm,W. (1989).Vanadyl in natural waters: adsorption, and hydrolysis promote oxygenation. *Geochim.Cosmochim.Acta*,53,69-77.

Yavuz Pehlivanlı B. (2011). Hırka Formasyonu (Beypazarı, Ankara, Türkiye) bitümlü şeyllerinin inorganik element depolanmaları ve organik-inorganik elementler arasındaki kökensel ilişkiler. *A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi*, 540 s.

Yavuz Pehlivanli, B. Koç Ş. and Sari A. (2014) Carbon isotope (δ13C) characteristics of middle Miocene Çayirhan oil shales (Beypazari, Ankara/Turkey): Implications on paleoenvironment and paleoclimate, *Fuel* 135, 427-434



ISBN: 978-625-367-159-4