



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ



**KISIR YABANI YULAF BİTKİSİNDE (*AVENA STERILIS* L.)
HERBİSİT DİRENCİNİN ANTIOKSİDAN ENZİM SİSTEMİYLE
İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mehmet Selim ÇOBANOĞLU

Biyoloji Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KISIR YABANI YULAF BİTKİSİNDE (*AVENA STERILIS* L.)
HERBİSİT DİRENCİNİN ANTIOKSİDAN ENZİM SİSTEMİYLE
İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mehmet Selim ÇOBANOĞLU

Biyoloji Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih:

13/01/2017

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Okan ACAR

ÇANAKKALE

Mehmet Selim ÇOBANOĞLU tarafından Doç. Dr. Okan ACAR yonetiğinde hazırlanan ve **13/01/2017** tarihinde aşağıdaki jüri karŐısında sunulan “**Kısır Yabani Yulaf Bitkisinde (*Avena sterilis* L.) Herbisit Direncinin Antioksidan Enzim Sistemiyle İlişkisinin Araştırılması**” baŐlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

JÜRİ

Doç. Dr. Okan ACAR

.....

Başkan

Prof.Dr. Cüneyt AKI

.....

Üye

Doç. Dr. A. Hediye SEKMEN

.....

Üye

Prof.Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Mehmet Selim ÇOBANOĞLU

TEŞEKKÜR

Yüksek lisansa başlamamı teşvik edip bilginin paylaşınca anlamlı olduğunu öğreten, her zaman yardım ve desteğini eksik etmeyen değerli hocam Doç. Dr. Okan ACAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca her fırsatta bana yardımcı olan N.K.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü'nden Yrd. Doç. Sefer DEMİRBAŞ'a tüm kalbimle teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca hep yanımda olup bana destek veren çalışma arkadaşlarım Eda GÜNAY, Sabina BİNALİ, Ozan Barış KÜRTÜR, Müge TEKER, Buşra ÇALIK ve Ayşe ÇOLAK'a teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan, desteğini esirgemeyen sevgili babam Ali ÇOBANOĞLU, annem Şerife ÇOBANOĞLU, ablam Ayşe Sevil ÇALIŞKAN, yeğenim Bartu ÇALIŞKAN, eniştem Sedat ÇALIŞKAN'a ve Betül İŞİN'a çok teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarında hem cihaz hem de bilgileriyle destek olan Prof. Dr.Cüneyt AKI, Ar. Gör. Dr. Nurşen ÇÖRDÜK, Ar. Gör. Rabia Özlem KIPRAK ve Ar. Gör. Nihan AKINCI'ya teşekkür ederim.

Mehmet Selim ÇOBANOĞLU
Çanakkale, 13 Ocak 2017

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde oranı
μ	Ünite
$1O^2$	Singlet Oksijen
ACCaz	Asetil CoA karboksilaz
APP(FOP)	Aryloxyphenoxy propionik asit
APX	Askorbat peroksidaz
AS	antioksidan savunma sistemini
ASA	Askorbat
BDT	Bağımsız Devletler Topluluğu
BSA	Bovine Serum Albumin
CAT	Katalaz
DAB	3, 3' Diaminobenzidine tetrahydrochloride
DHAR	Dehidro askorbat redüktaz
E.C.	Uluslar arası Enzim komisyonu
EC	Elektrik iletkenliği
ES	Elektrolit sızıntısı
g	Gram
GPX	Glutatyon Peroksidaz
GR	Glutatyon redüktaz
GR 24	Strigol' ün sentetik analogu
GSH	Glutatyon
GSH-Px	Glutatyon peroksidaz
GST	Glutatyon S-transferaz
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
HO \cdot	Hidroksil Radikali
HZG	Hücre zarı geçirgenliği
Kla	Klorofil a
Klb	Klorofil b
LMA	Alan başına yaprak kütle oranı
MDHA	Monodehidroaskorbat
MDHAR	Monodehidroaskorbat redüktaz
mg	Miligram

ml	Mililitre
NADH	Nicotinamid Adenine Dinukleotid
NADPH	Nicotinamid Adenine Dinukleotid Fosfat
$O_2^{\cdot-}$	Süperoksit Radikali
PAL	Fenilanin amonyak liaz
PMSF	Fenilmetilsülfonil
POX	Peroksidaz
PQ	Paraquat
PSI	Fotosistem I
PSII	Fotosistem II
PVPP	Polivinilpolipirrolidon
ROT	Reaktif Oksijen Türleri
SLA	Spesifik yaprak alanı
sn	Saniye
SOD	Süperoksit dismutaz
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TBA	Tiobarbitürik asit
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif madde
TBARS	Tiyobarbitürik Asit Reaktif Maddeler
TCA	Trikloroasetik asit
Top kl	Toplam klorofil
WSSA	Avrupa Yabancı Ot Topluluğu

ÖZET

KISIR YABANI YULAF BİTKİSİNDE (*Avena sterilis* L.) HERBİSİT DİRENCİNİN ANTIOKSİDAN ENZİM SİSTEMİYLE İLİŞKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Selim ÇOBANOĞLU

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Okan ACAR

13/01/2017, 48 sayfa

Herbisit kullanımı nedeniyle, doğal bitki populasyonlarında bu herbisitlere direnç doğrusal şekilde artmaktadır. Bitkilerde, ALS inhibitörleri ve Atrazin'den sonra en fazla herbisit direnci FOP grubu herbisitlere karşı gelişmektedir. *Avena sterilis* L. buğday tarlalarında bu gruptan fenoxaprop herbisiti kullanılarak mücadele edilen bir yabancı ottur. Bu çalışmada fenoxaprop herbisitinin hassas ve dayanıklı iki kısır yabancı yulaf populasyonunun pigment içeriği ve antioksidan savunma enzimleri ile PAL aktiviteleri araştırılmıştır. Marmara bölgesinden toplanan tohumlar Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nden sağlanmıştır. Buna göre, dayanıklı bitkilerde önerilen dozda meydana gelen oksidatif stresin bastırılmasında SOD, POX, APX, GR ve CAT aktivitelerinin hassas bitkilere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, dayanıklı bitkilerdeki antioksidatif savunmanın önerilen dozun 4 katına kadar gelişebildiği de belirlenmiştir. Sonuç olarak, hassas bitkilere kıyasla herbisite dayanıklı popülasyona ait bitkilerin daha yüksek klorofil miktarına, daha yüksek antioksidan savunmaya ve daha yüksek PAL aktivitelerine sahip olduğu bulunmuştur.

Anahtar sözcükler: *Avena sterilis*, Herbisit Direnci, Antioksidan Savunma Sistemi, Fenilalanin Amonyum Liyaz (PAL), Glutatyon

ABSTRACT

AN INVESTIGATION OF RELATIONSHIP BETWEEN HERBICIDE RESISTANCE AND ANTIOXIDANT DEFENSE SYSTEM IN WILD OAT (*AVENA STERILIS* L.)

Mehmet Selim ÇOBANOĞLU

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Plant Science

Advisor: Doç. Dr. Okan ACAR

13/01/2017, 48 p.

Herbicide resistance has linear increase in natural grass populations. Some of these populations defined as weed. Weeds developed herbicide resistance against FOP herbicides after ALS inhibitors and Atrazine. As a weed, *Avena sterilis* L. (Sterile Oat) range in wheat field and farmer use fenoxaprop herbicides against this species.

In this study focused on the effects of fenoxaprop on pigment contents, activities of antioxidant defense enzymes and PAL activities in fenoxaprop-susceptible and – resistant sterile oat populations. Sterile oat seeds collected from Marmara region in Turkey and provide from Ege University Faculty of Agriculture.

Our results showed that fenoxaprop-resistant sterile oats have higher SOD, POX, APX, GR and CAT activities than fenoxaprop-susceptible ones. This result indicated that, increased activities of antioxidant enzymes provide best protection for resistant sterile oat against oxidative stress than -susceptible sterile oats. Moreover, this antioxidant protection was continued up to 2X dose of fenoxaprop.

As a result, fenoxaprop-resistant plants have higher chlorophyll amounts, higher antioxidant defense and higher PAL activities than susceptible sterile oats.

Keywords: *Avena sterilis*, Herbicide Resistance, Antioxidant Defense System, Phenylalanine Ammonia Lyase (PAL), Glutathione

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	ii
ABSTRACT.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1. Kısır Yabani Yulaf (<i>Avena sterilis</i> L.)	1
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	12
2.1 <i>Avena</i> spp. ve herbisit Mücadelesi Üzerine Türkiye’de ve Dünya’da Yapılmış Çalışmalar	12
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE METOT	15
3.1. Bitki Materyali	15
3.2. Sterilizasyon.....	15
3.3. Bitki yetiştirme yöntemi.....	15
3.3.1. Hassas ve dayanıklı genotiplere herbisit uygulaması	16
3.4. Bitki Ölçümleri ve Analiz Yöntemleri.....	16
3.4.1. Pigment İçeriğinin Belirlenmesi	16
3.4.2. Toplam Protein Analizi	16
3.5. Antioksidant Enzim Aktivitelerinin Saptanması.....	17
3.5.1. Enzim Ekstraktlarının Hazırlanması.....	17
3.5.2. Süperoksit Dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) Aktivitesi	17
3.5.3. Askorbat Peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) Aktivitesi	17
3.5.4. Glutasyon Redüktaz (GR; EC 1.6.4.2) Aktivitesi.....	18
3.5.5. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) Aktivitesi	18
3.5.6. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) Aktivitesi	18
3.5.7. Lipid Peroksidasyonu (TBARS) Miktarının Belirlenmesi	18
3.5.8. Hücre Zarı Geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı).....	18

3.5.9. Fenilalanin amonyum liyaz (PAL; EC 4.3.1.5) aktivitesinin belirlenmesi).....	18
3.5.10. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) birikiminin belirlenmesi	19
3.3.6. İstatiksel analiz.....	19
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI.....	20
4.1. Araştırma Bulguları.....	20
4.1.1. Toplam Klorofil Miktarı.....	20
4.1.2. Toplam Protein İçeriği.....	21
4.1.3. SOD Aktivitesindeki Değişimler.....	22
4.1.4. APX Aktivitesi	23
4.1.5. GR Aktivitesi.....	25
4.1.6. POX Aktivitesindeki Değişimler.....	26
4.1.7. CAT Aktivitesindeki Değişimler.....	27
4.1.8. PAL Aktivitesindeki Değişimler	29
4.1.9. Lipit Peroksidasyon	30
4.1.10. Hücre Zarı Geçirgenliği.....	32
4.1.11. H ₂ O ₂ Miktarı.....	33
4.1.12 İstatistiki Değerlendirme	34
BÖLÜM 5	37
TARTIŞMA VE SONUÇ	37
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Dünya’da herbisit dayanıklılığın gruplarına göre dağılımı (Heap, 2015)	4
Şekil 1.2. Herbisit dayanıklılığının yıllara göre dağılımı (Heap, 2015)	5
Şekil 1.3. Stresli ve stressiz koşullarda bitkilerdeki ROT durumu (Møller ve ark., 2007) ...	5
Şekil 1.4. ROT üretimi ve oksidatif hasara neden olan reaksiyonların gösterimi (Apel ve ark., 2004)	6
Şekil 1.5. Bitkilerin çevresel stresler ile karşılaşmaları sonucunda, reaktif oksijen türlerinin üretilmesi ve artışı sonucunda, oksidatif hasar ve hücre ölümlerinin ilişkisini gösteren şeması (Mullineaux ve Baker, 2010).....	7
Şekil 1.6. Herbisit/pestisit toleransı ile ilgili sistemlerin etkileşimi (Mahmood ve ark., 2014)	9
Şekil 1.7. Fenoxaprop etil herbisit etken maddesinin kimyasal yapısı	10
Şekil 1.8. PAL enzim aktivitesinin antioksidan savunma enzim yanıtları ile etkisini gösteren tablo (Kumar G.N.M ve ark., 2003)	10
Şekil 3.1. Kısır yabancı yulaf	15
Şekil 3.2. BSA standart protein grafiği	17
Şekil 4.1. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam klorofil miktarı üzerine etkileri.....	20
Şekil 4.2. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam klorofil miktarı üzerine etkileri.....	21
Şekil 4.3. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam protein miktarı üzerine etkileri	21
Şekil 4.4. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam protein miktarı üzerine etkileri	22
Şekil 4.5. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam SOD aktivitesi üzerine etkileri	23
Şekil 4.6. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam SOD aktivitesi üzerine etkileri	23
Şekil 4.7. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak APX aktivitesi üzerine etkileri.....	24
Şekil 4.8. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak APX aktivitesi üzerine etkileri.....	24
Şekil 4.9. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak GR aktivitesi üzerine etkileri	25
Şekil 4.10. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak GR aktivitesi üzerine etkileri	26
Şekil 4.11. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak POX aktivitesi üzerine etkileri.....	27
Şekil 4.12. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak POX aktivitesi üzerine etkileri.....	27
Şekil 4.13. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak CAT aktivitesi üzerine etkileri.....	28
Şekil 4.14. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak CAT aktivitesi üzerine etkileri.....	28
Şekil 4.15. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak PAL aktivitesi üzerine etkileri	29
Şekil 4.16. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak PAL aktivitesi üzerine etkileri	30

Şekil 4.17. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak lipit peroksidasyon üzerine etkileri.....	31
Şekil 4.18. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak lipit peroksidasyon üzerine etkileri.....	31
Şekil 4.19. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak hücre zarı geçirgenliği üzerine etkileri	32
Şekil 4.20. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak hücre zarı geçirgenliği üzerine etkileri	33
Şekil 4.21. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak H ₂ O ₂ miktarı üzerine etkileri.....	33
Şekil 4.22. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı <i>A. sterilis</i> L. yapraklarında zamana bağlı olarak H ₂ O ₂ miktarı üzerine etkileri	34



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1.Herbisit etki mekanizmalarının, WSSA (Avrupa Yabancı Ot Topluluğu) sistemine göre sınıflandırılması	2
Çizelge 1.2.Antioksidan enzimlerin reaksiyon tablosu (Apel ve Hirt, 2004).....	7
Çizelge 1.3.Şikimat yolağında PAL aktivitesinin rolü (Zhixiang Chen ve ark., 2009).....	11
Çizelge 4.1.Herbisite duyarlı ve dayanıklı <i>A.sterilis</i> populasyonlarında, incelenen parametrelerin 1. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları	35
Çizelge 4.2.Herbisite duyarlı ve dayanıklı <i>A.sterilis</i> populasyonlarında, incelenen parametrelerin 3. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları	35
Çizelge 4.3.Herbisite duyarlı ve dayanıklı <i>A.sterilis</i> populasyonlarında, incelenen parametrelerin 5. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları	36
Çizelge 4.4.Herbisite duyarlı ve dayanıklı <i>A.sterilis</i> populasyonlarında, incelenen parametrelerin 7. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları	36

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Kısır Yabani Yulaf (*Avena sterilis* L.)

Kültür tahılları içinde buğday önemli bir yere sahip stratejik bir üründür. Yaklaşık 50 ülkede besin değeri ve kolay işlenmeleri nedeniyle temel besindir ve Dünya genelinde bitkisel besinler kaynaklı toplam kalorinin neredeyse % 20'sini oluşturmaktadır. Bu oran, Türkiye için yaklaşık % 53'tür (Anonim, 2013).

Dünya toplam tahıl üretiminin 2,3 milyar ton ile 2011/2012 yıllarında, son 10 yılın en üst seviyesine ulaştığı belirlenmiştir. Bu artışta, Bağımsız Devletler Topluluğu ülkelerinde yaşanan olumlu iklim koşullarına ek olarak yulaf üretiminde % 14, arpa üretiminde % 10, çeltik üretiminde % 4 ve mısır üretimindeki %6 artışın toplam tahıl üretimine etkisi yüksek olmuştur (GTHB, 2013). Türkiye'de ise toplam tahıl üretimi 11,3 milyon ha alanda yapılmaktadır. Bu alanın % 67'sinde buğday, % 24'ünde arpa, % 6'sında mısır, % 1,3'ünde çave arkar, % 1,1'inde çeltik, % 0,8'inde yulaf ve % 0,3'ünde tritikale üretimi yapılmaktadır (TUİK, 2013).

Buğday, Türkiye'nin her bölgesinde yetiştirilmektedir. 2013 yılında ekmeçlik buğday üretimi en çok Orta Anadolu Bölgesinde iken (%36) bunu, Marmara Bölgesi (% 15) ile Güneydoğu Anadolu Bölgesi (% 14), Doğu Anadolu ve Ege Bölgesi (%7) izlemiştir. Makarnalık buğday üretimi ise en çok Güneydoğu Anadolu Bölgesinde iken (% 46) bunu Orta Anadolu Bölgesi (% 28) ve Ege Bölgesi (%13) izlemiştir (ZMO, 2016).

Yulaf ise dünya tahıl üretiminde 4, Türkiye'de 5. sırada üretimi yapılan bir kültür bitkisidir. Türkiye'de yulaf üretimi en çok Çanakkale ilinde gerçekleşmektedir. Bol nişastalı tohumları nedeniyle hayvan yemi olarak ve gıda amaçlı kullanılmaktadır (Anonim, 2013).

Tarım alanlarında, İnce kök, gövde yapısı ve çok sayıda tohum üretme özelliklerine sahip olup ortamda yetiştirilen kültür bitkisiyle rekabet ederek verim kayıplarına neden olan tek ya da çok yıllık bitkiler "yabancı ot" olarak tanımlanmaktadırlar. Türkiye'de tarımı yapılan 6 yulaf türü bulunmakla birlikte, 2 yabancı yulaf türü yabancı ot olarak kabul edilmektedir. Bunlar, buğday gibi kültür bitkileriyle rekabete girerek ürün verimini azalttıkları bilinen *Avena sterilis* ve *Avena fatua* türleridir ve Türkiye'nin tüm bölgelerindeki tahıl alanlarında yaygın ve yoğun dar yapraklı yabancı otlar olduğu rapor edilmiştir (Kadıoğlu, 1989; Mennan ve ark. 2003).

Türkiye'de, ürün veriminde yabancı yulaf türleri kaynaklı kaybın %10-25 arasında

olduğu, Dünya genelinde ise %20-40 arasında olduğu bildirilmektedir (Güncan, 2010). Kültür bitkileri içerisindeki yabancı otlar ile mücadele edilmediği takdirde, verim kaybının % 90'a kadar çıkabildiği ifade edilmektedir (Lacey, 1985).

Buğday bitkileri çapa bitkisi olmadığından, yabancı yulaf ile mücadelede sırasında basit, ucuz ve etkili olması nedeniyle yoğun şekilde herbisit kullanılmaktadır. 2001 EPA verileri, tüm pestisitler içinde herbisitlerin Dünya'daki payının %37 olduğu (Kiely ve ark., 2004) ve Türkiye'de ise 2008 yılında 5,5 bin ton herbisit kullanıldığı bildirilmiştir (Uygur ve Uygur, 2010).

Bitkiler uygulanan herbisitlerin etki mekanizmasına bağlı olarak çeşitli dayanıklılık mekanizmaları geliştirebilmektedirler. Herbisit etki mekanizması, yabancı otlarda herbisitlerin etki ettiği yere ve etki şekline göre tanımlanmaktadır. Bitkiler farklı etki mekanizmasına sahip herbisitlere karşı farklı direnç mekanizmaları geliştirebilmektedir (Heap ve Lebaron, 2001). Bu nedenle bitki çeşitine ve özelliklerine göre kullanılan herbisit grupları ve etki mekanizmaları değişmektedir (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Herbisit etki mekanizmalarının, WSSA (Avrupa Yabancı Ot Topluluğu) sistemine göre sınıflandırılması

Herbisit Sınıflandırılması	Herbisit Etki Mekanizmaları
1 Aryloxyphenoxy propionik asit (FOP grubu)	ACCaz baskılayıcı
2 Sikloheksanadenin (DIM grubu)	ACCaz baskılayıcı
3 Sülfonilüre	Asetolaktat sintaz (ALS) baskılayıcı
4 Triazian	Fotosistem II baskılayıcı
5 Dinitroanilin	Mikrotübül düzeneği inhibisyonu
6 Bipyridyl	Fotosistem I baskılayıcı
7 Glisin	EPSP Sentez baskılayıcı

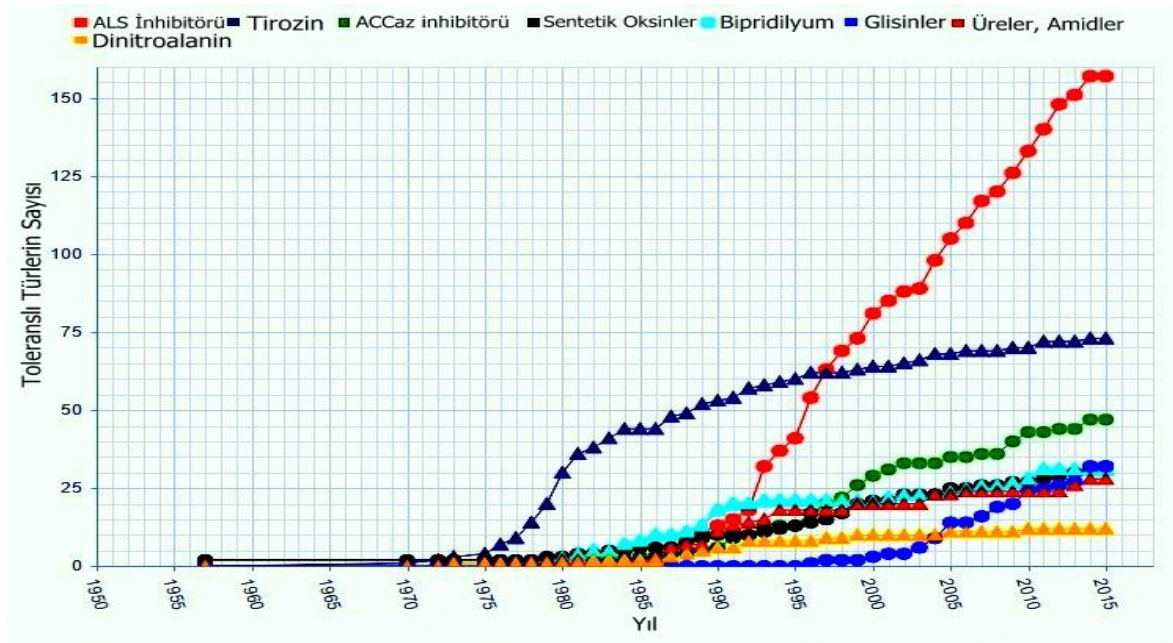
Herbisitlerin, aynı ürün çeşitini için uzun süreyle aynı tarlada kullanılması ve miktarının zamanla artırılması sonucunda, bitkilerde çeşitli dayanıklılık mekanizmaları oluşabilmektedir. Öyle ki, yabancı ot populasyonlarında ilerleyen zamana bağlı olarak ilgili herbisitlere dayanıklılığın arttırdığı gösterilmiştir (Şekil 1.1) (Heap, 2014). Herbisit dayanıklılığı genellikle iki yolla ortaya çıkmaktadır. Bunlardan ilki; aşırı herbisit kullanımının sonucunda, hassas türlerde azalma ve dayanıklı biyotiplerin ekim alanlarına hakim olmasıdır. İkincisiyse; arka arkaya ve sıklıkla aynı grup herbisitlerin kullanımı

sonucu bitkilerde oluşan mutasyonlar ile böyle bitkiler dayanıklı duruma geçebilirler Bu durum dayanıklılık genlerinin, sonraki nesillere de aktarılmasını sağlar (Moss, 2002.)

Herbisit direnç mekanizmaları, çapraz ve çoklu dayanıklılık şeklinde iki tiptir. Çapraz dayanıklılık, hedefe yönelik veya hedef dışı olabilmektedir. İlki, herbisit etkilediği mekanizmanın değişmesiyle olur. Bu durum aynı etki mekanizmasına sahip diğer herbisitlerde dayanıklılık oluşturabilir. İkincisi, bitkinin farklı etki mekanizmaya sahip başka herbisit gruplarına karşı direnç oluşturmasıdır. Çoklu dayanıklılık ise, aynı bitkide birden fazla dayanıklılık mekanizmasının oluşmasını ifade eder. Bir bitkide her iki dayanıklılık mekanizmasının görülmesi bir sorundur (Heap ve Lebaron, 2001).

Özellikle buğday üretim alanlarında *A. sterilis* populasyonları ile mücadelede fop grubu herbisitler kullanılmaktadır. Türkiye’de bu yabancı ot ile mücadele için yedi herbisit ruhsatlı olarak satılmaktadır (clodinafop propargyl, dichlofop metil, fenoxaprop-p-etil, mesosulfuron metil + mefenpyr dietil, mesosulfuron metil + iodosulfuron metil sodium, pinoxaden, proxycarbazone sodium + mesosulfuron metil ve tralkoxydim). Bunlardan fenoxaprop ve diclorofop metil yaygın kullanıma sahiptir (Anonim, 2016).

Herbisitlere dayanıklılık konusunda 60 ülkeden toplam 383 dayanıklı biyotip saptanmıştır (Şekil 1.2) (Heap, 2014). *A. sterilis* populasyonlarında FOP grubu herbisitlere karşı dayanıklılık geliştiği İngiltere (Cavan ve Moss,1997) ve Fransa’da (Letouze ve ark., 1997) rapor edilmiştir. Ayrıca, Kıbrıs’da arpa ekili alanlarda Diclofopmetil’e karşı dayanıklılık tespit edilmiştir (Nemli ve ark., 2009). Benzer şekilde Doğu Akdeniz’de (Uludağ ve ark., 2003) ve Çukurova Bölgesi’nde (Aksoy ve ark., 2004), *A. sterilis* populasyonlarının fenoxaprop herbisitine karşı dayanıklı oldukları saptanmıştır. Öyle ki, Doğu Akdeniz bölgesindeki buğday tarlalarındaki 20 *A. sterilis* populasyonundan yedisinin hem fenoxprop hem de cladinofop herbisitine tolerans geliştirdiği bildirilmiştir (Uludağ ve ark., 2003). Buna ek olarak, Türkseven ve Nemli (2011), Marmara Bölgesi’ndeki Buğday alanlarında yoğun olarak kullanılan diclofop-metil ve fenoxaprop-p-etil’e karşı bazı *A. sterilis* populasyonlarında ve bazı *A. fatua* populasyonlarında çeşitli oranlarda dayanıklılık tespit etmişlerdir. Bir başka araştırmada ise, Çukurova Bölgesi’ndeki bazı *A. sterilis* populasyonlarının halaxyfop-r-metilester, clodinafop-propargyl ve Clethodim herbisitlerine karşı dayanıklı olduğu bildirilmiştir (Avcı ve ark., 2009).



Şekil 1.1. Dünya’da herbisit dayanıklılığın gruplarına göre dağılımı (Heap, 2015)

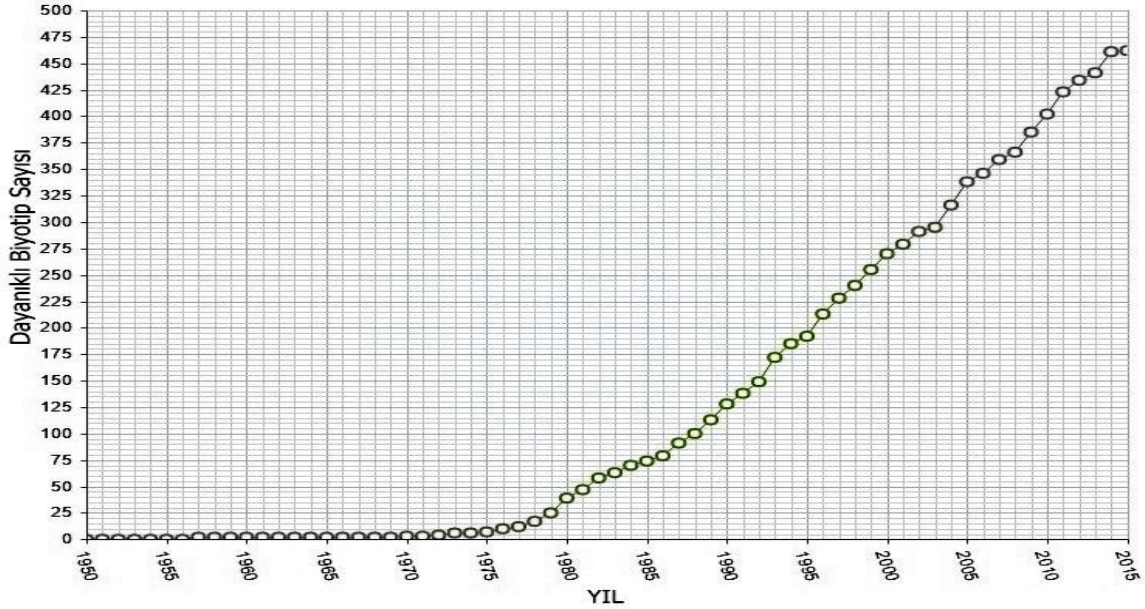
Diğer yandan, *A. sterilis* populasyonlarının ACCaz inhibitörü ve ALS inhibitörü herbisitlere karşı İran’da (Zand, 2007), Yunanistan’da (Papapanagiotou ve ark., 2012), Fars, Markazi ve Khuzestan’da (Kashani ve ark., 2010) tolerans geliştirdiği rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada, sekiz ülkede ACCaz ve ALS inhibitör herbisitlerin *A. sterilis* üzerinde dayanıklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu dayanıklılık çapraz dayanıklılık ya da çoklu dayanıklılık şeklinde oluşmuştur (Heap, 2014). İlginç şekilde, aynı populasyonların, diclofop-metil’e karşı da dayanıklı olduğu Avustralya (Ahmad-Hamadi ve ark., 2013) ve İran’da (Zand, 2007) saptanmıştır.

Avena populasyonlarında fop grubu herbisitler ile ACCaz ve ALS inhibitör herbisitlere karşı oluşan çapraz dayanıklılığın, bu türlerin mutasyona uğraması nedeniyle, dayanıklı bireylerde enzim yapısının değiştirdiği saptanmıştır (Ahmad-Hamadi ve ark., 2013). Ayrıca ACCaz inhibitörü dayanıklılığını aşmak için de ALS inhibitör herbisitlerin dönüşümlü olarak kullanımının önemi vurgulanmıştır (Papapanagiotou ve ark., 2012).

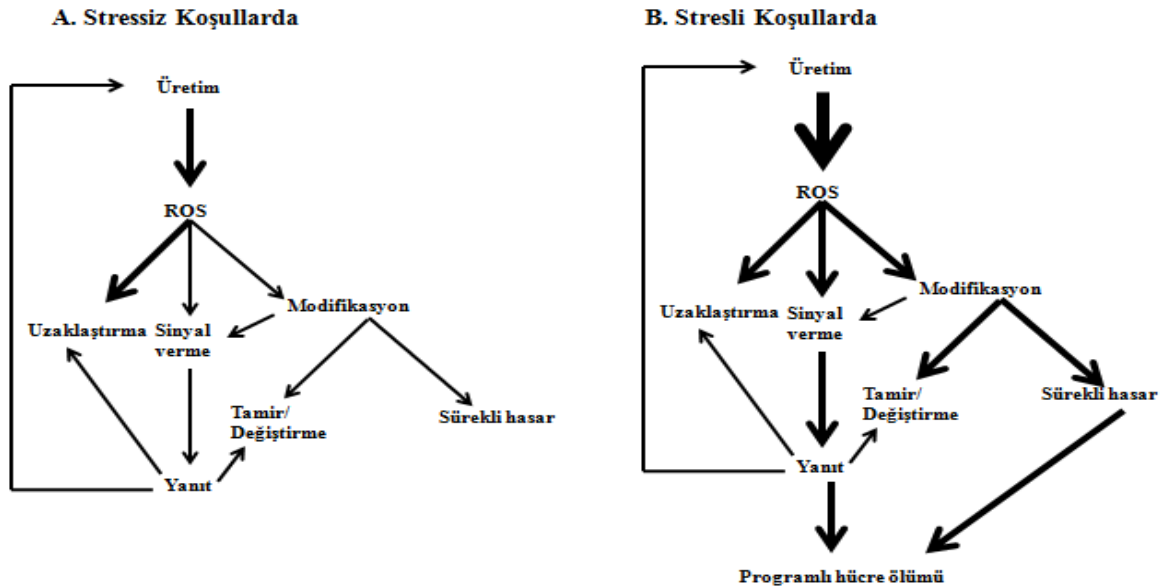
Bitkilerde, reaktif oksijen türlerinin (ROT) biyotik (yabancı ot, herbivor vb.) ve abiyotik (herbisitler, kuraklık, tuzluluk vb.) stres koşulları altında aşırı üretilmesi sonucunda “oksidatif stres” oluşur (Scandalios, 1997; Acar ve ark., 2001; Edreva, 2005; Koca ve ark., 2003).

Bitkiler, oksijenli yaşamın normal bir sonucu olarak ve solunum süreçlerinde O_2^- (süperoksit anyonu), 1O_2 (singlet oksijen), H_2O_2 (hidrojen peroksit) ve OH^- (hidroksil radikali) vb. ROT'lerini üretir. ROT, mitokondri veya kloroplastta ya da fotorespirasyon

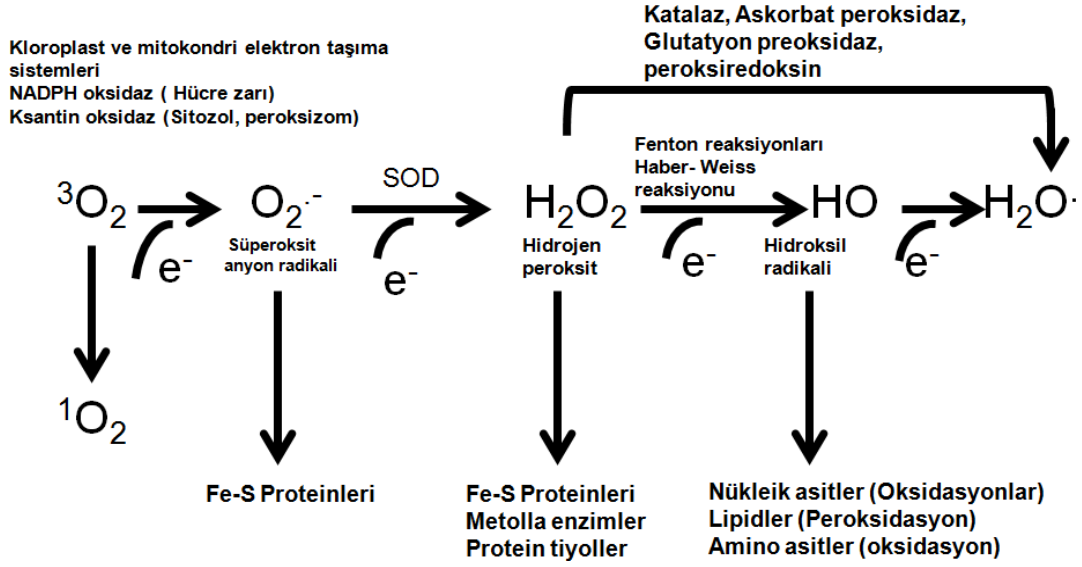
boyunca elektron taşınımı gibi oksijenli hücresel süreçlerde üretilirler (Botella ve ark., 2005). Bu radikal moleküller, kararlı hale gelmek için çevrelerindeki yağ, protein ve nükleik asitlerden elektron koparma eğilimindedirler. Bu nedenle, radikal moleküller potansiyel zararın önlenmesi için enzimik ve enzimik olmayan antioksidanlar tarafından temizlenerek zararsız suya dönüştürülürler (Şekil 1.3, 1.4) (Møller ve ark., 2007).



Şekil 1.2. Herbisit dayanıklılığının yıllara göre dağılımı (Heap, 2015)



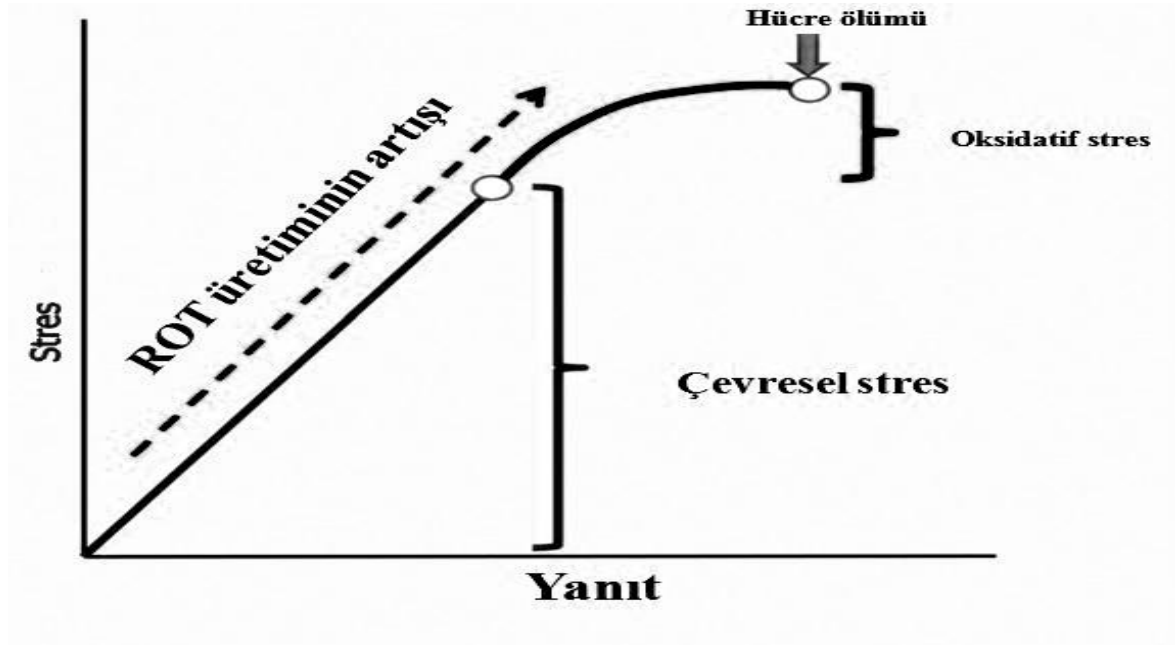
Şekil 1.3. Stresli ve stressiz koşullarda bitkilerdeki ROS durumu (Møller ve ark., 2007)



Şekil 1.4. ROT üretimi ve oksidatif hasara neden olan reaksiyonların gösterimi (Apel ve ark., 2004)

Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), peroksidaz (POX), guaiacol peroksidaz (GPX), glutasyon peroksidaz (GSH-Px), askorbat peroksidaz (APX), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR), dehidro askorbat redüktaz (DHAR) ve glutasyon redüktaz (GR) bitki hücrelerindeki başlıca enzimik antioksidanlardır (Çizelge 1.2). Enzimatik olmayan antioksidanların başında ise indirgenmiş glutasyon (GSH) ve askorbat (ASA) yer almaktadır (Foyer ve Noctor, 2009). Antioksidan savunma enzimleri, ROT'nin kararsız yapısını kararlı hale getirmekte veya farklı bir ROT'nin oluşmasına neden olmaktadır (Scandalios, 1997). Fotosentez hızının yavaşlaması, ROT'nin artışı hızlandırmaktadır. ROT'nin artması detoksifikasyonda görevli enzimlerin aktivitesinde artışa sebep olmaktadır. Bitkilerin yapısında bulunan antioksidan savunma enzimlerinin fizyolojik yanıtları sonucunda ROT detoksifiye edilmiş olur. Antioksidan üretiminin yetersizliği veya aşırı ROT üretimi sonucu; yağlar, proteinler, nükleik asitler ve karbonhidratlar zarar görür (Foyer ve Noctor, 2009; Parida ve Das, 2005). Yüksek veya düşük sıcaklıklar, tuzluluk, kuraklık, herbisitler vb. çevresel stresler bitkilerde ROT üretimini arttırdıklarından, antioksidanların aktivitesini ve bunların etkisizleştirilmesi arasındaki dengeyi bozabilirler (Şekil 1.5) (Poontariga ve ark., 2003).

Herbisitler bitkilerde, oksidatif hasara neden olan çevresel streslerden kabul edilir. Herbisitlerin yaprak yüzeyine uygulanması sonucu herbisitler kütikula-stoma yoluyla önce sitoplazma zarına ulaşır ve buradan hücre içine alınır. (Zhang ve ark., 2012). Herbisit/pestisit toleransı, bir bitkinin sayısız bileşenlerini içeren karmaşık bir süreçtir. Bu süreç; fitokromlar, bitki antioksidan sistemleri, glikoproteinler ve çeşitli metabolik sistemlerin etkileşimi içermektedir (Çizelge 1.3).



Şekil 1.5. Bitkilerin çevresel stresler ile karşılaşmaları sonucunda, reaktif oksijen türlerinin üretilmesi ve artışı sonucunda, oksidatif hasar ve hücre ölümlerinin ilişkisini gösteren şeması (Mullineaux ve Baker, 2010)

Çizelge 1.2. Antioksidan enzimlerin reaksiyon tablosu (Apel ve Hirt, 2004).

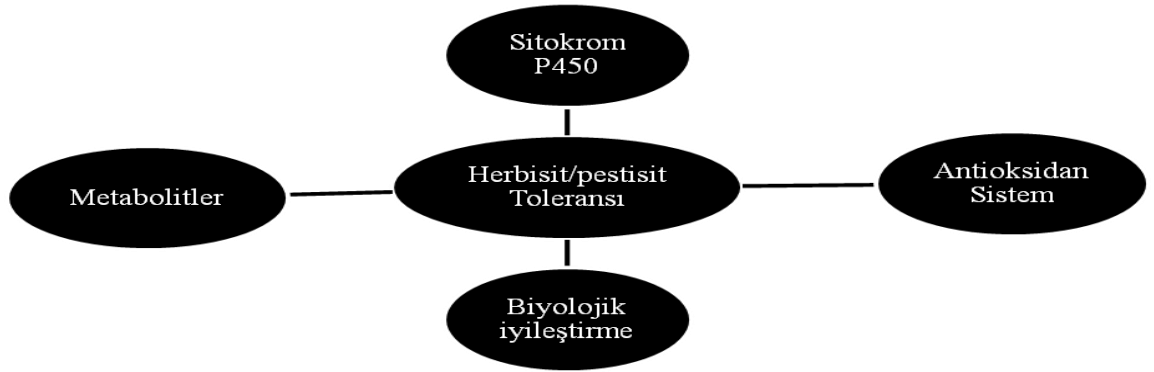
<p>a) Superoksit dismutaz</p> $\text{O}_2^- \xrightarrow{\text{SOD}} \text{H}_2\text{O}_2$
<p>b) Katalaz</p> $\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{CAT}} \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2$
<p>c) Askorbat – Glutasyon Döngüsü</p> $\begin{aligned} (1) \text{H}_2\text{O}_2 + \text{Askorbat} &\xrightarrow{\text{APX}} \text{H}_2\text{O} + \text{Monodehidroaskorbat (MDA)} \\ (2) \text{MDA} + \text{NAD(P)H} &\xrightarrow{\text{MDAR}} \text{Askorbat} + \text{NAD(P)}^+ \\ (3) \text{Dehidroaskorbat} + \text{GSH} &\xrightarrow{\text{DHAR}} \text{Askorbat} + \text{GSSG} \\ (4) \text{GSSG} + \text{NAD(P)H} &\xrightarrow{\text{GR}} \text{GSH} + \text{NAD(P)}^+ \end{aligned}$
<p>d) Glutasyon Peroksidaz Döngüsü</p> $\begin{aligned} (1) \text{H}_2\text{O}_2 + \text{GSH} &\xrightarrow{\text{GPX}} \text{H}_2\text{O} + \text{GSSG} \\ (2) \text{GSSG} + \text{NAD(P)H} &\xrightarrow{\text{GR}} \text{GSH} + \text{NAD(P)}^+ \end{aligned}$

Enzimik antioksidan savunma reaksiyonları sırasında oluşan ROT, antioksidan enzimler yada diğer antioksidan moleküller tarafından zararsız hale getirilerek ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Antioksidan savunma enzimleri, ROT'nin kararsız yapısını biyokimyasal reaksiyonların yardımı ile kararlı hale getirmekte veya farklı bir ROT'nin oluşmasına neden olmaktadır (Scandalios, 1997). Fotosentez hızının yavaşlaması, ROT'nin artışı hızlandırmaktadır. ROT'nin artması detoksifikasyonda görevli enzimlerin aktivitesinde artışa sebep olmaktadır.

Bitkiler, çevresel şartların değişimine adapte olduktan sonra, yaprak morfolojisi, pigment (kloroplast) bileşimi ve biyokimyasal işlevlerin aktivitesinde gerçekleşen değişimleri düzenler. Bitkideki fotosentez işleyişinin, oksidatif hasardan korunması iki adımda gerçekleşmektedir. İlk olarak, ksantofil pigmentleri yardımı ile ışığın oluşturduğu fazla ısı ortamdan uzaklaştırılır. Isı uzaklaştırıldıktan sonra, su hariç diğer oksijen alıcılarına elektronlar taşınarak fotoinhibisyon olayının gerçekleşmesi engellenir. İkinci olarak ise, ROT seviyesinin ayarlanmasında görevli olan SOD, APX, CAT ve POX gibi anahtar enzimlerin miktarının artması beklenmektedir. Bu artış sayesinde, hücrenin farklı yapılarında bulunan enzimlerin birbiri ile olan uyumlu aktiviteleri sayesinde, ROT'nin oluşumu ve uzaklaştırılması arasındaki denge sonucu hücre sinyalleşme mekanizması için gerekli olan H_2O_2 seviyesi korunmuş olur (Munns ve Tester, 2008). SOD bitki hücrelerinde O_2^- birikimini kısıtlar. Bununla birlikte, metal iyonları O_2^- tarafından indirgenerek bağlı olduğu proteinlerden salınabilir (Harbinson, 1993). Alscher ve ark. (2002), antioksidanların CuZn-SOD, Mn-SOD ve Fe-SOD gibi çeşitli izoformlarda bulunan metaloenzimler olduklarını rapor etmiştir. SOD etkisinin artırılmış düzeyleri, gen ifadesinin up regülasyonu ile sonuçlanan ileri düzey süperoksitlerin bir sonucu olabilir (Foyer ve ark.,1997; Mishra ve ark., 2006). CAT; stres koşullarında meydana gelen zararlı H_2O_2 'i H_2O ve O_2 'ya dönüştürür ve bitki hücrelerini strese karşı korumada önemli antioksidanlardandır (Azevedo RA., 1998). Hücre içerisinde enzimlerin lokasyonuna bakıldığında; SOD ve APX kloroplastta, sitosolde, mitokondri (Madhusudhan ve ark., 2003) ve peroksizomda, CAT peroksizomda (Shigeoka ve ark., 2002), GPX kloroplast, sitozol, mitokondri ve endoplazmik retikulum da bulunur (Hausladen ve Alscher, 1993).

Herbisitlerin yaprak yüzeyine uygulanmasında kütikula-stoma yoluyla sitoplazma zarına ulaşır. Pasif difüzyon ve aktif taşıyıcıları ile besin ve su alımı yardımıyla hücre içine alınır. Herbisitler bitkilerde, oksidatif hasara neden olan çevresel streslerden kabul edilir (Zhang ve ark., 2012). Herbisit/pestisit toleransı, bir bitkinin sayısız bileşenlerini içeren

karmaşık bir süreçtir. Bu süreç; fitokromlar, bitki antioksidan sistemleri, glikoproteinler ve çeşitli metabolik sistemlerin etkileşimi içermektedir.



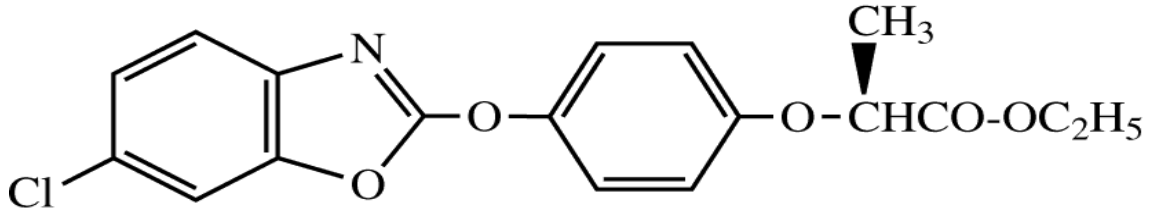
Şekil 1.6. Herbisit/pestisit toleransı ile ilgili sistemlerin etkileşimi (Mahmood ve ark., 2014)

GST (Glutasyon S-transferaz) hücrel konsantrasyonu bir çok çevre kirlenici tarafından uyarılabilir (Pascal ve ark., 1998). GSH'ın birçok elektrofilik maddeye bağlanmasından sorumlu enzim, stresi harekete geçiren çevre kirlenicilerine karşı savunmanın bir bileşeni olarak düşünülür ve dolayısıyla abiyotik stresin bir biyoisaretçisi olarak görülür (Pascal ve ark., 1998).

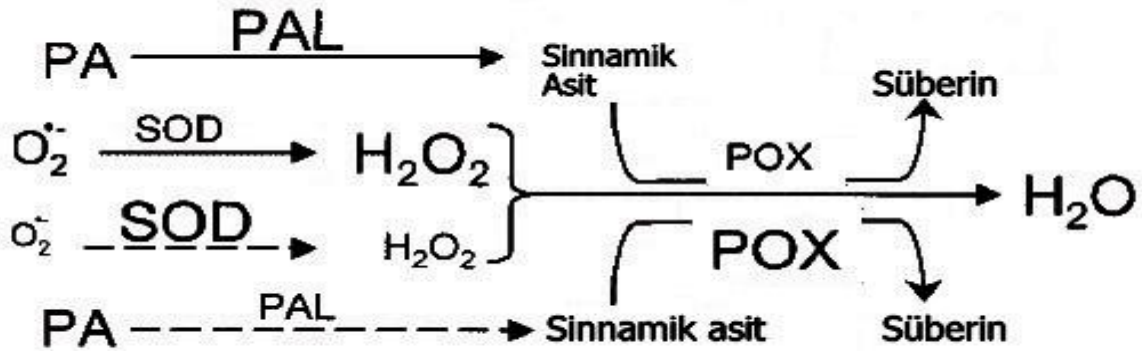
Tarımda kullanılan herbisitlerden parakuat (PQ), fotosistem I (PSI), diuron ise fotosistem II (PSII) elektron taşıma zincirinde elektronları yanlış yönlendirerek süperoksit radikalleri başta olmak üzere, birçok ROT'nin oluşumuna yol açmaktadır. Herbisitlerin ROT'ni oluşturma potansiyeli nedeniyle, bu herbisitlere/pestisitlere maruz kalan bitkilerin hücrelerinde antioksidan savunmanın seviyesi önem kazanmaktadır. Çünkü uygulanacak herbisit dozu, bu savunma sistemini etkileyeceğinden, daha fazla ROT üretecek şekilde planlanmaktadır. Ancak bitki popülasyonları içerisinde bu tür herbisitlere/pestisitlere karşı belli bir dayanıklılığın çıkmasının yine antioksidan savunma enzimi ile ilişkili olması kaçınılmaz görünmektedir (Nurzhanova ve ark., 2013).

Aryloxyphenoxy propionik asit (APP (FOP) grubu) herbisit grubu Gramineae familyasından yabancı otlar için kullanılır. Bu gruptan fenoxaprop etken maddeli herbisit, bitkide Asetil CoA karboksilazı (ACCa) baskılayıcı, yağ asitlerin sentezini engelleyici etkisi vardır. ACCa bitki kloroplastlarında lipid biyosentezinde Asetil CoA 'dan Malonil CoA oluşumu reaksiyonunun katalizler. Herbisit direnci bu enzim yapısında meydana gelen mutasyonlar ile oluşur. Aynı zamanda şikimik asit yolunda, fenilalanin'den

amonyumu uzaklaştırarak, sinnamik asit oluşumunda görevli olan PAL enzim yapısını da bozduğu düşünülmektedir (Çizelge 1.3) (Taiz Z., 2008).



Şekil 1.7. Fenoxaprop etil herbisit etken maddesinin kimyasal yapısı



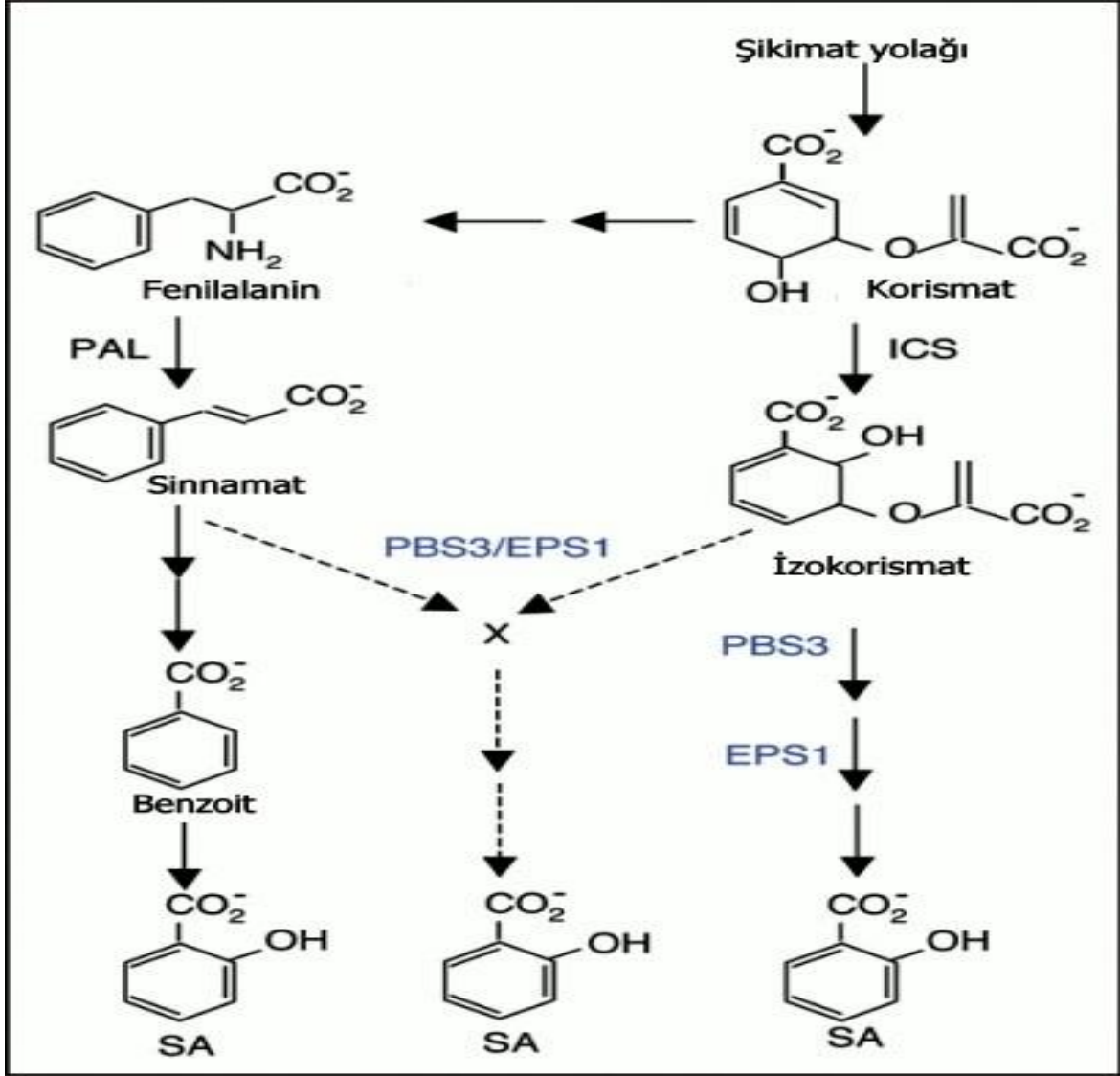
Şekil 1.8. PAL enzim aktivitesinin antioksidan savunma enzim yanıtları ile etkisini gösteren tablo (Kumar G.N.M ve ark., 2003)

Fenilpropanoid yolun ilk basamağı katalizleyen PAL, flavonoid ve fenilpropanoid sentezlenmesi için anahtar ve düzenleyici bir enzimdir (Lulai ve ark., 2008). Ayrıca PAL enziminin antioksidan savunma enzimlerinden POX ile ilişkisi bilinmektedir (Şekil 1.8) (Kumar ve Knowles, 2003). Diğer yandan, PAL aktivitesi herbisite duyarlı ve dirençli *Alopecurus myosuroides* bitkilerinde belirlenmiştir (Dixon ve Palva, 1995). Buna göre, stres koşullarında hücreleri korumak ve ROT düzeylerini kontrol altında tutmak için PAL aktiviteleri değişmektedir (Lin ve ark., 2005).

Glutatyon (GSH), ROT konsantrasyonlarının hem dolaylı hem de doğrudan kontrolünde görev almaktadır (May ve ark., 1998; Foyer ve Noctor, 2005). GSH, bitkinin strese olan adaptasyonunda, savunma enzim aktivitelerinde, bitki büyüme ve gelişiminde ve sinyal iletiminde düzenleyici bir rol oynar (Yael ve ark., 2014). Fazla H₂O₂ birikimi

olduğunda GSH, askorbat-glutasyon yolunun bir parçası olarak detoksifikasyonda görev alır (Noctor ve Foyer, 1998).

Çizelge 1.3.Şikimat yolağında PAL aktivitesinin rolü (Zhixiang Chen ve ark., 2009)



Literatüre göre, çeşitli bitkilerde herbisit uygulamasından sonra oksidatif stres meydana geldiği ve *A.sterilis* populasyonlarının herbisit direnciyle ilgili birçok fizyolojik sorunun cevabının eksikliği tespit edilmiştir. Fenoxaprop grubu herbisit stresine karşı yabancı yulaf bitkisinin savunma enzim yanıtlarının nasıl bir tepki verdiği halen bilinmemektedir. Bu çalışma ile fop grubu herbisite dayanıklı ve duyarlı yabancı yulaf populasyonlardan elde edilen tohumlar kullanılarak, farklı dozlarda herbisit uygulamalarının antioksidan savunma sistemini nasıl etkilediğinin belirlenmesi ve dayanıklılığın mekanizmasının anlaşılması hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Buğday tarlalarında sorun olan yabancı yulaf türleri ve bunlarla mücadelede herbisit kullanımı ile oluşan dayanıklılık sorunu Dünya'da 1950 yılında ve Türkiye'de ise 2001 yılında tespit edilmiştir. Dünya literatürüne girmiş çalışmalarda, yabancı yulaf türlerinin oluşturduğu zararlar ve çeşitli herbisitlere karşı oluşan dayanıklılık konuları irdelenmiştir.

2.1 *Avena* spp. ve herbisit Mücadelesi Üzerine Türkiye'de ve Dünya'da Yapılmış Çalışmalar

A. sterilis ve *A. fatua* türleri Türkiye'nin tüm bölgelerindeki tahıl üretim alanlarında yaygın bir yabancı otlardır (Kadioğlu, 1989; Mennan ve ark. 2002).

Tarım alanlarında *A. sterilis* populasyonları ile fop grubu herbisitler uygulanarak mücadele edilmektedir. Mücadele için clodinafop propargyl, dichlofop metil, fenexoprop-*p*-etil, mesosulfuron metil + mefenpyr dietil, mesosulfuron metil + iodosulfuron metil sodium, pinoxaden, proxycarbazone sodium + mesosulfuron metil ve tralkoxydim gibi yedi herbisit Türkiye'de ruhsatlı olarak satılmaktadır. Bu gruba dahil herbisitlerden fenoxprop ve diclorofop metil yaygın kullanıma sahiptir (Anonim,2010).

İngiltere (Cavan ve Moss,1997) ve Fransa'da (Letouze ve ark., 1997) fop grubu herbisitlere karşı *A. sterilis* populasyonlarında dayanıklılık geliştiği rapor edilmiştir. Ayrıca, Kıbrıs'da arpa ekili alanlarda Diclofopmetil'e karşı dayanıklılık tespit edilmiştir (Nemli ve ark., 2009). Benzer şekilde Doğu Akdeniz'de (Uludağ ve ark., 2003) ve Çukurova Bölgesi'nde (Aksoy ve ark., 2004), *A. sterilis* populasyonlarının fenoxaprop herbisitine karşı dayanıklı oldukları saptanmıştır. Öyle ki, Doğu Akdeniz bölgesindeki buğday tarlalarındaki 20 *A. sterilis* populasyonundan yedisinin hem fenoxprop hemde cladinofop herbisitine tolerans geliştirdiği bildirilmiştir (Uludağ ve ark., 2003). Buna ek olarak, Türkseven ve Nemli (2011), Marmara Bölgesi'ndeki Buğday alanlarında yoğun olarak kullanılan diclofop-metil ve fenoxaprop-*p*-etil'e karşı bazı *A. sterilis* populasyonlarında ve bazı *A. fatua* populasyonlarında çeşitli oranlarda dayanıklılık tespit etmişlerdir. Bir başka araştırmada ise, Çukurova Bölgesi'ndeki bazı *A. sterilis* populasyonlarının halaxyfop-*r*-metilester, clodinafop-propargyl ve Clethodim herbisitlerine karşı dayanıklı olduğu rapor edilmiştir (Avcı, 2009).

Diğer yandan, ACCaz inhibitörü ve ALS inhibitörü herbisitlere karşı İran'da (Zand, 2007), Yunanistan'da (Papapanagiotou ve ark., 2012), Fars, Markazi ve Khuzestan'da

(Kashani ve ark., 2010) *A. sterilis* populasyonlarında tolerans geliştirdiği rapor edilmiştir. Bir başka çalışmada, sekiz ülkede ACCaz ve ALS inhibitör herbisitlerin *A. sterilis* zerinde dayanıklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu dayanıklılık çapraz dayanıklılık ya da çoklu dayanıklılık şeklinde oluşmuştur (Heap, 2014). İlginç şekilde, aynı populasyonların, diclofop-metil'e karşı da dayanıklı olduğu Avusturalya (Powles ve ark., 2013) ve İnan'da (Zand, 2007) rapor edilmiştir.

Avena populasyonlarında fop grubu herbisitler ile ACCaz ve ALS inhibitör herbisitlere karşı oluşan çapraz dayanıklılığın, bu türlerin mutasyona uğraması nedeniyle, dayanıklı bireylerde enzim yapısının değiştirdiği saptanmıştır (Powles ve ark., 2013). Ayrıca ACCaz inhibitörü dayanıklılığını aşmak için de ALS inhibitör herbisitlerin dönüşümlü olarak kullanımının önemi vurgulanmıştır (Papapanagiotou ve ark., 2012).

Bitkiler vreysel streslerle karşılaşmaları sonucunda, ROT'ların artması ile oksidatif stres meydana gelir. Bitkiler ROT uzaklaştırmak için antioksidan savunma enzimlerinden yararlanmaya çalışır.

Arabidopsis thaliana bitkilerinin Diclofop asit (R-DC ve S-DC) uygulaması sonucunda, SOD, CAT, POX enzim aktivitesinin önemli ölçüde azaldığı ve lipid peroksidasyonun 2.-4. haftada arttığı rapor edilmiştir (Zhang Q. ve ark., 2012). Bir diğer enzim aktivite çalışmasında, kuraklık stresi altında, *A. brevis*, *A. sativa* ve *A. sterilis* genotiplerin vejetatif evresinde, POX aktivitesinde artış rapor edilmiştir (Dwivedi ve ark., 1979). Kuraklık stresi koşullarında *A. sterilis* türünde POX ve CAT aktivitesinde artışlar olduğu rapor edilmiştir (Badiani ve ark., 1997; Baığ M.J., 2010).

Aryloxyphenoxy propionik asit (FOP grubu) herbisit grubu Gramineae familyasından yabancı otlar için kullanılır. Bu herbisit grubunun bitkide ACCaz baskılayıcı etkisi vardır. ACCaz bitki kloroplastlarında lipid biyosentezinde Asetil CoA 'dan Malonil CoA oluşumu reaksiyonunun katalizler. Herbisit direnci bu enzim yapısında meydana gelen mutasyonlar ile oluşur. Aynı zamanda şikimik asit yolunda, fenilalanin'den amonyumu uzaklaştırarak, sinnamik asit oluşumunda görevli olan PAL enzim yapısını da bozduğu düşünülmektedir (Taiz, 2008).

PAL, fenilpropanoid yolun ilk basamağı katalize eden bir enzim olup (Lulai C. ve ark., 2008), flavonoid ve fenilpropanoid sentezlenmesinde anahtar ve düzenleyici bir enzimdir. PAL aktivitesi herbisite duyarlı ve herbisite dirençli *Alopecurus myosuroides* bitkilerinde belirlenmiştir (Dixon ve Palva, 1995). Stres koşullarında hücreleri korumak ve ROT düzeylerini kontrol altında tutmak için PAL aktiviteleri değişir (Lin ve ark., 2005).

GSH, ROS konsantrasyonlarının hem dolaylı hem de doğrudan kontrolünde görev

almaktadır (May ve ark., 1998; Foyer ve Noctor, 2005). GSH, bitkinin strese olan adaptasyonunda, savunma enzim aktivitelerinde, bitki büyüme ve gelişiminde ve sinyal iletiminde düzenleyici bir rol oynar (Yael ve ark., 2014). Fazla H₂O₂ birikimi olduğunda GSH, askorbat-glutasyon yolunun bir parçası olarak detoksifikasyonda görev alır (Foyer ve Noctor, 1998). Buğday (*Triticum aestivum*, Giza 157) bitkisinin izoproton uygulaması sonucunda, sürgünün uzunluğu, yaş ve kuru ağırlıkları, karotenoid, klorofil a ve b ve ALA-D miktarları ile SOD, CAT ve APX aktivitelerinde azalma, H₂O₂ ve lipid peroksidasyon (MDA) miktarlarında ise artış tespit edilmiştir. İzoproton ve GSH uygulaması ise; bu parametrelerde anlamlı bir artış tespit edilmiştir. Buna göre, dışarıdan uygulanan GSH ile bitkinin herbisit uygulamasına karşı dayanıklılık sağlayarak bitkinin toleransının artmasına yardımcı olduğu gösterilmiştir (Mamdouh M. ve ark., 2014).

Aristeidis ve ark., (2015) *Avena* populasyonlarında nokta mutasyonları inceleyerek, fenoksyaprop herbisitine dirençli 23 populasyonda ACCaz mutasyonlarıyla ilgili yaptıkları bir araştırmada, bir populasyonda Trp-1999-Cys mutasyonunda sadece fenoksyaprop maddesine direnç gösterdiği rapor edilmiştir. Ayrıca araştırmada saptanan nokta mutasyonlar fenoksyaprop, cladinofob ve diclofob'a karşı çapraz direnç ile ilişkilendirilmiştir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1. Bitki Materyali

Temmuz 2014'te Marmara bölgesinden *A.sterilis L.* bitkisinin fenoxaprop'a karşı hassas ve dayanıklı populasyonlarına ait tohumlar, Dr. Süleyman TÜRKSEVEN'den (Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi) temin edilmiştir.

3.2. Sterilizasyon

Kullanılacak tüm malzemeler 180 °C de 2 saat boyunca Etüv'de sterilize edilmiştir. Tohumlar, %5'lik çamaşır suyunda 1 dakika bekletilerek yüzeysel sterilizasyon yapılmıştır. Steril tohumlar 3 defa 2'şer dakika steril distile saf su ile yıkanır ve fazla suyun alınması için filtre kağıdında bir süre bekletilmiştir.

3.3. Bitki yetiştirme yöntemi

A.sterilis tohumları öncelikle laboratuvar ortamında çimlendirme için sterilize edildiler. Steril petri içerisine filtre kağıdı 2 kat yerleştirilerek her bir petri içerisine 5 ml %0,1 lik KNO_3 ilave edildi. Bu işlemin ardından tohumlar bitki büyütme kabininde 10⁰C'de karanlık ortamda çimlenmeye bırakıldılar. Laboratuvarda çimlendirilen yabancı yulaf fideleri 2-3 cm (BBCH skalasına göre) boylandıklarında steril torf ve perlit karışımı içeren saksılar içerisine yerleştirildiler. Bitkiler, 16/8 saatlik (gündüz/gece) fotoperiyotta, 10⁰C sıcaklıkta, %70 nem ve 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotosentetik ışık yoğunluğunda (PAR) yetiştirildiler. Her grup için toplam 140 adet saksı, her saksıda (4L hacimli) toplam 4 adet bitki yetiştirildi ve deneme 3 bağımsız tekrarlı olarak gerçekleştirildi.



Şekil 3.1. Kısır yabancı yulaf

3.3.1. Hassas ve dayanıklı genotiplere herbisit uygulaması

Üç yapraklı döneme gelen (kardeşleme başlangıcı) (BBCH skalasına göre 13) dayanıklı kısır yabancı yulaf fidelerine X (Önerilen doz için, 1lt suya 3ml fenoxaprop-P-etil), 2X ve 4X dozlarda fenoxaprop-P-etil (FOP) etken maddeli herbisit foliar olarak uygulandı.

Foliar absorpsiyon uygulamaları; dayanıklı populasyon bitkilerinde 5 mM GSH ile herbisit (X, 2X ve 4X) + glutatyon, duyarlı populasyon bitkilerinde ise, X, X/2 ve X/4 dozlarında yapıldı. Fenoxaprop-P-etil etken maddeli herbisitinin foliar uygulamaları, 5 mM GSH (Mamdouh ve ark.,2014) ve herbisit (X, X/2, X/4)+GSH birlikte uygulamaları tek seferde gerçekleştirildi. Uygulama sonrasında, 1., 3., 5. ve 7. günlerde bayrak yapraklarından örneklemeler yapıldı ve bu doku örnekleri analizlerde kullanıldı. Tek herbisit uygulamasını izleyen örneklemelerin 7 gün ile sınırlanması, Mamdouh ve ark (2014)'nin buğday bitkisinde izoproturon uygulaması sonucunda antioksidan enzimler ile PAL aktivitesindeki değişimlerin yanı sıra GSH uygulamasına bağlı değişimlerde elde ettikleri sonuçlar dikkate alınarak saptandı.

3.4. Bitki Ölçümleri ve Analiz Yöntemleri

Spektrofotometrik ölçümler, Thermo Scientific Genesys Ones UV-Vis spektrofotometre cihazında yapıldı.

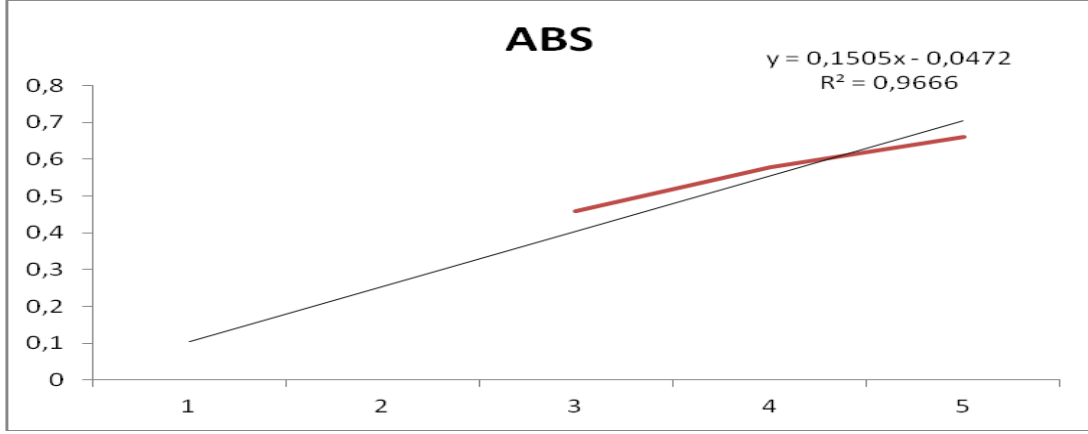
3.4.1. Pigment İçeriğinin Belirlenmesi

0,5 g taze bitki yaprağı %80' lik aseton içerisinde homojenize edilerek aşağıdaki formüle uygun şekilde hesaplandı (Arnon, 1949)

$$\text{Toplam klorofil} = (20,2 \times A_{645}) + (8,02 \times A_{663}) \quad (3.1)$$

3.4.2. Toplam Protein Analizi

Yulaf yapraklarının toplam protein içeriği, Bradford (1976) yöntemine göre belirlenmiştir. Spektrofotometre'de 595 nm'de elde edilen absorbans değerleriyle oluşturulan protein standart grafiği, örneklerin toplam protein miktarının hesaplanmasında kullanıldı.



Şekil 3.2. BSA standart protein grafiği

3.5. Antioksidant Enzim Aktivitelerinin Saptanması

3.5.1. Enzim Ekstraktlarının Hazırlanması

0,1 g yaprak materyali, 1mM EDTA ve %2 (w/v) polivinilpolipirrolidon (PVPP) içeren 3 ml 0,05 M Sodyum fosfat tamponunda (pH:7.8) homojenize edildi. Homojenatlar +4°C de 13000 rpm'de 40 dk santrifüjlendikten sonra süpernatantlar (özütler) analizlerde kullanılmıştır. Tüm işlemler soğuk zincirde (+4°C) gerçekleştirilmiştir.

3.5.2. Süperoksit Dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) Aktivitesi

Özütün kullanıldığı 10 dakikalık ışık reaksiyonu sonucunda oluşan renk değişiminin, spektrofotometrede 560 nm dalga boyundaki absorbans değeri belirlendi. Bu değer SOD aktivitesi hesaplanmasında kullanıldı. Köre karşı renk değişimindeki %50 inhibisyon 1 Ünite SOD olarak hesaplandı (Beauchamp ve Fridovich,1971; Giannipolities ve Ries,1977).

3.5.3. Askorbat Peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) Aktivitesi

290 nm'deki absorbans değeri ve ekstinksiyon katsayısı (2,8 mM⁻¹ cm⁻¹) ile hesaplandı (Nakano ve Asada, 1981). Süpernatant, 50 mM Na-fosfat tamponu (pH 7.0), 0.5 mM askorbat, 0.1 mM EDTANa₂, 1,2 mM H₂O₂ içeren reaksiyon karışımıyla askorbat 3 dk reaksiyona bırakıldı ve okside askorbat miktarı ekstinksiyon katsayısından hesaplandı (mg protein⁻¹ g yaş ağırlık⁻¹).

3.5.4. Glutasyon Redüktaz (GR; EC 1.6.4.2) Aktivitesi

NADPH varlığında 340 nm'de okside glutasyon miktarındaki azalma ile GSSG düzeyi hesaplandı ($\epsilon = 6,2 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$). Spesifik aktivite, $\text{mg protein}^{-1} \text{ g yaş ağırlık}^{-1}$ olarak belirlendi (Foyer ve Halliwell,1976).

3.5.5. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) Aktivitesi

Reaksiyon karışımı, DAB (3, 3' Diaminobenzidine tetrahydrochloride) solüsyonu, %6'lık H_2O_2 , dH_2O ve özütten oluşur. H_2O_2 katılmasıyla reaksiyon başlar ve 465 nm'de 180 sn absorban artışı izlendi (Kanner ve Kinsella,1983).

3.5.6. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) Aktivitesi

0,1 mM EDTA, 50 mM Na-fosfat tamponu (pH: 7,0), H_2O ve % 3 H_2O_2 (%33) 'den oluşan reaksiyon karışımında, reaksiyon boyunca absorbansta oluşan düşüş 180 saniye boyunca takip edildi (Bergmeyer; 1970).

3.5.7. Lipid Peroksidasyonu (TBARS) Miktarının Belirlenmesi

Lipid peroksidasyon, malondialdehit (TBARS) seviyesinin ölçülmesi ile belirlendi (Madhava ve Sresty, 2000). 1'er g yaş yaprak örneği, trikloroasetik asit (TCA) ile homojenize edildi. Santrifüj sonrası süpernatanta TCA ve TBA (tiobarbitürik asit) içeren reaksiyon karışımı eklendi. Bu işlemin ardından örnekler su banyosunda ($95 \text{ }^\circ\text{C}$) bir saat bekletildi, sonrasında buz banyosuna konuldu ve ardından örnekler $10.000 \text{ g} \times 15 \text{ dk}$ santrifüjlendi. Örneklerin 532 nm ve 600 nm'deki absorban değerleri ve ekstinksiyon katsayısı ($\epsilon=155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) ile TBARS miktarı hesaplandı ($\text{nmol g yaş ağırlık}^{-1}$).

3.5.8. Hücre Zarı Geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı)

5 mm uzunluğundaki 100 mg yaprak örneği 10 mL deiyonize su içeren deney tüplerine aktarıldı ve plastik kapakları kapatılarak su banyosunda ($32 \text{ }^\circ\text{C}$) 2 saat bekletildi. Elektrik iletkenliği EC metre ile ölçülerek (EC1) örnekler $121 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 20 dk otoklavlandı. Ardından $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 'ye kadar soğutulurken elektrik iletkenliği tekrar ölçüldü (EC2) (Dionisio-Sese ve Tobita, 1998).

3.5.9. Fenilalanin amonyum liyaz (PAL; EC 4.3.1.5) aktivitesinin belirlenmesi)

PAL analizi, Pascholati ve ark. (1986)'ya göre yapıldı. Buna göre, içinde % 1 polivinilpolipirrolidone (PVPP) ve 1 mM Fenilmetilsülfonil (PMSF) bulunan 50 mM

sodyum fosfat tamponu (pH 6,5 ekstraksiyon tamponu) ile 0,1 gram yaş yaprak örneği homojenize edildi ve santrifüjlendi (4°C, 25 dk, 10.000 g). Elde edilen süpernatant, PAL aktivitesinin belirlenmesinde kullanıldı. 100 µl süpernatant ve 1000 µl Fenilalanin (%0,2) solüsyonu 1 saat reaksiyona sokuldu (37°C). Ardından 290 nm'de alınan absorbans kullanılarak sinamik asit standardı ile PAL aktivitesi saptandı (µmol sinamik asit saat⁻¹).

3.5.10. Hidrojen peroksit (H₂O₂) birikiminin belirlenmesi

Hidrojen peroksit birikimi, Bernt and Bergmeyer (1974)'e göre tayin edilir. 0,5 gr yaprak örnekleri 1,5 mL potasyum fosfat tamponu (PH: 6,8) ile homojenize edildikten sonra, homojenatlar 4 °C'de, 18.000g'de 20 dakika santrifüjlenir. Süpernatantlar *o*-dianizidine ve POX enzimini içeren potasyum-fosfat tamponu (PH: 7,0) ile reaksiyona sokulduktan sonra, H₂O₂ standartları yardımıyla 436 nm'de absorbans ölçümü yapılarak örneklerdeki H₂O₂ miktarı tayin edilir.

3.3.6. İstatiksel analiz

Bütün biyokimyasal ve fizyolojik veriler tek yönlü varyans analizi (One Way Anova) ile hesaplanır. Ortalamalar arasındaki farklılıklar Tukey-Kramer Testi ile karşılaştırılır. p<0,05 olan değerler, istatistiksel olarak anlamlı kabul edilir. Tüm istatistiksel analizler için SPSS programı (standart sürüm 17) kullanılmıştır.

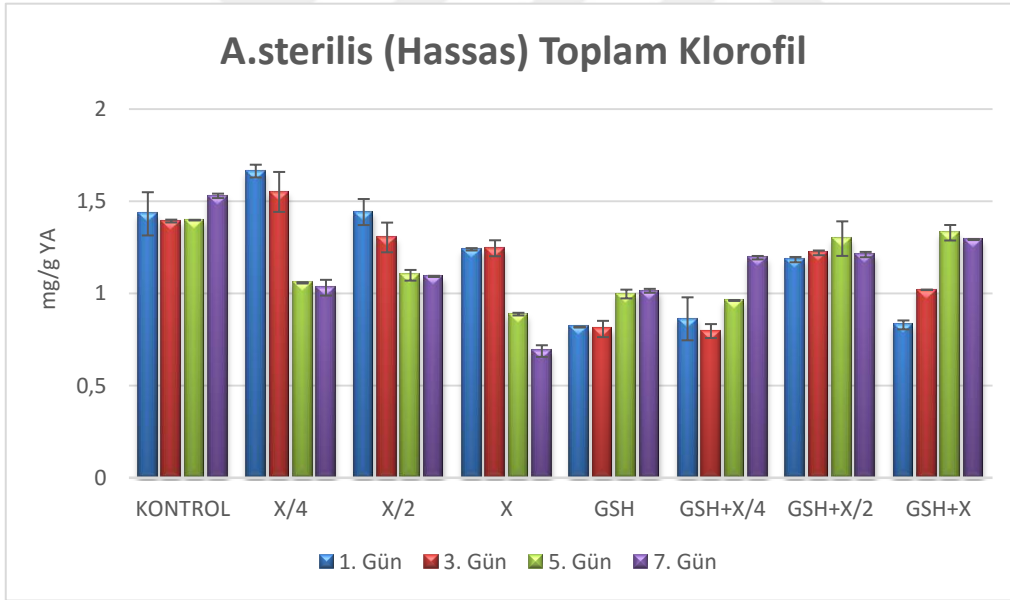
BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI

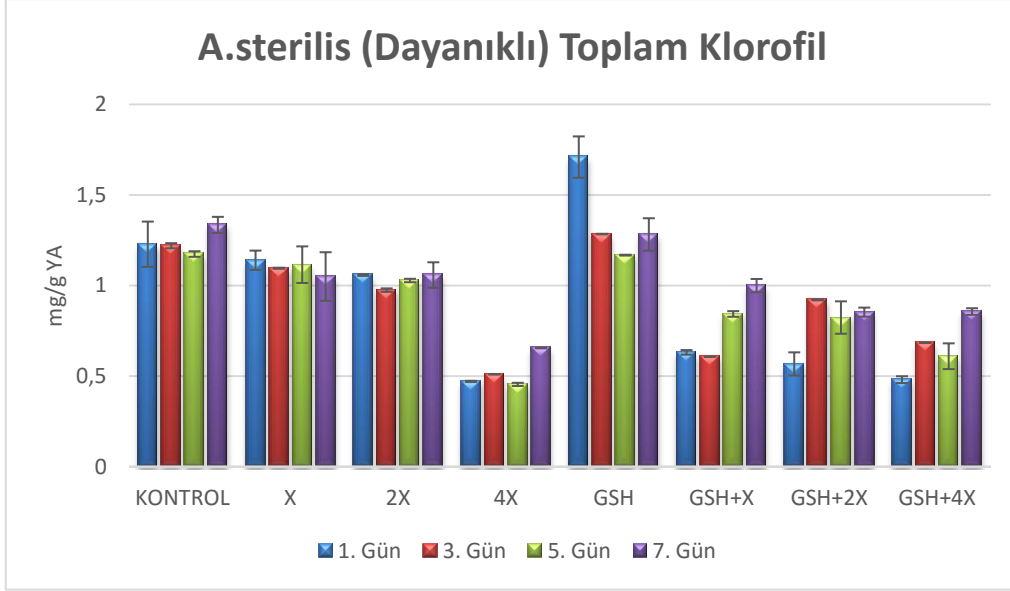
4.1. Araştırma Bulguları

4.1.1. Toplam Klorofil Miktarı

Fenoxaprop uygulaması, herbisite hassas *A. sterilis* bitkilerinde artan konsantrasyon ve zamana bağlı olarak toplam klorofil miktarını azaltmıştır. GSH ilavesi ise GSH kontrolüne kıyasla % 26-33 arttırmıştır (Şekil 4.1) ($p < 0,001$). Herbisite dayanıklı *A. sterilis* bitkilerinde ise fenoxaprop'un 2X dozuna kadar korunan toplam klorofil miktarı 4X dozda kontrole kıyasla %50 azalmıştır. Bu bitkilerde, her ne kadar GSH ilavesi kontrol bitkilere kıyasla klorofil miktarını arttırsa da herbisit konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak azalmıştır (Şekil 4.2). Önerilen dozda (X), her iki popülasyona ait bitkiler kontrole kıyasla benzer klorofil içeriğine sahipken, en yüksek doz dayanıklı bitkilerin klorofil miktarını 1. ve 7 günler arasında sırasıyla %71 – 33 azaltmıştır ($p < 0,001$).



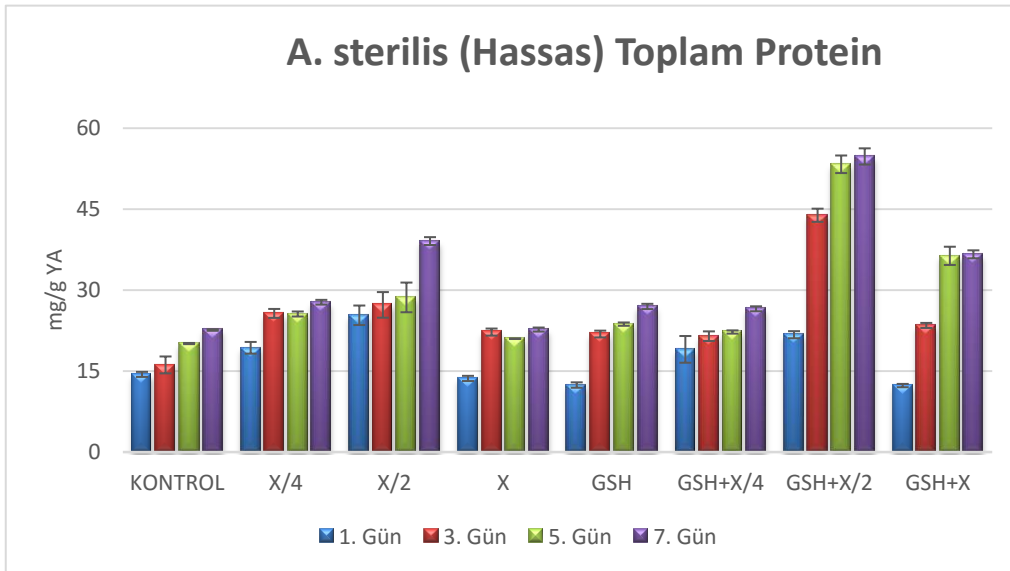
Şekil 4.1. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam klorofil miktarı üzerine etkileri



Şekil 4.2. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam klorofil miktarı üzerine etkileri

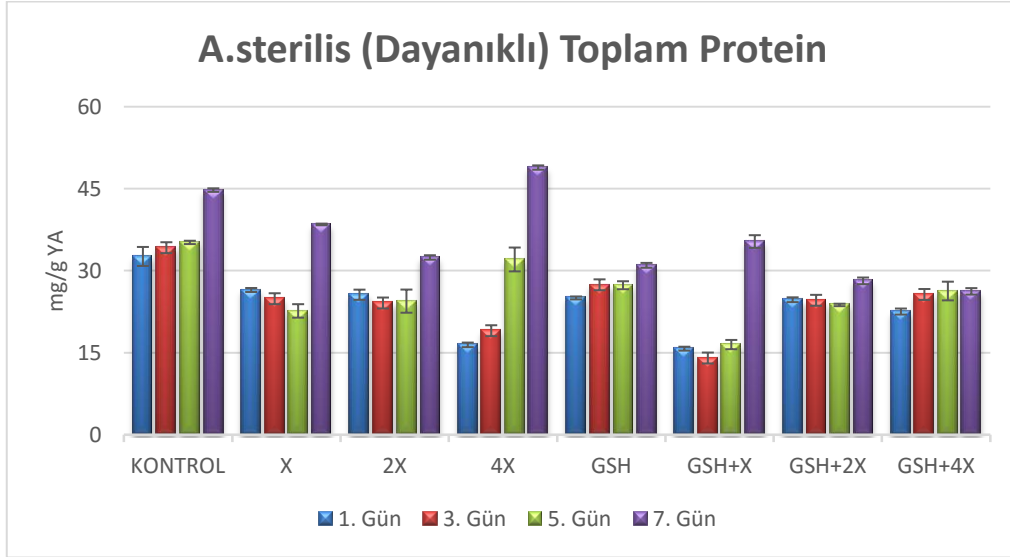
4.1.2. Toplam Protein İçeriği

Herbisite hassas *A. sterilis* bitkilerinde toplam protein miktarı X/2 doza kadar zamana bağlı olarak artmıştır. GSH ilavesi bu artışları teşvik etmiştir (Şekil 4.3) ($p < 0,001$). Tek başına GSH ilavesi 1-7. günler arasında protein içeriğini % 40-75 arttırmıştır ($p < 0,001$). Önerilen dozda Fenoxaprop uygulaması, protein miktarını kontrole kıyasla değiştirmemiş, GSH ilavesi ise GSH kontrolüne kıyasla % 35-53 arttırmıştır.



Şekil 4.3. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam protein miktarı üzerine etkileri

Herbiste dayanıklı yabancı yulaf bitkilerinde ise toplam protein X ve 2X dozda artan zamana bağlı olarak kontrole kıyasla azalmış 4X dozda ise uygulamanın 7. gününde artmıştır (Şekil 4.4) ($p<0,001$). Bu bitkilere GSH ilavesi kontrole kıyasla protein miktarını tüm günlerde ortalama %20 azaltmıştır. Benzer şekilde, artan doz ve GSH ilavesi uygulamaları da GSH kontrolüne kıyasla protein miktarını istatistiksel olarak azaltmıştır ($p<0,001$).

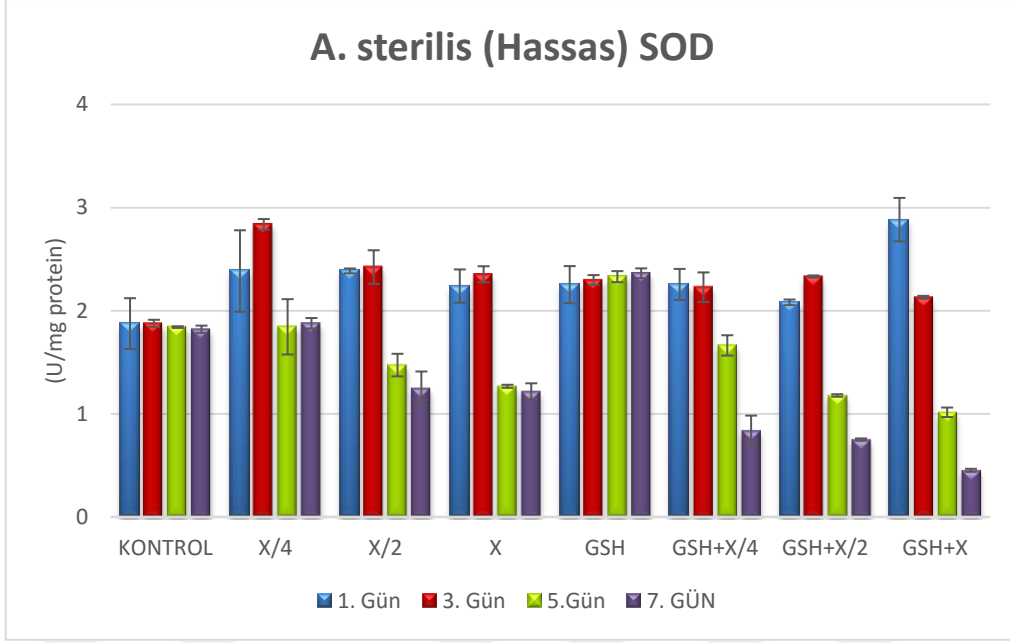


Şekil 4.4. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbiste dayanıklı *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam protein miktarı üzerine etkileri

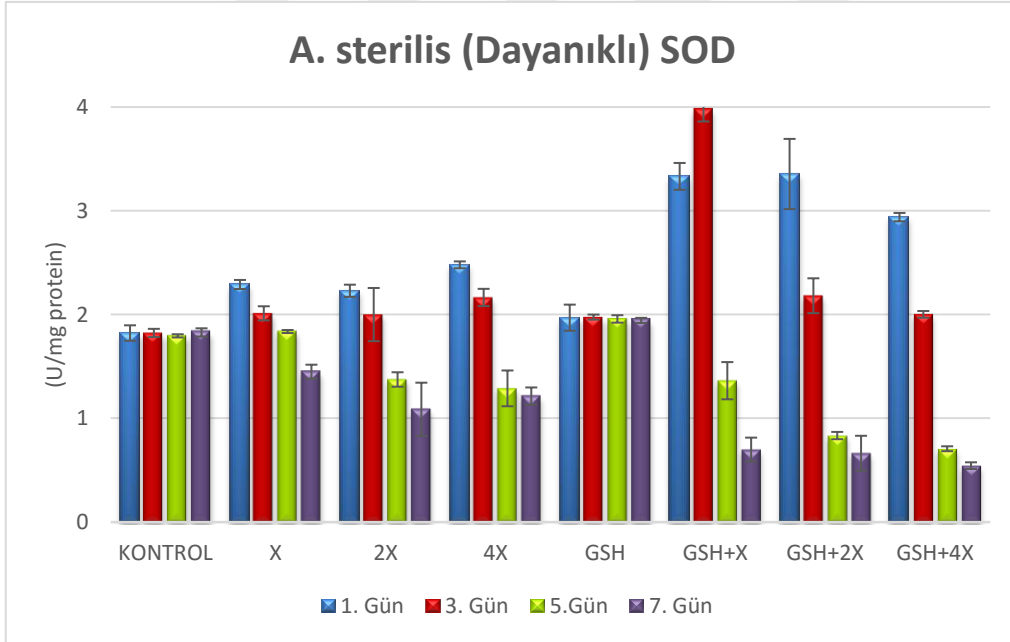
4.1.3. SOD Aktivitesindeki Değişimler

SOD aktivitesi hassas yabancı yulaf bitkilerinde tüm herbisit uygulamalarının ilk 3 gününde kontrole kıyasla ortalama %28-23 artmış, deneme sonunda ise %31-33 azalmıştır (Şekil 4.5) ($p<0,001$). GSH uygulaması bu bitkilerde SOD aktivitesini kontrole kıyasla deneme boyunca ortalama %20-29 arttırmıştır. Tüm uygulama dozları, SOD aktivitelerini GSH kontrol bitkilerine kıyasla 5.günden itibaren azaltmıştır. Bu azalma önerilen dozda 7. günde %80 olmuştur ($p<0,001$).

Herbiste dayanıklı yabancı yulaf bitkilerinde ise SOD aktivitesi tüm herbisit uygulamalarının ilk 3 gününde kontrole kıyasla ortalama %17-27 artmış, deneme sonunda ise %33-40 azalmıştır (Şekil 4.6) ($p<0,001$). GSH uygulaması ise, SOD aktivitesini kontrole kıyasla deneme boyunca ortalama %6-9 arttırmıştır. Tüm uygulama dozları, SOD aktivitelerini GSH kontrol bitkilerine kıyasla 5.günden itibaren azaltmıştır. Bu azalma uygulamanın 7 gününde X ve 2X dozda 3 kat, 4X dozda ise 4 kat olmuştur ($p<0,001$).



Şekil 4.5. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam SOD aktivitesi üzerine etkileri

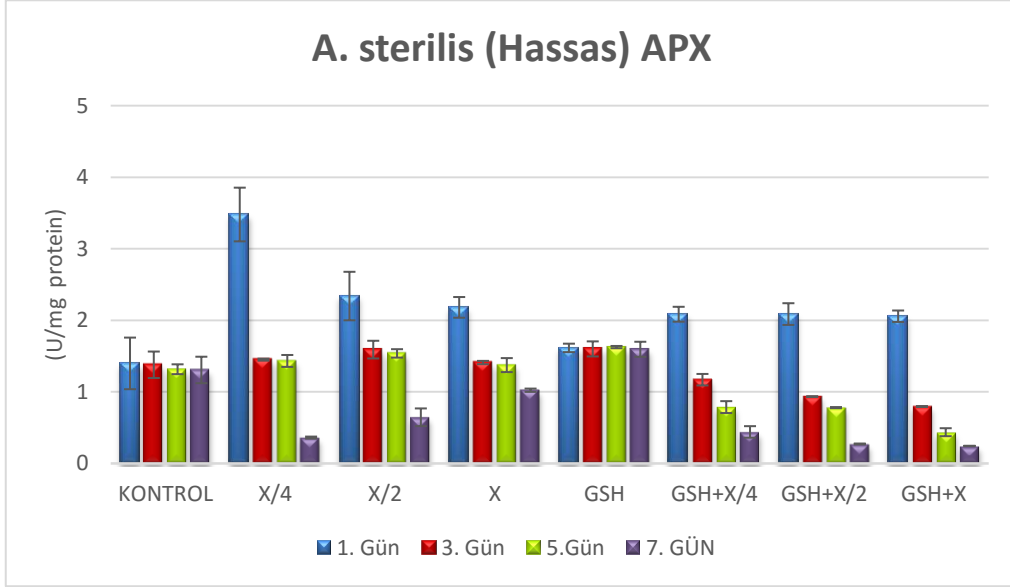


Şekil 4.6. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak toplam SOD aktivitesi üzerine etkileri

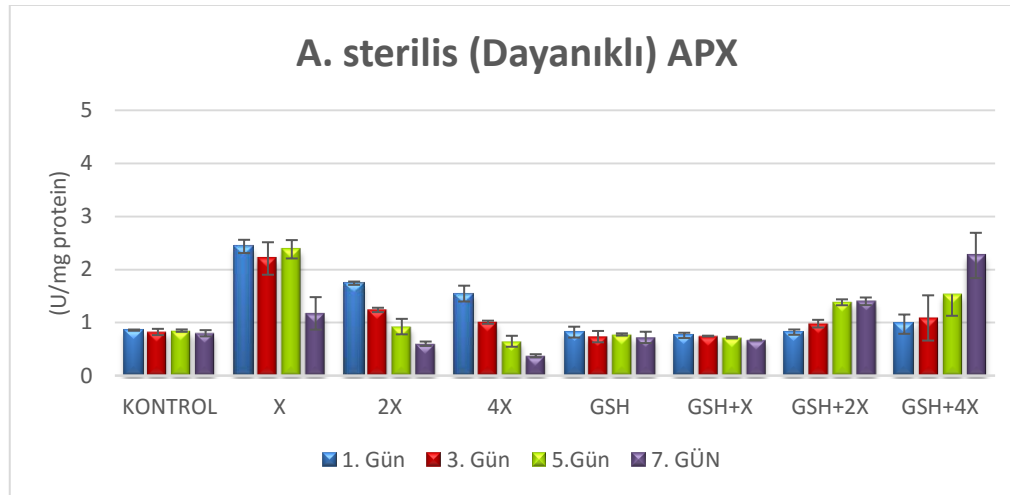
4.1.4. APX Aktivitesi

APX aktiviteleri tüm dozlarda hassas yabancı yulaf bitkilerinde uygulamanın ilk gününde kontrole kıyasla 2,5 – 1,5 kat artarken, 3 ve 5.günlerde değişmemiş, 7. günlerde

ise artan doza bağı olarak %20 – 70 azalmıştır (Şekil 4.7) ($p<0,001$). Uygulamanın ilk gününde GSH ilavesi, bu bitkilerde APX aktivitesini tüm dozlarda ortalama %28 arttırmıştır. Ancak tüm dozlar, uygulamanın ilerleyen günlerinde aktiviteyi kademeli olarak azaltmıştır. Deneme sonunda bu azalışlar GSH kontrollerine kıyasla % 85 olmuştur ($p<0,001$).



Şekil 4.7. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağı olarak APX aktivitesi üzerine etkileri



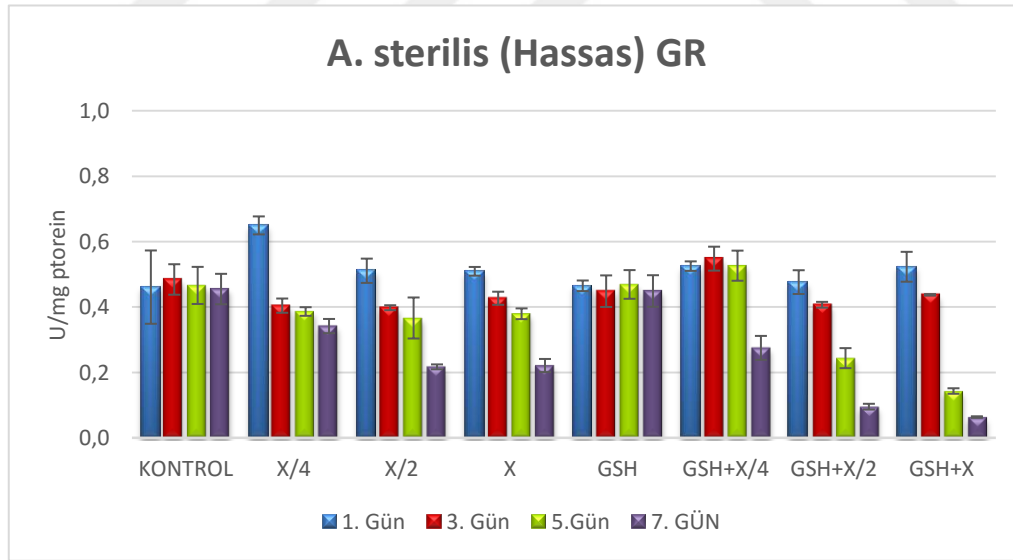
Şekil 4.8. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağı olarak APX aktivitesi üzerine etkileri

Herbisite dayanıklı *A. sterilis* bitkilerinin APX aktivitesi ise önerilen dozda ilk 5 gün boyunca kontrole kıyasla yaklaşık 1,5 kat, 7. günde ise % 50 artmıştır. İlk 3 günde devam

eden bu artışlar 2X dozda %50-103, 4X dozda ise %22-80 olarak saptanmıştır (Şekil 4.8) ($p<0,001$). GSH ilavesi kontrole kıyasla APX aktivitelerini değiştirmemiştir. Bununla birlikte, GSH kontrolüne kıyasla, GSH+X uygulamasında değişmeyen aktivitenin artan doz ve zamana paralel şekilde arttığı belirlenmiştir. Öyle ki, GSH+4X uygulamasının 7.gününde bu artış GSH kontrolüne kıyasla 2 kattan fazla olmuştur ($p<0,001$).

4.1.5. GR Aktivitesi

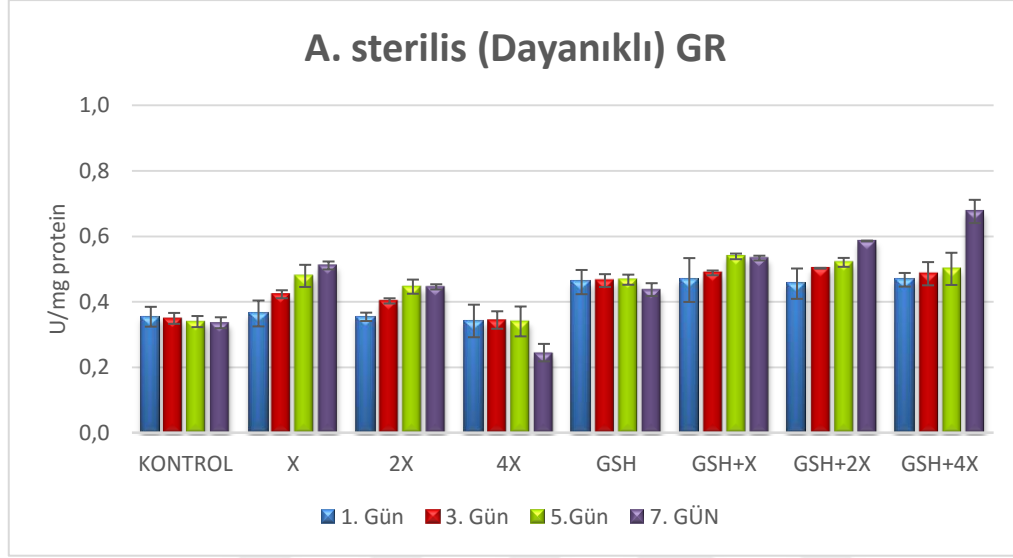
X/4 doz uygulamasının ilk günü haricinde, tüm doz uygulamaları hassas yabancı yulaf bitkilerinde GR aktivitesini zamana bağlı olarak kademeli şekilde azaltmıştır (Şekil 4.9) ($p<0,001$). Önerilen dozda uygulamanın son gününde bu azalma kontrole kıyasla % 48 olarak belirlenmiştir. GSH ilavesi, bu bitkilerin GR aktivitesinde kontrole kıyasla anlamlı bir değişime neden olmamıştır. Bununla birlikte, GSH kontrolüne kıyasla, GSH+X uygulamasının ilk 5 gününde GR aktivitesinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan artışlar artan doza ve zamana bağlı olarak kademeli şekilde azalmıştır. Önerilen dozda uygulamanın son gününde bu azalma GSH kontrolüne kıyasla % 95 olarak belirlenmiştir ($p<0,001$).



Şekil 4.9. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak GR aktivitesi üzerine etkileri

X ve 2X uygulamalarının 3. gününden itibaren deneme sonuna kadar, dayanıklı yabancı yulaf bitkilerinde GR aktivitesi zamana bağlı olarak kademeli şekilde artmıştır (Şekil 4.10) ($p<0,001$). Yalnızca 4X dozda ilk 5 günde kontrole kıyasla aktivite

değişmezken, 7.günde %28 artış olmuştur. GSH ilavesi, bu bitkilerin GR aktivitesinde kontrole kıyasla anlamlı bir değişime neden olmamıştır. Bununla birlikte, GR aktiviteleri uygulamanın 7 gününde GSH kontrolüne kıyasla GSH+X, GSH+2X, GSH+4X uygulamaları için sırasıyla % 20, % 33 ve %55 artmıştır ($p<0,001$).

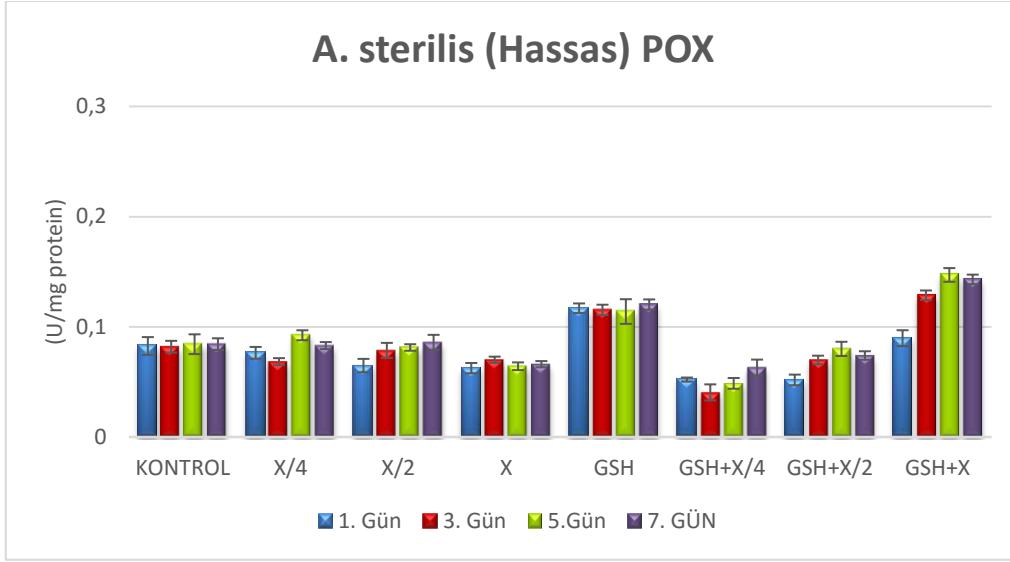


Şekil 4.10. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak GR aktivitesi üzerine etkileri

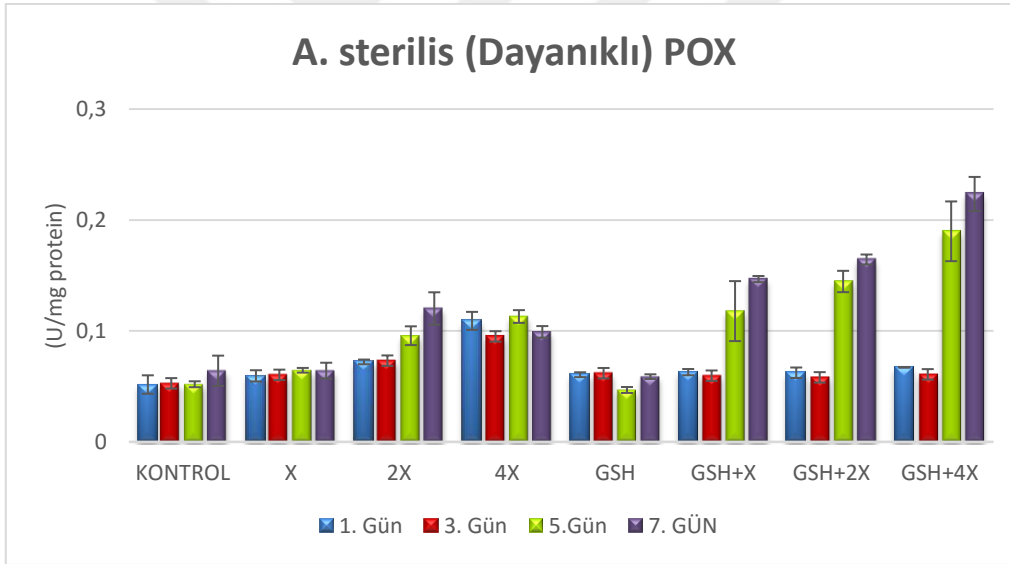
4.1.6. POX Aktivitesindeki Değişimler

POX aktivitesi hassas *A. sterilis* bitkilerinde özellikle önerilen dozda tüm günlerde ortalama %25 azalmış, diğer dozlarda ise anlamlı bir değişim göstermemiştir ($p<0,001$). GSH ilavesi bu bitkilerdeki POX aktivitesini kontrole kıyasla yaklaşık %40 artırmıştır. Ancak GSH+X/4 ve GSH+X/2 gruplarında deneme sonunda %39-48 azalan aktivitenin önerilen doz uygulamasında %20 artışı belirlenmiştir (Şekil 4.11) ($p<0,001$).

Herbisite dayanıklı yabancı yulaf bitkilerinin POX aktivitesi artan doz ve zamana bağlı olarak artmıştır. Buna göre, POX aktiviteleri 2X doz uygulamasının 5. gününden itibaren %87 artmış ve bunu 4X dozunda da korumuştur (Şekil 4.12) ($p<0,001$). GSH ilavesi kontrole kıyasla genel olarak POX aktivitesini değiştirmemiştir. Bununla birlikte, uygulama dozlarına GSH ilavesinin özellikle uygulamanın 5 gününden itibaren POX aktivitelerini 1,5 – 3 kat arttırdığı belirlenmiştir ($p<0,001$).



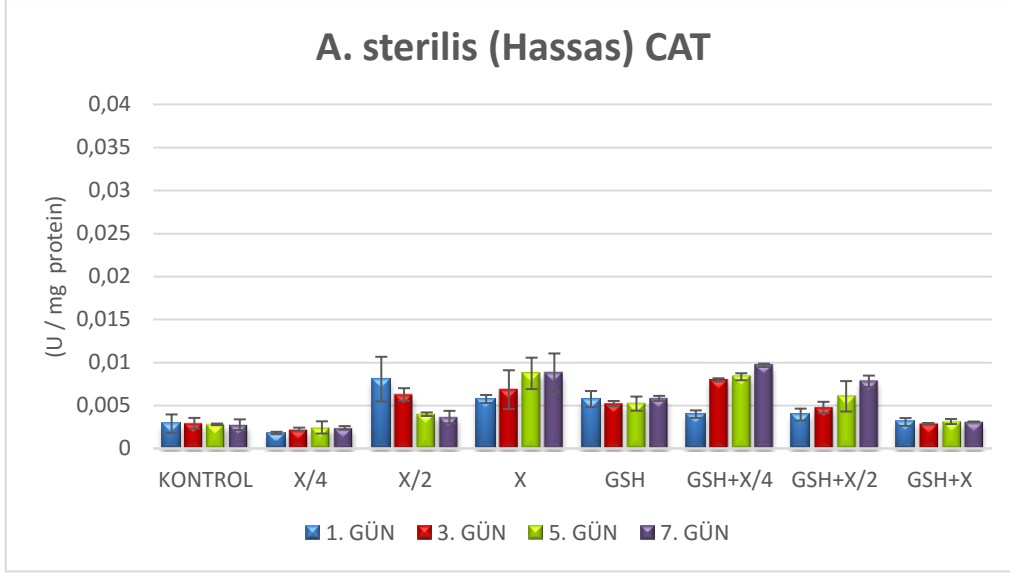
Şekil 4.11. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak POX aktivitesi üzerine etkileri



Şekil 4.12. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak POX aktivitesi üzerine etkileri

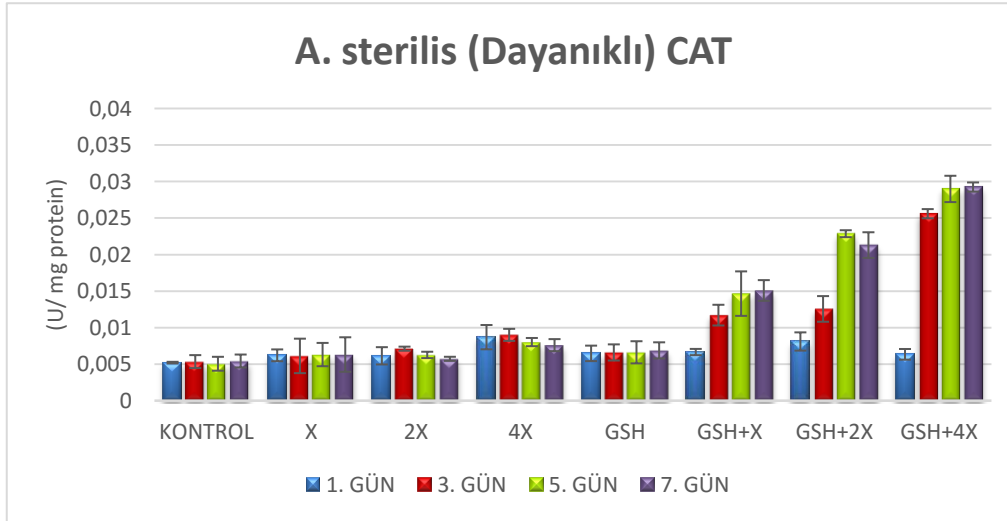
4.1.7. CAT Aktivitesindeki Değişimler

CAT aktiviteleri, herbisite duyarlı yabancı yulaf bitkilerinde önerilen dozda ilerleyen güne bağlı olarak kontrole kıyasla artmıştır (Şekil 4.13) ($p < 0,001$). GSH ilavesi ise kontrole kıyasla CAT aktivitelerini tüm günlerde ortalama 2 kat arttırmıştır. Önerilen dozda GSH uygulaması, CAT aktivitesini yaklaşık %50 azaltırken, deneme sonunda GSH+X/4 grubunda %50, GSH+X/2 grubunda ise %34 artmıştır ($p < 0,001$).



Şekil 4.13. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak CAT aktivitesi üzerine etkileri

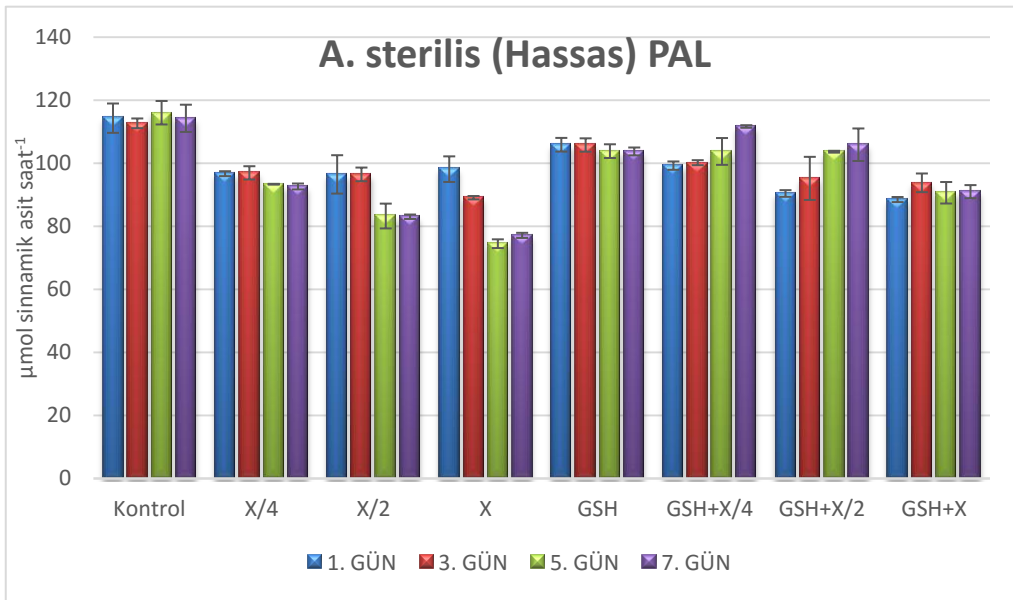
Herbisite dayanıklı yabancı yulaf bitkilerinin CAT aktiviteleri kontrole kıyasla 2X dozuna kadar değişmezken, 4X dozda %40-67 artmıştır. GSH ilavesi bu bitkilerin CAT aktivitesini kontrole kıyasla ortalama % 28 artırırken, tüm doz uygulamalarının 3. günlerinden itibaren dramatik şekilde artmıştır. 7. günlerdeki artışlar GSH+X, GSH+2X, GSH+4X uygulamaları için sırasıyla % 120, % 110 ve % 225 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.14) ($p < 0,001$).



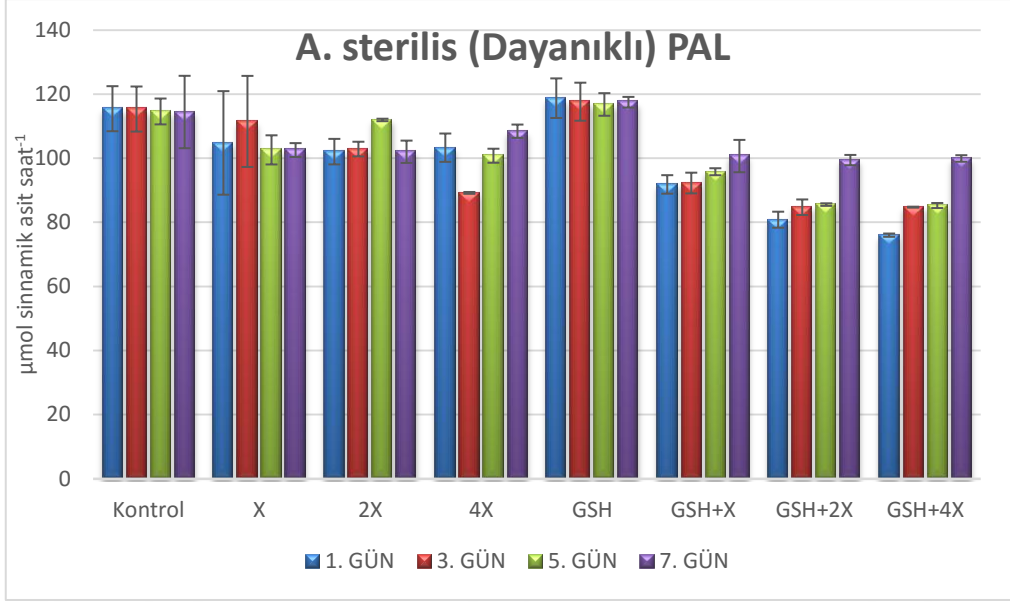
Şekil 4.14. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak CAT aktivitesi üzerine etkileri

4.1.8. PAL Aktivitesindeki Değişimler

Herbisit uygulamasına hassas *A. sterilis* bitkilerinde PAL aktiviteleri, herbisit dozlarındaki artışa ve zamana bağlı olarak azalmıştır (Şekil 4.15) ($p < 0,001$). Deneme sonundaki azalışlar X/4, X/2 ve X dozları için sırasıyla % 19, % 27 ve % 33 olarak belirlenmiştir. GSH ilavesi PAL aktivitesini bu bitkilerde ortalama %10 azaltmıştır. Bununla birlikte, tüm dozlara GSH ilavesi aktiviteyi deneme sonunda GSH kontrolüne kıyasla değiştirmemiştir ($p < 0,001$).



Şekil 4.15. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak PAL aktivitesi üzerine etkileri

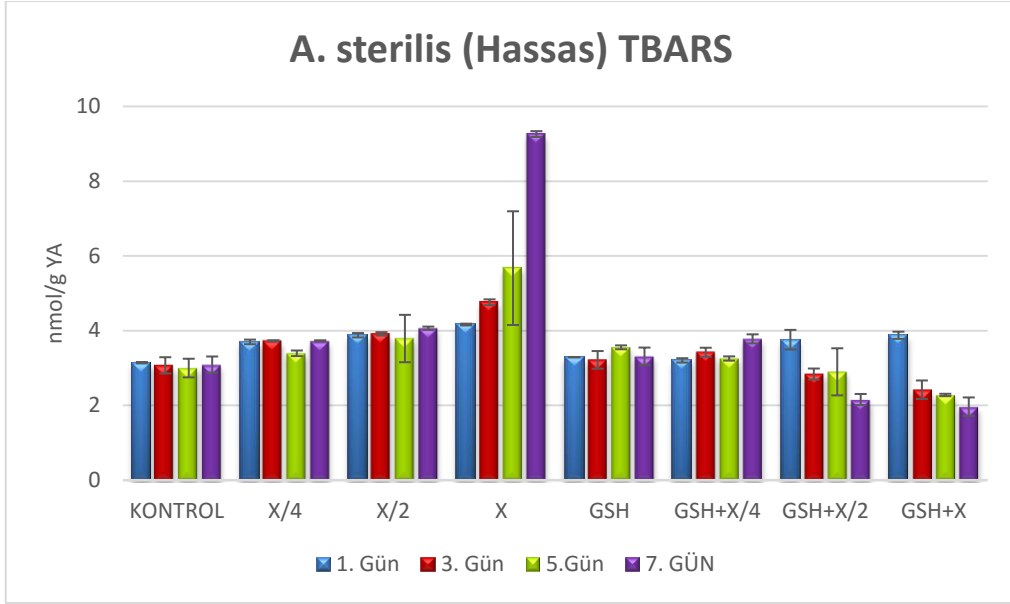


Şekil 4.16. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak PAL aktivitesi üzerine etkileri

PAL aktivitesi, herbisite dayanıklı *A. sterilis* bitkilerinde X, 2X ve 4X dozlarında deneme sonunda sırasıyla %10, %11 ve %5 azalmıştır (Şekil 4.16) ($p < 0,001$). GSH ilavesi PAL aktivitesini bu bitkilerde değiştirmemiştir. Ancak, GSH kontrolüne kıyasla X, 2X ve 4X dozlarında GSH ilavesi PAL aktivitelerini uygulamanın ilk günlerinde sırasıyla %22, % 32 ve % 36 azaltırken, deneme sonunda bu azalışlar gerileyerek her üç doz için de %15 olmuştur ($p < 0,001$).

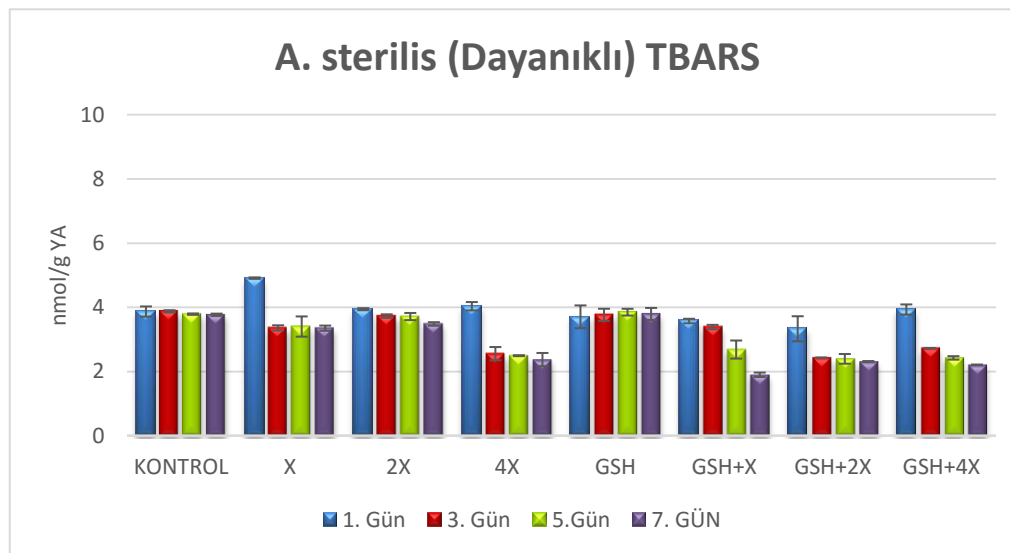
4.1.9. Lipit Peroksidasyon

Herbisite hassas *A. sterilis* bitkilerinde lipit peroksidasyon tüm doz uygulamalarında zamana bağlı olarak artmıştır (Şekil 4.17) ($p < 0,001$). Buna göre 7 gün sonunda X/4, X/2 ve X dozlarında kontrole kıyasla gelişen artışlar sırasıyla %21, %31 ve %200 olarak belirlenmiştir. GSH ilavesi ise bu bitkilerde artan konsantrasyona paralel şekilde lipit peroksidasyonu azaltmıştır. X/2 ve X dozlarındaki azalma 7.gün sonunda GSH kontrolüyle karşılaştırıldığında sırasıyla %35 ve %41'dir ($p < 0,001$).



Şekil 4.17. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak lipid peroksidasyon üzerine etkileri

Herbisite dayanıklı yabancı yulaf bitkilerinde ise X ve 2X doz uygulamaları deneme sonunda kontrole kıyasla lipid peroksidasyon miktarını değiştirmemiş, 4X doz ise %37 azaltmıştır (Şekil 3.18) ($p < 0,001$). GSH ilavesi, bu bitkilerde lipid peroksidasyonu kontrole kıyasla değiştirmemiştir. Bununla birlikte, GSH kontrolüne kıyasla özellikle denemenin 5.gününden itibaren lipid peroksidasyon bu bitkilerde azalmıştır. Buna göre, X, 2X ve 4X dozlarında deneme sonundaki azalma sırasıyla %50, %39 ve %42 olmuştur ($p < 0,001$).

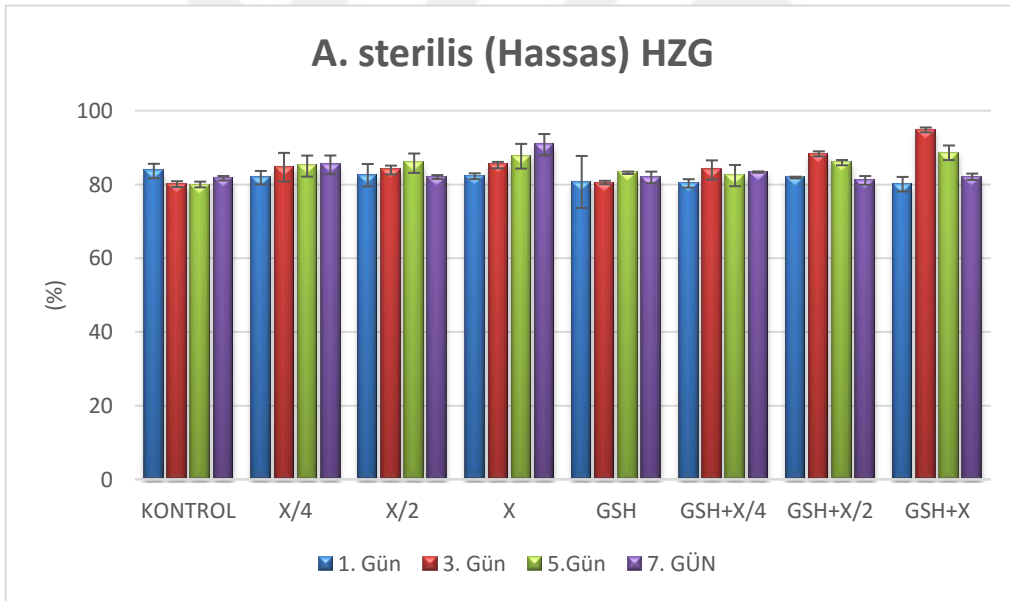


Şekil 4.18. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak lipid peroksidasyon üzerine etkileri

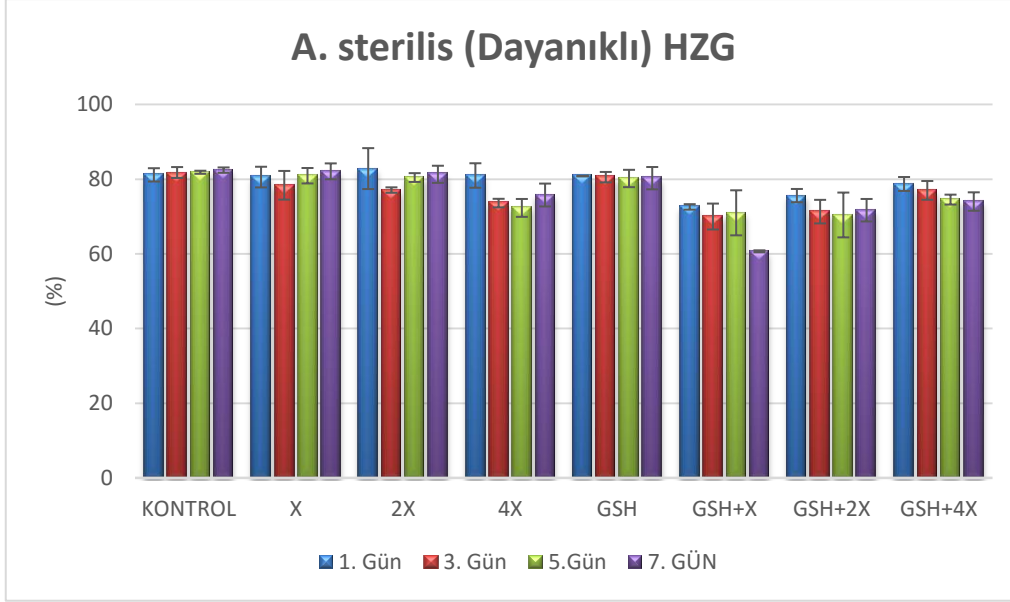
4.1.10. Hücre Zarı Geçirgenliği

Önerilen dozda fenoxaprop uygulaması, herbisite hassas yabancı yulaf bitkilerinde hücre zarı geçirgenliğini kontrole kıyasla %11 arttırmıştır (Şekil 4.19) ($p<0,001$). GSH ilavesi, bu bitkilerdeki hücre zarı geçirgenliğini kontrol bitkiler seviyesine getirmiştir. Benzer şekilde, önerilen dozda ilave GSH uygulaması ile hücre zarı geçirgenliğinin deneme sonunda GSH kontrol bitkileriyle aynı seviyede olduğu belirlenmiştir.

Herbiseite dayanıklı bitkilerde ise hücre zarı geçirgenliğinin tüm herbisit uygulamalarında kontrol bitkilerle ya aynı seviyede kaldığı (X) ya da % 9-24 daha az gerçekleştiği (4X, 2X) belirlenmiştir (Şekil 4.20) ($p<0,001$). Kontrol bitkilere kıyasla GSH ilavesinin hücre zarı geçirgenliğini değiştirmemiştir. Her üç fenoxaprop dozuna ilave GSH uygulamaları ise deneme sonunda geçirgenliği sırasıyla % 24, %11 ve %7 azaltmıştır ($p<0,001$).



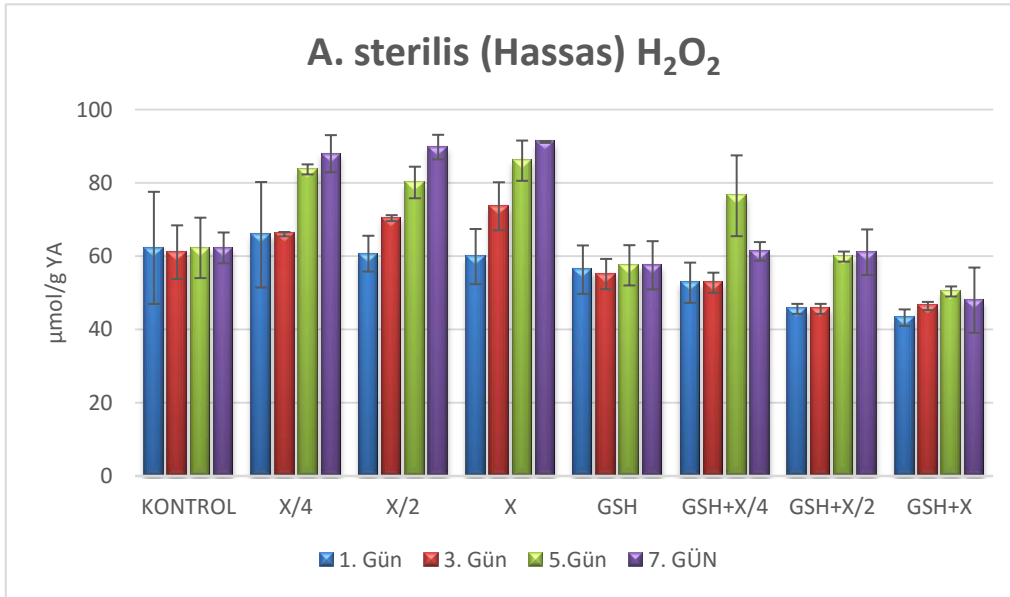
Şekil 4.19. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak hücre zarı geçirgenliği üzerine etkileri



Şekil 4.20. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak hücre zarı geçirgenliği üzerine etkileri

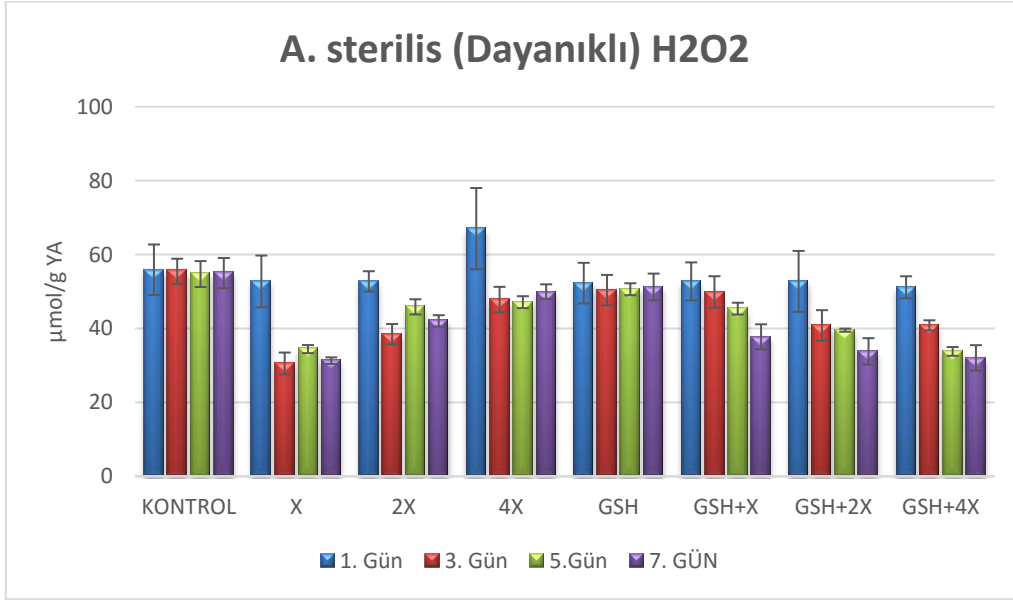
4.1.11. H₂O₂ Miktarı

Herbisite duyarlı kısır yabani yulaf bitkilerinde, artan herbisit konsantrasyonu ve zamana bağlı olarak H₂O₂ miktarlarının ortalama %40 arttığı belirlenmiştir. GSH ilavesiyle bu artışlar kontrol bitkileriyle aynı seviyeye gerilerken, önerilen dozdaki azalma deneme sonunda % 16 olmuştur (Şekil 4.21) (p<0,001).



Şekil 4.21. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite hassas *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak H₂O₂ miktarı üzerine etkileri

Herbisite dayanıklı kısır yabancı yulaf bitkilerinde ise, kontrole kıyasla tüm doz uygulamalarının ilk günlerinde H₂O₂ miktarı değişmemiştir (p<0,1). Deneme sonunda ise artan doza bağlı olarak H₂O₂ miktarında belirlenen artışlar kontrole kıyasla %9 – 43 azalmıştır (Şekil 4.22) (p<0,001). GSH ilavesi, kontrol bitkilere kıyasla H₂O₂ miktarını ortalama %7 azaltırken, GSH+X, GSH+2X ve GSH+4X dozlarında bu azalma deneme sonunda sırasıyla %26, %34 ve % 37 olarak belirlenmiştir (p<0,001).



Şekil 4.22. Fenoxaprop ve ilave GSH uygulamalarının herbisite dayanıklı *A. sterilis* L. yapraklarında zamana bağlı olarak H₂O₂ miktarı üzerine etkileri

4.1.12 İstatistiki Değerlendirme

Araştırmada incelenen parametrelerinin istatistik sonuçları Tablo 3.1–3.4 'te sunulmuştur (Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir).

Çizelge 4.1. Herbisite duyarlı ve dayanıklı *A. sterilis* populasyonlarında, incelenen parametrelerin 1. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Parametreler	Ortalama Kareler	F
Toplam Klorofil	13,987	22,892***
Toplam Protein	3061,771	26,484***
SOD	39,591	7,014***
POX	0,026	8,191***
APX	39,807	15,644***
GR	0,450	2,360***
TBARS	64,320	18,817***
CAT	0,0001	1,748*
HZG	241,944	0,574
PAL	106235,927	15,712***
H ₂ O ₂	2085,722	139,048*

*** p<0,001, **p<0,01, *p<0,1

Çizelge 4.2. Herbisite duyarlı ve dayanıklı *A. sterilis* populasyonlarında, incelenen parametrelerin 3. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Parametreler	Ortalama Kareler	F
Toplam Klorofil	7,652	11,691***
Toplam Protein	4080,342	39,928***
SOD	30,057	2,390***
POX	0,046	5,635***
APX	7,489	11,604***
GR	0,201	1,858*
TBARS	20,773	1,478
CAT	0,002	5,244***
HZG	1534,235	6,077*
PAL	8035,917	1,772***
H ₂ O ₂	5210,272	3,668***

*** p<0,001, **p<0,01, *p<0,1

Çizelge 4.3. Herbisite duyarlı ve dayanıklı *A. sterilis* populasyonlarında, incelenen parametrelerin 5. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Parametreler	Ortalama Kareler	F
Toplam Klorofil	6,008	13,694***
Toplam Protein	6505,962	26,433***
SOD	10,362	6,694***
POX	0,073	6,793***
APX	9,688	7,637***
GR	0,733	6,083***
TBARS	48,256	2,067*
CAT	0,003	23,245***
HZG	1292,151	2,784*
PAL	8964,249	6,987***
H ₂ O ₂	11604,430	9,137***

*** p<0,001, **p<0,01, *p<0,1

Çizelge 4.4. Herbisite duyarlı ve dayanıklı *A. sterilis* populasyonlarında, incelenen parametrelerin 7. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları

Parametreler	Ortalama Kareler	F
Toplam Klorofil	6,058	16,795***
Toplam Protein	6830,495	109,029***
SOD	19,906	15,731***
POX	0,142	20,035***
APX	11,736	8,410***
GR	1,344	21,121***
TBARS	138,497	71,137***
CAT	0,001	4,441***
HZG	1559,541	7,961***
PAL	11942,377	3,914***
H ₂ O ₂	20756,423	12,421***

*** p<0,001, **p<0,01, *p<0,1

BÖLÜM 5

TARTIŞMA VE SONUÇ

Modern tarımsal faaliyetlerde birim alanda yüksek verim hedefi içerisinde yabancı ot mücadelesi önemli bir yere sahiptir. Herbisitlerin neden olduğu çevre kirliliği ve gıda tüketimine bağlı olarak insan sağlığındaki olumsuz sonuçları bilinse de (Erdoğan, 2010) özellikle buğday vb. tahılların üretiminde herbisitlerin kullanımı uygulama pratikleri ve etkili oluşları nedeniyle onları vazgeçilmez kılmaktadır. *A. sterilis* L. (kısır yabancı yulaf) gibi doğal bitki popülasyonları, buğday tarımında herbisitle mücadele edilen bir türdür. Mücadelede fenoxaprop etken maddeli herbisitler kullanılmaktadır. Ancak, son yıllarda ülkemizde bu türün bazı popülasyonlarının, bu herbisite karşı direnç geliştirdikleri rapor edilmiştir (Uludağ ve ark., 2003, Aksoy ve ark., 2004, Türkseven ve Nemli, 2013).

Bu araştırmayla, fenoxaprop etken maddeli herbisite hassas ve dayanıklı kısır yabancı yulaf popülasyonlarında meydana gelen biyokimyasal ve fizyolojik değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Buna göre, farklı fenoxaprop dozları ve ilave GSH uygulamalarının klorofil miktarında, toplam proteinde, lipit peroksidasyonda, hücre zarı geçirgenliğinde, H₂O₂ miktarında, PAL aktivitesinde ve antioksidan enzimlerde (SOD, APX, GR, POX, CAT) meydana getirdiği değişimler belirlenmiştir.

ACCaz hücre ve organel zarları için gerekli yağ asitlerinin biosentezinde, kloroplastlarda malonil CoA'yı üretir (Nohatto ve ark., 2016). ACCaz inhibitörü bir herbisit olan fenoxaprop'un önerilen dozdaki (X) uygulaması araştırmamızda herbisite hassas bitkilerde klorofil miktarını azaltırken dayanıklı bitkilerde değiştirmemiştir. Hatta, önerilen dozun üzerinde fenoxaprop uygulamasında yaşayamayan hassas bitkilere kıyasla, dirençli bitkiler 2X dozda klorofil miktarlarını korumayı sürdürmüşlerdir. Yer fıstığı bitkisinde, bir başka ACCaz inhibitörü olan fusilat'ın yüksek dozlarının klorozise neden olduğu ve bunun artan ROT'nin yetersiz detoksifikasyonu ile ilişkisi gösterilmiştir (Fayez ve ark., 2014). Araştırmamızda, ROT konsantrasyonlarının hem dolaylı hem de doğrudan kontrolünde görev aldığı bilinen GSH'nun (May ve ark., 1998; Foyer ve Noctor, 2005) fenoxaprop'a ek olarak verilmesiyle hassas bitkilerde klorofil miktarının artması bu bilgiyi destekler niteliktedir.

ACCaz inhibitörü herbisitlerin bitki hücresinde aşırı ROT üretimine neden oldukları ve ROT-bağlı antioksidan savunma sisteminin ROT'ların üretim ve temizlenme oranını ayarlayarak hücre zararını önlediği bilinmektedir (Foyer ve Noctor, 2005; Banaś ve ark. 1993; Fayez ve ark. 2014). Bu oran, üretim lehine arttığında hücrede oksidatif zarara yol

açan oksidatif stres, lipit peroksidasyonla sonuçlanır (Baig, 2010, Foyer ve Shigeoka, 2011). Araştırmamızda, lipit peroksidasyonun göstergesi olarak belirlenen TBARS miktarı, önerilen dozda hassas populasyon bitkilerinde artarken, dayanıklı bitkilerde tüm dozlarda azalmıştır. Bu bilgiler yer fıstığında (Fayez ve ark. 2014) ve çeltikte (Nohatto ve ark., 2016) diğer ACCaz baskılayıcı herbisitlerle elde edilen bulgularla uyumludur. Ek olarak, hücre zarı geçirgenliğinin hassas bitkilerde artarken dayanıklı bitkilerde azalıyor olması da, daha az zarar gören herbisite dirençli bitkilerin oksidatif stresin bastırılmasında daha başarılı olduğuna işaret etmektedir. Çünkü, GSH ilavesi ile her iki grup bitkide de TBARS miktarını benzer düzeye getirmiş olsa da hücre zarı geçirgenliğinde hassas bitkilerin daha fazla zarar görmesini engellememiştir.

Bu noktada, her iki populasyona ait bitkilerdeki antioksidan savunma sistemi ve ROS arasındaki korelasyonun deneme boyunca nasıl geliştiği önem kazanmaktadır. SOD, O_2^{*-} radikalinin detoksifikasyonunda savunmanın ilk hattını oluşturmaktadır (Alscher ve ark. 2002). Araştırmamıza, herbisite hassas yabancı yulaf bitkilerinde SOD aktiviteleri önerilen dozda 5. günde şiddetli azalırken, dayanıklı bitkilerde 7. güne kadar korunmuştur. İlginç olan, dayanıklı bitkilerde 4X konsantrasyona kadar denemenin ilk üç gününde benzer aktivitelerin devam etmiş olmasıdır. Bitki hücresindeki H_2O_2 'in üretimi hem SOD aktivitesi ile hem de O_2^{*-} radikallerinin enzimatik olmayan reaksiyonlarıyla gerçekleşmektedir (Tripaty ve Oelmüller, 2012). Buna göre, önerilen dozda hassas kısır yabancı yulaf bitkilerinde azalan SOD aktivitelerine rağmen H_2O_2 'in artmış olması herbisit etkisiyle artan O_2^{*-} radikalinin konsantrasyonu ile ilişkili olabilir. Bu durum, dayanıklı bitkilerde SOD ve H_2O_2 miktarının birlikte artmasını da açıklamaktadır.

Bir başka ROT olan H_2O_2 'in temizlenmesinde POX, APX, GR ve CAT aktiviteleri bitki hücrelerinin farklı bölümlerinde etkili olmaktadır (Foyer ve Noctor, 2005). Önerilen dozda fenoxaprop uygulaması, hassas kısır yabancı yulaf bitkilerinde bunlardan sadece CAT aktivitesini arttırırken diğerlerini azaltmıştır. Dayanıklı bitkilerde ise dört enzimin aktivitesi de önerilen dozda artarken, APX haricinde diğerleri artan dozlarda da artmaya devam etmişlerdir. H_2O_2 miktarının hassas bitkilerde fenoxaprop ilavesiyle artarken, dayanıklı bitkilerde azalması da enzim aktivitelerindeki bu verilerle uyumludur. GSH ilavesi hassas bitkilerde POX, APX ve CAT aktivitelerinde kısıtlı artışlara neden olurken, dirençli bitkilerde dört enzimi de tüm dozlarda belirgin şekilde arttırmıştır. Askorbat-glutatyon döngüsünün strese alışmada antioksidan savunma sistemin işleyişi hakkında bilgi vermektedir (Foyer ve ark., 1997). Sonuçlar ilave GSH ile özellikle dayanıklı bitkilerde askorbat-glutatyon döngüsünün etkili çalıştığı, bu nedenle daha iyi bir antioksidan

savunmaya sahip olduğunu göstermektedir.

ACCaz inhibitörü fusilat uygulamasının neden olduğu oksidatif stres ile lipit peroksidasyonun artmasından; POX, APX ve CAT aktivitesine rağmen azalan SOD aktivitesinin sorumlu olduğu gösterilmiştir (Fayez ve ark. 2014). Bu bilgi hassas kısır yabancı yulaf bitkilerinde önerilen dozdaki fenoxaprop ile azalan SOD, POX, APX, GR ve CAT aktivitelerinde elde ettiğimiz sonuçlarla uyumludur. Ek olarak, fluazifop – buthyl herbisitine duyarlı *Acanthospermum hispidum* bitkisinde artan lipit peroksidasyon (Luo ve ark. 2004), araştırmamızda hassas bitkilerde saptanan lipit peroksidasyon artışıyla benzerdir. Diğer yandan, çeltikte dört farklı herbisit grubunun uygulandığı bir çalışmada bir ACCaz inhibitörü olan cyhalofop-butyl uygulamasının 96 saat sonunda oksidatif strese neden olmadığı, SOD ve CAT aktivitelerinin de değişmediği rapor edilmiştir (Nohatto ve ark., 2016). Bu bağlamda, hepsi FOP grubu herbisit olmakla birlikte farklı bitki türlerinde farklı dozlardaki uygulamaların antioksidan savunma sisteminde farklı yanıtlar oluşturduğu anlaşılmaktadır. Araştırma sonuçlarımız dirençli bitkilerde 2X dozdan itibaren azalan SOD aktivitesine rağmen; azalan lipit peroksidasyon, hücre zarı geçirgenliği ve H₂O₂ miktarlarının bu bitkilerde oksidatif stresin bastırılmasında başarılı olduklarına işaret etmektedir. Daha önemlisi, bu durum artan enzim aktivitelerinin bir sonucudur. Bu bağlamda, araştırma sonuçlarımız kısır yabancı yulaf için fenoxaprop herbisitine direncin kuvvetli bir antioksidan savunmayla ilişkili olduğunu göstermektedir.

ACCaz inhibitörü fenoxaprop uygulamaları, PAL aktivitelerini her iki grupta da azaltmıştır. Ancak hassas bitkilerdeki azalma dayanıklı bitkilere kıyasla daha yüksek olmuştur. Benzer şekilde, GSH ilavesi sadece dayanıklı bitkilerde daha kısıtlı bir azalmaya neden olmuştur. PAL aktivitesinin, dayanıklı bitkilerde hassas olanlara kıyasla daha az etkilenmesi yağ asidi biyosentezinin kloroplastlarda gerçekleştiği düşünüldüğünde klorofil miktarıyla ilişkilidir. Araştırmamızda, dirençli bitkilerin hassas bitkilere kıyasla daha fazla klorofil içerdiği belirlenmiştir. Hassas bitkilere kıyasla dayanıklı bitkilerin herbisitten daha az etkilenmeleri PAL aktivitelerindeki bu farkın dayanıklı bitkilerdeki herbisit direncinin bir yansıması olduğunu göstermektedir. PAL enziminin yetersizliği nedeniyle hücre duvarı yaralanmalarında süberin üretimi için gerekli sinamik asit kısıtlanır, bu noktada oksidatif polimerizasyon için POX aktiviteleri de artmaktadır (Kumar ve Knowles, 2003).

Araştırmamızda, fenoxaprop'a hassas bitkilerin artan POX aktivitelerine sahip olmasına rağmen bu bitkilerde artan lipit peroksidasyon, hücre zarı geçirgenliği ve H₂O₂ miktarları oksidatif zarara işaret etmektedir. Bu durum hassas bitkilerde artan POX aktivitesinin ROT düzeylerini kontrol altında tutmaktan (Dixon ve Paliva, 1995) veya

antioksidatif fenolikleri oluşturarak fenolik metabolizmayı arttırmaktan (Lin ve ark. 2005) ziyade oksidatif polimerizasyon gibi başka işlevlerle de ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmada, Marmara bölgesinden toplanan ve fenoxaprop herbisiti uygulanmış hassas ve dayanıklı iki kısır yabancı yulaf populasyonunun pigment içeriği ve antioksidan savunma enzimleri ile PAL aktiviteleri araştırılmıştır. Buna göre, dayanıklı bitkilerde önerilen dozda meydana gelen oksidatif stresin bastırılmasında SOD, POX, APX, GR ve CAT aktivitelerinin hassas bitkilere kıyasla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Dayanıklı bitkilerdeki antioksidatif savunmanın önerilen dozun 4 katına kadar gelişebildiği belirlenmiştir. Sonuç olarak, hassas bitkilere kıyasla herbisite dayanıklı popülasyona ait bitkilerin daha yüksek klorofil miktarına, daha yüksek antioksidan savunmaya ve daha yüksek PAL aktivitelerine sahip olduğu bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Acar O., Türkan İ., Özdemir F., 2001. Superoxide Dismutase and Peroxidase Activities in Drought Sensitive and Resistant Barley (*Hordeum vulgare* L.) Varieties". Acta Physiologiae Plantarum, 23(3):351-356.
- Ahmad-Hamdani M.S., Yu Q., Han H., Cawthray G.R., Wang S.F., Powles S.B., 2013. Herbicide Resistance Endowed by Enhanced Rates of Herbicide Metabolism in Wild Oat (*Avena* spp.). Weed Science, 61: 55-62.
- Aksoy A., Mennan H., Şimşek M., Büschbell T., 2004. Yabani Yulaf (*Avena sterilis* L.) ve Tilki Kuyruğu (*Alopecurus myosuroides* Huds.) 'nun Farklı Herbisitlere Karşı Dayanıklılığı Üzerine Çalışmalar. Türkiye I. Bitki Koruma Kongresi Bildiri Özetleri, Samsun, 28.
- Alscher R. G., Erturk N., Heath L.S., 2002. Role of Superoxide Dismutases (SODs) in Controlling Oxidative Stress in Plants. Journal of Experimental Botany, 53: 1331-1341.
- Anonim 2013. Dünya Tahıl Piyasalarındaki Gelişmeler, TC. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 1: 2148-1962.
- Anonim 2016. Group A/1 Resistant Sterile Oats (Turkey), International Survey of Herbicide Resistance Weeds 26 Kasım 2016,
<http://www.weedscience.org/Details/case.aspx?ResistID=5101>
- Apel K., Hirt H., 2004. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress and Signal Transduction. Plant Biology, 55: 373-99.
- Arnon D. I., 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 24: 1-15.
- Avcı Ç.M., Bozdoğan O., Uygur F.N., 2009. Çukurova Bölgesi Buğday Alanlarında Görülen Önemli Yabancı Otların Buğday Herbisitlerine Karşı Dayanıklılığının Araştırılması. Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi Bildiri Özetleri Kitabı, Van, 292.
- Baig M.J., 2010. Drought Stress Induced Changes in Lipid Peroxidation and Antioxidant System in Genus *Avena*. Journal of Environmental Biology, 31: 435-440.

- Banaś A., Johansson, I., Stenlid G., Stymne S., 1993. Free Radical Scavengers and Inhibitors of Lipoxygenases as Antagonists the Herbicides Haloxyfop and Alloxydim, *Swed. J. Agric. Research*, 23: 67-75.
- Beauchamp C., Fridovich, I., 1971. Superoxide Dismutase: Improved Assay and Applicable to Acrylamid Gels. *Analytical Biochemistry*, 44: 276-287.
- Bergmeyer N., 1970. *Methoden Der Enzymatischen Analyse*, Akademie Verlag, 1: 636-647.
- Bernt E., Bergmeyer H.U., 1974, "Inorganic Peroxidases". *Methods of Enzymatic Analysis* (Vol. 4), Ed.: Bergmeyer H.U., New York: Academic Press.
- Botella M.A., Rosado A., Bressan R.A., Hasegawa P.M., 2005. "Plant Adaptive Responses to Salinity Stres", *Plant Abiotic Stress*, Ed.: Jenks M.A ve Hasegawa P.M., Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Bradford M., 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantition of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-dye Binding. *Anal. Biochemistry*, 72: 248-254.
- Cavan G., Moss S., 1997. Herbicide Resistance Gene Flow in Black Grass (*Alopecurus myosuroides*) and Wild Oat (*Avena spp.*) Brighton Crop Protection Conference: Weeds. *Proceedings*, 1: 305-310.
- Dionisio-Sese M.L., Tobita S., 1998. Antioxidant Responses of Rice Seedlings to Salinity Stress. *Plant Science*, 135, 1-9.
- Dixon R. A., Paliva N.L., 1995. Stress Induced Phenylpropanoid Metabolism. *The Plant Cell*, 7: 1085-1097.
- Edreva A., 2005. Generation and Scavenging of Reactive Oxygen Species in Chloroplasts: a Submolecular Approach. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106: 119–133.
- Erdoğan B.Y., 2010. Samsun'da Yaygın Olarak Kullanılan Pestisitlerin Sağlığa ve Çevreye etkileri, *Alinteri*, 19 (B): 28-35.
- Fayez K.A., Radwan D.E.M., Mohamed A.K., Abdelrahman A.M., 2014. Fusilade Herbicide Causes Alterations in Chloroplast Ultrastructure, Pigment Content and Physiological Activities of Peanut Leaves, *Photosynthetica*, 52 (4): 548-554

- Foyer C. H., Noctor G. 2009. Redox Regulation in Photosynthetic Organisms: Signaling, Acclimation and Practical Implications. *Antioxidants and Redox Sig.*, 11(4): 862-878.
- Foyer C. H., Shigeoka S., 2011. Understanding Oxidative Stress and Antioxidant Functions to Enhance Photosynthesis. *Plant Physiology*, 155: 99-103.
- Foyer C.H., Halliwell B., 1976. Presence of Glutathione and Glutathione Reductase in Chloroplasts: Proposed Role in Ascorbic Acid Metabolism. *Planta*, 133: 21-25.
- Foyer C.H., Lopez-Delgado H., Dat J.F., Scott I.M., 1997. Hydrogen Peroxide and Glutathione Associated Mechanism of Acclamatory Stress Tolerance and Signaling. *Physiologia Plantarum*, 100: 241-254.
- Foyer C.H., Noctor G., 2005. Redox Homeostasis and Antioxidant Signalling: a Metabolic Link Between Stress Perception and Physiological Responses. *Plant Cell*, 17: 1866–1875.
- Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tahıl Raporu, GAPUTAEM Güncel, 26 Kasım 2016,
https://www.google.com.tr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwis5rzI5N_QAhXL1ywKHenbCFoQFggbMAA&url=http%3A%2F%2Farastirma.tarim.gov.tr%2Fgaputaem%2FBelgeler%2Ftar%25C4%25B1msal%2520veriler%2Fgaputaem%2520gncel%2FTah%25C4%25B1%2520Raporu.pdf&usg=AFQjCNGP0iZMLG_kIDwop_v8FJmHCu2o-Q
- Giannopolities N., Ries S. K., 1977. Superoxide Dismutase: Occurrence in Higher Plants. *Plant Physiology*, 59: 309-314.
- Güncan A., 2010. Yabancı Ot Mücadelesi. Selçuk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2, 278.
- Heap I., 2014. Global Perspective of Herbicide Resistant Weeds. *Pest Manag. Sci.*, 70: 1306-1315.
- Heap L., Lebaron, 2001. Introduction and Overview of Resistance. In: *Herbicide Resistance and World Grains* (Eds: S.B. Powles and D.L. Shaner). 1-22, New York, USA, *CRC Press*, 308p.

- Kadıoğlu İ., 1989. ukurova Buğday Ekiliş Alanlarında Görülen Yabani Yulaf (*Avena spp.*) Trleri Gelişme Biyolojileri, Buğday ile Karşılıklı Etkileşimleri ve Kontrol Olanakları zerinde Araştırmalar. Adana Zirai Mücadele Araştırma Enst. Yayınlar Serisi, 66: 128.
- Kanner J., Kinsella J.E., 1983. Lipid Deterioration Initiated by Phagocytic-cells in Muscle Foods Beta-carotene Destruction by a Myeloperoxidase Hydrogen-peroxide Halide system. J. Agric. Food Chem., 31: 370-376.
- Kashani F.B., Zand E., Alizadeh H.M., Atri, A., 2010. Study on Diclofop-methyl Resistance in Wild Oat (*Avena ludoviciana*): A Comparison Between the Whole Plant and the Seed Bioassays. Appl. Ent. Phytopath., 78(1).
- Kiely D., Donaldson T., Grube A., 2004. Pesticide Industry Sales and Usage: 2000 and 2001 Market Estimates. Washington (DC): U.S. Environmental Protection Agency, Office of Pesticide Programs.
- Koca N., Karadeniz F., 2003. Serbest Radikal Oluşum Mekanizmaları ve Vcttaki Antioksidan Savunma Sistemleri. Gıda Mhendisliği Dergisi, 32-37.
- Kumar G.N.M., Knowles N.R., 2003. Wound-induced Superoxide Production and PAL Activity Decline with Potato Seed-tuber Age and Wound-healing Ability. Plant Physiology, 117: 108–117.
- Lacey A. J., 1985. Weed Control in Pesticide Application: Principles and Practice, P.T. Haskell (ed), 456-85. Oxford: Oxford University Press.
- Letouze A., Gasquez J., Vaccara D., Orgando D., Leterrier J. L., Roy C., Bouvard Derieux E., 1997. Development of New Reliable Quick Tests and State of Grass–weed Herbicide Resistance in France. In: Proc. Brighton Crop Protect. Conf.–Weeds. Brighton, 1:325–350.
- Lin C.C., Chen L. M., Liu Z.H., 2005. Rapid Effect of Copper on Lignin Biosynthesis in Soybean Roots. Plant Science, 168: 855–861.
- Lulai E.C., Suttle J.C., Pederson S.M., 2008. Regulatory Involvement of Abscisic Acid in Potato Tuber Wound-healing. Journal of Experimental Botany, 58: 1175 –1186.

- Luo X.Y., Sunohara Y., Matsumoto H., 2004. Fluazifop-butyl Causes Membrane Peroxidation in the Herbicide Susceptible Broad Leaf Weed Bristly Starbur (*Acanthospermum hispidum*). Pesticide Biochem. Physiol., 78 (2):93-102.
- Madhava R.K.V., Sresty T.V.S., 2000. Antioxidative Parameters in the Seedlings of Pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in Response to Zn and Ni Stresses. Plant Science, 157: 113-128.
- Mahmood Q., Bilal M., Jan S., 2014. Herbicides, Pesticides, and Plant Tolerance: An Overview. Emerging Tech. Manag. Crop Stress Tolerance, Editörler: Parvaiz, A., Saiema, R., Tokyo: Academic Press.
- Mamdouh M., Nemat, A., Nemat M.H., 2014. Alleviation of Isoproturon Toxicity to Wheat by Exogenous Application of Glutathione. Pesticide Biochem. Physiol., 112: 56–62.
- May M.J., Vernoux T., Leaver C., Van Montagu M., Inze D., 1998. Glutathione Homeostasis in Plants: Implications for Environmental Sensing and Plant Development. J. Exp. Bot., 49: 649–667.
- Mennan H., Bozoğlu M., Işık D., 2003, Economic Tresholds of *Avena spp.* and *Alopecurus myosuroides* in Winter Wheat Fields. Pak. J. Bot., 35 (2):147-154.
- Mennan H., Uygur F.N., 1994. Buğdayda Sorun Olan Önemli Bazı Yabancı Türlerinin Çimlenme ve Gelişme Biyolojilerinin Saptanması. O.M.Ü.Z.F. Dergisi, 11 (1): 153-166.
- Mishra S., Srivastava S., Tripathi R.D., Govindarajan R., Kuriakose S.V., Prasad M.N.V., 2006. Phytochelatin Synthesis and Response of Antioxidants During Cadmium Stress in *Bacopa monnieri* L. Plant Physiol. Biochem., 44: 25-37.
- Møller M., Jensen P.E., Hansson A., 2007. Oxidative Modifications to Cellular Components in Plants. Annu. Rev. Plant Biol., 58: 459-481.
- Moss S.R., 2002. Herbicide Resistant Weeds, Weed Management Handbook, (Ed. Naylor, R.E.L.). Oxford, Blackwell Science Ltd.
- Mullineaux P.M., Baker N.R., 2010. Oxidative Stress: Antagonistic Signaling for Acclimation or Cell Death. Plant Physiology, 154:521-525.

- Munns R., Tester, M., 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59: 651–81.
- Nakano Y., Asada K., 1981. Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22(5): 867-880.
- Nemli Y., Solyalı E., Göksu A., Türkseven S., Vurana K., Uludağ A., Gökhan B., Hakel E., Kocadal E., 2009. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde Arpada Yabancı Yulaf Mücadelesi ve Herbisitlere Dayanıklılığı Üzerinde Araştırmalar. *Türkiye III. Bitki Koruma Kongresi Bildiri Özetleri*, Van, 293.
- Noctor G., Foyer C.H., 1998. Ascorbate and Glutathione: Keeping Active Oxygen Under Control. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 49: 249–279.
- Nohatto MA., Agostinetto D., Langaro A.C., Oliveira C., Ruchel Q., 2016. Antioxidant Activity of Rice Plants Sprayed With Herbicides. *Pesc. Agropec. Trop.*, 46 (1): 28-34.
- Nurzhanova A., Kalugin S., Zhambakin K., 2013. Obsolete Pesticides and Application of Colonizing Plant Species for Remediation of Contaminated Soil in Kazakhstan. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 20, 2054-2063.
- Papapanagiotou A.P., Kaloumenos N.S., Eleftherohorinos I.G., 2012. Sterile Oat (*Avena sterilis* L.) Cross-resistance Profile to ACCase Inhibiting Herbicides in Greece. *Crop Protection*, 35: 118–126.
- Parida A.K., Das A.B., 2005. Salt Tolerance and Salinity Effects on Plant: A Review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60: 324-349.
- Pascal S., Debrauwer L., Ferte M.P., Anglade P., Rouimi P., Scalla R., 1998. Analysis and Characterization of Glutathione S-transferase Subunits From Wheat (*Triticum aestivum* L.), *Plant Sci.*, 134: 217-226.
- Pascholati S.F., Butler L.G., Nicholson R.L., 1986. Phenylalanine Ammonia Lyase Activity and Anthocyanin Accumulation in Wounded Maize Mesocotyls. *J. Phytopathol.*, 115: 165-172.
- Poontariga H. P., Darinee R., Kannarat R., Charoensataporn R., 2003. Salinity Effects on Antioxidant Enzymes in Mulberry Cultivar. *Science Asia*, 29: 109-103.

- Scandalios J.G., 1997. Molecular Genetics of Superoxide Dismutase in Plants. In: Scandalios J.G., Eds. Oxidative Stres and The Molecular Biology of Antioxidant Defenses. Cold Spring Harbor Laboratory, 527-565.
- Shigeoka S., Ishikawa T., Tamoi M., Miyagawa Y., Takeda T., Yabuta Y. ve Yoshimura K., 2002. Regulation and Function of Ascorbate Peroxidase Isoenzymes. J. Exp. Bot., 53: 1305-1319.
- Taiz L., Zeiger E., 2008. Sekonder Metabolitler ve Bitkisel Savunma. Bitki Fizyolojisi (3. Baskı) Editör: Türkan, I., Ankara: Palme Yayıncılık. 291 p.
- Türkiye İstatistik Kurumu, 2013. Bitkisel Ürünler Denge Tabloları, Tarım İstatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18773>
- Türkseven S., Nemli Y., 2013. Dayanıklı ve Duyarlı Yabani Yulaf Populasyonlarında Ruhsatlı Herbisitlerin Performanslarının Tarla Koşullarında Araştırılması. Ege Üniv. Zir. Fak. Dergisi, 50 (1): 39-46.
- Uludağ A., Nemli Y., Tal A., Rubin B., 2003. ACCase-resistance in Wild Oat (*Avena sterilis*) in Turkey. 7th Mediterranean Symposium, EWRS Proceedings, Adana, 81.
- Uygur S., Uygur F.N., 2010. Yabancı Otların Biyolojik Mücadelesi, Türk biyol. Müc. Derg., 1(1): 79-95.
- Yael H., Shai K., Menny K., Rachel A., 2014. Glutathione Application Affects the Transcript Profile of Genes in Arabidopsis Seedling. Journal of Plant Physiology, 171: 1444–1451.
- Zand E., Kashani F.B., Baghestani M., Maknalı A., Minbashi M., Soufizadeh, S., Deihimfard R., 2007. Investigating the Distribution of Clodinafop-propargyl Resistant Wild Oat (*Avena ludoviciana*) populations in SW Iran. Environmental Science, 4(3): 85-92.
- Zhang Q., Zhao M., Qian H., Lu T., Zhang Q., Liu W., 2012. Enantioselective Damage of Diclofop Acid Mediated by Oxidative Stress and Acetyl-CoA Carboxylase in Nontarget Plant Arabidopsis Thaliana. Environmental Science Technology, 46: 8405–8412.

Zhixiang C., Zuyu Z., Junli H., Zhibing L., Baofang F., 2009. Biosynthesis of Salicylic Acid in Plants. *Plant Signaling & Behavior*, 4:6, 493-496.

Ziraat Mühendisleri Odası, 2016. Türkiye’de hububat alanları, Buğday Dosyası, 26 Kasım 2016,

http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=23218&tipi=38&sube=0



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı ve Soyadı	Mehmet Selim ÇOBANOĞLU
T.C. Numrası	10054688888
Doğum Tarihi	01.02.1991
Doğum Yeri	Antalya/Kaş
Medeni Durumu	Bekar
e-mail Adresi	selim.cobanoglu07@gmail.com
Telefon Numarası	05547317978

Akademik Bilgiler	
2015	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Pedagojik Formasyon.
2013- 2017	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Eğitimi (Bitki Fizyolojisi)
2012-2013	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bitki Fizyoloji Laboratuvarı'nda Staj.
2009-2013	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü Lisans Eğitimi.

Araştırma Alanları	
2013- 2016	Yabani Yulaf Bitkisinde (<i>Avena sterilis</i> L.) Herbisit Direncinin Antioksidan Enzim Sistemiyle İlişkisinin Araştırılması Adlı Yüksek Lisans Tez Çalışması.
Su Kültürü ile Bitki Yetiştirme Metodu, Canavar Otu, Herbisit Bitki İlişkisi, Protein, Klorofil(a,b), Bağlı Su İçeriği, SLA, LMA, Fenilalanin Amonyum Liyaz (PAL) ve Bitki Antioksidan Savunma Enzim Analizleri Hakkında Bilgi Sahibiyim.	

Kurs ve Sertifikalar	
2014	Parazitik Bitkiler Konulu Kurs Eğitimi(10 gün) ve Sertifika, İspanya, Cadiz Üniversitesi Katılım Şekli: COST Desteği ile Burslu Olarak Katıldım.
2014	PCR (RNA, DNA) Kursları, Eskişehir.
2014	Elektroforez Cihaz Kullanımı Hakkında Eğitim, Çanakkale.
2010	Çeşitli Laboratuvar Yeterlilik Sertifikaları Alındı. Çanakkale.
2012-2013	YDS Akademi Kursunda, Elementary, Pre-intermediate ve Intermediate seviyesinde kurslar tamamlanmış ve sertifikaları alınmıştır. Çanakkale.

Poster ve Sunumlar	
2014	Yabani Yulaf Bitkisinde (<i>Avena sterilis</i> L.) Herbisit Direncinin Antioksidan Enzim Sistemiyle İlişkisinin Araştırılması, Yer: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Biyoloji Bölümü Seminer Salonu
2014	<i>Cucurbita pepo</i> L. Bitkisinde NaCl ve CaCl ₂ Uygulamalarının Fotosentetik Verim Parametreleri Üzerine Etkisi, Poster, Eskişehir.
2014	Tuz Stresinin <i>Triticum aestivum</i> L. Bitkisinin Spesifik Yaprak Alanı, Yaprak Kütle Alanı, Büyüme, Bağlı Su İçeriği ve Tohum Çimlenmesine Etkisi, Poster, Eskişehir.

2014	Bazı Ayçiçeği (<i>Helianthus annuus</i> L.) Çeşitlerinde Tuz Stresine Karşı Büyüme ve Klorofil Flüoresan Parametrelerinde Meydana Gelen Değişimler, Poster, Eskişehir.
2014	Alterations in chlorophyll fluorescence parameters of melon plants under CaCl ₂ and NaCl stress, Second Student Scientific Conference "Ecology and Environment", Poster, Bulgaristan.
2014	Salt stress-induced alterations in chlorophyll fluorescence parameters of two cucumber plant varieties, Second Student Scientific Conference "Ecology and Environment", Poster, Bulgaristan.
2016	Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Nohut Çeşitlerinde Kuraklık Toleransının Belirlenmesi, “2. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu”, Poster, Mersin.
2016	Herbisit toleransının kısır yabancı yulaf (<i>Avena sterilis</i> L.) antioksidan savunma sistemiyle ilişkisi “Uluslararası katılımlı VI. Ulusal Bitki Koruma Kongresi”, Sözlü Bildiri, Konya.
2016	Glutasyon’un farklı herbisit toleransına sahip kısır yabancı yulaf bitkilerinde (<i>Avena sterilis</i> L.) Büyümeye Etkisi. “Uluslararası katılımlı VI. Ulusal Bitki Koruma Kongresi”, Poster, Konya.

Projeler

2015	Bu Yüksek Lisans Tezi, 115Z678 nolu proje ile TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.
------	---

Kullanılan Cihazlar

Spektrofotometre (T80 ve Thermo uv 10s), Santrifüj, Elektforez, PCR , PAM, EC metre, SPAD Metre vb. Çeşitli Cihaz Kullanım Bilgisine Sahibim.
