

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**MISIR (*Zea mays* L.) VE BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.)
BİTKİLERİ ÜZERİNE GLİFOSAT, PARAQUAT VE MCPA
ADLI HERBİSİTLERİN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Fadime KARABULUT

Doktora Tezi

BİYOLOJİ ANABİLİM DALI

Botanik Bilim Dalı

AĞUSTOS 2021

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Biyoloji Anabilim Dalı

Doktora Tezi

MISIR (*Zea mays* L.) VE BUĞDAY (*Triticum aestivum* L.)
BİTKİLERİ ÜZERİNE GLİFOSAT, PARAQUAT VE MCPA ADLI
HERBİSİTLERİN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Tez Yazarı
Fadime KARABULUT

Danışman
Doç. Dr. Songül ÇANAKCI GÜLENGÜL

AĞUSTOS 2021
ELAZIĞ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Biyoloji Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Başlığı:	Mısır (<i>Zea mays</i> L.) ve Buğday (<i>Triticum aestivum</i> L.) Bitkileri Üzerine Glifosat, Paraquat ve MCPA Adlı Herbisitlerin Etkilerinin Araştırılması
Yazarı:	Fadime KARABULUT
İlk Teslim Tarihi:	2.7.2021
Savunma Tarihi:	10.8.2021

TEZ ONAYI

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırlanan bu tez aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından değerlendirilmiş ve akademik dinleyicilere açık yapılan savunma sonucunda OYBİRLİĞİ ile kabul edilmiştir.

Danışman:	Doç Dr. Songül ÇANAKCI GÜLENGÜL Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi	İmza Onayladım
Başkan:	Prof. Dr. Habibe ÖZMEN Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi	Onayladım
Üye:	Prof. Dr. Ökkeş YILMAZ Fırat Üniversitesi, Fen Fakültesi	Onayladım
Üye:	Prof. Dr. Şengül NACAR KARAMAN Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Fakültesi	Onayladım
Üye:	Doç. Dr. Oğuz Ayhan KİREÇÇİ Bitlis Eren Üniversitesi, Hizan Meslek Yüksekokulu	Onayladım

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun/...../20..... tarihli toplantısında tescillenmiştir.

İmza
Doç. Dr. Kürşat Esat ALYAMAÇ
Enstitü Müdürü

BEYAN

Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım “ Mısır (*Zea mays* L.) ve Buğday (*Triticum aestivum* L.) Bitkileri Üzerine Glifosat, Paraquat ve MCPA adlı Herbisitlerin Etkilerinin Araştırılması ” Başlıklı Doktora Tezimin içindeki bütün bilgilerin doğru olduğunu, bilgilerin üretilmesi ve sunulmasında bilimsel etik kurallarına uygun davrandığımı, kullandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi, maddi ve manevi desteği olan tüm kurum/kuruluş ve kişileri belirttiğimi, burada sunduğum veri ve bilgileri unvan almak amacıyla daha önce hiçbir şekilde kullanmadığımı beyan ederim.

10.08.2021

Fadime KARABULUT



ÖNSÖZ

Yapılan tez çalışmasında, tarımı yapılan bitkilerin verimini azaltan zararlı otların yok edilmesinde kullanılan tarım ilaçlarının hedefte olmayan bitkiler üzerinde meydana getirdiği oksidatif stresin etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bitkilerde bilinçsiz herbisit kullanımı, herbisit direncini tetikleyeceğinden, daha ileriki zamanlarda kullanılacak olan doz miktarlarını çok yüksek seviyelere tırmandıracaktır. Bu nedenle gerek kullanımda olan, gerekse yeni formüle edilmiş herbisit kullanımlarında hedefte olmayan tarım bitkilerinin bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerine bakılarak uygun konsantrasyon düzeylerinin belirlenmesi gerekir.

Bu tez konusunu belirleyen ve yardımlarını esirgemeyen Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Songül ÇANAKCI GÜLENGÜL'e, Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Biyokromatografi Laboratuvarında yürüttüğüm denemelerde bilgisi ve emeğiyle beni destekleyen Sayın Prof. Dr. Ökkeş YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım. Doktora tez çalışmam boyunca maddi ve manevi yardım ve teşviklerini sürekli hissettiğim ailem'e sonsuz teşekkür ederim.

Ayrıca, çalışmamın fizyolojik kısmını (bitki yetiştirilmesi ve büyüme parametrelerinin belirlenmesi) Fırat Üniversitesi "Doku Kültürü Laboratuvarı ve Sera" adlı laboratuvar da gerçekleştirmemde katkıda bulunanlara ve tohumların temini için Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsüne teşekkürlerimi sunarım.

Bu tez çalışması, Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FÜBAP) tarafından **FF.21.01** protokol numaralı proje ile desteklenmiştir.

Fadime KARABULUT
ELAZIĞ, 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. HERBİSİTLERE GENEL BAKIŞ	11
2.1. Herbisitlerin Etki Mekanizması ve Sınıflandırılması	11
2.2. Herbisit Toksisitesi	17
2.3. Herbisitlerin Yabancı Otlar ile Mücadelede Kullanımı	18
2.3.1. Buğdayda Verimi Düşüren Yabancı Otlar ve Mücadelesi	19
2.3.2. Mısırdada Verimi Düşüren Yabancı Otlar ve Mücadelesi	20
2.4. Herbisitlere Karşı Direnç Gelişimi ve Önlenmesi	21
2.5. Bitkide Oluşan Serbest Radikallerin Gıda Bileşenleri ile Etkileşimleri	22
2.6. Tarımda Kullanılan Herbisitlerin Canlılara Zararları	25
3. MATERYAL VE METOT	28
3.1. Materyal.....	28
3.1.1. Tahıllar.....	28
3.1.2. Herbisitler.....	31
3.1.3. Test Çözeltilerinin Hazırlanması	31
3.1.4. Kimyasal Maddeler ve Organik Çözücüler	32
3.1.5. Kullanılan Aletler ve Cihazlar.....	32
3.2. Metot	32
3.2.1. Bitki Materyaline Yapılan Uygulama	33
3.2.2. Büyüme Parametrelerinin Belirlenmesi	34
3.2.3. Klorofil (a+b) ve Karotenoid Miktarının Belirlenmesi	34
3.2.4. Prolin Analizi	35
3.2.5. Bitki Dokularının Homojenatının Hazırlanması.....	35
3.2.6. Malondialdehit (MDA) Miktarının Belirlenmesi	36
3.2.7. Redükte Glutasyon (GSH) Miktarının Belirlenmesi.....	36
3.2.8. Glutathion-S-transferaz (GST; EC 2.5.1.18) Aktivitesinin Belirlenmesi	37
3.2.9. Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) Aktivitesinin Belirlenmesi	37
3.2.10. Katalaz (CAT; EC 1.11.3.6) Aktivitesinin Belirlenmesi	38
3.3. İstatistik Analizler	38
4. BULGULAR.....	39
4.1. Büyüme Parametreleri	39
4.2. Pigment Miktarındaki Değişiklikler	49
4.3. Prolin (PRL) Miktarındaki Değişiklikler.....	55
4.4. Redükte Glutasyon (GSH) Miktarındaki Değişiklikler	57
4.5. Malondialdehit (MDA) Miktarındaki Değişiklikler	59

4.6. Süperoksit dismutaz (SOD) Aktivitesindeki Değişiklikler	60
4.7. Katalaz (CAT) Aktivitesindeki Değişiklikler	62
4.8. Glutasyon-S-transferaz (GST) Aktivitesindeki Değişiklikler	64
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	73
ÖNERİLER	79
KAYNAKLAR.....	80
ÖZGEÇMİŞ	



ÖZET

Mısır (*Zea mays* L.) ve Buğday (*Triticum aestivum* L.) Bitkileri Üzerine Glifosat, Paraquat ve MCPA adlı Herbisitlerin Etkilerinin Araştırılması

Fadime KARABULUT

Doktora Tezi

FIRAT ÜNİVERSİTESİ

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Ağustos 2021, Sayfa: xi + 85

Bu tez çalışmasında hedefte olmayan tarım bitkilerinde herbisitlerin meydana getirdiği toksik etki araştırıldı. Bu amaçla bir haftalık (genç) ve 15 günlük (olgun) buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Halis) ve mısır (*Zea mays* L. cv. Ada 523) varyetelerinde, glifosat, paraquat ve MCPA (4-kloro-2-metilfenoksi asetik asit) herbisitlerinin farklı konsantrasyonlarda (0, 100, 500 ve 1000 μ M) oluşturduğu toksik etkiye bağlı fizyolojik ve biyokimyasal cevaplar araştırıldı. Her üç herbisitte pigment miktarı, kuru ağırlık miktarı, kök ve sürgün uzama büyümesinde önemli derecede düşüşler görüldü. Glifosat için; prolin miktarı genç bitkilerin kökleri hariç tüm eksplantlarda, GSH miktarı genç mısır sürgünlerinde ve olgun buğday bitkileri, MDA miktarı olgun mısır yaprakları hariç tüm eksplantlarda, SOD aktivitesi olgun mısır kökleri hariç diğer tüm eksplantlarda, GST aktivitesi olgun buğday yaprakları hariç tüm eksplantlarda ve CAT aktivitesinde arttı. Paraquatta; prolin miktarı olgun buğday yaprağı ve olgun mısır kökü hariç tüm eksplantlarda, GSH miktarı olgun buğday yaprağı hariç tüm eksplantlarda, MDA miktarı mısır bitkileri hariç tüm eksplantlarda, SOD aktivitesi olgun mısır kök ve yaprakları hariç tüm eksplantlarda, CAT ve GST aktivitesinde arttı. MCPA için ise; prolin miktarı tüm eksplantlarda, GSH miktarı buğday yaprakları hariç tüm eksplantlarda, MDA miktarı mısır kökleri hariç diğer tüm eksplantlarda, CAT aktivitesi genç buğday yaprağı ve genç mısır kökleri hariç tüm eksplantlarda, SOD ve GST aktivitesinde arttı. Sonuç olarak, fidelere uygulanan glifosat herbisiti daha fazla toksik etki yarattı. Glifosat herbisiti karşı bir haftalık mısır ve buğday fidelilerinin daha dirençli olduğu görüldü.

Anahtar Kelimeler: *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., Herbisit, Oksidatif stres, Toksik etki

ABSTRACT

Investigation of the Effects of Glyphosate, Paraquat and MCPA Herbicides on Corn (*Zea mays* L.) and Wheat (*Triticum aestivum* L.)

Fadime KARABULUT

Ph.D. Thesis

FIRAT UNIVERSITY
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biology

August 2021, Pages: xi + 85

In this thesis study, the toxic effects of herbicides on non-target agricultural plants were investigated to toxic effect. For this purpose the toxicity of glyphosate, paraquat and MCPA (4-chloro-2-methylphenoxy acetic acid) herbicides at different concentrations (0, 100, 500 and 1000 μ M) in wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Halis) and corn (*Zea mays* L. cv. Ada 523) varieties of one-week-old (young) and 15-days-old (mature). Physiological and biochemical responses related to the effect were investigated. Significant reductions in pigment content, dry weight, root and shoot elongation growth were observed in the three herbicides. In glyphosate; the amount of proline in all explants except the roots of young plants, the amount of GSH in young corn shoots and mature wheat plants, the amount of MDA in all explants except mature corn leaves, SOD activity in all explants except mature corn roots, GST activity in all explants except mature wheat leaves and CAT activity increased. In paraquat; the amount of proline in all explants except mature wheat leaf and mature corn root, the amount of GSH in all explants except mature wheat leaf, the amount of MDA in all explants except corn plants, SOD activity in all explants except mature corn roots and leaves, CAT and GST activity increased. For MCPA; the amount of proline in all explants, the amount of GSH in all explants except wheat leaves, the amount of MDA in all explants except corn roots, CAT activity in all explants except young wheat leaf and young corn roots, SOD and GST activity increased. As a result, glyphosate herbicide applied to the seedlings produced more toxic effects. One-week-old corn and wheat seedlings were more resistant to glyphosate herbicide.

Keywords: *Triticum aestivum* L., *Zea mays* L., Herbicide, Oxidative stress, Toxic effect

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1.	<i>Triticum aestivum</i> L. Halis deney materyalimizin özellikleri	29
Şekil 3.2.	<i>Zea mays</i> L. Ada 523 deney materyalimizin özellikleri	30
Şekil 3.3.	Glifosat, paraquat ve MCPA herbisitleri	31
Şekil 3.4.	Bir haftalık mısır ve buğday fidelerinin uygulama öncesi genel görünümü	33
Şekil 3.5.	15 günlük mısır ve buğday fidelerinin uygulama öncesi genel görünümü	34
Şekil 3.6.	Prolin Ölçüm Grafiği	35
Şekil 3.7.	MDA (TBARS) Ölçüm Grafiği	36
Şekil 3.8.	Glutasyon Kalibrasyon Eğrisi	37
Şekil 4.1.	Bir haftalık <i>Triticum aestivum</i> L. Halis buğday ve <i>Zea mays</i> L. Ada 523 mısır fidelerinin genel görünümü	39
Şekil 4.2.	15 günlük <i>Triticum aestivum</i> L. Halis buğday ve <i>Zea mays</i> L. Ada 523 mısır fidelerinin genel görünümü	40
Şekil 4.3.	48 saat süre ile glifosat uygulanan bir haftalık <i>Triticum aestivum</i> L. Halis buğday fidelerinin görünümü	40
Şekil 4.4.	48 saat süre ile paraquat uygulanan bir haftalık <i>Triticum aestivum</i> L. Halis buğday fidelerinin görünümü	41
Şekil 4.5.	48 saat süre ile MCPA uygulanan bir haftalık <i>Triticum aestivum</i> L. Halis buğday fidelerinin görünümü	41
Şekil 4.6.	48 saat süre ile glifosat uygulanan bir haftalık <i>Zea mays</i> L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü	42
Şekil 4.7.	48 saat süre ile paraquat uygulanan bir haftalık <i>Zea mays</i> L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü	42
Şekil 4.8.	48 saat süre ile MCPA uygulanan bir haftalık <i>Zea mays</i> L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü	43
Şekil 4.9.	48 saat süre ile glifosat uygulanan 15 günlük <i>Triticum aestivum</i> L. Halis buğday fidelerinin görünümü	43
Şekil 4.10.	48 saat süre ile paraquat uygulanan 15 günlük <i>Triticum aestivum</i> L. Halis buğday fidelerinin görünümü	44
Şekil 4.11.	48 saat süre ile MCPA uygulanan 15 günlük <i>Triticum aestivum</i> L. Halis buğday fidelerinin görünümü	44
Şekil 4.12.	48 saat süre ile glifosat uygulanan 15 günlük <i>Zea mays</i> L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü	45
Şekil 4.13.	48 saat süre ile paraquat uygulanan 15 günlük <i>Zea mays</i> L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü	45
Şekil 4.14.	48 saat süre ile MCPA uygulanan 15 günlük <i>Zea mays</i> L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü	46

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 4.1.	Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi	51
Tablo 4.2.	Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi.....	51
Tablo 4.3.	15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi.....	52
Tablo 4.4.	15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi.....	52
Tablo 4.5.	Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi	52
Tablo 4.6.	Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi.....	53
Tablo 4.7.	15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi	53
Tablo 4.8.	15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi.....	53
Tablo 4.9.	Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi	54
Tablo 4.10.	Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi.....	54
Tablo 4.11.	15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi.....	54
Tablo 4.12.	15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi.....	55
Tablo 4.13.	Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	66
Tablo 4.14.	Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	67
Tablo 4.15.	15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	67
Tablo 4.16.	15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	68
Tablo 4.17.	Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	68
Tablo 4.18.	Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	69

Tablo 4.19.	15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	69
Tablo 4.20.	15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	70
Tablo 4.21.	Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	70
Tablo 4.22.	Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	71
Tablo 4.23.	15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	71
Tablo 4.24.	15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi.....	72



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrat derece
cm	: Santimetre
dk	: Dakika
EU	: Enzim unit
H ₂ O ₂	: Hidrojen peroksit
HCl	: Hidroklorit asit
µg	: Mikrogram
µl	: Mikrolitre
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
mM	: Milimolar
µM	: Mikromolar
nm	: Nanometre
rpm	: Revolutions per minute

Kısaltmalar

ALS	: Asetolaktat sentaz
AHAS	: Asetohidroksi sentaz
AP _x	: Askorbatperoksidaz
CAT	: Katalaz
CDNB	: 1-kloro-2,4-dinitrobenzen
EDTA	: Etilendiamintetra asetik asit disodyum dihidrat
EPSP	: 5-enolpirüvil şikimat-3-fosfat
GSH	: Redükte glutatyon
GSSG	: Okside glutatyon
GP _x	: Glutatyon peroksidaz
GST	: Glutatyon-S-Transferaz
IAA	: İndolasetik asit
KA	: Kuru ağırlık
MCPA	: 4-kloro-2-metilfenoksi asetik asit
MDA	: Malondialdehid
MTSFA	: N-tert-Butildimetihisilil-N-metiltrifluoroasetamid
Prolin	: PRL
ROS	: Reaktif oksijen türleri
SOD	: Süperoksit dismutaz
TA	: Taze ağırlık

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu her geçen gün hızla artarken tarım alanlarının yerleşim alanlarına dönüşmesi ya da endüstriyel tesislerle kirletilmesi gıda temini konusunda sıkıntılara neden olmaktadır. Tarımsal ürünlerin verim ve kalitesini artırmak için modern tarım tekniklerinin uygun bir şekilde kullanılması sağlanmalıdır. Bu anlamda bitki koruma ürünleri içerisinde yer alan pestisit (tarım ilacı) kullanımı da bu girdilerden biridir ve sürdürülebilir tarımın tamamlayıcı bir bileşenleri olmaktadır. Pestisit kullanımı, tarımsal ürünü hastalık ve yabancı otların zararlarından koruyabilmek ve kaliteli üretimi güvence altına alabilmek için kullanılan bir tarımsal mücadele şekli olmaktadır (Tiryaki vd., 2010). Zararlı otlar, tarımsal üretimi etkileyen ve verimi düşüren faktörlerin başında gelmektedir. Bitki koruma girdileri kullanılarak mücadele yapılmadığı takdirde yüzde yüzlere varan ürün kayıpları olabilmektedir. Gerek dünyada gerekse ülkemizde tarımı yapılan bitkileri korumaya yönelik mücadelede çoğunlukla pestisitler tercih edilmektedir. Pestisitler içerisinde % 47’lik kullanım oranıyla herbisitler en ön sırada yer almaktadır. Herbisitlerin bu kadar yüksek oranda kullanılması ve pek çok hatalı yöntemler ile uygulanması sebebiyle tarımı yapılan bitkilerde toksik etkiler meydana getirmektedir (Mengüç, 2018).

Pestisit grubu birçok ilaç gibi glifosatın da toprağı ve yeraltı sularını kirletme, gıda maddelerinde kalıntı bırakma potansiyeli yüksektir. Bu kalıntılar gıda ile beraber alındığında sağlığı bozmakta ve doğal hayattaki çeşitli canlı türlerine zarar vermektedir. “Uluslararası Kanser Araştırmaları Kurumu” 2015 yılında bir açıklama yaparak, glifosatu muhtemel kanserojen bir kimyasal olarak tanımlamıştır. Bu açıklamadan sonra glifosat kullanımının yasaklanması gerektiğine dair tartışmalar yoğunluk kazanmıştır. 2017 yılında Avrupa Birliği Komisyonu üye ülkelerde glifosat kullanımını 5 yıl süre ile serbest bırakma kararı almış, ancak alınan karar tartışmaların hararetini söndüremeyerek, 2 Temmuz 2019 tarihinde Avusturya Parlamentosu AB ülkeleri içinde glifosat kullanımını yasaklayan ilk ülke olmuştur. 2018 yılında toplam pestisit kullanım miktarı yaklaşık 59 bin ton olarak kaydedilmiştir. Bu miktarın % 22’sini herbisit kullanımı oluşturmaktadır. Glifosat kullanım oranının bu % 22’lik dilimin % 61’ini oluşturduğu varsayılarak 2018 yılında kullanılan glifosat miktarı yaklaşık olarak 8 bin ton civarında hesaplanabilmektedir. Bütün bu varsayımlardan yola çıkarak 2002 yılından 2018 yılına kadar geçen sürede Türkiye’de glifosat kullanımının 300 ton seviyesinden 8 bin ton seviyesine çıkmak suretiyle 27 kat artış gösterdiği öngörülmektedir (Şık, 2019).

Herbisitlerden kaynaklanan olumsuzlukları ortadan kaldırmak için mümkün olduğunca ürüne yönelik mücadele yöntemi uygulanmalı, zararlı otların mücadelesi için ekonomik zarar ve kritik periyot çalışmalarına önem verilmeli, kimyasal mücadele doğru bir şekilde uygulanmalı; doğru teşhis, doğru ilaç, uygun doz, doğru zaman ve en uygun ekolojik şartlarda ilaçlama yapılmalı,

mümkün olduğunca gereksiz herbisit kullanımından kaçınılmalıdır. Ayrıca herbisitler doğru bir şekilde kullanıldıklarında gıdalar üzerindeki kalıntı miktarı minimuma inecek ve hatta kalıntı problemi belki de tamamen ortadan kalkacaktır. Zararlı otlardaki herbisit direnci önlem alınmadığı takdirde daha ileri boyutlara taşınacaktır. Ülkemizde de herbisit direnç çalışmaları son yıllarda oldukça popüler bir konu haline gelerek, dünyada olduğu gibi ülkemizde de önlem alınması gereken konular arasına girmektedir (Mengüç, 2018).

Farklı yaşlardaki mısır ve buğday fidelerine söz konusu herbisitler farklı konsantrasyonlarda verildiğinde bitkide akümüle olup olmadığının araştırılması gerekmektedir. Bu akümülyasyon (az ya da çok) sonrasında bitki hücrelerinde toksik etki stresi tetiklemesi ile serbest radikallerin birikimi başlamaktadır. Biriken serbest radikaller enzimatik olan ve enzimatik olmayan antioksidanların çalışmasına yol açmaktadır. Bu metabolik yolun aktif hale gelmesini seçilen herbisit dozu belirlemektedir. Her herbisit için bir eşik dozu vardır ve bu eşik dozundan sonra artarak uygulanan bütün dozlar toksik stresi tetiklemektedir.

Glifosat herbisiti ile ilgili yapılan çalışmalar

Yapılan bir çalışmada, mısır fideleri 3., 6. ve 10. günlerde glifosat (10 mM) uygulamasından sonra lipid peroksidasyonu, glutatyon, serbest prolin içeriği, CAT aktivitesi ve GST aktivitesinin arttığı görülmüştür (Sergiev vd., 2006).

Yedi günlük *Salvinia natans* (yüzen eğrelti otu) bitkisine uygulanan glifosatın (0, 1, 5, 25, 50 ve 75 mg.l⁻¹) oksidatif stresin üstesinden gelmek için süperoksit dismutaz ve katalazdaki artan değişiklikler dahil olmak üzere antioksidan savunma sistemlerini aktive edebildiği görülmüştür. Yüksek konsantrasyonlarda uygulanan glifosat, bitkilerin oksidatif savunma kapasitesini aşması ile malondialdehit içeriğini önemli ölçüde arttırmıştır. Sonuç olarak glifosatın ekotoksitesinin su ortamlarında şiddetlenebileceğini ve *S. natans*'ta bariz hasara neden olabileceğini göstermiştir (Liu vd., 2019).

Glifosat, dünya çapında kullanılan geniş spektrumlu sistemik bir herbisit olarak yer almaktadır. Glifosat (0, 10, 20 ve 40 µM) herbisiti 14 günlük *A. thaliana* bitkisine uygulanmıştır. Bu çalışmada, büyüme parametreleri, GSH, protein içeriği, CAT ve SOD aktiviteleri incelenmiştir. 14 günlük *A. thaliana* fidesine uygulanan glifosat (0, 10, 20 ve 40 µM), büyüme parametreleri ve SOD aktivitesinde azalıp, GSH içeriği ve CAT aktivitesinde artışa neden olmuştur (de Freitas-Silva vd., 2017). Yapılan başka bir çalışmada, domates (*Solanum lycopersicum* L.) kullanarak, hedefte olmayan bitki türlerinde glifosat kaynaklı stresin biyokimyasal ve fizyolojik temelini anlamayı amaçlamıştır. Bu amaçla bitkiler, ticari bir glifosatu (Roundup® UltraMax) farklı konsantrasyonlar (0, 10, 20 ve 30 mg.kg⁻¹) altında toprak formülasyonunda 28 gün boyunca büyütülmüştür. Bitkilerin artan glifosat konsantrasyonlarına maruz kalması, ciddi bir büyüme inhibisyonuna (kök uzaması,

sürgün uzaması ve taze ağırlık gibi) neden olmuştur. Reaktif oksijen türlerinin (ROS) seviyeleri ile ilgili olarak hem hidrojen peroksit (H_2O_2) hem de süperoksit anyonu ($O_2^{\cdot-}$) sürgünlerde değişmediği gözlenirken, köklerde önemli ölçüde artış tespit edilmiştir. Dahası sürgünlerde glifosat konsantrasyonuna bağlı olarak MDA miktarında azalış, köklerde ise yalnızca en yüksek konsantrasyon için azalış gözlenmiştir. Antioksidan sistemin değerlendirilmesi, glifosatın birkaç antioksidan metabolit (prolin, askorbat ve glutatyon) ve enzim aktivitelerine (SOD ve CAT) müdahale ettiğini ve genellikle savunma mekanizmalarının pozitif yanıtını indüklediğini göstermiştir. CAT aktivitesi ve prolin miktarı için kök ve sürgünlerde artış gösterirken, SOD aktivitesinde sürgünlerde artış köklerde ise azalış tespit edilmiştir. GSH miktarı köklerde artıp sürgünlerde azalmıştır. MDA miktarı sürgünlerde artıp, köklerde azalarak en yüksek konsantrasyonda artmıştır. Genel olarak, bu çalışmada elde edilen veriler, uygulanan glifosatın ticari formülasyonunun bir parçası olması ve toprak kirliliğinin, 28 gün sonra domates bitkilerinin ve muhtemelen diğer hedefte olmayan bitki türlerinin büyüme ve fizyolojik performansını bozduğunu açıkça göstermiştir (Soares vd., 2019).

Atatürk çiçeği (*Euphorbia heterophylla* L.) ve soya fasulyesi (*Glycine max* (L.) merrill) bitkileri herbisit direnci nedeniyle verimi düşürme potansiyeline sahip ve kontrol edilmesi güç olan bitkilerdir. Çalışmanın amacı, soya fasulyesi bitkilerinde fotosentetik fizyolojik parametreler, sekonder metabolit seviyeleri, hücrel hasar ve antioksidan sistem aktivitesindeki değişiklikleri araştırmaktır. Ayrıca Atatürk çiçeği biyotipleri ve soya fasulyesi rekabet halinde iken glifosata karşı düşük seviyede direnç veya duyarlılığa sahip olduğu belirlenmiştir. Soya fasulyesi ile düşük seviyeli dirençli biyotip (deney I) veya duyarlı biyotip (deney II) arasında rekabet halinde bulunan bir serada iki değiştirme serisi deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu soya fasulyesi fidelerinin klorofil, karotenoid, lipid peroksidasyon seviyeleri, SOD aktivitesi ve CAT aktivitesi araştırılmıştır. Genel olarak, soya fasulyesi ve Atatürk çiçeği biyotipleri arasındaki rekabet, mahsulün fotosentetik parametrelerini veya fotosentetik pigment seviyelerini değiştirmemiştir. Yabancı ot biyotipleri için soya fasulyesi ile rekabet fotosentezi olumsuz etkilemiştir. Soya fasulyesi ile rekabet halindeyken duyarlı biyotip için daha fazla klorofil ve karotenoid kayıpları gözlenirken, düşük direnç seviyesine sahip biyotip için ters eğilim gözlemlenmiştir (da Rosa Ulguim vd., 2017).

Bir araştırmada 2016 yılında toplanan glifosata dirençli olmayan BRS-284 (EMBRAPA) soya çeşidi ve glifosata dirençli olan L 8307 RR (Riber-KWS) ve AS 3810 IPRO (Agroeste) soya çeşitleri kullanılmıştır. Farklı glifosat asit konsantrasyonlarının ve formülasyonlarından biri olan Roundupun farklı konsantrasyonları (0, 5, 25 ve 50 mg aktif bileşen (ai) L^{-1}) dirençli ve dirençli olmayan soya çeşidinin tohum çimlenmesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Glifosatın mitokondriyal elektron taşıma zincirini bozarak soya fasulyesi tohumlarında H_2O_2 birikmesine yol açtığını ve bunun da daha düşük tohum çimlenmesine neden olduğu gözlemlenmiştir. Bu

uygulama, tohum çimlenmesini azaltmıştır. Fasulye tohumlarının CAT aktivitesinde ise artış görülmüştür (Gomes vd., 2017).

Herbisit direnci, yabancı otlarda biyokimyasal, fizyolojik ve morfolojik değişikliklere neden olarak mahsullere karşı rekabet kabiliyetlerini değiştirebilmiştir. Çalışmanın amacı, rekabet altındaki çavdar otu ve soya fasulyesinin duyarlı ve dirençli biyotiplerindeki fizyolojik değişiklikleri ve hücrel hasarı değerlendirmektedir. Tamamen rastgele bir tasarım kullanılarak bir serada üç deney gerçekleştirilmiş ve bir değiştirme serisinde dört tekrarlaması yapılmıştır. Duyarlı soya fasulyesi (deney 1), dayanıklı çavdar (deney 2) ve dirençli çavdar (deney 3) oranları 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 ve 0:100 olarak gözlenmiştir. Soya fasulyesi mahsulünün ortaya çıkmasından kırk gün sonra ve çavdar bitkilerinin ortaya çıkmasından 60 gün sonra, bitkilerin yaprakları toplanmıştır. Bu yaprakların karotenoidleri, klorofil seviyeleri, lipit peroksidasyonu, CAT aktivitesi ve SOD aktivitesi incelenmiştir. Çavdar otu ile türler arası rekabete bağlı fenol üretimi ve artan oksidatif hasar, genel olarak soya fasulyesinde gözlenerek, soya fasulyesi ile bir arada bulunan, glifosata duyarlı ve dirençli çavdar otu biyotipleri, tür içi rekabet nedeniyle genellikle daha yüksek oksidatif hasara sahip olmuştur. Soya fasulyesi fidesinin kontrole kıyasla klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil seviyelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Soya fasulyesi ve çavdar otu bitkilerinin CAT ve SOD aktivitelerinde artış görülmüştür (Agostinetto vd., 2016).

Ayrıca hedef bitkilerin antioksidan tepkisini etkileyen oksidatif stresi oluşturduğu da bildirilmiştir. Maş fasulyesine (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) uygulanan glifosatın (0, 2 mM, 4 mM, 6 mM, 8 mM ve 10 mM konsantrasyonlarında) toplam protein, CAT ve GST aktiviteleri üzerindeki etkisi araştırılarak, glifosat işleminden sonra oksidatif stres enzimlerinin yüksek ekspresyonu elde edilmiştir. Bitkilerin çimlenme ve hayatta kalma yüzdeleri gözlenerek, fide kök uzunluğu ölçülmüştür. Hayatta kalma yüzdesi, 12 günlük çimlenmeden sonra ölçülmüştür. Çalışmada glifosatın yaprak kuru maddesini, çimlenme, hayatta kalma yüzdeleri, taze ağırlık ve kök uzunluğunda genel bir düşüş gözlenmiştir. CAT ve GST aktivitelerinin glifosat uygulamasından sonra arttığı görülmüştür (Basantani vd., 2011).

Hızlı büyüyen bir söğüt çeşidinde (*Salix miyabeana* SX64) glifosat (0, 0.001, 0.065 ve 1 mg.l⁻¹) ve PO₄³⁻ (0, 200 ve 400 mg.l⁻¹) kombinasyonu ile hidroponik çözelti içinde büyütülmüştür. Uygulama indüksiyonlarından iki, üç ve yedi gün sonra hem fizyolojik hem de glifosat ölçümleri yapılmıştır. PO₄³⁻ gübrelemesinin kökler tarafından glifosat alımını ve yapraklara translokasyonunu büyük ölçüde artırdığını ve bunun yapraklarda şikimate konsantrasyonunun artmasıyla sonuçlandığı gösterilmiştir. Fotosentezdeki zararlı etkilerine ek olarak, glifosat, hidrojen peroksit birikimi yoluyla oksidatif strese neden olmuştur. CAT aktivitesinin tüm uygulama süreleri için glifosat ilavesi ile arttığı görülmüştür (Gomes vd., 2016a).

Söğüt bitkileri, glifosatın farklı konsantrasyonları (0, 1.4, 2.1 ve 2.8 kg.ha⁻¹) ve AMPA (0, 0.28, 1.4 ve 2.8 kg.ha⁻¹) ile 12 saat muamele edilmiştir. Glifosatın söğüt bitkilerinde klorofil içeriği

ve fotosentez oranlarında azalmaya yol açan farklı mekanizmaları tetiklediği gözlemlenmiştir. Glifosat ile ROS artışları, ROS duyarlı eşeğin yüksek olması ile klorofil bozulmasına (feofitin birikimi esnasında görüldüğü gibi) ve fotosentezde değişmez azalmalara neden olmuştur. Hem AMPA hem de glifosat uygulamaları ile SOD, CAT ve APX aktivitelerinin azaldığı gözlemlenmiştir. SOD, H₂O₂'ye dönüştürülen ve daha sonra CAT ve peroksidazlar tarafından atılan süperoksit radikallerinin (O₂⁻) başlıca temizleyicisi olan ROS'a karşı ilk savunma olmuştur. CAT ve APX aktiviteleri, SOD'a kıyasla muamele edilmiş bitkilerde büyük ölçüde azalmıştır. Glifosat ve AMPA ile muamele edilen bitkilerde enzim aktivitelerinin azalmasına rağmen, SOD aktivitesi tarafından üretilen H₂O₂'nin, bitkilerde H₂O₂-sakavengen enzim sistemi (CAT ve APX) tarafından temizlenmediği anlamına gelmektedir (Gomes vd., 2016b).

Glifosat bazlı bir herbisit (Faktör R 540), söğüt (*Salix miyabeana* çeşidi SX64) bitkilerinin fotosentez ve ilgili fizyolojik süreçleri üzerindeki zararlı etkilerine dahil olan fizyolojik mekanizmaları incelenmiştir. Sera koşullarında yetiştirilen altmış günlük bitkilere farklı oranlarda (0, 1.4, 2.1 ve 2.8 kg ae ha⁻¹) ticari glifosat formüle edilmiş tuz Faktör R 540 püskürtülmüştür. İlk kez, bitkilerdeki şikimate yolu, fotosentetik süreç ve oksidatif olaylar üzerindeki etkilerini birbirine bağlayan glifosat bazlı bir herbisit etki modu sunulmuştur. MDA içeriği, CAT ve SOD aktivitelerinde artış görülmüştür (Gomes vd., 2017). Üç Acer türünün (*Acer pseudoplatanus* (çınar), *A. campestre* (Tarla akçaağaç) ve *A. palmatum* 'Atropurpurea' (Japon akçaağacı)) yapraklara litre başına 8 ml. glifosat uygulanarak 7. günde (kısa vade), 14 (orta vade) 21 ve 28 (uzun vade) günleri sonucunda karotenoid, klorofil içeriğinde azalış gösterirken, prolin, CAT aktivitesi ve SOD aktivitesinde artış gözlenmiştir (Percival, 2017).

Bir çalışmada, dev yakup otu (*Ambrosia trifida* L.) bitkisinde glifosatın parakuata karşı uygulanmasına takiben, MDA miktarı ilk olarak uygulamadan 8 saat sonra (HAT) RR olgun yapraklarında saptanmış ve 32 HAT, sırasıyla RR genç yaprakları ve GS yapraklarındakinden 5.3 ve 21.1 kat daha büyük olduğu gözlenmiştir. RR ve GS yapraklarındaki SOD aktivitesi, az da olsa artmıştır. 32 HAT'ta, RR biyotipindeki SOD aktivitesi azalış göstererek, oksidatif strese geçici bir yanıt olduğunu göstermiştir. CAT aktivitesindeki değişiklikler, aktivitenin diğer tüm yaprak dokuları ile karşılaştırıldığında RR genç yapraklarında arttığı 8 HAT dışında ise azaldığı gözlenmiştir (Harre vd., 2018).

Fıstık (*Arachis hypogea* L. cv. Giza 5 ve 6) yapraklarına 360 ve 720 g.ha⁻¹ konsantrasyonlarında glifosat uygulanması ile klorofil a, klorofil b, karotenoid, toplam serbest amino asitler ve protein miktarında azalış; MDA, SOD ve CAT aktivitelerinde artış tespit edilmiştir (Radwan ve Fayez, 2016). Bezelye (*Pisum sativum* L.) fidelerine 0.25 mM konsantrasyonunda glifosat uygulanan bir çalışmada; taze ağırlık, kuru ağırlık, kök-sürgün uzunluğu, klorofil a, klorofil b, karotenoid, toplam klorofil miktarı, MDA miktarı, SOD ve CAT aktivitelerinde araştırılmıştır. Glifosat uygulaması sonucunda taze ağırlık, kuru ağırlık, kök-sürgün uzunluğu, klorofil a, klorofil

b, karotenoid, toplam klorofil ve protein miktarında azalış; MDA miktarı, SOD ve CAT aktivitelerinde artış tespit edilmiştir (Singh vd., 2017). Glifosat, dünyada en çok kullanılan herbisit olarak kabul edilir ve çeşitli çevresel kontaminasyon riskleriyle ilişkilendirilmiştir. Yapılan çalışmada, SA'nın (100 µM) glifosata (30 mg/kg⁻¹) yanıt olarak 14 günlük büyüyen *Hordeum vulgare* L.'nin oksidatif durumu üzerindeki etkilerini ortaya çıkarmayı amaçlamıştır (Spormann vd., 2019). Yapılmış bir araştırmada, yüzen sucul bitki türü *Hydrocharis dubia*'nın farklı fosfat seviyeleri (0, 50, 100 mg/L) ile farklı glifosat konsantrasyonlarına (0, 1, 5, 15 mg/L) karşı 14 günlük uygulamadan sonra fizyolojik tepkilerini incelenmiştir. Sonuçlar, glifosatın, *H. dubia*'nın klorofil içeriğini, yaprak sayısını ve kök uzunluğunu önemli ölçüde azalttığını; MDA, prolin, çözünür protein içeriği, SOD aktivitesi ve CAT aktivitesinde ise artış olduğu gözlenmiştir. Fosfat takviyesinden sonra glifosatla muamele edilen bitkilerde SOD aktivitesi, CAT aktivitesi, MDA, prolin ve çözünür protein içerikleri azalmıştır (Zhong vd., 2018).

Bir diğer çalışmada ise, 21 günlük mısır (*Zea mays* L.) fidelerinin yapraklarına glifosatın farklı konsantrasyonları (0.017, 0.023, 0.030, 0.039, 0.051, 0.066, 0.085, 0.111 ve 0.145 M) spreylendikten sonra 1., 5. ve 10. günlerde yaprakların MDA, toplam klorofil miktarları, SOD, CAT ve GST aktivitelerinde artış tespit edilmiştir. GSH miktarı ve GR (glutasyon reduktaz) aktivitesinde 10. günde azalma tespit edilmiştir. Yine glifosat uygulanan mısır fidelerine yönelik bir çalışmada antioksidan aktiviteye bakılmış ve MDA miktarında artma, toplam klorofil miktarında ise azalma tespit edilmiştir (Akbulut vd., 2018). 14 günlük *Arabidopsis thaliana* fideleri kullanılarak, 20 µM glifosat içeren bir ortamda yabancı ot, çimlendirilmiş ve büyütülmüş bir model olarak, bu herbisitinin reaktif oksijen türlerinin (ROS) metabolizmasını nasıl etkileyebileceği araştırılmıştır (de Freitas-Silva, 2017).

Yapılan başka bir çalışmada, bezelye bitkilerinde (*Pisum sativum* L., cv Skinado) glifosat ile muameleden sonra endojen glutasyon seviyesindeki değişimler (toplam ve oksitlenmiş) ve GST aktivitesi incelenmiştir. Glifosat iki şekilde uygulanmıştır; birincisi, 10 mM çözelti ile yaprak püskürtme yoluyla; ikincisi, besleyici ortamda 0.01 mM çözelti kullanılarak hem yapraklarda hem de köklerde ölçümler yapılmıştır. Bezelye fidelerinin kök ve yaprak kısımlarına uygulanan glifosat hem toplam hem de okside glutasyon içeriklerinde artışı tetiklemiştir. Herbisit uygulaması organlarda GR aktivasyonuna neden olmuştur. Yapraklara glifosat uygulamasının yapraklarda GST aktivitesinde güçlü bir artışa neden olduğunu ve köke uygulamasının ise köklerdeki enzim aktivitesini uyardığı bulunmuştur. Doğrudan herbisit uygulanan yapraklarda daha yüksek GST aktivitesi gözlemlenmiştir. Bezelye yapraklarında GSH ve GSSG içeriğinde azalış gösterirken, köklerinde ise artışa neden olmuştur (Miteva, 2010). Bezelye fidelerine uygulanan glifosat herbisiti metabolik bozulmaya neden olmuş ve sonuç olarak bitki büyümesinin inhibisyonuna yol açmıştır. Buna bağlı olarak enzimatik olmayan antioksidanlar (serbest prolin, düşük moleküler tiyoller ve

toplam fenolikler), malondialdehit, hidrojen peroksit ve süperoksit dismutaz aktivitesinde azalış tespit edilmiştir (Sergiev vd. 2020).

Paraquat ile ilgili yapılan çalışmalar

Otuz günlük şeker kamışı (*Saccharum officinarum* L.) bitkilerine 0, 2, 4, 6 ve 8 mM konsantrasyonlarında paraquat püskürtülerek oksidatif strese fizyolojik tepkiler, fotokimyasal aktivite, klorofil içeriği, lipid peroksidasyonu ve SOD aktivitesi açısından incelenmiştir. 2 mM'ın üzerindeki herbisit konsantrasyonları, fotosistem II (PSII) aktivitesinde önemli hasara neden olarak azalmıştır. Çözünmeyen protein içerikleri paraquat uygulaması ile çok az etkilenmiştir. Paraquat tarafından indüklenen oksidatif stres, lipid peroksidasyonundaki artışlar ile kanıtlanmıştır. En yüksek paraquat konsantrasyonlarına 48 saat maruz kaldıktan sonra bile SOD'un spesifik aktivitesi artarak, taze ağırlık başına toplam aktivite önemli ölçüde değişmiştir (Chagas vd., 2008).

İki yabani buğday (*Aegilops biuncialis* ve *Aegilops cylindrica*) ve dört buğday çeşidinde (*Triticum aestivum* L. cv. Bezostaya-1, Hawk, *Triticum turgidum* L. cv. Kızıltan-91 ve Harran) paraquat tarafından indüklenen oksidatif stresin etkileri belirlenmiştir. Sekiz günlük yaprak fideleri yüzey uygulamasında farklı paraquat konsantrasyonlarına (0, 15, 30 ve 60 µM) maruz bırakılmıştır. Kültür buğdayı ve yabani buğdaya uygulanan yüksek paraquat konsantrasyonu klorofil (a+b) ve karotenoid azalmasına sebep olmuştur. Yabani buğday da MDA içeriği ve SOD aktivitesinde artış görülmüştür (Ekmekci ve Terzioğlu, 2005).

Sekiz günlük olan iki buğday çeşidinden (*Triticum aestivum* L. cv - Oasis ve Elite) elde edilen subapikal yaprak segmentleri 24 saat boyunca farklı paraquat konsantrasyonları (0, 0.5, 1.0 ve 1.5 µM) ile inkübe edilmiştir. Sonuç olarak, klorofil (a+b), karotenoid ve protein içeriğinde azalış gösterirken, SOD aktivitesi ve MDA içeriğinde artış tespit edilmiştir (Lascano vd., 2003). 2 haftalık arpa (*Hordeum vulgare* L.) bitkilerine 3 yapraklı dönemde 0, 0.1, 1.0 ve 5.0 mM paraquat uygulaması iki gün boyunca tüm saksı bitkilerine püskürtülmüştür. Sonuç olarak, taze ağırlık ve klorofil içeriğinde azalış, SOD aktivitesinde ise artış görülmüştür (Mascher vd., 2005).

Paraquatın beş farklı konsantrasyonunun (0.05-20 µM) uygulandığı *Nepeta panonnica* sürgünleri üzerindeki oksidatif stres etkilerine hücrel tepkilerin doğası ve büyüklüğü araştırılmıştır. CAT aktivitesinde paraquat konsantrasyonları ile birlikte arttığı ortaya konulmuştur (Cvetković vd., 2015).

Yapılan başka bir çalışmada, şeker kamışının SP83-2847 ve IAC91-5155 çeşitlerine 24 saat 150 µM paraquat herbisiti uygulanmıştır. Yapılan başka bir çalışmada, şeker kamışının SP83-2847 ve IAC91-5155 çeşitlerine 150 µM paraquat herbisiti uygulanması sonucunda, klorofil (a ve b), karotenoid ve prolinde azalış görülmüştür. Fidelerde prolin ve karbonhidratların degradasyonu

nedeniyle toksik bir etki yaratmıştır. Her iki türde de SOD ve CAT aktivitelerinde önemli bir artışa yol açtığı gözlenirken, bu enzimlerin oksidatif stres hasarlarına karşı etkileşiminin önemini doğrulamıştır (dos Santos ve de Almeida Silva, 2015). Paraquat (0.25 ve 0.50 mM) uygulanan *Amaranthus caudatus*, *Celocia argentea* ve *Chorchorus olitorius* sebzelerinde büyümenin ilk haftasında kontrol gruplarına göre klorofil içeriği, MDA içeriği, SOD aktivitesi ve CAT aktivitesi araştırılmıştır. Paraquat uygulanan bir haftalık *Amaranthus caudatus*, *Celocia argentea* ve *Chorchorus olitorius* sebzelerinde MDA miktarı, SOD aktivitesi ve CAT aktivitesinde anlamlı artış gözlenmiştir. 0.50 mM paraquat ile muamele edilen sebzelerde nekrotik lezyonlar olmadan önce yapraklarda solma belirtileri görülmüştür. Herbisit uygulaması yapılan sebzelerin klorofil içeriği, artan paraquat konsantrasyonları ile azalmıştır. Bu sonuçlar sadece bu sebzelerin paraquata farklı duyarlılık gösterdiğini ortaya çıkarmakla kalmadığı gözlenirken, aynı zamanda büyümenin erken evresinde yüksek antioksidan enzim aktivitelerinin, bu sebzelerin paraquat'ı tutma kapasitesinin toleransı için olası mekanik temellerden biri olduğunu ileri sürmüştür (Akinloye vd., 2011).

Arabidopsis thaliana bitkisinin genç ve olgun yapraklarına kontrol grubu, 1 mM paraquat herbisiti 30 dakika, 60 dakika ve 4 saat süre sonra yapraklara spreyleneştir. Büyümeden dört hafta sonra, incelenen iki yaprak türü tamamen gelişmiş olgun yapraklar ve gelişen genç yapraklardan alınmıştır. Herbisite maruz kaldıktan sonra yaprak damarlarında ve komşu mezofil hücrelerinde lokalize bir H₂O₂ artışı ile sonuçlanmıştır. Ancak bu artış iki yaprak tipinde olmadığı gözlenmiştir. SOD aktivitesi azalmış ve genç yapraklarda daha çok hidrojenperoksit birikimi olmuştur. Paraquat uygulamasından otuz dakika sonra, olgun yapraklarda fotokimyasal olmayan söndürme fotokoruyucu mekanizmasının indüksiyonuna rağmen, genç yapraklarda H₂O₂ üretimi, esas olarak askorbat peroksidazın (APX) daha yüksek aktivitesi nedeniyle daha düşük olduğu görülmüştür. Daha sonra, paraquat uygulamasından 60 dakika sonra, genç yaprakların toplam antioksidan kapasitesi, oluşan aşırı reaktif oksijen türlerini temizlemek için yeterli olmamış ve bu nedenle genç yapraklarda daha yüksek bir H₂O₂ birikimi meydana gelmiştir. Fotosistem II'de (PSII) soğurulan ışığın enerji tahsisi, iki yaprak türünde, farklı antioksidan koruma mekanizmalarının eşlik ettiği zaman sürecindeki paraquat maruziyetine farklı bir fotokoruyucu düzenleyen mekanizmanın varlığını göstermiştir. Fotooksidasyon süreçlerine yol açan fotooksidatif stres, ROS üretimi antioksidan savunmalarla dengelenmediğinde ortaya çıkmıştır. Genç ve olgun yapraklarda farklı bir ROS oluşumu veya süpürme, abiyotik strese alışma ve yaprak yaşlanmasına yönelik fizyolojik mekanizmaları ortaya çıkarmıştır (Moustaka vd., 2015).

Kısa süreli tuz stresi altında paraquatın antioksidan enzimlerin düzenlenmesinde ve lipid peroksidasyonunda yer alıp almadığını araştırmak ve paraquat tarafından hafifletilen tuz stresinin fizyolojik mekanizmasını aydınlatmak için bir salatalık çeşidi (cv. Chunguang no.2) ortaya çıkarılmıştır. Paraquat ile 1 saatlik 10 µM konsantrasyonda ön işlem olarak uygulanmıştır. Paraquat muamelesi yabancı buğdayın MDA içeriğinde önemli bir artışa neden olmuştur. Çalışmanın 73.

saatinde, paraquat ön işlem grubunun yapraklarındaki SOD aktivitesi, kontrol grubundakinden daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni, paraquat ön işleminin CAT'ı indüklemesi ve dolayısıyla SOD aktivitesini aktive etmesi olabilir. Paraquat uygulanması tercihen genç genişleyen yapraklarda SOD aktivitesini indüklemiştir. Paraquat ön muamelesinde bekletme süresi arttıkça MDA miktarı ve CAT aktivitesinde artış görülmüştür. MDA miktarı 73. saatte azalmıştır. GSH miktarı, 1 saat paraquat uygulamasında azalış gösterirken, 73. saatte artış gözlenmiştir (Lin vd., 2011).

Başka bir çalışmada ise, dört asma (*Vitis vinifera* L.) genotipinde düşük gece sıcaklığına toleransı belirleyen karakterler ile paraquat toleransı arasındaki ilişkisi ortaya koyulmuştur. Seçilen genotipler arasında düşük gece sıcaklığına tepkide yapraklardaki temel farklılıklar ve lipid peroksidasyonu ile belirlenmiştir. Hassas ve toleransı yüksek genotiplerde ışık hasarı indikatörü olan PSII aktivitesi sabit kalmıştır. Toleranslı genotiplerde sıcaklık azaltıldığında pigment içeriği değişmezken, hassas genotiplerde, Hatun parmağı ve Ata sarısı gibi bitkilerde total klorofil içeriğinde % 48 ve 49, karotenoid içeriğinde ise % 51 ve 67 önemli düşüşler tespit edilmiştir. Hassas genotiplerin çözünür protein miktarları sabit kalırken, serbest prolin miktarları oksidatif hasara karşı artış gözlenmiştir (Turfan vd., 2010). Başka bir çalışmada ise, paraquat 90 g.ha⁻¹ dozda uygulanarak 25 günlük üç soya fasulyesi (*Glycine max* L.) Merr ve bir yabani soya fasulyesinin (*G. tomentella*) oksidatif stresi analiz edilmiştir. MDA içeriği ve SOD aktivitesi paraquat uygulaması sırasında tüm kültür çeşitlerinde ve ayrıca yabani soya fasulyesinde önemli ölçüde artmıştır (Hamim vd., 2017).

Yedi günlük olan kış çavdarı bitkileri (*Secale cereal* L., cv. Estafeta tatarstana), 1 gün boyunca bekletilen paraquat herbisiti konsantrasyonlarında (0, 10, 100 ve 250 µM) CAT aktivitesi ve MDA içeriğinde artış görülmüştür (Semenova ve Lukatkin, 2015). Buğday (*Triticum aestivum* L. cv. CN12, CN17 ve MY11) bitkilerinin yaprakları, farklı paraquat konsantrasyonları (0, 5, 10, 50, 100 ve 500 µM) ile 24 saat işlemden sonra nispeten yüksek bir antioksidan enzim aktivitesi, klorofil içeriği ve fotosentetik indeks ve düşük seviyede lipid bozulması sağlamıştır. Klorofil içeriği, MDA içeriği, SOD aktivitesi ve CAT aktivitesi araştırılmıştır. Buğday (*Triticum aestivum* L. cv. CN12, CN17 ve MY11) fidelerinin yaprakları, farklı paraquat konsantrasyonları uygulandıktan sonra nispeten yüksek bir antioksidan enzim aktivitesi, klorofil içeriği ve fotosentetik indekse ve düşük seviyede lipid bozunmasına neden olmuştur. Fidelerin klorofil içeriği, SOD ve CAT aktivitelerinde azalış gözlenmiştir. Böylece, enzimlerin azalması ile bitkilerin dirençli olduğu tespit edilmiştir. CN12 ve CN17 olan buğday çeşitlerinin MDA içeriği, farklı paraquat konsantrasyonlarında da aynı eğilimi gösterdiği görülürken, 0-5 µM paraquat uygulamasından sonra anlamlı bir şekilde azalmış ve ardından 10 µM paraquat uygulanması ile artış görülmüştür (Zhang vd., 2013).

Üç paraquat konsantrasyonu (0.1, 1.0 ve 2.0 μ M) marul, fasulye ve bezelyenin hem tohum hemde yapraklarda SOD, CAT aktiviteleri ve pigment içerikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Paraquat (1.0 ve 2.0 μ M) uygulaması altında pigment içeriği, SOD aktivitesi ve CAT aktivitesinde azalış gözlenmiştir. İncelenen tüm tohumların çimlenmesi ise bu herbisit ile engellendiği tespit edilmiştir (Stajner, 2003).

MCPA ile ilgili yapılan çalışmalar

Dört haftalık yazlık buğday (*Triticum aestivum* L.) fidelerinin yapraklarına 2 ay süre ile MCPA uygulaması sonucunda kök ve sürgün uzunluğunun kuru ağırlık ve MDA miktarı araştırılmıştır. MCPA herbisiti uygulanan dört haftalık yazlık buğday (*Triticum aestivum* L.) fidelerinin kök ve sürgün uzunluğunda, kuru ağırlıkta artış gösterirken, doz aşımında ise aynı parametrelerde azalış tespit edilmiştir. Fidelerin yapraklarında ise MDA miktarı azalmıştır (Žaltauskaitė ve Kišonaitė, 2014).

Başka bir çalışmada, morfo-anatomik ve fizyolojik biyolojik belirteçler kullanılarak *Hydrilla verticillata* üzerindeki MCPA etkilerini tespit ederek ve MCPA'nın hedef dışı çevreye yönelik çevresel riskini değerlendirerek bu bilgi boşluğunu dolduracak şekilde tasarlanmıştır. *H. verticillata*, 7 gün boyunca farklı MCPA konsantrasyonlarına (0, 10, 100, 500 ve 1000 μ g / L) maruz bırakılmıştır. MCPA'a maruz kalan *H. Verticillata* bitkisi doğal koşullara ulaştığında iyileşebilmiştir. Genel olarak, *H. verticillata* bitkisine mevcut bulgular, MCPA hedefte olmayan su bitkisi üzerinde olumsuz etkilerini göstermiştir. *Hydrilla verticillata* fidelerine uygulanan MCPA herbisiti kloroz ve oksidatif strese neden olmuştur (Weerakoon vd., 2018).

Triticum aestivum L. bitkilerinin yapraklarına MCPA herbisiti püskürtme işleminden 24, 72 ve 168 saat sonra klorofil a+b içeriğinin kontrole kıyasla ölçülmesiyle; klorofil a+b içeriğinin % 17 oranından daha yüksek, 72. saatte ise % 14 oranından daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu parametrelerin 168. saatte % 16'lık bir düşüş olduğu ortaya konulmuştur. MCPA herbisiti uygulanan fidelerde büyüme oranları, toplam klorofil, karotenoid, klorofil a ve b miktarlarında konsantrasyon artışı ile birlikte azalış olduğu tespit edilmiştir (Grobela, 2018).

2. HERBİSİTLERE GENEL BAKIŞ

Pestisitler, zarar veren canlıları yok etmede veya kontrol altına almada kullanılan kimyasal maddelerdir. Herbisitler ise, yabancı otlar ile mücadele de kullanılan kimyasal maddelere denilmektedir. Farklı bir mücadele yöntemi ile mukayese edildiğinde daha geniş alanlarda uygulama kolaylığı, etkili ve güvenilirliği ön planda olması tercih sebebi olmaktadır (Powles ve Shaner, 2001). Herbisitlerin, ekolojik şartlardan fazla etkilenmemesinden ve uygulanabilirliğinin kolay olmasından dolayı tercih edilmektedir. Genelde son zamanlarda alternatif mücadele yöntemleri kullanılarak yabancı otlarda herbisit direnci kırılmaya çalışılmaktadır. Günümüzde tahılların ekim nöbetinin nadir olmasının yanında aynı herbisitlerin kullanılması ile yabancı otlarda meydana gelen herbisit direnci artmaktadır (Kaya Altop, 2012; Ayata, 2014; Gürbüz, 2016; Torun, 2017). Türkiye’de 2000’li yıllarda *Avena sterilis* ve *Sinapis arvensis* türlerinde direnç görülürken (Uludağ, 2003; Yücel, 2004), 2008 yılından itibaren *Cyperus difformis*, *Echinochloa crus-galli* ve *Phalaris brachystachys* gibi yabancı ot türlerinde de farklı aktif maddelere ve etki mekanizmalarına karşı herbisit direnci göstermektedir (Torun, 2017). Ayrıca doğru herbisit rotasyonu planlamasında kullanılan kimyasal grupları sınıflandırma sistemi HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) ve WSSA (Weed Science Society of America)’ da bulunan yabancı otlar ile ilgilenen araştırmacılar tarafından yapılmaktadır. Türkiye’de de kısmen ruhsatlandırılan herbisitlerin etiketleri üzerinde HRAC grupları gibi harflendirme sistemi uygulanmaktadır (Torun, 2017).

2.1. Herbisitlerin Etki Mekanizması ve Sınıflandırılması

Bitki koruma ürünlerinin içeriğinde organizmaların üzerinde oluşturduğu biyolojik etkinliği (öldürme, kaçırma, çekme gibi) olan kimyasal maddelere aktif madde denilmektedir. Bu maddeler, Ar-Ge çalışmalarında pestisit üretimi yapan laboratuvarlarda zorluklarla ve ucuz olmayan şekilde sentezlenerek yapılmaktadır. Bitkilerin kimyasal maddeleri bünyesine alması ile sentezlenerek biyolojik etkinliği olan organizmaların daha etkili, ekonomik, insan ve çevre sağlığına daha az zararlı olacak şekilde kontrol edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç ile farklı ve yardımcı solüsyonlar kullanılarak etkin hale getirilen kimyasal maddeler ile yapılan fiziksel karışıma formülasyon adı verilmektedir. Piyasadan temin edilen her herbisit bir formülasyon olduğu söylenebilmektedir (Birişik, 2018).

Yabancı otlar; tarım ürünlerinin verim ve kalitesini azaltan, tarım arazisi dışında ise bulunduğu ortamda yapılan faaliyetlere zarar veren ve bu arazilerde istenmeyen tüm bitkiler olarak adlandırılmaktadır. Bu bitkilerle kültür arazisinde ürün verim kaybı %31.62 oranında görülmektedir. Genel olarak, herbisitler yapılması gerekli olan iş gücünün çok maliyetli ve fazla

olması nedeni ile uygulanmaktadır. Herbisitler yabancı otların gelişmesini engellemenin yanı sıra bu otların ölmesine sebebiyet veren kimyasal maddelerdir. Herbisitler tarım bitkilerinin bazı biyokimyasal reaksiyonlarını inaktif ederek ve gelişmelerini engelleyerek nekroza sebep olabilmektedir. Herbisitlerin etki mekanizmalarına göre sınıflandırılması şu şekildedir; aminoasit sentezini engelleyiciler, fotosentezi engelleyiciler, pigment sentezini engelleyiciler, fide kök/gövde gelişim engelleyiciler, mitoz bölünme engelleyiciler ve oksin tipi bitki büyüme düzenleyicileridir. Aminoasit sentezini engelleyiciler; proteinlerin temel yapı taşı olan aminoasitlerin sentezlenmesinde görev alan enzimlerin çalışmasını engellemektedir. Enzimler ise biyokimyasal süreçlerin reaksiyon hızlarını arttırmanın yanı sıra bu süreçte katalizör olarak görev alan kimyasal yapılardır. Enzimlerin çalışmamasının hayati önemi olan bir veya bir kaç amino asidin sentezini engelleyip aminoasitlerin yeterli olmaması yabancı otların ölmesine sebep olmaktadır. Bu gruptaki herbisitler EPSP (5-enolpirüvil şikimat-3-fosfat) sentez inhibitörleri, ALS (Asetolaktat sentaz)-AHAS (Asetohidroksi sentaz) inhibitörleri ve glutamin sentez inhibitörleri olarak 3 gruba ayrılmaktadır:

- EPSP sentez inhibitörleri: Bu sentez inhibitörleri grubunda bulunan glifosat aminolevulinik asit yolundaki veya şikimik asit yolundaki reaksiyonları durdurarak bitkilerin nekroz oluşturmaya sebep olmaktadır. EPSP sentaz enziminin çalışmasını engellemektedir. Bu sebeple bitkide bazı aromatik amino asitler (triptofan, fenilalanin ve tirozin), flavonoidler, ligninler, antosianinler ve kumarinlerin sentezi durmaktadır. Glifosat süksinil CoA çevrimini durdurarak klorofil, sitokromlar ve peroksidaz oluşumunu engelleyerek bitkinin nekroz oluşturmaya neden olmaktadır.

Glifosat herbisiti bitkilerdeki biyokimyasal aktiviteyi etkileyerek, bitkinin gelişimini hemen durdurarak genel bir kloroz olayı görülmektedir. Bitkilerin varyetesine göre nekroz oluşumu 1-3 hafta arasında görülebilmekte ve bazı bitkilerde ise kırmızımsı bir renk oluşumuna neden olabilmektedir. Dar yapraklı bitkiler geniş yapraklı bitkilerden daha fazla duyarlı olmaktadır. Ayrıca glifosat herbisiti bitkide yavaş metabolize edilebilmektedir. Bu herbisit toprakta ise mikroorganizmalar tarafından parçalanabilmektedir. Herbisitler sadece yapraklardan alınıp bitki içerisinde taşınabilmektedir (Sistemik).

- ALS-AHAS inhibitörleri: Bu gruptaki herbisitler klorofildeki asetolaktat sentaz (ALS) ve asetohidroksi sentaz (AHAS) enzimlerini yok etmektedirler. Herbisit ile muamele edilen bitkilerde izolösin, valin ve lösin aminoasitlerinin sentezi durdurduğu için birçok protein sentezlenemez ve bitki de nekroz olmaktadır.

ALS-AHAS inhibitörleri bitkilerde ki gelişmeyi durdurmaktadır. Eğer çıkış sonrası uygulama yapılırsa nodyumlar arasındaki boy kısalmaktadır. Bazı bitkilerde ise boy uzamasına engel olup yaprakların gelişimini etkileyerek kısa kalmasına sebep olmaktadır. Bazı zamanlar da bitkinin gelişimini durdurup, mevsim boyunca fide olarak kalmasına sebebiyet vermektedir. ALS-AHAS

inhibitörlerinin özellikleri, bitkide yavaş metabolize edilmektedir. Herbisitler toprakta bulunan ayrıştırıcılar ve mikroorganizmalar tarafından yavaş bir şekilde parçalanmaktadır. Bitki bünyesine alınan herbisitler öncelikle kök, gövde ve yapraklardan alınıp iletim demetleri ile taşınmaktadır (Sistemik). Yabancı otlara uygulanan herbisitler çok düşük miktarlarda kullanılmaktadır. Birçok kültür bitkisinde yabancı ot kontrolü için kullanılabilen seçici herbisitler bulunmaktadır. Bunlar yabancı otların yaprak yapısına bakılarak da uygulanmaktadır. Böylece dar yapraklı ve geniş yapraklı yabancı otlar kontrol altına alınabilmektedir.

- ALS-AHAS inhibitörü herbisit grupları: Bu herbisit grubunda bulunan aktif bileşenler; sulfonilure (tifensulfuron, nikosulfuron, tribenuron, rimsulfuron, primisulfuron, triflusulfuron, bensulfuron, klorsulfuron, triasulfuron, prosulfuron, metsulfuron, imidazolinon (imazamoks), triazolopirimidin (kloransulam, flumetsulam), pirimidiniltio-benzoates (piritiobak, bispiribak-sodyum) katılabilmektedir.
- Glutamin sentez inhibitörleri: Bu herbisit grubunda bulunan glufosinat, bitkilerin glutamin sentezini engelleyerek nekroz oluşumuna sebep olmaktadır. Glufosinat, bitkide glutamin sentezini durdurması ile bazı dokularda amonyum birikir ve bu birikim hücrelerin parçalanmasına neden olmaktadır. Bu etki daha çok yaprak dokularında görülmektedir. Glufosinat'ın önemli etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler de ise ilk olarak bitkinin gelişmesi hemen durur ve bitkiye uygulama yapıldıktan beş gün sonra solgunluk ve klorozis olduğu tespit edilmektedir. Bitki çeşidine göre en fazla iki hafta içinde nekrozlar meydana gelmekte ve bitkinin hızla öldüğü gözlenmektedir. Bu bitki ölümleri ışık şiddetinin fazla olduğu zamanlarda, yüksek nispi nemde ve nemli topraklarda daha fazla olmaktadır. Glufosinat'ın özellikleri, toprakta mikroorganizmalar tarafından parçalanması hızlı olup, yapraklardan alınarak bitki içerisinde sınırlı taşınan total bir herbisittir. Sıra üzerine ekimi yapılan bitkilerde yabancı ot mücadelesinde, meyve bahçelerinde, ormanlık alanlarda ve çeşitli GDO'lu kültür bitkilerinde kullanılabilmektedir.

Fotosentez engelleyicileri; fotosistem-1 inhibitörleri ve fotosistem-2 inhibitörleri olarak 2'e ayrılmaktadır:

Fotosistem-1 inhibitörleri: Bu grupta herbisitlerin kontak etkisi olmakla birlikte hücre membranı parçalayıcı etkisi de görülmektedir. Herbisit uygulanan bitkilerin hücre duvarı parçalanarak hücre içeriğine girmesi ile hücreler arasında bulunan boşluğa geçmektedir. Bu grupta bulunan herbisitler fotosistem-1'in ışık reaksiyonu olduğu zaman elektron transfer sürecindeki elektronları tutmaktadır. Hücre membranının parçalanması ikincil tepki olarak meydana gelmektedir. Bu bipiridilyumlar grubunda bulunan herbisitler katyonik, suda çözünürlükleri yüksek ve toprak kolloitleri ile güçlü bir şekilde tutuldukları için topraktan alınamamaktadır. Elektron taşınması sırasında oksidatif strese dolaylı bozulan biyokimyasal reaksiyonlar da meydana gelen ve sabit olmayan karakterdeki hidroksil radikalleri hücre membranındaki yağ asitleri ile tepkimeye

girmektedir. Böylece hücre duvarının parçalanmasına sebep olmaktadır. Paraquat ve Diquat herbisitleri, bitkide iyi bir taşınma göstermezken, bitki yüzeyine temas ettiğinde bitki dokularında hasar meydana gelmektedir. Bitki yapraklarına bu herbisitler uygulandıktan birkaç dakika sonra yaprak yüzeylerinde ıslak bir görünüm almaktadır. Yapraklara uygulanan herbisitler saatler sonra yaprak yüzeyinde kloroz, solgunluk ve kuruma görülebilmektedir. Ortamda ki ışık şiddetinin az olması bitkiye uygulanan herbisit bitkide taşınmasını artırıp bitki yapraklarında üç gün içinde nekroz görülmektedir. Paraquat ve diquat herbisitlerinin özellikleri, olgun bitkilerde metabolizmaya girmeden ve toprakta parçalanmadan uzun bir süre kalarak bitki tarafından alınmamaktadırlar. Bitki yapraklarından alınıp bitki içerisinde taşınmayan ve topraktan alınmayan total herbisitlere kontak herbisitler denmektedir. Genel olarak, paraquat herbisiti yabancı ot mücadelesi yapılan alanların yanı sıra tarım dışı alanlarda da kullanılmaktadır. Diquat herbisidinde ise tarım alanlarına ilaveten sucul yabancı otlar ile mücadelede kullanılmaktadır. Ayrıca Türkiye’de Paraquat 2013 yılında yasaklanmıştır.

Fotosistem-2 inhibitörleri: Herbisitler, normal elektron transfer sürecinde QB proteinine bağlanarak plastoquinon havuzuna elektron transferini engellemektedir. Bu gruptaki herbisitler bitkilerin çıkış öncesi veya çıkış sonrası olarak uygulanmaktadır. Herbisitler yaprakların epidermislerine ve kloroplastlara taşınıp QB proteinine bağlanarak fotosistem-2 içerisinde ki plastoquinon havuzunun elektron taşınmasını engellemektedir. Topraktan alınan herbisitler kökten alınarak ksilem aracılığıyla yukarıya doğru taşınarak etki etmektedirler. Etkisini hemen göstermektedir. Fotosistem-2 inhibitörlerinin etkileri, kökten alınan herbisit önce alt yapraklarda kendini göstermeye sonra üst yapraklarda etkisini göstermektedir. Yapraklar ıslak bir görünüm alıp damarlar arası dokularda kloroz görülmektedir. Yapraklardaki nekrozlar yaprak uçlarından ve kenarlardan başlamaktadır. Bitkilerin ölümü gerçekleşmeye başladığı için kısmen yabancı ot çıkışı bile görülememektedir. Herbisit, yaprağa uygulandığında temas eden noktalarda fitotoksisite belirtileri başlamaktadır. Herbisit yapraktan verildiğinde bitkide çok fazla taşınma görülmemektedir. Yapraklarda kloroz görüldükten sonra nekroz oluşumu başlamaktadır. Yapraklarda ki kloroz ve nekrozlar yaprak ucu ve kenarlarından başlayıp ana damara doğru ilerleyerek bitki ölümü birkaç gün içerisinde gerçekleşmektedir.

Fotosistem-2 inhibitörleri genel olarak aşağıdaki alt gruplar altında incelenmektedir:

-Simetrik triazineler: Herbisitler bitkide kök, gövde ve yapraklardan alınarak taşınabilmektedir (sistemik). Bu gruptakilerin bazıları toprakta hemen süzülerek yeraltı su kaynaklarına karışabilmektedir. Bu gruptaki herbisitler mısır, pamuk ve sorghum gibi bitkilerde yabancı ot mücadelesinde kullanılmaktadır. Bu herbisitlere örnek olarak; atrazin, simazin, ametrin, propazin, prometon, prometrin ve sianazin bulunmaktadır.

-Triazinonlar (Asimetrik triazinler): Bitkiler, bu yapıda olan herbisitleri kökten aldıktan sonra hızla emerek ksilemde taşımaktadırlar. Herbisitler, yapraktan alındığında ise bitkinin diğer kısımlarına

geçemediği için taşınamamaktadır. Bu herbisitler toprağın seçici geçirgen özelliğinden dolayı zamanla yer altına süzülerek yer altı su kaynaklarına kadar karışabilmektedir. Bezelye, patates, havuç, buğday, mısır ve soya gibi bitkilerde bu gruptaki herbisitler kullanılmaktadır.

-Üre benzeri yapıdakiler: Kökten alınan herbisitler ksilem aracılığı ile bitki bünyesine alınarak taşınmaktadırlar. Bitki yapraklarından alınan herbisitlerin bitki içerisinde taşınımı ilerlememektedir. Bezelye, patates, havuç, buğday, mısır ve pamuk bitkilerinde bu grupta bulunan herbisitler kullanılmaktadır. Diuron, tebuthiuron, monolinuron, metobromuron, siduron, linuron ve fluometuron bu gruptaki herbisitlerdir.

- Urasiller: Bitkinin kökleri tarafından alınan bu herbisit grubunun emilimi ksilem iletim demetleri ile hızlı olarak taşınmaktadır. Yapraktan alınan herbisitler bitki içerisinde taşınmazlar. Bu gruptakiler nane, pekan ve meyve ağaçlarında yabancı ot mücadelesi için kullanılmaktadır. Bu herbisitler topraktan sonra yeraltı su kaynaklarına karışabilmektedir. Bazı bölgelere (kültür bitkisi yetiştirilemeyen alanlara) uygulanabilmektedir. Terbasil ve bromasil bu grupta bulunur.

-Piridazinolar: Bitkinin kök kısmından alınan bu grupta ki herbisitler hemen emilerek ksilem ile taşınmaktadırlar. Yapraktan orta düzeyde absorbe edilip bitkinin diğer kısımlarına belli miktarda taşınabilmektedir. Toprakta organik maddeye çok sıkı bağlanmaktadır. Şeker pancarında kullanılan pirazon herbisiti bu grupta yer almaktadır.

-Fenil karbamatlar: Yapraktan hemen alınıp floem aracılığıyla bitkiye kısmen iletilebilmektedir. Şeker pancarında kullanılıp toprakta organik maddeye çok sıkı bağlanmaktadırlar. Desmedifam ve fenmedifam bu kategori de bulunmaktadır.

-Nitriller: Bu herbisitlerin yapraktan emilimi hızlı olup, bitkilerde iletimi ise hemen hemen yoktur. Dar yapraklı kültür bitkiler içerisinde bulunan geniş yapraklı yabancı otların kontrolü için kullanılmaktadır. Bromoksinil ve ioksiniil bu kategoride bulunmaktadır.

-Benzotiadiazoller: Bu herbisit grubunun yapraklardan ve köklerden alınımı gerçekleşmektedir. Kontak etkili bir herbisit olup bezelye, soya fasulyesi ve mısır gibi kültür bitkilerinde yabancı otları kontrol etmek için kullanılmaktadır. Bentazon bu kategoride yer almaktadır.

-Fenil piridazinler: Bu herbisit grubunun yapraklardan alınımı hızlı olup, kontak etkili bir özelliğe sahiptir. Kabak, mısır ve buğday gibi bitkilerde yabancı otları kontrol etmek için kullanılmaktadırlar. Piridate bu kategoride yer almaktadır.

-Asit amitler: Herbisitler yapraklardan hızla alınıp bitkide taşınması sınırlı olmaktadır. Bu grupta bulunan kontak etkili herbisitler arpa, çeltik ve buğday gibi bitkilerde geniş yapraklı yabancı otlar ile mücadele de kullanılmaktadır. Bu grupta ki herbisite propanil'i örnek verebiliriz.

Pigment sentezini engelleyen herbisitler; klorofil molekülü, mavi ve kırmızı spektrumlardaki ışığı absorbe etmektedir. Spektrumdaki ışık yeşil renkli ışığı yansıttığı için yaprağın yeşil renkte gözükmelerini sağlamaktadır. Karotenoidler klorofillerle beraber bulunan sarı-turuncu renkli pigmentler olup singlet (tekil) oksijenin oksidatif enerjisini söndürerek

klorofili korumaktadır. Antioksidan olarak görev yapıp pigment sentezini engelleyici herbisitler karotenoidlerin kaybına, klorofilin ışıktaki parçalanmasına ve bitki dokularının beyazlamasına neden olmaktadır. Bu bitki dokularında meydana gelen beyazlama büyük yabancı otlar veya bitkilerde geçici olarak görülmektedir. Bitkinin damarları beyazlaşıp araları ise yeşil renk olarak kalmaktadır. Bu durum daha hassas bitkilerde renk değişimi gözlenerek pembe renge dönüşebilmektedir. Yanı sıra duyarlı bitkilerde nekrozlar görülerek bitki boyu kısalabilmektedir. Pigment sentezini engelleyen herbisitlerin diğer özelliği ise toprakta bulunan mikroorganizmalar tarafından parçalanabilmesidir. Yapraklardan veya kökten alınarak bitki içerisinde taşınmaktadır (Sistemik). Oksifluorfen herbisidi total ve selektif herbisit olarak kullanılabilir. Oksifluorfen, glifosat ile karıştırılarak genel yabancı ot mücadelesi yapılan alanlarda, tarım dışı alanlarda, meyve ve bağ alanlarında kullanılabilir. Oksifluorfen tek kullanıldığında ise ayçiçeği, soğan ve karnabaharda yabancı ot mücadelesinde kullanılabilir.

Fidenin kök veya gövde gelişimini engelleyiciler; bu herbisit kategorisine aynı zamanda asit amidler adı da verilmektedir. Herbisitler, bitki hücrelerinin bölünmesini ve gelişmesini büyük ölçüde etkilemektedir. Bu herbisit grubunun etkileri arasında çimlenen tohumların gelişemediklerini hatta ölüme kadar gittikleri gözlenmektedir. Bunun yanı sıra bitki yapraklarının kenarlarında içe doğru bükülme görülebilmektedir. Bu durumda bitkinin yaprakları köseleye benzerken soyada ise kalp şeklin de görülebilmektedir. Kök veya fide gelişim engelleyicilerin özellikleri, toprakta mikroorganizmalar tarafından parçalandıktan sonra kök ve yapraklardan alınarak, bitki içerisine taşınabilmektedir (sistemik). Metolachlor herbisidi pamuk, patates, mısır ve yer fıstığında yabancı ot mücadelesinde kullanılabilir.

Mitoz bölünme engelleyici herbisitler; mitoz bölünmenin metafaz aşamasında iğ ipliklerinin oluşumunu veya fonksiyonunu etkilemektedir. Bunun sonucunda profaz aşamasında oluşan eş kromozomların iğ ipliklerinin üzerine dizilip hücrenin kutuplarına çekilmesi mümkün olmaz. Mitoz bölünme engelleyicilerin etkileri, köklerinde şişkinlikler görülmesi ve yan köklerle sekonder kök gelişimini durdurmaktır. Tohum çimlense de fide topraktan çıkarken ölürek kütükçü kök oluşumu görülebilmektedir. Geniş yapraklı bitkilerde hipokotilin kalınlaşarak bazı dar yapraklılarda mor renk oluşumu görülebilmektedir. Mitoz bölünme engelleyicilerin özellikleri, toprakta mikroorganizmalar tarafından parçalanabilmektedir. Bu herbisitlerin suda çözünürlükleri az olup, buharlaşma ve ışıktaki parçalanmaya ise oldukça hassastırlar. Gövde veya kökten alınarak bitki içerisinde belli miktarda taşınabilmektedir. Bu herbisitler ayçiçeği, pamuk, patates, mısır ve yer fıstığı vb. bitkilerde yabancı ot mücadelesinde kullanılabilir.

Oksin tipi bitki büyüme düzenleyicileri (hormonlar); bu gruptaki herbisitler, hormon yapısında olup bitkide hücre bölünmesi ve farklılaşması da dâhil olmak üzere pek çok süreci etkileyebilmektedirler. Bu grupta üzerinde en çok çalışma yapılan hormon İndol asetik asit (IAA) olup bitkilerin büyüme noktalarında ise düşük yoğunlukta bulunmaktadır. Sentetik oksinler, IAA

gibi etki ederler ve yüksek dozda kullanıldıklarında bitki gelişimi görülmektedir. İlk ticari herbisit olan 2,4-D genellikle geniş yapraklı yabancı otlar ile mücadelede kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra bu herbisitler dar yapraklı yabancı otlar ile mücadelede ise çimlenme, erken fide dönemi, sapa kalkma, başak oluşturma ve çiçeklenme dönemlerinde hassas iken, kardeşlenme dönemi başlangıcında ve sarı olum (nişasta birikimi) dönemlerinde daha toleranslı olmaktadır.

Sentetik oksin etkileri, RNA polimeraz aktivitesinin artması ile RNA ve protein sentezi artmaktadır. Hücre duvarı serbestleşir ve hücre kontrolsüz bir şekilde büyüyerek gelişme görülmektedir. Bu sentetik oksin, etilen üretimini artırır ve vasküler dokuları tıkamaktadır. Dar yapraklılarda yanlış zamanda uygulandığında, anormal başak oluşumu veya yan köklerde anormal büyümeler, epinasti görülebilmektedir. Odunsu bitkilerin gövdesinde çatlaklar, kalınlaşma ve uzama görülürken büyüme noktalarında kloroz, solgunluk ve nekroz oluşumu görülmektedir. Yapraklarda kıvrılma ve ipliksi şekil oluşumu görülmektedir. İlk belirtiler herbisit uygulamasından birkaç saat sonra görülmeye başlanırken, ölüm 3-4 hafta içerisinde gerçekleşmektedir. Tohum çimlense bile topraktan çıkarken ölmektedir. Kütükçü kök oluşumu görülebilmektedir. Geniş yapraklı bitkilerde hipokotil kalınlaşabilirken, bazı dar yapraklılarda mor renk oluşumu görülebilmektedir. Sentetik oksin özellikleri, gövde veya kökten alınır ve bitki içerisinde taşınarak (sistemik), toprakta mikroorganizmalar tarafından parçalanabilmektedir. Bu sentetik oksin, genellikle tahıl ürünlerinin meristem dokularında birikmektedir. 2,4-D ester herbisiti tarım alanlarında kullanılırken, dicamba herbisiti dar yapraklı bitkilerin arasında bulunan geniş yapraklıları yabancı otları kontrol altına almak için kullanılabilmektedir (Bırışık, 2018).

2.2. Herbisit Toksisitesi

Herbisitler, tarım bitkileri ve kültür bitkileri üzerinde en düşük dozlarda bile toksisiteye yol açmaktadır (Derr, 2016). Herbisitler, bitkiler üzerinde oluşturduğu toksik etkiyi bitki yetiştiriciler tarafından hastalık belirtilerine benzeyen belirtilerinden dolayı yanıltıcı olabilmektedir. Herbisit toksisitesi bitkilerin kök, gövde, yaprak, çiçek ve meyve kısımlarında oluşabilmektedir. Bitkiler üzerinde damarlar arası kloroz, benekli kloroz, sarı lekelenme, yaprakların morarması, nekroz ve gövde ölümleri gibi belirtiler oluşturabilmektedir. Bitkilere uygulanan herbisitlerin ortaya çıkardığı toksik etkiden dolayı birçok bitkinin direnci düşmekte ve bitki zayıf kalmaktadır. Bu nedenle hastalık etmenlerine, zararlılara ve olumsuz çevre şartlarına karşı kültür bitkisi savunmasız kalarak verim kayıpları daha da artmaktadır (Mengüç, 2018).

Genellikle tarımda ilk sırada kullanılan aktif maddenin glifosat olduğu bilinmektedir. Bu aktif maddenin 2001 yılından itibaren yabancı otlarla kimyasal mücadelede kullanıldığı bildirilmiştir. 2016 yılında ise Türkiye’de en çok ruhsatlandırılan aktif madde ve türevlerinin %7.2’lik oran ile EPSP sentaz engelleyicilerinden glifosat isopropilamin tuzu olduğu

bildirilmektedir (Torun, 2017). Glifosat; N-fosfonometil glisin yapısında, geniş spektrumlu, selektif olmayan, sistemik bir herbisit olup, ilk kez 1950 yılında sentezlenmiş ancak herbisidal aktivitesi 1970 yılında keşfedilmiştir (Yılmaz Sarıaltın ve Çoban, 2016). Glifosat (N- fosfonometil glisin), 5-enolpiruvilşikimat-3-fosfat sentazı (EPSPS) inhibe eden şikimik asit yoluna etki eden, böylece triptofan, fenilalanin, tirozin ve diğer ikincil ürünlerin sentezini engelleyen geniş spektrumlu bir herbisit olmaktadır (Basantani vd., 2011). Bu herbisit çimlen, sarmaşıklar, çok yıllık bitkiler ve ağaçlar da dâhil olmak üzere her tür bitki ile mücadelede kullanılmaktadır. Bundan dolayı hasat öncesi uygulamaları sınırlı olmaktadır (Yılmaz Sarıaltın ve Çoban, 2016).

Paraquat herbisiti tahıl, meyve ve sebze başta olmak üzere yetiştirilen 100’den fazla bitkide yabancı ot kontrolü için kullanılmaktadır. Paraquat, beyaz kristal katı bir madde olup diklorür tuzu olarak formüle edilmektedir (Çetin ve Denizli, 2017).

MCPA (4-kloro-2-metilfenoksiasetik asit) herbisiti zayıf bir asit olup geniş bir yabancı ot spektrumunun kontrolü için kullanılmaktadır. Tarım toprağındaki pH seviyelerine göre MCPA anyonik formda olup toprakta zayıf bir şekilde emilim görülmektedir. Bu nedenle, MCPA son derece mobil olup yüzey suyu ve yeraltı suyuna akış ve sızıntı riskleri bulunmaktadır (Cabrera vd., 2011). MCPA herbisitinin önemli aktif maddelerinin 2009 ila 2012 yılları arasında dünyada en fazla kullanılan herbisit olduğu bildirilmektedir (Torun, 2017).

2.3. Herbisitlerin Yabancı Otlar ile Mücadelede Kullanımı

Dünyada 2017 yılında yabancı otlarla kimyasal mücadelede 16 farklı etki mekanizmasına sahip herbisiti kullanılırken Türkiye’de 2016 yılında 12 etki mekanizmasının olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra HRAC gruplandırmasına göre Türkiye’de 52 kimyasal sınıf içerisinde 102 aktif madde yabancı otlara karşı kimyasal mücadelede kullanılırken, dünyada 16 etki mekanizmasıyla daha fazla kimyasal sınıfın olduğu bilinmektedir. Toplamda 281 aktif maddenin olduğu belirtilmektedir.

Tarım alanlarında yer alan yabancı ot florasında uzun süreli herbisit kullanımı, birçok değişimlere neden olmaktadır. Bu yüzden zararlı olmayan yabancı otların direncinde artış ve türler arası baskınlık ile mücadele edilemez hale gelmektedir. Tarım alanlarındaki yabancı ot popülasyonlarına karşı herbisitlerin kullanımını uzatmak için yabancı otlarla mücadelede ekonomik zararı önleyerek, yabancı otların gelişim aşamasında ve doğru ekipmanlarla uygulama yapılmalıdır. Bu nedenle kullanılan herbisitlerin içeriklerinin, etki mekanizmalarının ve özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir (Torun, 2017).

2.3.1. Buğdayda Verimi Düşüren Yabancı Otlar ve Mücadelesi

Buğday, ülkemizde en çok üretimi yapılan serin iklim tahılı olup tüm bölgelerimizde de yoğun olarak tarımı yapılmaktadır. Bütün diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi tahıllarda yabancı otlardan dolayı verim kaybının düşük olduğu bilinmektedir (Tepe, 1997). Ülkemizde hububat alanlarında yabancı otlardan kaynaklanan verimin % 25 kadar azaldığı bildirilmektedir (Güncan, 2010). Tahıl ve ekim alanlarında sorun olan yabancı otlar dar ve geniş yapraklı olmak üzere 2 kısma ayrılmaktadır. Dar yapraklı olanlarından başlıcaları; yabancı yulaf (*Avena fatua* L. veya *Avena sterilis* L.), delice (*Lolium multiflorum* Lam), yabancı arpa (*Hordeum spontaneum* C.), kuş yemi (*Phalaris spp.*), dikenbaş çimi (*Echinaria capitata* L. Desf.), tilki kuyruğundan (*Alopecurus myosuroides* Huds.) oluşmaktadır (Tepe, 1997; Bükün, 2004). Geniş yapraklı yabancı otların önemli olanları; arap baklası (*Vacaria pyramidata* Medic.), düğün çiçeği (*Ranunculus arvensis* L.), dön babalar (*Erodium spp.*), gelincik (*Papaver rhoeas* L.), kan damlası (*Adonis aestivalis* L.), kokarot (*Bifora radians* Bieb.), papatya (*Matricaria chamomilla* L.), pelemir (*Cephalaria syriaca* L. Schrad.), sarı ot (*Boreava orientalis* Jaub and Spach.), tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), taşkesen otu (*Buglossoides arvensis* L. Johnst), yapışkan otu (*Galium aparine* L.), yabancı hardal (*Sinapis arvensis* L.), yabancı çivitotu (*Isatis tinctoria* L.) olarak bilinmektedir (Bükün, 2004; Güncan 2010). Bu yabancı otlar çoğunlukla buğdayın yetiştirildiği iklim şartlarına ve bölgeye bağlı olarak farklılık göstermektedir. Ayrıca buğday ekim sisteminde uygun sıklıkta ekim, gübreleme, hastalık ve zararlılara dayanıklılık ile uygun ekim zamanına sahip olan bitkilerin rekabet gücü artacağından, verim kayıpları daha az görülmektedir (Güncan, 2010). Buğdayda ki yabancı otlarla mücadelede izlenecek yollar:

- Kültürel önlemlerde, öncelikle temiz tohumluk kullanılmalıdır. Tohumluğa ekim yapılmadan önce mutlaka selektörden geçirilmesi veya sertifikalı tohum olması yabancı ot dağılmasının azalmasında daha faydalı olacaktır. Diğer bir zirai mücadele ise sürekli olarak aynı yere ekimi yapılan aynı kültür bitkilerinin yetiştirilmesi ile ileride sorun yaşanabilmektedir. Bu sebeple uygulanacak olan toprak işleme ve kimyasallar aynı olacağından sorun olan yabancı otların mücadelesi güçleşmektedir. Bu tür sistemlerde yabancı otların yetiştirmeleri için uygun ekolojik şartların oluşması yanında etken maddesi aynı olan kimyasalların uygulanması ile dirençlilik sorununa neden olmaktadır. Böylece dirençli hale gelen yabancı otlara karşı ya farklı bir etken maddesi olan herbisit uygulanması gerekir veya farklı türde bir bitki yetiştirilmesi suretiyle herbisit değiştirilmesi gerekmektedir (Topuz, 2007; Uludağ vd., 2003; Bükün, 2012).
- Mekanik mücadele şeklinde, toprak işleme ve tohum yatağı hazırlığı yer almaktadır. Toprak işleme yabancı otların çimlenmesi üzerine belirleyici rol oynamaktadır. Toprağın altında birçok türe ait tohumlar yer almaktadır. Bu tohumlar arasında çok fazla yabancı ot

tohumları bulunmaktadır. Kültür bitkilerinden farklı olarak yabancı ot tohumları, dormansi denilen ve genellikle durgunluk devresi ya da bekleme dönemi olarak adlandırılabilcek bir özellik sayesinde uzun yıllar canlılığını muhafaza etme kabiliyetindedir. Toprak işleme yöntemi ile dormansi halinde olan farklı türde ki yabancı otların sorun olup olmadığından emin olmak için önemli bir görevi bulunmaktadır. Yabancı otların gelişimini en az düzeyde tutmak amacıyla, azaltılmış toprak işleme, koruyucu toprak işleme, toprak işlemesiz ekim vb. ekim sistemleri uygulanabilmektedir (Aykanat, 2009).

- Kimyasal mücadelede ise; ilk olarak herbisitlerin geniş yapraklı yabancı otlara uygulanması sonucu dar yapraklı yabancı otların dominantlık göstermesine sebep olmuştur (Güncan, 2010). Ancak günümüzdeki kimya endüstrisindeki ilerlemeler sayesinde buğday içerisindeki dar yapraklı yabancı otlarla mücadelede kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu nedenle buğdayda yabancı ot mücadelesi için en uygun zaman genellikle kardeşenme başlangıcından, sapa kalkma dönemine kadar olan sürede yabancı otların 2-4 yapraklı olduğu periyotta yapılmaktadır. Dar yapraklı yabancı otlara karşı genellikle ACCase olarak adlandırılan ve yağ biyosentezinde rol oynayan asetil-koenzim A karboksilaz'ı etkileyerek yağ biyosentezini engelleyen herbisitler kullanılmaktadır. Yağ biyosentezi salgılanmadığı durumda oksin aktivitesinde değişiklik, zayıf hücre duvarı oluşumu ve hücre bozulması sonucunda da birkaç gün ve hafta sonrasında bitkilerin ölümüne yol açmaktadır (Monaco vd., 2002; Bükün, 2012).

2.3.2. Mısırd  Verimi Düşüren Yabancı Otlar ve Mücadelesi

Mısır, insan beslenmesinde tahıllar içerisinde üçüncü sırada yer almaktadır. Bir gıda bitkisi olan mısır, hammadde ve yan ürünün elde edildiği kültür bitkisi olarak da kullanılmaktadır ( zcan, 2009). Aynı zamanda önemli bir C₄ bitkisi olan mısır, güneş enerjisini depolamakta ve danelerinde bulunan etanol çeşitli işlemlerden sonra biyo-yakıt elde edilmektedir. Mısır, rekabet gücü fazla olmakla birlikte, gelişmeye başladığı ilk dönemlerde yabancı otlarla mücadelede oldukça zayıf kalmaktadır (Tepe, 1997). Bu dönemde mısır verim kayıplarının yaklaşık olarak %42 civarında olduğu belirtilmektedir (Isik vd., 2006). Mısırın gelişim dönemi olan 1 aylık kritik periyotta ortaya çıkan yabancı otlar büyük sorunlara yol açmaktadır. İleriki periyotlarda ise mısır, g c l  rekabetten dolayı yabancı otlarla mücadeleye girerek onları kontrol altına alabilmektedir. Tarımda yabancı otlar ile yapılan mücadele zamanında ve uygun yöntemle yapılmazsa tahıl dane veriminde ve biyomasında zarara yol açmaktadır. Aynı zamanda mısırd  ki bu dane verimi etanol üretiminde de önem arz etmektedir. Bu yüzden oluşacak kayıplar üretim verimini de etkilemektedir.

Mısır tarımı yapılan alanların ekiminden önce yabancı otlarla mücadele açısından toprağın hazır olması için toprak sürümü ve yabancı ot durumu önemli olmaktadır. Mısır bitkisinin köklerine zarar vermeden çapalanması ile tek yıllık yabancı otlardan toprağın temizlenmesini sağlayacaktır. Ayrıca çok yıllık yabancı otların kök ve sürgün kısımlarının parçalanması populasyonların önemli oranda düşmesine sebep olmaktadır. Mısır tarımında yabancı ot türlerine göre uygulanacak olan herbisit türü belirlenmektedir. Mısır ekilen alanlarda çoğunlukla tek yıllık yabancı otlar ile mücadele edilmektedir. Herbisitler tarlaya mısır ekimi yapılmadan önce ve bu bitkinin çıkışından önce ve çıktıktan sonra uygulaması gerçekleştirilmektedir. Fakat ülkemizde araziye ekim öncesi herbisit uygulaması yapılamamaktadır (Monaco vd., 2002; Bükün, 2012). Yabancı otlar genel olarak kültür bitkilerinden daha hızlı ve daha önce çimlenebilmektedir. Yabancı otların bu özelliğinden dolayı herbisit uygulaması üreticilere büyük kolaylık sağlamaktadır (Güncan, 2010). Çıkış sonrası herbisit uygulaması mısır gelişme devresi ve yabancı ot türüne göre değişmektedir. Çıkış sonrası kullanılan herbisitler genellikle mısır fidelerinin 20-30 cm uzunlukta olduğu dönem ile 75 cm oldukları dönemler arasında olmaktadır. Bu dönemden sonra mısır bitkisinin ilaç uygulaması sırasında kırılma riski olduğu kadar sıra arasını kapatacağından yabancı otların gelişimini engellemektedir. Bu herbisit uygulama şekli mısırdaki dar ve geniş yapraklı birçok yabancı ot türünün kontrolünde başarılı bir şekilde kullanılabilir (Bükün, 2012).

2.4. Herbisitlere Karşı Direnç Gelişimi ve Önlenmesi

Yabancı otlar ortama uyum sağlamak için verdiği mücadele sırasında aynı zamanda genetik varyasyon da göstermektedir. Herbisitler tek veya birkaç geni etkileyerek gen mutasyonuna neden olabilmektedir. Bazı yabancı otlar herbisit uygulaması sonrası, doğal şartlar altında mücadeleye geçmektedirler. Böylece yabancı ot populasyonunun genetik olarak hayatta kalma yeteneğine dayanıklılık denilmektedir. İlk selektif herbisitler 1957 yılında ABD’ de ortaya çıkmıştır. Herbisitlere dayanıklı ilk bitkinin *Senecio vulgaris* olduğu görülmektedir. Daha sonra herbisitlere dirençli yabancı otlar yayılmaya başlayarak, 461 biyotipte ve 247 yabancı ot türünde dirençlilik tespit edilmiştir. Yabancı otlar fiziksel olarak birbirine benzemesine rağmen az da olsa genetik düzeyde farklılık arz edebilmektedir. Bu yüzden tarlalarda bulunan herbisite dirençli olan ve dirençli olmayan yabancı ot populasyonlarında morfolojik farklılık görülememektedir. Dirençli olan yabancı otlar çoğalmaya devam etmektedir. Fakat tek yıllık yabancı otlar, çok yıllıklara göre daha dirençli tohumlar üretmektedir. Çünkü çok yıllık yabancı otlar da genetik varyasyon daha az görülmektedir. Herbisitlere karşı dirençli olan yabancı otlar da dayanıklılık dört farklı şekilde açıklanabilmektedir. Birincisi; herbisitler yabancı otlarda tek geni veya gen topluluğunu hedef alarak yabancı otların önemli mekanizmaları ve organellerinin reaksiyonlarını durdurabilmektedir. Böylece herbisit o noktada aktif olduğu zaman o bölgenin hayati fonksiyonlarını etkilemiş

olmaktadır. İkincisi; yabancı otlara uygulanan herbisitlerin dozu fazla verildiğinde bitki toksik etkiyi zararsız hale getirememektedir. Bu yüzden herbisitleri metabolize edemeyen yabancı otlar ölmektedir. Fakat dozunda verilen herbisitler yabancı otlar tarafından zararsız hale getirilmektedir. Üçüncüsü; farklı türlerdeki herbisitler, hücre vakuolünde yarı bileşik haldeki şekere bağlanarak ya da aktif bölgeden ayrılarak inaktif hale gelebilmektedir. Son olarakta; yabancı otlar tarafından alınan herbisitler, belirli bir protein türünün üretimini hedef aldığı anda; yabancı ot, bu proteini normalden çok yüksek miktarda sentezleyerek herbisit oluşturacağı etkiyi ortadan kaldıracak şekilde çalışmaktadır. Uygulanan herbisit dozu on veya yirmi kat daha arttırılsa dahi, bitkilerde hasara yol açmamaktadır. Protein miktarının artması ile dirençli olan yabancı otlar kontrol altına alınabilmektedir. Yabancı otlardaki dayanıklılığın mekanizmasının bilinmesi gerekli direnç yönetim sistemini belirleyebilmektedir. Bu yönetim sisteminin belirlenmesi ile yabancı otları daha iyi tanımamız mümkün olabilmektedir. Bunun için; yabancı otların hayat döngülerinin iyi tanınması, aynı etki mekanizması olan herbisitlerin aynı şekilde sürekli kullanılmaması, uygun dozda karışımın kullanılması ile dayanıklılık oluşumunu engellenmesi ve etiket bilgilerine uyulması gerekmektedir. Herbisit konsantrasyonu arttıkça dirençlilik olasılığı artmaktadır. Dirençli yabancı otların, tohum bitkilerin yoğun olduğu yerlerde, bitkilerin tohum bağlamasına izin verilmemelidir. Bu tip arazilerin nadase bırakılması gerekebilmektedir (Bırışik, 2018).

2.5. Bitkide Oluşan Serbest Radikallerin Gıda Bileşenleri ile Etkileşimleri

Bitkiler, ideal yaşam şartlarının uç noktalarında çevre koşullarına maruz kaldıklarında strese girerler. Stresi tolere edebildikçe hayatta kalmayı başarırlar. Bitkiler aleminde herhangi bir stres çeşidinin neden olduğu değişimi ölçmek zor olduğundan biyolojik bakımdan stresi tanımlamak zor olmaktadır. Bir bitki için stres oluşturan şartlar başka bir bitki için normal şartları sağlayabilmektedir. Bu açıdan biyolojik stres; bitkiler gibi biyolojik sistemlerde normal fonksiyonları ve oluşumları olumsuz engelleyen şartlar olarak tanımlanabilmektedir (Jaleel vd., 2009). Hücreler plazma membranı ile çevrelerinden ayrılmaktadır. Hücresel yanıtlar ilk olarak hücre dışındaki molekülleri ile hücre membranı proteinleri arasındaki aktiviteler neticesinde ortaya çıkmaktadır. Stres faktörü öncelikle plazma membranı üzerindeki reseptörler tarafından algılanmaktadır. Devamında oluşan sinyal G protein aracılığıyla uyartılar, kalsiyum, inositol fosfat ve reaktif oksijen türleri gibi ikincil mesajcıların üretimini sağlamaktadır. Sensör proteinler diğer sensörlerle birlikte ilgili genleri aktive ederek bitkinin strese karşı cevap oluşturmalarını ve hayatta kalmasını sağlamaktadır. Stres sonucunda absisik asit ve etilen gibi hormonların üretiminde ve çeşitli gen ifadelerinde değişimler meydana gelmektedir (Shinozaki ve Yamaguchi-Shinozaki, 2007; Mahajan ve Tuteja, 2005). Kuraklık, sıcaklık, tuzluluk ve yüksek ışık gibi çevresel faktörler

bitki büyümesini, gelişimini ve verimini etkiler. Bunlardan herhangi biri optimum toleransı aştığında stres durumu ortaya çıkar ki, bu da gelişimsel, yapısal, fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri etkilemektedir (Jaleel vd., 2008; Tuteja vd., 2009). Abiyotik stresin birincil etkileri iyon dengesizliği ve hiperosmotik streslerden oluşmaktadır. Bir bitki abiyotik strese maruz kaldığında, bir takım genler açılmaktadır. Böylece bazı stres proteinlerinin seviyelerinin artması sağlanmaktadır. Bu proteinler ise streslere belirli bir derecede koruma sağlayabilmektedir (Jaleel vd., 2009; Tuteja vd., 2009; Bhatnagar-Mathur vd., 2008). Stres sırasında, yüksek enerjili bir duruma sahip olan elektronlar, reaktif oksijen türleri oluşturmak için moleküler oksijene (O_2) transfer edilmektedir (Mittler, 2002). Tekil oksijen (1O_2), süperoksit iyonları (O_2^-) ve hidrojen peroksit (H_2O_2) gibi peroksitler en yaygın toksik reaktif oksijen türleri molekülleridir (Apel ve Hirt, 2004; Triantaphylides vd., 2008). Reaktif oksijen türleri membran lipidleri veya mitokondriyal DNA gibi yüksek moleküllü kütle moleküllerini hedef alarak DNA dahil olmak üzere hemen hemen tüm hücrel makromoleküllere zarar verebilmektedir (Tuteja ve Sopory, 2008). Özellikle kromatin organizasyonu ve daha düşük mitokondriyal DNA onarım aktivitelerinin olmamasından dolayı mitokondriyal DNA, nükleer DNA'ya nazaran oksidatif hasara daha duyarlı olmaktadır. Stres koşullarında, reaktif oksijen türleri konsantrasyonu, normal büyüme koşulları sırasında üretilen bazal seviyeye kıyasla kloroplastlar, mitokondri ve peroksizomlarda zarar verici seviyelere yükselmektedir. Stres durumunda CO_2 fiksasyonu sınırlıdır, bu da Calvin döngüsü ile karbon indirgemesinde bir azalmaya yol açarak fotosentezde mekanizmasındaki okside $NADP^+$ 'ı azaltılmaktadır. Fotosentetik elektron transferi sırasında Ferrodoksin aşırı beslendiğinde; elektronlar, daha agresif oksijen radikalleri üreten zincir reaksiyonlarını tetikleyen Mehler reaksiyonu (Hsu ve Kao, 2003), adı verilen mekanizma tarafından süperoksit radikalleri ($O_2^{\cdot-}$) oluşturmak üzere PS-I'den oksijene aktarılabilmektedir. Serbest radikallerle indüklenen lipid peroksidasyonu, membran bozulmasında da önemlidir (McCord, 2000). Çoklu doymamış yağ asitleri bitki zarındaki başlıca yağ asitleridir. Bu doymamış yağ asitleri özellikle 1O_2 ve $HO\cdot$ gibi moleküllere karşı duyarlı olmaktadır (Mueller, 2004). Geniş kapsamdaki çoklu doymamış yağ asitleri peroksidasyonu membranın akışkanlığını azaltır, sızıntıyı artırır ve membran proteinlerinde ikincil hasar meydana getirmektedir (Halliwell, 2006; Kireççi, 2018).

Bu antioksidan savunma sistemi esas olarak süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GPX), askorbat peroksidaz (APX) ve glutatyon redüktaz (GR) gibi antioksidan enzimleri ve redükte glutatyon (GSH) gibi enzimatik olmayan antioksidan bileşikleri içermektedir. SOD, yüksek derecede reaktif $O_2^{\cdot-}$ 'nin O_2 ve H_2O_2 'ye ayrışmasını katalize etmekten sorumlu anahtar enzimdir. Ortaya çıkan H_2O_2 ayrıca askorbat-glutatyon döngüsünün APX'i tarafından veya sitoplazma ve diğer hücrel bölmelerde lokalize edilen GPX ve CAT tarafından suya ve oksijene ayrıştırılır. GR, oksidatif hasara karşı koruma için yüksek GSH / GSSG oranını koruyan askorbat-glutatyon döngüsünün tamamlayıcı enzimidir (Aravind ve Prasad, 2005). GSH

(g-glutamilsisteinil glisin), benzersiz yapısal özellikleri, daha geniş redoks potansiyeli, bolluğu ve bitkilerdeki geniş dağılımı nedeniyle reaktif oksijen türlerinin önemli bir enzimatik olmayan temizleyicisidir. Tersinir ditiyol disülfür değişimi artık metabolizmanın çeşitli yönlerini, gelişmeyi ve değişen çevresel durumlara adaptasyonu düzenleyen önemli bir biyolojik mekanizma olarak kabul edilmektedir. Glutasyon, sitosol, kloroplastlar, endoplazmik retikulum, vakuoller ve mitokondri gibi hemen hemen tüm hücre bölmelerinde saptanan bir tripeptiddir (a-glutamil sisteinilglisin). Glutasyon, çoğu bitki hücresindeki protein olmayan tiyollerin ana kaynağını oluşturmaktadır. Tiolün kimyasal reaktivitesi glutasyon grubu, tüm organizmalarda geniş bir biyokimyasal işlev yelpazesine hizmet etmeyi özellikle uygun hale getirmektedir. Tiol grubunun nükleofilik doğası, metallerle merkaptid bağlarının oluşumunda ve seçilen elektrofillerle reaksiyona girmesinde de önemli olmaktadır. GSH'nin nispi stabilitesi ve yüksek suda çözünürlüğü ile birlikte bu reaktivite, oksidatif stres, ağır metaller ve bazı eksojen ve endojen organik kimyasallar dahil olmak üzere bitkileri strese karşı korumak için ideal bir biyokimyasal hale getirmektedir (Foyer ve Noctor, 2005). Glutasyon, H₂O₂ seviyelerinin kontrolünde rol almaktadır (Shao vd., 2005; Shao vd., 2007). H₂O₂'nin degradasyonu sırasında indirgenmiş (GSH) oksitlenmiş (GSSG) formun oranındaki değişiklik, belirli redoks sinyal yollarında önemli olmaktadır (Li ve Jin, 2007). Hücrel redoks dengesinin göstergesi olan GSH/GSSG oranının ROS algısında rol oynayabileceği öne sürülmektedir (Shao vd., 2005; Li ve Jin, 2007). GSH, bir antioksidan görevi görür ve stres nedeniyle oluşan çoğu aktif oksijen radikalının azaltılmasında doğrudan rol oynamaktadır. Bir antioksidan olan glutasyonun tütünün transgenik dizilerindeki oksidatif strese dayanmaya yardımcı olduğunu bildiren bir çalışma bulunmaktadır (Shao vd., 2005).

Kök meristemlerinin içine gömülü, topluca hareketsiz merkez (QC) olarak adlandırılan yavaş bölünen hücrelerin bir popülasyonudur. Postembriyonik kök gelişimi, bu merkezdeki hücre bölünmesinin aktivasyonunu gerektirir. G-GCS'yi kodlayan ROOT MERISTEMLESS1 (RML1) / CADMIUM SENSITIVE2 (CAD2) 'de bir mutasyon için homozigot Arabidopsis bitkilerinin analizi, postembriyonik kök meristeminin kurulmasında yer alan GSH'a bağlı bir yol tanımlamıştır (Vernoux vd., 2000). Rml1 / cad2 mutantı, güçlü bir şekilde azaltılmış GSH sentezine bağlı olarak neredeyse GSH' den yoksundur, bu nedenle kökte çimlenmeden sonra ancak sürgünde değil hücre bölünmesinden sonra kök gelişiminde durmaya neden olmaktadır (Vernoux vd., 2000). Mısır köklerinde, hareketsiz merkez oluşumu, oksin ile düzenlenen oksitleyici bir ortam ile ilişkili olmaktadır. Kök meristemindeki bitişik, hızla bölünen hücrelerde tercih edilen düşük GSH ve düşük oksin seviyelerinin aksine, QC' de yüksek seviyelerde oksin ve oksitlenmiş GSH oluşmaktadır. Polar oksin taşınmasını bozarak QC' de oksin seviyelerinin düşürülmesi, azaltılmış bir ortama yol açar ve böylece QC' yi etkinleştirmektedir (Jiang vd., 2003). Bu deneyler, GSH' nin Arabidopsis köklerinin apikal meristeminde hücre bölünmesinin düzenlenmesine katıldığına dair daha önceki gözlemleri doğrulamaktadır (Sánchez-Fernández vd., 1997). Glutasyon-askorbatın

metal stresini hafifletmek için koordine edilmiş rolü birçok bitki türünde gösterilmiştir. Askorbat ve glutatyon, ROS' un potansiyel olarak zararlı etkilerine karşı kloroplastik korumada önemli bir rol oynar, doğrudan antioksidanlar olarak hareket eder ve redoks algılama ve sinyalle ilgili diğer işlevleri yerine getirmektedir. Glutatyon ayrıca bitkiler tarafından ağır metalleri hareketsiz hale getirmek için üretilen düşük moleküler kütleli peptitler olan fitokelatinlerin öncüsü olmaktadır. Tuzluluk stresi, fotosentetik potansiyelde ve bitkilerin kuru kütlesinde bir azalmaya neden olmaktadır. Ayrıca ROS ve antioksidan savunma arasındaki bir dengesizlikten kaynaklanmaktadır. ROS'u temizleyerek oksidatif strese karşı korumaya askorbat-glutatyon yolağının enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan sisteminin bileşenleri aracılık etmektedir (Anjum vd., 2010).

2.6. Tarımda Kullanılan Herbisitlerin Canlılara Zararları

Fauna içinde yer alan doğal düşmanlar, tarım zararlıları (tarla faresi, çeşitli böcekler vb.) üzerinde baskı oluşturan önemli unsurlardır. Bunlar canlı etmenler olup, doğada devamlılıklarının sağlanması gerekmektedir. Genellikle pestisitler hedefteki organizmayı tamamen yok etmeyerek, metabolizmalarını olumsuz olarak etkilemektedir. Örneğin; cinsiyet (dişi/erkek) oranı, üreme potansiyeli, doğurganlık ömürlerine de olumsuz etkide bulunmaktadır. Araştırmalar bazı pestisitlerin öldürücü olamayan kalıntılarının doğal düşmanları uzaklaştırıcı etki yaptığı görülmektedir (Cloyd, 2012). Herbisitler de yararlı organizmaların yan etkilerinin belirlenmesi, herbisitlerin ruhsatlandırılmasında ve entegre mücadelesi için önemli olmaktadır. Herbisitlerin faydalı organizmalara etkilerinin belirlenmesi ve değerlendirilmesi, hataları en aza indirmek için laboratuvar, yarı tarla ve tarla denemeleri şeklinde üç aşamalı yürütülmektedir. Ekosistemlerde tozlaşmada en çok bilinen *Apis mellifera* L. türü bal arısının olduğu tanımlanmıştır (Michener, 2000). Arılar pek çok tarım ürününün polinasyonunda, çok sayıda poleni taşımada fonksiyonel rol oynamaktadır (Free, 1993). Tüm tarım ürünlerinin 1/3'ünden daha fazlası, tohum ve meyve oluşumu için polinatör arılara ihtiyaç duymaktadır. Örneğin; 100 yaban mersini çiçeğinde arılar ile tozlaşma gerçekleştiğinde, meyve ağırlığı ve ürün miktarının daha fazla olduğu görülmüştür (Bradbeer, 2009). Herbisitler bitkiye verilen doza bağlı olarak arılar üzerinde geri dönüşü olmayan hasarlı veya kalıcı etkisinin olabileceği görülmektedir. Herbisit ile kontamine olan arılarda beslenme bozukluğu, iletişim bozukluğu, yön bulma ve yön belirleme de değişiklikler ve bozulmalar görülebilmektedir (Johnson ve Corn, 2015). Böylece herbisitlerin arılar için birçok zararı olduğu tespit edilmiştir. Arılar kovan veya yuvalarına yakın yerlerde su bulamazlarsa sabahları yaprakların üzerindeki çiğleri toplamaktadırlar. Bu yüzden arılar zarar görebilmektedir. Arıcılar, bu zararı önlemek için arılara temiz su temin etmelidirler. Arıcılar, su kaynağını taze ve temiz tutmalı ve bu kaynakları kurutmamalıdır. Bazı çiftçiler bitkilerin polinasyon ihtiyacının farkında olmayıp hatalı herbisit kullanıldığı için arıların ölümüne neden olmaktadır. Oysa arıların

olmaması polinasyon için çiftçiye ürününün %75'ini kaybetmesi anlamına gelebilmektedir. Herbisitler, bitki ve toprak yüzeyinden ilaçların yağmur suları ile yıkanması, fabrika atıklarının sulara boşaltılması ile yeraltı sularına kadar ulaşabilmektedir. Herbisitler su ekosisteminde besin zinciri içerisinde bulunan suda yaşayan canlılarda birikime ve hatta ölüme yol açabilmektedir.

Toprakta bulunan mikroorganizmalar toprağın yapısını düzelterek, organizmaların birbiri ile ortak yaşamasını sağlamaktadır. Toprağa kontamine olan herbisitlerin toprakta kalıcı olması ile birlikte herbisit kalıntısı oluşmaktadır. Bu birikim fungus, bakteri, güneş ışınları, kimyevi maddeler ve iklim şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Biriken herbisitler, kimyasal yollarla bozulmadığı zaman da birikime yol açmaktadır. Bu duruma bağlı olarak toprakta yaşayan mikroorganizmaların yanısıra toprak solucanlarını da etkilemektedir. Toprak solucanları canlılar için çok önemli olduğu bilinmektedir. Toprak solucanları toprağın yapısı, verimliliği ve bitki örtüsüne bağlı olarak değişmektedir. Toprak solucanları, soğuk ve kurak havalarda derinlere kadar inmektedir (Mısırlıoğlu, 2011). Bu derinlik bazı türlerde 3 metreye kadar ulaşabilmektedir. Böylece toprak solucanları, su infiltrasyonunu arttırdığı söylenebilmektedir (Mısırlıoğlu, 2011). Toprak için vazgeçilmez öneme sahip olan bu makro organizmaların hayatı toprak kirliliği arttıkça tehlikeye girmektedir. Bu kirliliğe ağır metaller, pestisitler gibi maddeler neden olmaktadır. Topraktaki makro organizmaların kirlilikten etkilenme derecelerinin de farklı olduğu yapılan çalışmalarda görülmüştür. Özellikle solucanlar toprak yapısında önemli rol oynadıklarından dolayı kirlilikten en fazla etkilenen grup olmaktadır. Bu etkileşimden dolayı toprak solucanları herbisit ruhsatlandırma sisteminde toksisite çalışması zorunlu olan organizmalardandır. Farklı herbisit gruplarının toprağa uygulanması ile toprak mikroflorasını etkilediği görülebilmektedir (Dığrak vd., 1999). Toprağın yapısı ve herbisitlerin topraktaki mikroorganizmalar üzerinde ki etkisinden dolayı, herbisit seçimi toprak mikroorganizmaları tarafından kullanılabilen, hızlı parçalanabilme özelliklerine sahip olması gerekmektedir. Bunun yanısıra toprakta bulunan mikroorganizmalar üzerine yapılan çalışmalar herbisitlerin ruhsatlandırılmasında çok önemli olmaktadır. Genellikle toprağa uygulanan herbisitler yüz gün geçtikten sonra toprakta bulunan mikroorganizmaların aktivitelerinde $\pm$ %25 değişim görülmesi tehlikeli bir düzeyde olduğunu göstermektedir.

İnsanlar, herbisitlere direk ya da dolaylı olarak maruz kalabilmektedir. Herbisitlerin üretimleri ve kullanımları canlılar üzerine direk olarak etki ettiği gibi herbisitlerin çevrede kalıcı olarak kalması ise dolaylı olarak etki ettiğini göstermektedir. Çoğu herbisitler zaman ile kullanıldıktan sonra insan üzerinde kanser riski taşıdığı ortaya konulmaktadır. Dolayısıyla herbisitlerin kullanımının da giderek yasaklanmaya başlandığı yapılan hayvan deneyleri sonucunda ortaya konulmaktadır. Günümüzde yapılan kanser araştırmalarında birçok kanser olayının herbisitlerden kaynaklandığı ve tamamının yasaklanmasının gerekli olduğu gibi yanlış algılar medya da görülebilmektedir. Yayılan yanlış bilgilerin gerçekte hangi maddelerin kanserojen olduğu konusunda bilgi kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca hem dünyada hem de ülkemizde

herbisitler araştırma, deney ve piyasaya sürölme aşamalarından geçtiğı sırada birçok denetim ve kontrolden de geçmektedir. Böylece yeni bir olumsuz sonuç ortaya çıktığında sınırlama, yasaklama, bertaraf gibi tüm tedbirler uygulanmaktadır (Birişık, 2018).

Bu çalışmanın amacı, en yaygın olarak kullanılan tarım bitkilerinde (mısır ve buğday) verimi azaltan zararlı otların bertaraf edilmesinde kullanılan tarım ilaçlarının (glifosat, MCPA ve paraquat herbisitleri) hedefte olmayan tarım bitkileri üzerinde meydana getirdiğı toksik etkiyi araştırmaktır. Toksik etkinin rotası ise oksidatif stres unsurlarının analizi ile tespit edilmiştir. Bu unsurlar tarım bitkilerindeki fizyolojik (Büyüme parametreleri, kuru ağırlık miktarı, klorofil a+b ve karotenoid miktarları) ve biyokimyasal (SOD aktivitesi, GST aktivitesi, CAT aktivitesi, MDA miktarı, GSH miktarı ve prolin miktarı) parametreler üzerinde incelenmiştir.



3. MATERYAL VE METOT

Yapılan tez çalışmasının fizyolojik kısmı (bitki yetiştirilmesi ve büyüme parametreleri) Fırat Üniversitesi “Doku Kültürü Laboratuvarı ve Sera” laboratuvarında yapılmıştır. Bu çalışmanın biyokimyasal uygulamaları ise Biyoloji Bölümü Biyokromatografi Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Buğday ve mısır tohumları Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü tarafından temin edilmiştir.

3.1. Materyal

Bu çalışmada, en yaygın olarak tüketilen tahıl ürünlerinden buğday ve mısıra farklı konsantrasyonlarda glifosat, paraquat ve MCPA uygulanarak bitkilerde ortaya çıkan oksidatif strese ilişkin sonuçların değerlendirilmesi yapılmıştır.

3.1.1. Tahıllar

Bu tez çalışmasında at dişi mısırı adı verilen *Zea mays* L. Ada 523 tohum çeşidi kullanılmıştır. Şekil 3.2’de ki gibi, ada 523 mısır tohumunun morfolojik özellikleri; bitki boyu 265-310 cm, yaprakları dik ve geniş, sarı at dişi tane yapısında olmaktadır. Mısır tane verimi 1350-1650 kg/da; silaj verimi 9-9.5 ton/da olup, İç Anadolu Bölgesinde silaj yapımı, Marmara, Ege, Akdeniz ve Karadeniz Bölgelerinde ana ürün olarak kullanılmaktadır.

Diğer bir tahıl ürünü olarak ekmeklik, yazlık buğday olan *Triticum aestivum* L. Halis tohum çeşidi kullanılmıştır. Şekil 3.1’de ki gibi, halis buğday çeşidi tohumunun morfolojik özellikleri; bitki boyu 105-116 cm, başak yapısı kılçıklı, beyaz ve orta yoğunlukta olup, tane yapısı orta iri, kırmızı ve yarı sertlikte olmaktadır. Halis buğday verimi ortalama 500-1145 kg/da; bin tane ağırlığı 33-42 g, un verimi % 60-72, tanede protein % 14-16 olmaktadır. 2018 yılı tescilli Halis buğday çeşidi, Orta Anadolu geçit bölgeleri ve Trakya’da soğuğa dayanıklı olup, gübre reaksiyonu iyi olmaktadır.

HALİS



MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Bitki boyu (cm): 105-116
Başak yapısı: Kılçıklı, beyaz, orta yoğunlukta
Tane yapısı: Orta iri, Kırmızı, Yarı sert

TARIMSAL ÖZELLİKLERİ

Alternatif, Başaklanma Zamanı Orta Geç, Orta Anadolu Geçit bölgeleri ve Trakya'da soğuğa dayanıklı, Gübreye reaksiyonu iyi, Uygun gübre ve sıklıkta yatmaya dayanıklı

KALİTE ÖZELLİKLERİ

Bin tane ağırlığı (g) : 33-42
Hektolitre Ağırlığı (kg) : 77-81
Un Verimi (%) : 60-72
Tanede Protein (%) : 14-16
SDS (ml) : 47-66
W (J) : 166-353

ORTALAMA VERİM

500-1145 kg/da

HASTALIK DURUMU

Sarı pasa dayanıklı, Kahverengi pas ve küllemeye orta dayanıklıdır.

TAVSİYE BÖLGELERİ

Alternatif, Başaklanma Zamanı Orta Geç, Orta Anadolu Geçit bölgeleri ve Trakya'da soğuğa dayanıklı, Gübreye reaksiyonu iyi, Uygun gübre ve sıklıkta yatmaya dayanıklı

ÇEŞİT SAHİBİ KURULUŞ

Mısır Araştırma Enstitüsü

TESCİL YILI: 2018

Şekil 3.1. *Triticum aestivum* L. Halis deney materyalimizin özellikleri



MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Bitki Boyu: 265-310 cm,
Yaprakları dik ve geniş,
Sarı at dişi tane yapısında.

TARIMSAL ÖZELLİKLERİ

Olgunlaşma gün sayısı: Orta-Geççi
FAO 650 (130-135 Gün)

VERİM POTANSİYELİ

Tane Verimi: 1350 - 1650 kg/da
Silaj Verimi: 9 - 9,5 ton/da

TAVSİYE BÖLGELERİ

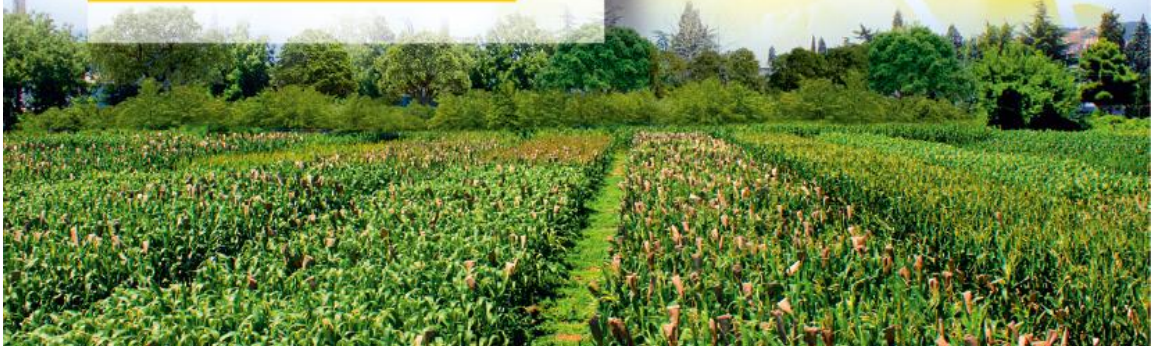
İç Anadolu Bölgesinde silaj, Marmara, Ege,
Karadeniz, Akdeniz ana ürünüdür.

ISLAHÇI KURUM

Mısır Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü - Sakarya

TESCİL YILI: 2000

ADA 523



Şekil 3.2. *Zea mays* L. Ada 523 deney materyalimizin özellikleri

3.1.2. Herbisitler

Glifosat herbisiti, karasal ve aquatik ortamlarda bitki kontrolünde yaygın bir şekilde kullanılan seçici olmayan geniş spektrumlu bir herbisittir. Bu herbisit, $C_3H_8NO_5P$ ($HO-CO_2NHCH_2P=O(OH)_2$) formülünde, berrak, kehribar renkli ve yapışkan bir görünüme sahip olmaktadır. Erime noktası $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ olup molekül ağırlığı ise 169.08 Dalton'dur.

Paraquat herbisiti, 1, 1'-dimetil-4,4'-bipiridinyum diklorid olarak da bilinen organik bir bileşiktir. Bu herbisitin formülü $C_{12}H_{14}Cl_2N_2$, erime noktası $175\text{ }^{\circ}\text{C}$, molar kütlesi ise 257.16 g/mol dır.

MCPA veya 4-kloro-2-metilfenoksi asetik asit herbisiti güçlü, seçici, yaygın olarak kullanılan bir fenoksi herbisittir. Bu herbisit saf bileşik, kahverengi renkli bir tozdur. MCPA formülü $C_9H_9ClO_3$, molar kütlesi 200.62 g/mol , kaynama noktası $286.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ dir.

Şekil 3.3' de görüldüğü gibi glifosat, paraquat ve MCPA herbisitleri kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Glifosat, paraquat ve MCPA herbisitleri

3.1.3. Test Çözeltilerinin Hazırlanması

Glifosat sulu çözeltisi hazırlamak için, molekül ağırlığı 169.07 g/mol olan herbisitten 1000 mM 'lık stok çözelti hazırlanmış ve bu çözeltiden seyreltme yöntemi kullanılarak test çözeltileri olan 0 , 100 , 500 ve $1000\text{ }\mu\text{M}$ 'lık konsantrasyonlar oluşturulmuştur. Bu herbisit saf suda çözünabilmektedir.

Paraquat sulu çözeltisi hazırlamak için molekül ağırlığı 257.16 g/mol olan herbisitten 1000 mM 'lık stok çözelti hazırlandı ve bu çözeltiden seyreltme yöntemi kullanılarak test çözeltileri olan 0 , 100 , 500 ve $1000\text{ }\mu\text{M}$ 'lık konsantrasyonlar oluşturulmuştur. Bu herbisit saf suda çözünabilmektedir.

MCPA sulu çözeltisi hazırlamak için, molekül ağırlığı 200.62 g/mol olan herbisitten 1000 mM'lık stok çözelti hazırlandı ve bu çözeltiden seyreltme yöntemi kullanılarak test çözeltileri olan 0, 100, 500 ve 1000 μM 'lık konsantrasyonlar oluşturulmuştur. Bu stok çözeltisi hazırlanırken, bu herbisit ilk önce 2 ml etanolde çözülmüş ve saf su ile son hacim 1 lt 'ye tamamlanmıştır.

Bu tez çalışmasında yapılan ön denemede; buğday ve mısır fidelerine farklı herbisit konsantrasyonları (0, 30, 100, 300, 500, 1000, 1500 ve 3000 μM) ile muamele edildikten sonra uygun olan düşük, orta ve yüksek konsantrasyonlar (0, 100, 500 ve 1000 μM) tespit edilmiştir.

3.1.4. Kimyasal Maddeler ve Organik Çözücüler

Glifosat, MCPA, paraquat, aseton, etil alkol, Na_2HPO_4 , glasiyel asetik asit, toluen, sodyum fosfat tamponu, trikloroasetik asit, 2-thiobarbutirik asit, sodyum hidroksit, biüret reaktifi, hidroklorik asit, perklorit asit, butilhidroksitoluen, bütanol, methanol, N-tert-Butildimetihisilil-N-metiltrifluoroasetamid (MTSFA), prolin, glutatyon redüktaz, sülfirik asit, EDTA (Etilendiamintetraasetikasit disodyum dihidrat), Tris-HCl (pH:7.4) tamponu, 1-kloro-2,4-dinitrobenzen (CDNB), SOD tamponu, fosfat tamponu, hidrojenperoksit, ksantin, ninhidrin, sülfosalisilik asit ve epinefrin kullanılmıştır. Kullanılan bu kimyasallar Merck, Sigma-aldrich, Alfa Aesar ve Fluka firmalarından temin edilmiştir.

3.1.5. Kullanılan Aletler ve Cihazlar

Homojenizatör (Bosch, GGS27C), etüv (memmert UN 260), UV spektrofotometre (SHIMADZU, UV mini-1240), yüksek basınçlı sıvı kromatografisi (HPLC) (SHIMADZU), vorteks (VWR, W 3 S40), hassas terazi (AND A&D Company Limited, HR-250A2), buzdolabı (Regal), ultrasonik su banyosu (Elma, S30H, Elmasonic), santrifüj cihazı (Universal 32R), UV saf su cihazı (Water story Dream Plus I), otomatik pipet ve pipet uçları kullanılmıştır.

3.2. Metot

Bu tez çalışmasında filizlenme ve fide aşamalarında olan mısır ve buğday bitkilerinin yetiştirilmesi ve herbisitlerin uygulanmasından sonra; kök ve yaprak kısımları üzerinde fizyolojik parametreler (büyüme parametreleri, kuru ağırlık, klorofil (a+b), karotenoid) ve biyokimyasal parametreler (Prolin, GSH ve MDA miktarları; SOD, CAT ve GST aktiviteleri) üzerinde çalışılmıştır.

3.2.1. Bitki Materyaline Yapılan Uygulama

Deney materyalimiz olan mısır ve buğday bitkilerine uygulamalar, filizlenme ve fide aşaması olmak üzere iki farklı dönemde yapılmıştır.

Birinci dönem; filizlenme aşamasında ki uygulamalar, 7 günlük çimlenmiş tohum herbisit uygulaması şeklinde olup, bunlardan gelişen belli yaştaki fidelerde hedeflenen parametreler belirlendi ve analizleri yapıldı.

İkinci dönem; fide aşamasındaki uygulamalarda ise mısır ve buğday fidelerini yetiştirmek için, tamamen homojen olan (uniform) tohumlar seçilerek, musluk suyu ile ıslatılarak, karanlıkta 6 saat 23-25 °C’de bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda tohumlar hava alabilecekleri kapaklı çimlendirme kutularına dizilerek, 3 gün süreyle 23-25 °C’de karanlıkta çimlenmeye bırakılmıştır. Daha sonra radikula uzunlukları eşit büyüklükte olan çimlenmiş tohumlar seçilerek, önceden hazırlanan sulu besin çözeltileri ile dolu kavanozların ağzındaki sünger kapakların kanallarına yerleştirilmiştir. Burada fideler uzun gün periyodunda (16/8) normal gün ışığında 15 günlük oluncaya kadar büyütülerek, herbisitler hidroponik yöntem kullanılarak uygulanmıştır. Daha sonra farklı herbisit uygulanan belli yaştaki fidelerde hedeflenen parametreler belirlenmiş ve uygulamadan 48 saat sonra analizler yapılmıştır. Şekil 3.4 ve 3.5’ de bir haftalık ve 15 günlük mısır ve buğday fidelerinin uygulama öncesi genel görünümü gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Bir haftalık mısır ve buğday fidelerinin uygulama öncesi genel görünümü



Şekil 3.5. 15 günlük mısır ve buğday fidelerinin uygulama öncesi genel görünümü

3.2.2. Büyüme Parametrelerinin Belirlenmesi

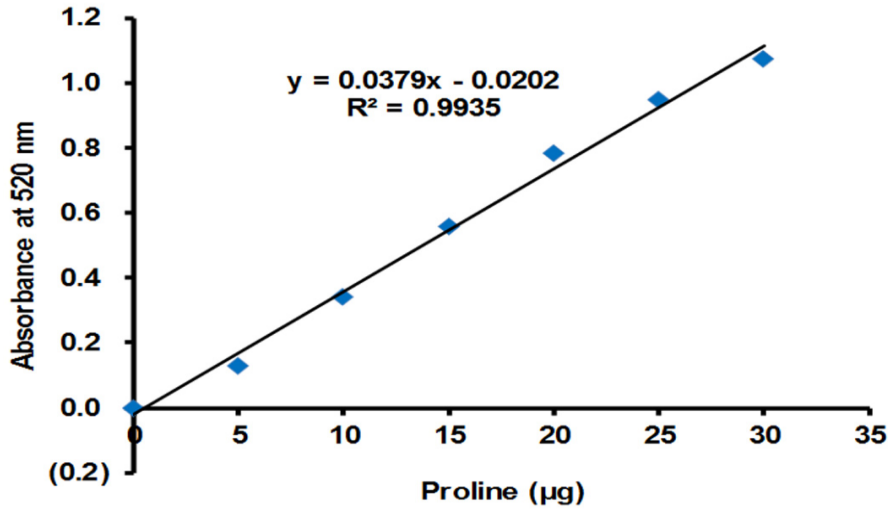
Glifosat, Paraquat ve MCPA herbisitlerinin uygulamasından sonra fidelerin son ağırlıkları tespit edilmiştir. Uygun paketlemeler ve işaretlemeler yapılarak, 105 °C'lik etüvde 3-6 saat aralıklarla sabitleşmiş kuru ağırlıkları tespit edilmiştir. Böylelikle bitki başına düşen kuru madde miktarı (mg KA.g⁻¹ TA) belirlenmiştir (Baltepe vd., 1982).

3.2.3. Klorofil (a+b) ve Karotenoid Miktarının Belirlenmesi

Uygulama yapılan bütün gruplardan ayrı ayrı 0.5 g taze yaprak dokusu materyal olarak kullanılmıştır. Steril bir havanda küçük parçalara ayrılan yaprak dokusu 50 ml % 80' lik aseton ile 3-4 dakika ezilerek, yeşil renkli bir ekstrakt elde edilmiştir. Daha sonra bu ekstrakt buhner hunisi ile vakumlanarak süzölmüştür. Bu işlem tortunun rengi tamamen renksizleşinceye kadar sürdürülerek, buhner hunisi ile süzölüp süzöntüler birleştirilmiştir. Daha sonra spektrofotometre de ekstraktların 440, 645, 652 ve 663 nm dalga boylarında ayrı ayrı absorbanları köre (% 80'lik aseton) karşı okunmuştur (Witham, 1971).

3.2.4. Prolin Analizi

Mısır ve buğday fidelerinin kökleri ve yapraklarından 1'er g (nodülleri ayıklanmış) steril bir makasla parçalara bölünerek materyal olarak kullanılmıştır. Örnekler falkon tüplerine konulmuştur. Bundan sonra üzerine % 3' lük sülfosalisilik asit eklenerek 4 dakika süreyle homojenize edilmiştir. Falkon tüplerinde olan karışımlar 6500 rpm' de 10 dk santrifüj edilmiştir. Bu süreç sonunda faz ayrımı görülmüştür. Üst faz ayrı bir tüpe alınmıştır. Daha sonra her örnekten 1 ml örnek alınarak başka deney tüpüne alınmış ve sonra üzerlerine 1ml ninhidrin-asit karışımı (1.25 g ninhidrin+30 ml 6 M fosforik asit+20 ml asetik asit) eklenmiş ve tekrar üzerlerine 1ml glasiyel asetik asit eklendikten sonra örnekler vortekslenmiş ve daha sonra 100 °C'de 1 saat su banyosunda kaynatılmıştır. Süre sonunda örnekler çıkarılıp soğumaya bırakılmıştır. Soğuduktan sonra üzerlerine 2 ml toluen eklenmiştir. Kromofor içeren toluen fazı aspire edilerek oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir. Spektrofotometre de 520 nm'de absorpsanları okunmuştur. Spektrofotometre de okunan absorpsan değerleri prolin standart eğrisinde yerine konularak buna karşılık gelen prolin konsantrasyonu $\mu\text{mol.g}^{-1}$ taze ağırlık cinsinden tespit edilmiştir. Hesaplamalar şekil 3.6'da ki kalibrasyon eğrisine göre yapılmıştır (Bates vd., 1973).



Şekil 3.6. Prolin Ölçüm Grafiği

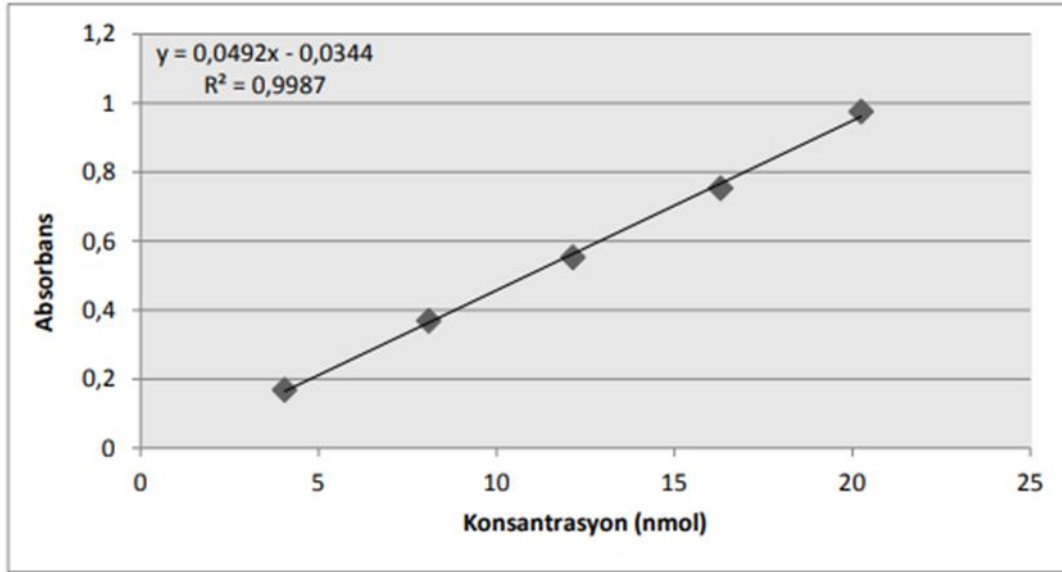
3.2.5. Bitki Dokularının Homojenatının Hazırlanması

Bitkilerin yaprak ve kök kısımlarının, Tris-HCl (pH:7,4) tamponu ile homojenizasyonu yapılmıştır. +4 °C'de 9050×g'de 15 dakika santrifüj edilerek örnekler pelletinden ayrılarak, supernatant kısım elde edilmiştir. Bu supernatant'tan malondialdehit (MDA), indirgenmiş glutatyon

(GSH), prolin analizi ile süperoksit dismutaz aktivitesi (SOD), katalaz aktivitesi (CAT), glutation-S-transferaz aktivitesi (GST) gibi antioksidan enzimlerin aktiviteleri spektrofotometrede çalışılmıştır.

3.2.6. Malondialdehit (MDA) Miktarının Belirlenmesi

Her bir örneğin süpernatant (üst faz) kısmından alınan 1'er ml cam deney tüplerine konulmuştur. Bu örneklerin üzerine 0.5 ml % 8.1' lik SDS, 0.5 ml % 0.8' lik TBA, 1ml % 10' luk TCA, 1 ml % 20' lik asetik asit ve 50 µl % 4' lük BHT eklendi ve bu karışım vortekslenmiştir. Karışım, 85 °C'de kaynar su banyosunda 1 saat bekletildikten sonra üzerlerine bütanol-pridin karışımı (3/2) (v/v) eklenip, 5 dk santrifüj edilmiştir. Sonuçta pembe renkli bir kompleks oluşmasıyla 532 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçümü yapılmıştır (Ohkawa vd., 1979). MDA miktarının tayini, şekil 3.7'de verilen kalibrasyon eğrisinden çıkan formüle göre hesaplanmıştır.

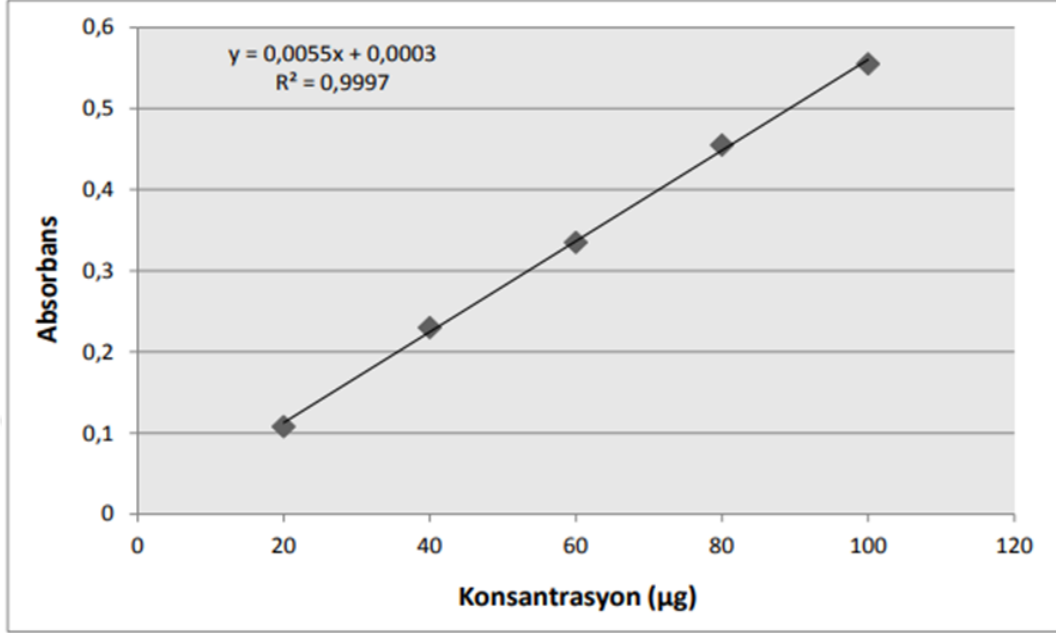


Şekil 3.7. MDA (TBARS) Ölçüm Grafiği

3.2.7. Redükte Glutasyon (GSH) Miktarının Belirlenmesi

Alınan 1 ml örnek üzerine, 1 ml % 10'luk TCA çözeltisi ilave edilmiştir. Daha sonra 5 dk 4500 rpm'de santrifüj edilerek proteinler çöktürülüp, süpernatant kısmı alınmıştır. Bu kısım üzerine: 1 ml DTNB, 1 ml sodyum sitrat ve 0.3 M Na₂HPO₄ çözeltisinden 3 ml ilave edilip oluşan

sarı renk 412 nm’de spektrofotometre cihazında ölçümü yapılmıştır (Elman, 1959). Örneklerdeki GSH miktarı tayini Şekil 3.8’de verilen kalibrasyon eğrisine göre hesaplanmıştır.



Şekil 3.8. Glutasyon Kalibrasyon Eğrisi

3.2.8. Glutation-S-transferaz (GST; EC 2.5.1.18) Aktivitesinin Belirlenmesi

Glutation-S-transferaz aktivitesi 100 mM potasyum fosfat tamponu (pH 6.5), 1 mM 1-kloro-2,4-dinitrobenzen (CDNB) ve 1 mM GSH miktarları karıştırılarak 340 nm'de aktivitesi ölçülmüştür. 100 mM potasyum fosfat tamponu (pH: 6.5) ihtiva eden kuartz deney tüplerine GSH ve CDNB eklenerek ve reaksiyon doku örneklerinin ilavesiyle başlatılmıştır (Bell vd., 1985). Spesifik aktiviter 9.6 mM⁻¹.cm⁻¹ ekstinksiyon katsayısı kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.9. Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) Aktivitesinin Belirlenmesi

Cam tüplere sırasıyla; 2.6 ml SOD tamponu, 100 µl ekstrakt, 250 µl epinefrin, 50 µl ksantinoksidaz olarak eklenmiştir. Bu karışım vorteksenerek 30 dk karanlık ortamda bekletilmiştir. Daha sonra spektrofotometre de ekstraktların 485 nm dalga boylarında absorbansları köre karşı okunmuştur (Mourete vd., 1999).

3.2.10. Katalaz (CAT; EC 1.11.3.6) Aktivitesinin Belirlenmesi

Üst faz epondorflara alınmıştır. Cam tüplere sırası ile 1.9 ml fosfat tamponu, 100 µl örnek alınmış ve spektrofotometrede 240 nm.'de absorbansı ölçülerek, üzerine 1 ml H₂O₂ eklenip, 15 sn'de bir 120 sn'ye kadar ölçüm yapılmıştır (Aebi, 1984).

3.3. İstatistik Analizler

Deney sonuçları SPSS 15.00 paket programı ile istatistiki olarak değerlendirilmiştir. Kontrol grubu ile deneysel gruplar arasındaki karşılaştırmada ANOVA (tek yönlü varyans analizi; one-way ANOVA) testi uygulanmıştır. Sonuçlar, ortalama $\pm$ standart hata olarak verilmiştir. İstatistiksel anlamlılık düzeyi için p değeri $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

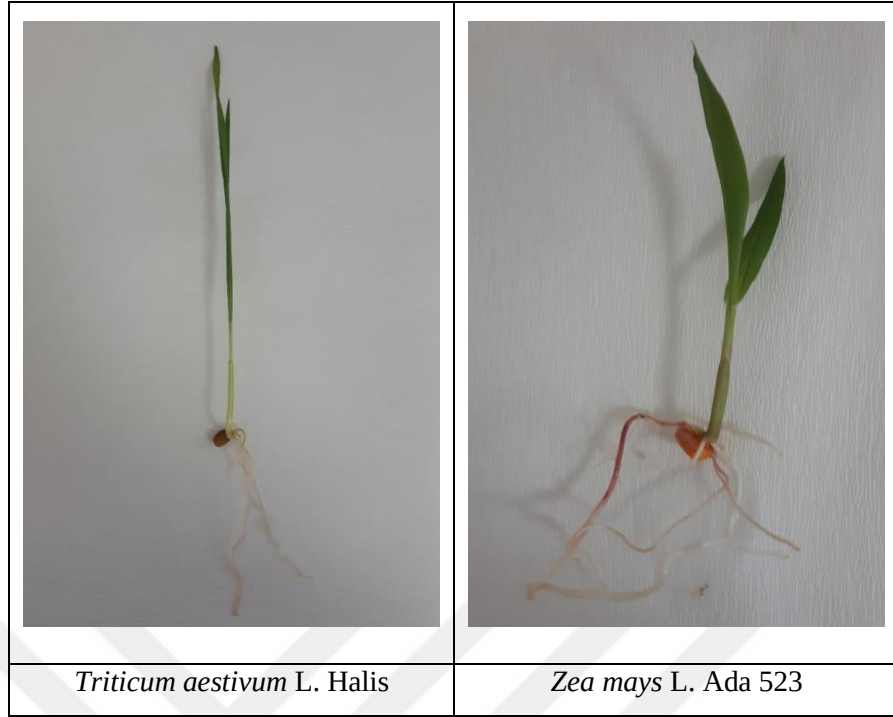
Bu tez çalışmasında, homojen büyümüş bir haftalık ve 15 günlük fidelere; glifosat, MCPA ve paraquat' in farklı konsantrasyonları (0, 100, 500 ve 1000 μM) 2 gün boyunca hidroponik yöntem kullanılarak, ayrı ayrı uygulanmıştır. Daha sonra farklı herbisit uygulanan fidelerin kök ve yaprak kısımlarında farklı büyüme parametreleri; kök ve sürgün boyu, fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru madde miktarı ($\text{mg KA.g}^{-1}\text{TA}$) tespit edilerek, yapraklarda pigment analizi (klorofil (a+b) ve karotenoid içeriği), yaprak ve köklerde süperoksit dismutaz aktivitesi (SOD), katalaz aktivitesi (CAT), glutatyon-s-transferaz enzim aktivitesi (GST), prolin, malondialdehit (MDA) ve redükte glutatyon (GSH) analizleri yapılmıştır.

4.1. Büyüme Parametreleri

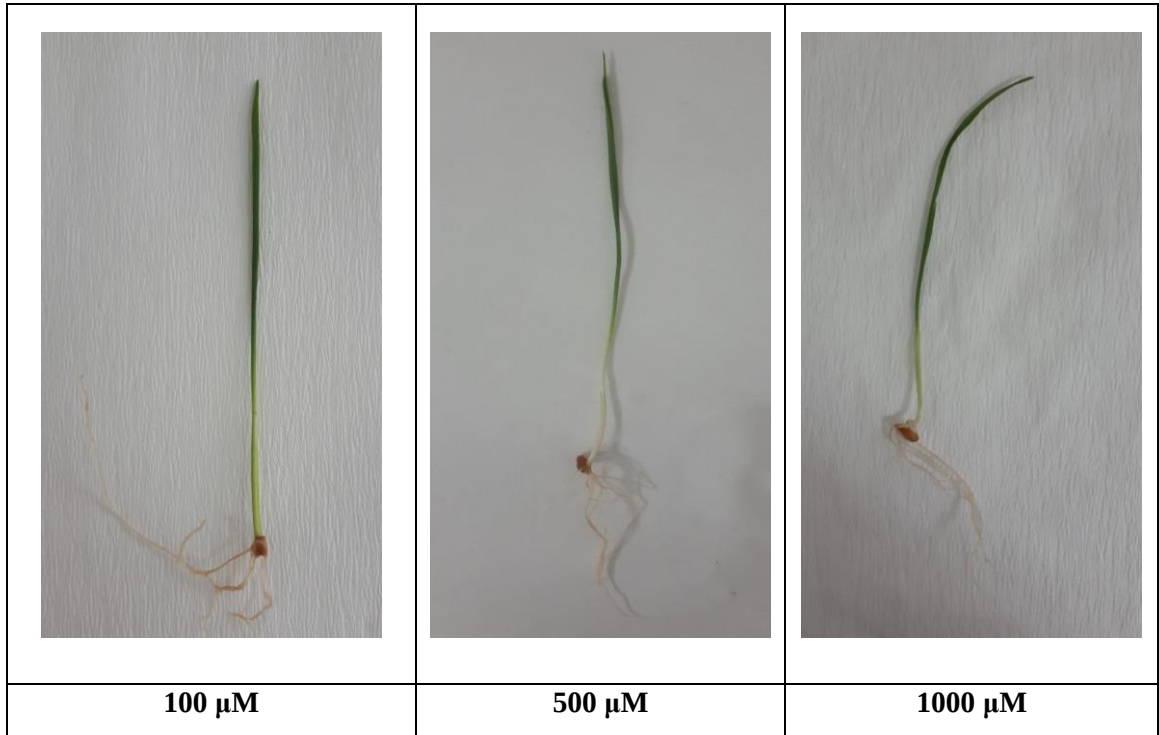
Fidelere yapılan uygulamaların kök ve yapraktaki büyüme parametreleri üzerine etkileri incelendiğinde, genelde kontrol grubu fidelerine kıyasla glifosat, paraquat ve MCPA herbisitleri uygulanan bütün gruplarda anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Şekil 4.1 ve şekil 4.14 arasında bulunan şekillerin, bir haftalık ve 15 günlük *Triticum aestivum* L. Halis buğday ve *Zea mays* L. Ada 523 mısır fidelerinin genel görünüşleri ile bu fidelere uygulanan tüm konsantrasyonların verdiği cevapların fizyolojik görünüşleri gösterilmektedir. Makroskobik anlamda özellikle yüksek konsantrasyonda paraquat herbisiti uygulanan mısır fidelerin sürgünlerin de nekrozis, klorozis ve kahverengleşme gözlenmiştir.



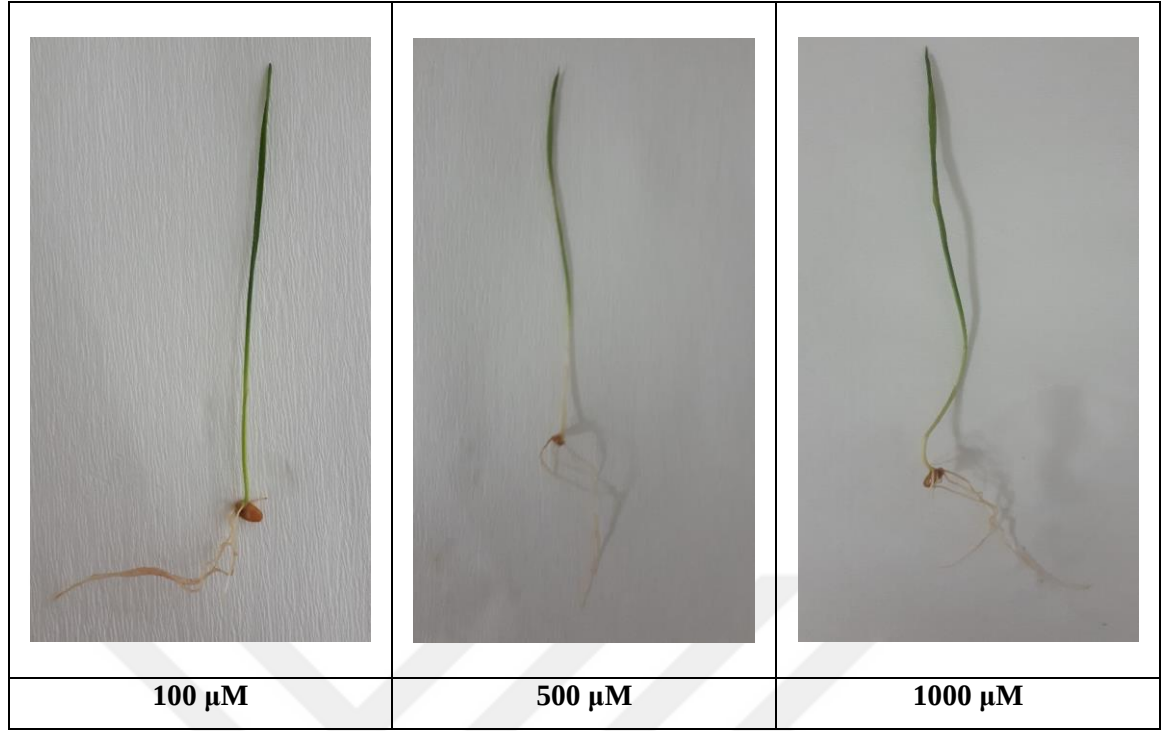
Şekil 4.1. Bir haftalık *Triticum aestivum* L. Halis buğday ve *Zea mays* L. Ada 523 mısır fidelerinin genel görünümü



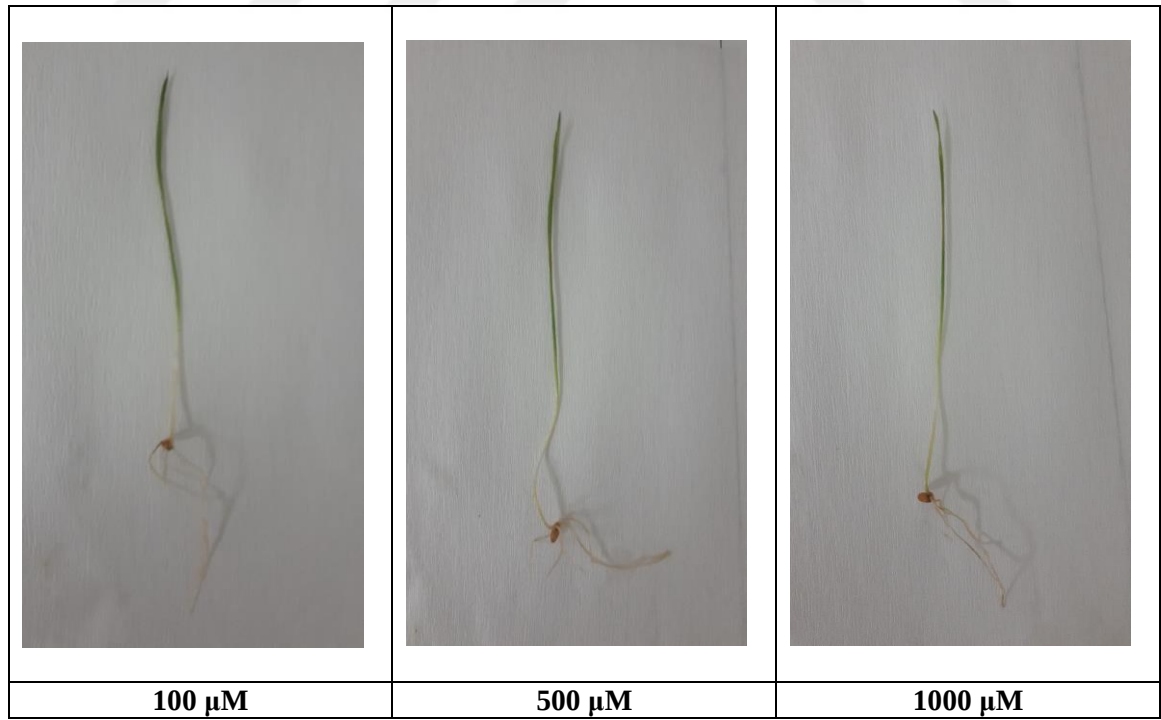
Şekil 4.2. 15 günlük *Triticum aestivum* L. Halis buğday ve *Zea mays* L. Ada 523 mısır fidelerinin genel görünümü



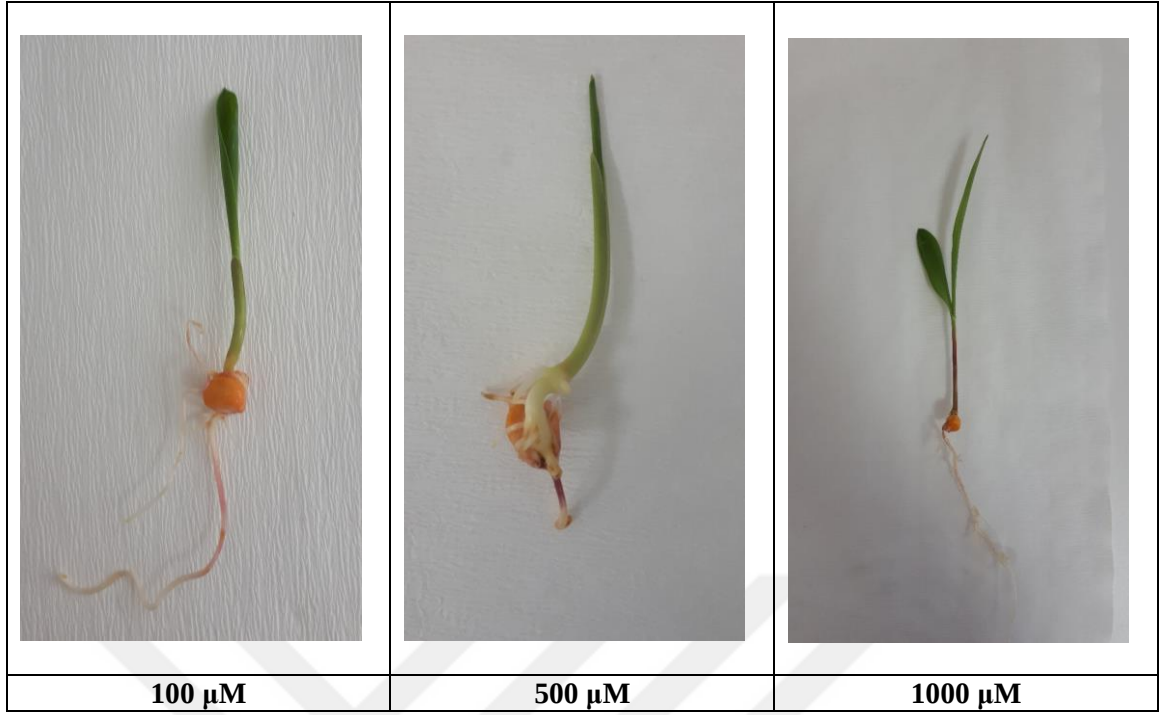
Şekil 4.3. 48 saat süre ile glifosat uygulanan bir haftalık *Triticum aestivum* L. Halis buğday fidelerinin görünümü



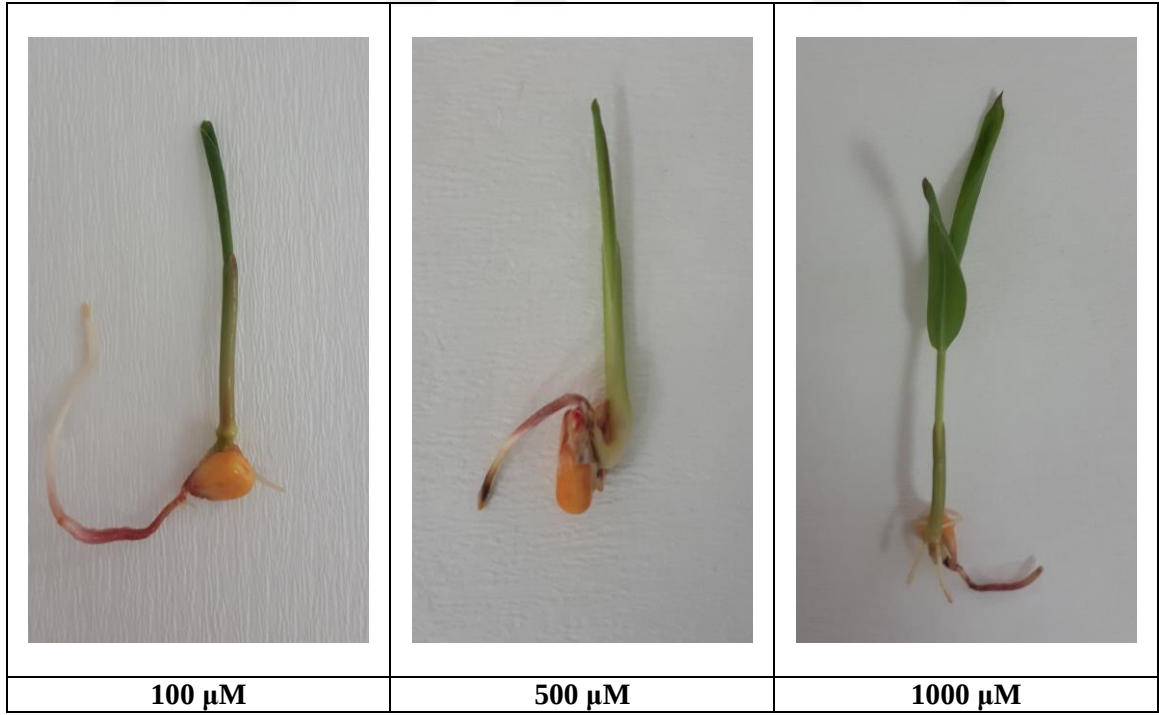
Şekil 4.4. 48 saat süre ile paraquat uygulanan bir haftalık *Triticum aestivum* L. Halis buğday fidelerinin görünümü



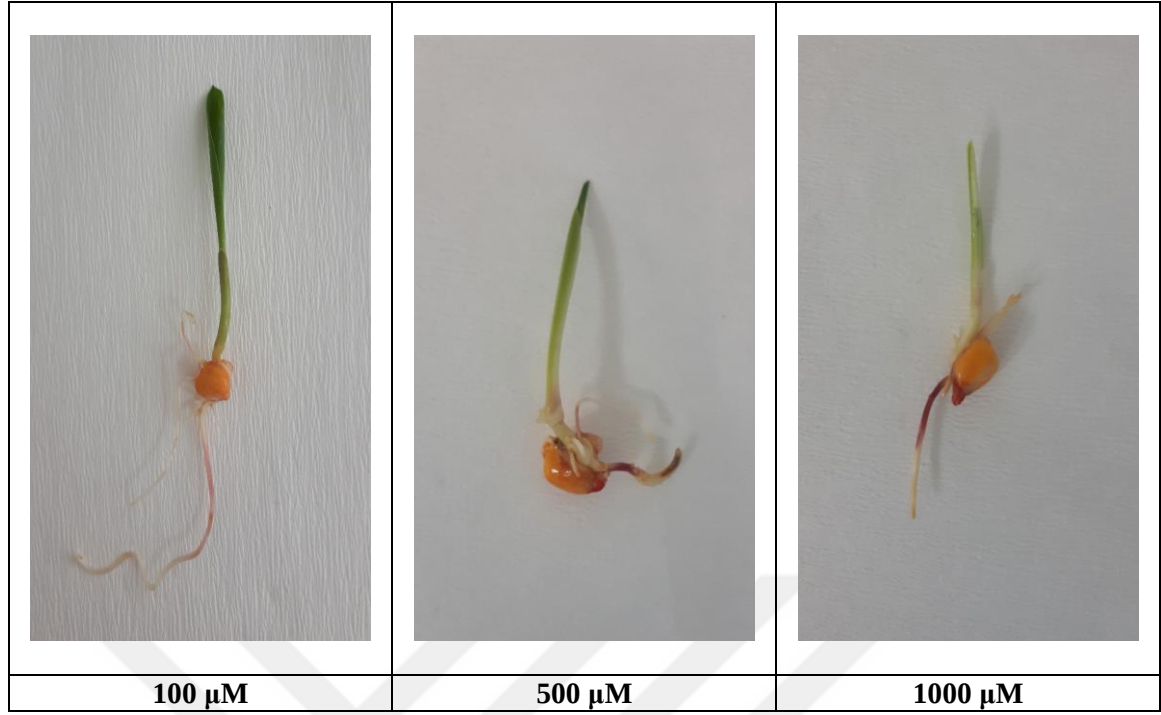
Şekil 4.5. 48 saat süre ile MCPA uygulanan bir haftalık *Triticum aestivum* L. Halis buğday fidelerinin görünümü



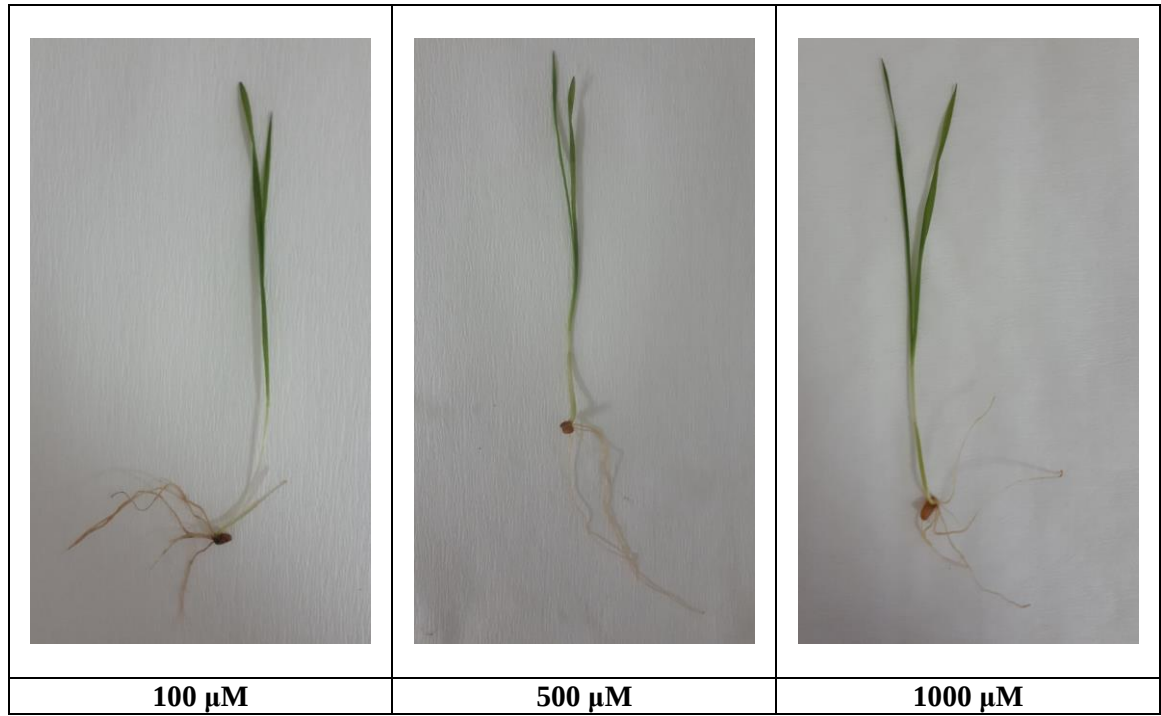
Şekil 4.6. 48 saat süre ile glifosat uygulanan bir haftalık *Zea mays* L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü



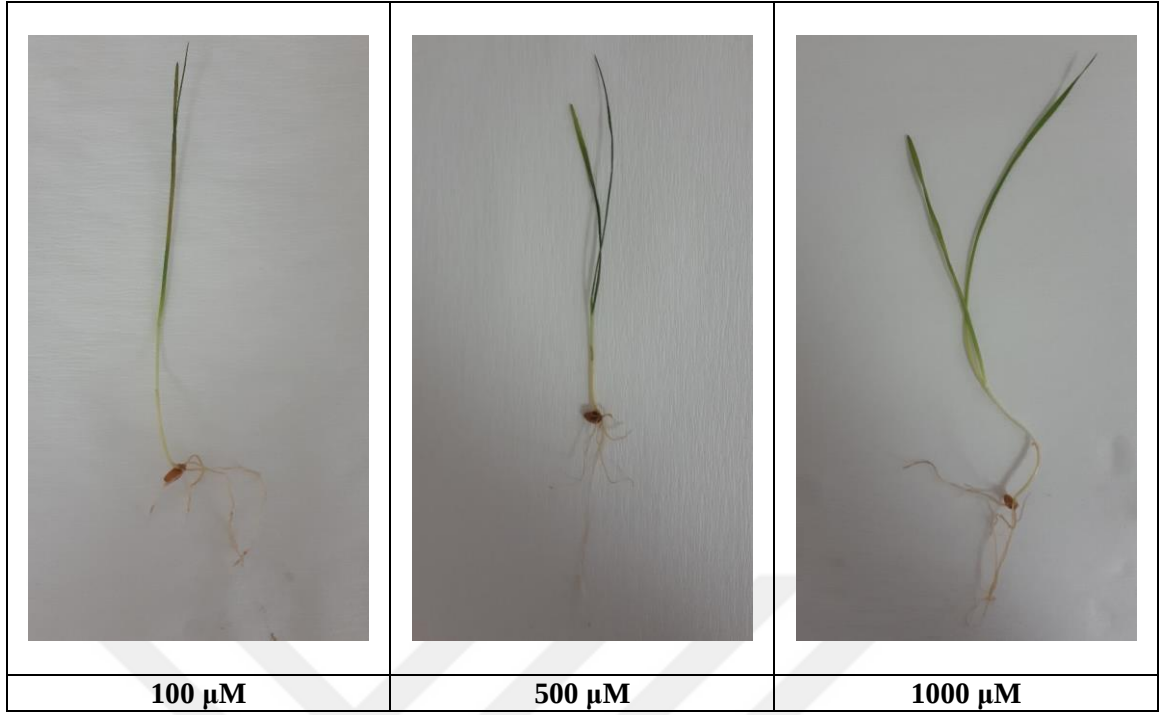
Şekil 4.7. 48 saat süre ile paraquat uygulanan bir haftalık *Zea mays* L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü



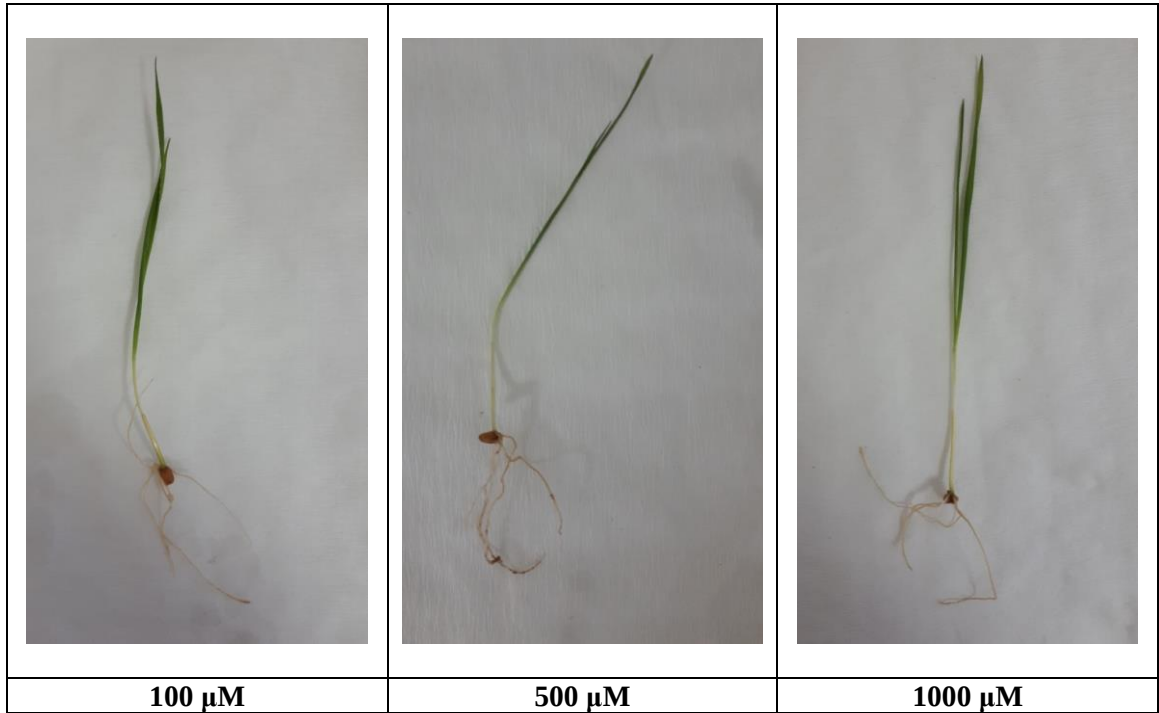
Şekil 4.8. 48 saat süre ile MCPA uygulanan bir haftalık *Zea mays* L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü



Şekil 4.9. 48 saat süre ile glifosat uygulanan 15 günlük *Triticum aestivum* L. Halis buğday fidelerinin görünümü



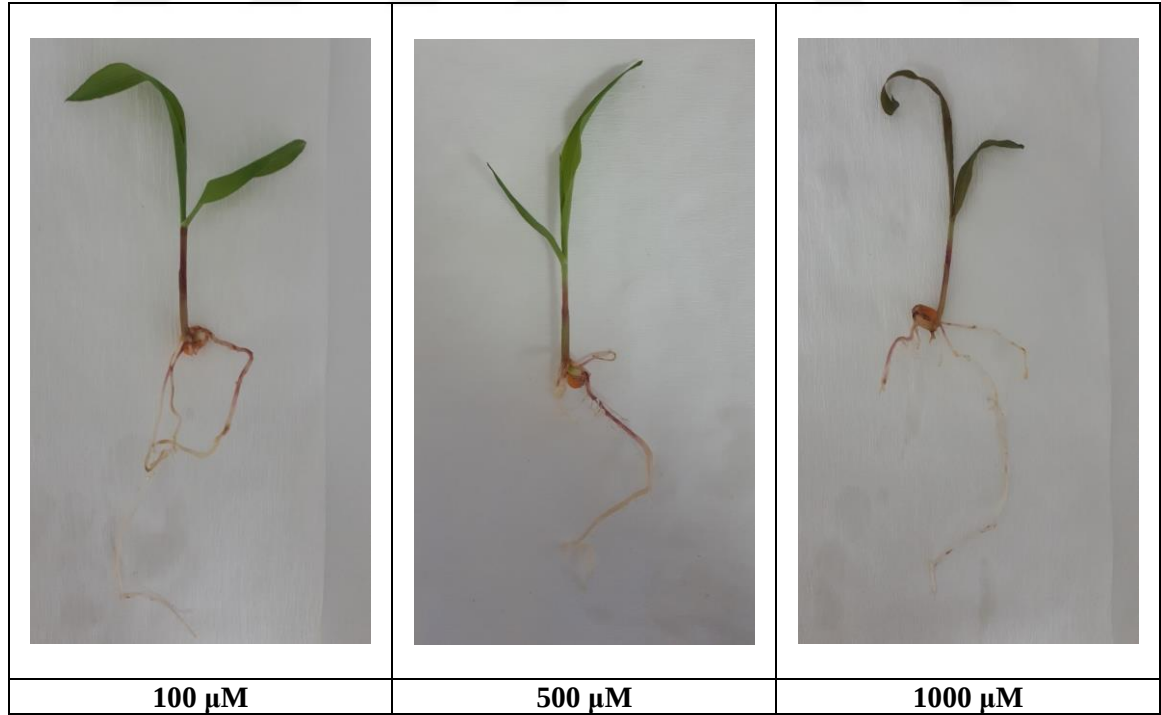
Şekil 4.10. 48 saat süre ile paraquat uygulanan 15 günlük *Triticum aestivum* L. Halis buğday fidelerinin görünümü



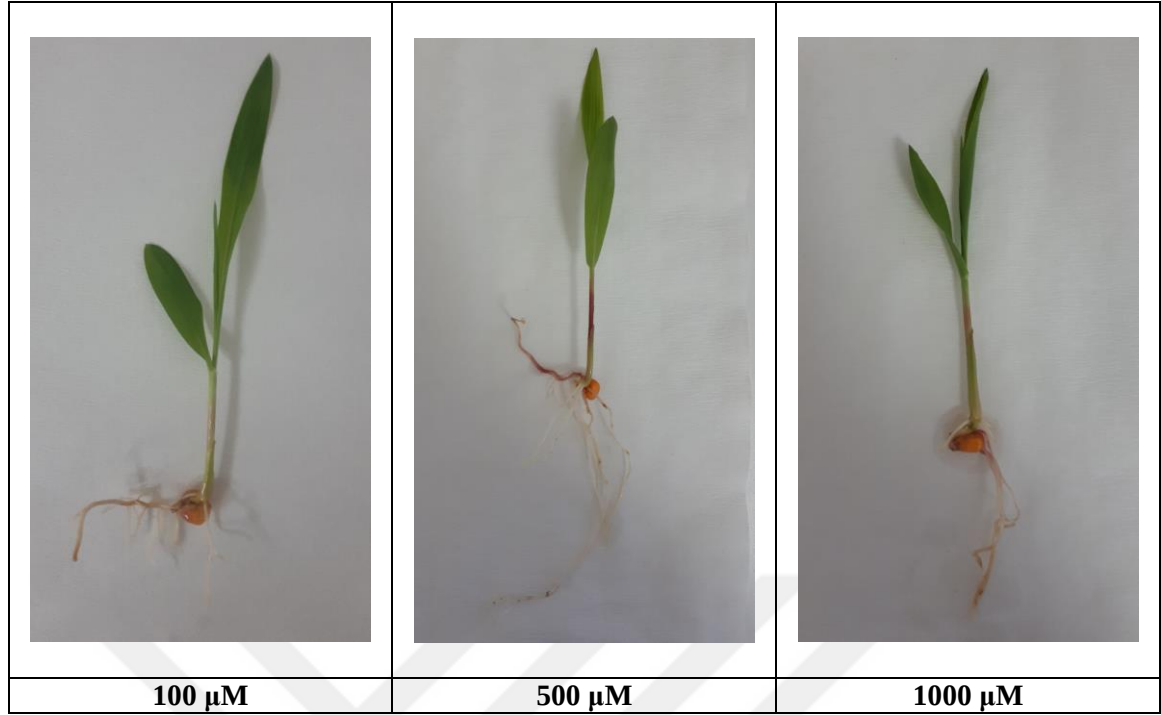
Şekil 4.11. 48 saat süre ile MCPA uygulanan 15 günlük *Triticum aestivum* L. Halis buğday fidelerinin görünümü



Şekil 4.12. 48 saat süre ile glifosat uygulanan 15 günlük *Zea mays* L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü



Şekil 13. 48 saat süre ile paraquat uygulanan 15 günlük *Zea mays* L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü



Şekil 14. 48 saat süre ile MCPA uygulanan 15 günlük *Zea mays* L. Ada 523 mısır fidelerinin görünümü

Glifosat herbisiti uygulanan fidelerin kök uzunluklarında kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 66.02, % 78.15 ve % 91.56 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p < 0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 48.84, % 56.47 ve % 77.70 oranlarında azalma gözlenmiştir ($p < 0.001$) (Tablo 4.1 ve Tablo 4.3).

Bir haftalık mısır bitkisinin kök uzunluğuna uygulanan 100 µM, 500 µM ve 1000 µM glifosat konsantrasyonlarında sırasıyla, % 33.67, % 67.99 ve % 83.55 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p < 0.05$ - $p < 0.001$). 15 günlük mısır fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 30.03, % 34.95 ve % 59.01 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p < 0.05$ - $p < 0.01$) (Tablo 4.2 ve Tablo 4.4).

Glifosat herbisiti uygulanan fidelerin sürgün uzunluklarında kontrole kıyasla; bir haftalık buğdayda 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 26.31, % 47.55 ve % 62.53 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p < 0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.69, % 22.28 ve % 54.52 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p > 0.05$ - $p < 0.001$) (Tablo 4.1 ve Tablo 4.3).

Bir haftalık mısır bitkisinin sürgün uzunluklarında kontrol grubuna kıyasla; 100 µM, 500 µM ve 1000 µM glifosat konsantrasyonlarında sırasıyla, % 21.75, % 36.47 ve % 49.47 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p < 0.001$). 15 günlük mısır fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM

konsantrasyonlarında sırasıyla, % 20.85, % 54.54 ve % 63.51 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.2 ve Tablo 4.4).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.04, % 19.10 ve % 62.65 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μ M, 500 μ M, 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.21, % 31.44 ve % 95.16 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.1 ve Tablo 4.3).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları kontrole kıyasla; bir haftalık mısır fidesinde 100 μ M, 500 μ M, 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 17.43, % 27.04 ve % 49.71 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır fidesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 17.65, % 19.21 ve % 95 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.2 ve Tablo 4.4).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin kök uzunluklarında kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 49.09, % 52.54 ve % 57.56 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 37.16, % 36.31 ve % 50.66 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$) (Tablo 4.5 ve Tablo 4.7).

Bir haftalık mısır fidelerinin kök uzunluklarında kontrole kıyasla; 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M paraquat konsantrasyonlarında sırasıyla, % 15.44, % 68.16 ve % 86.92 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.30 ($p>0.05$), % 58.20 ve % 67.01 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.6 ve Tablo 4.8).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin sürgün uzunluklarında kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla; % 36.93, % 44.38 ve % 48.68 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 37.60, % 61.48 ve % 75.27 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.5 ve Tablo 4.7).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin sürgün uzunluklarında kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 23.32, % 61.69 ve % 76.70 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 41.12, % 47.72 ve % 54.17 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.6 ve Tablo 4.8).

Paraquat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları (mg KA.g^{-1} TA) kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 μ M, 500 μ M,

1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 3.37, % 7.28 ve % 14.29 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p>0.05$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 μM ($p>0.05$), 500 μM , 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.40, % 22.22 ve % 19 oranlarında azalma gözlenmiştir; ($p<0.05$) (Tablo 4.5 ve Tablo 4.7).

Paraquat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları ($\text{mg KA.g}^{-1}\text{ TA}$) kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 27.78, % 34.61 ve % 49.11 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 19.45, % 33.88 ve % 40 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.6 ve Tablo 4.8).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin kök uzunluklarında kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 10.72 ($p>0.05$), % 66.28 ve % 76.51 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 20.14, % 34.09 ve % 39.58 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.9 ve Tablo 4.11).

Bir haftalık mısır fidelerinin kök uzunluklarında kontrole kıyasla; 100 μM ve 500 μM MCPA konsantrasyonlarında sırasıyla, % 53.87 ve % 34.27 oranlarında azalma($p<0.001$); 1000 μM konsantrasyonda % 7.73 ($p>0.05$) oranda artış tespit edilmiştir. 15 günlük mısır fidelerinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarda sırasıyla, % 28.44, % 42.62 ve % 57.31 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.10 ve Tablo 4.12).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin sürgün uzunluklarında kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetelerinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 36.35, % 64.71 ve % 67.92 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 17.70, % 32.47 ve % 61.40 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.9 ve Tablo 4.11).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin sürgün uzunluklarında kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 10.97 oranda artış, % 5.83 ve % 30.41 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır fidesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 17.82, % 43.01 ve % 56.17 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.10 ve Tablo 4.12).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları ($\text{mg KA.g}^{-1}\text{ TA}$) kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 20.27, % 44.28 ve % 60.08 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p>0.05$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μM , 500 μM , 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.73, % 12.85 ve % 18 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.9 ve Tablo 4.11).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları (mg KA.g⁻¹TA) kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 17.96, % 6.06 oranlarında artış ve % 4.45 oranında azalma tespit edilmiştir (p<0.001). 15 günlük mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.14, % 12.78 ve % 19 oranında azalma tespit edilmiştir (p<0.01- p<0.001) (Tablo 4.10 ve Tablo 4.12).

4.2. Pigment Miktarındaki Değişiklikler

Fidelere yapılan uygulamaların yaprakta klorofil (a+b) miktarı üzerine etkileri incelendiğinde, kontrol grubu fidelerine kıyasla glifosat, paraquat ve MCPA herbisitlerinin uygulandığı bütün gruplarda anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment miktarı bakımından kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.96, % 17.77 ve % 40.26 oranlarında azalma tespit edilmiştir (p<0.05-p<0.001). 15 günlük buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.87, % 10.39 ve % 16.97 oranlarında azalma olduğu ortaya çıkmıştır (p<0.001) (Tablo 4.1 ve Tablo 4.3).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment miktarı bakımından kontrole kıyasla; bir haftalık mısır fidesinde 100 µM (p>0.05), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 6.47, % 31.71 ve % 43.56 oranlarında azalma tespit edilmiştir; (p<0.001). 15 günlük mısır fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 18.01, % 29.79 ve % 53.31 oranlarında azalma tespit edilmiştir (p<0.001) (Tablo 4.2 ve Tablo 4.4).

Karotenoid miktarları için, glifosat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 14.29, % 33.34 ve % 42.86 oranlarında azalma tespit edilmiştir (p<0.01-p<0.001). 15 günlük buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 16.67, % 25 ve % 33.33 oranlarında azalma görülmüştür (p<0.001) (Tablo 4.1 ve Tablo 4.3).

Karotenoid miktarları için, glifosat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla; bir haftalık mısır fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 11.12, % 27.78 ve % 44.45 oranlarında azalma tespit edilmiştir (p<0.05-p<0.001). 15 günlük mısır fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.70, % 17.39 ve % 34.78 oranlarında azalma tespit edilmiştir (p<0.001) (Tablo 4.2 ve Tablo 4.4).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment üzerine etkisinin kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM

konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.91, % 15.33 ve % 18.57 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 4.76, % 10.40 ve % 22.51 oranlarında azalma gözlenmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.5 ve Tablo 4.7).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment üzerine etkisinin kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.70, % 10.80 ve % 15.64 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 23.59, % 29.04 ve % 34.82 oranlarında azalma olduğu bulunmuştur ($p<0.001$) (Tablo 4.6 ve Tablo 4.8).

Karotenoid miktarları için; paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinin 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 25.2, % 32.8 ve % 39.6 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μM , 500 μM , 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 46.20, % 54.89 ve % 66.85 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.5 ve Tablo 4.7).

Karotenoid miktarları için; paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μM , 500 μM , 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 12.23, % 24.46 ve % 33.09 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır fidesinde 100 μM , 500 μM , 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 6.36, % 19.09 ve % 30.91 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.6 ve Tablo 4.8).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment üzerine etkisinin kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 15.74 artma, % 9.63 ve % 17.95 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 29.40 artma, % 16.62 ve % 12.44 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.9 ve Tablo 4.11).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment üzerine etkisinin kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 1.42 artma ($p>0.05$), % 8.64 ve % 12.59 oranlarında azalma görülmüştür ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır fidesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 6.87, % 11.15 ve % 17.86 oranlarında azalma tespit edilmiştir. ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.10 ve Tablo 4.12).

Karotenoid miktarları için; MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.17 artma, % 7.78 ($p<0.05$) ve % 13.77 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında

sırasıyla, % 6.31 oranında artma, % 15.05 ve % 33.01 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.9 ve Tablo 4.11).

Karotenoid miktarları için; MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.14 oranında artma, % 10.36 ve % 19.51 oranlarında azalma görülmüştür ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır fidesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.18, % 16.43 ve % 24.15 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.10 ve Tablo 4.12).

Tablo 4.1. Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
B-Kontrol	9.216±0.421	11.794±0.499	1.496±0.013	2.299±0.051	0.209±0.005
B-100 μM	3.131±0.337***	8.690±0.724***	1.390±0.021*	2.116±0.014*	0.179±0.007**
B-500 μM	2.013±0.117***	6.186±0.365***	1.210±0.020***	1.891±0.049***	0.142±0.006***
B-1000 μM	0.778±0.147***	4.420±0.165***	0.559±0.035***	1.374±0.092***	0.121±0.008***
Kontrole kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n:10), Buğday: B					

Tablo 4.2. Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
M-Kontrol	6.182±1.00	13.940±0.343	1.662±0.037	2.046±0.080	0.179±0.005
M-100 μM	4.100±0.490*	10.910±0.449***	1.372±0.015***	1.913±0.012	0.161±0.005*
M-500 μM	1.979±0.147***	8.856±0.349***	1.212±0.013***	1.397±0.047***	0.128±0.005***
M-1000 μM	1.017±0.130***	7.045±0.551***	0.836±0.045***	1.155±0.037***	0.100±0.004***
Kontrole kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n:10), Mısır: M					

Tablo 4.3. 15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
B-Kontrol	5.539±0.755	8.420±0.324	1.527±0.046	2.465±0.011	0.236±0.005
B-100 µM	2.834±0.203***	8.026±0.248	1.325±0.059*	2.320±0.011***	0.197±0.006***
B-500 µM	2.411±0.109***	6.544±0.214***	1.047±0.039***	2.209±0.019***	0.177±0.003***
B-1000 µM	1.235±0.137***	3.830±0.311***	0.737±0.057***	2.047±0.023***	0.158±0.003***
Kontrolle kıyasla; *<0.05; **<0.01; ***<0.001, olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10) Buğday: B					

Tablo 4.4. 15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
M-Kontrol	3.087±0.211	6.338±0.225	1.452±0.069	2.700±0.047	0.230±0.005
M-100 µM	2.160±0.110*	5.017±0.130**	1.196±0.059*	2.214±0.008***	0.207±0.003***
M-500 µM	2.008±0.136*	2.881±0.091***	1.173±0.023*	1.896±0.008***	0.185±0.004***
M-1000 µM	1.265±0.164**	2.313±0.157***	0.763±0.054***	1.261±0.009***	0.147±0.003***
Kontrolle kıyasla; *<0.05; **<0.01; ***<0.001, olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10), Mısır: M					

Tablo 4.5. Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
B-Kontrol	11.249±0.267	10.970±0.087	1.484±0.014	2.289±0.018	0.250±0.010
B-100 µM	5.727±0.266***	6,919±0.276***	1.434±0.010	2.108±0.022***	0.187±0.006***
B-500 µM	5.339±0.044***	6.102±0.112***	1.376±0.009	1.938±0.030***	0.168±0.003***
B-1000 µM	4.774±0.307***	5.630±0.196***	1.272±0.017	1.864±0.022***	0.151±0.003***
Kontrolle kıyasla; *<0.05; **<0.01; ***<0.001, olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10) Buğday: B					

Tablo 4.6. Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
M-Kontrol	11.597±0.576	10.017±0.289	2.739±0.110	2,640±0.021	0.278±0.004
M-100 µM	9.806±0.111***	7.681±1.460*	1.978±0.053***	2.516±0.011**	0.244±0.005***
M-500 µM	3.693±0.195***	3.838±0.364***	1.791±0.022***	2.355±0.022***	0.210±0.005***
M-1000 µM	1.517±0.159***	2.334±0.335***	1.394±0.098***	2.227±0.013***	0.186±0.003***

Kontrolle kıyasla; *<0.05; **<0.01; ***<0.001, olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10), Mısır: M

Tablo 4.7. 15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
B-Kontrol	7.147±0.452	6.239±0.180	1.485±0.314	2.923±0.017	0.184±0.003
B-100 µM	4.491±0.174***	3.893±0.579***	1,286±0.038	2.784±0.015*	0.099±0.005***
B-500 µM	4.552±0.120***	2.403±0.087***	1.155±0.010*	2.619±0.010***	0.083±0.003***
B-1000 µM	3.526±0.329***	1.543±0.210***	1.202±0.040*	2.265±0.069***	0.061±0.005***

Kontrolle kıyasla; *<0.05; **<0.01; ***<0.001, olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10) Buğday: B

Tablo 4.8. 15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
M-Kontrol	11.775±0.240	4.728±0.098	1.753±0.222	2.789±0.016	0.220±0.004
M-100 µM	11.269±0.092	2.784±0.089***	1.412±0.021*	2.131±0.030***	0.206±0.002*
M-500 µM	4.922±0.390***	2.472±0.062***	1.159±0.018***	1.979±0.004***	0.178±0.003***
M-1000 µM	3.884±0.158***	2.167±0.034***	1.049±0.071***	1.818±0.005***	0.152±0.004***

Kontrolle kıyasla; *<0.05; **<0.01; ***<0.001, olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10), Mısır: M

Tablo 4.9. Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
B-Kontrol	4.769±0.131	11.795±0.275	3.069±0.142	2.128±0.054	0.167±0.003
B-100 µM	4.258±0.133	7.508±0.618***	2.447±0.052	2.463±0.047***	0.189±0.004***
B-500 µM	1.608±0.113***	4.163±0.089***	1.710±0.146	1.923±0.008***	0.154±0.003*
B-1000 µM	1.120±0.072***	3.784±0.089***	1.225±0.056	1.746±0.013***	0.144±0.002***
Kontrole kıyasla; *<0.05; **<0.01; ***<0.001, olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10) Buğday: B					

Tablo 4.10. Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
M-Kontrol	5.987±0.303	16.801±0.551	1.370±0.059	1.898±0.011	0.164±0.004
M-100 µM	9.212±0.168***	18.644±0.209*	1.616±0.042***	1.925±0.004	0.179±0.002*
M-500 µM	8.039±0.186***	15.822±0.223	1.453±0.007***	1.734±0.011*	0.147±0.003*
M-1000 µM	5.524±0.670	11.692±0.285***	1.309±0.022***	1.659±0.018***	0.132±0.002***
Kontrole kıyasla; *<0.05; **<0.01; ***<0.001, olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10), Mısır: M					

Tablo 4.11. 15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
B-Kontrol	4.186±0.202	5.261±0.171	1.642±0.020	2.010±0.060	0.206±0.003
B-100 µM	3.343±0.128*	4.330±0.167**	1.515±0.025**	2.601±0.051***	0.219±0.004*
B-500 µM	2.759±0.110***	3.553±0.118***	1.431±0.009***	1.676±0.026***	0.175±0.005***
B-1000 µM	2.529±0.143***	2.031±0.178***	1.341±0.016***	1.760±0.019***	0.138±0.004***
Kontrole kıyasla; *<0.05; **<0.01; ***<0.001, olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10) Buğday: B					

Tablo 4.12. 15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının fide uzaması, kuru ağırlık ve pigment içeriği üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Kök Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Sürgün Uzunluğu (mm.cm ⁻¹)	Kuru Ağırlık (mgKA.g ⁻¹ TA)	Klorofil (a+b) (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid (mg.g ⁻¹ TA)
M-Kontrol	10.016±0.339	4.399±0.129	1.541±0.025	1.965±0.011	0.207±0.004
M-100 µM	7.167±0.296***	3.615±0.249**	1.431±0.029**	1.830±0.014**	0.188±0.001**
M-500 µM	5.747±0.254***	2.507±0.091***	1.344±0.018***	1.746±0.018***	0.173±0.003***
M-1000 µM	4.276±0.117***	1.928±0.112***	1.253±0.020***	1.614±0.008***	0.157±0.003***

Kontrolle kıyasla; *<0.05; **<0.01; ***<0.001, olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n:10), Mısır: M

4.3. Prolin (PRL) Miktarındaki Değişiklikler

Glifosat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 17.66, % 27.56 ve % 41.08 oranlarında azalma tespit edilmiştir (p<0.001). 15 günlük buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 20.13, % 45.11 ve % 83.20 oranlarında artma olduğu görülmüştür (p<0.01-p<0.001) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır fidesinin kökünde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.10, % 20.31 ve % 37.60 oranlarında azalma tespit edilmiştir (p<0.01-p<0.001). 15 günlük mısır bitkisinin kökünde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 15.73, % 23.90 ve % 44.30 oranlarında azalma olduğu görülmüştür (p<0.01-p<0.001) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Glifosat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fideleri için 100 µM (p>0.05), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.91, % 9.63 ve % 26.17 oranlarında artma tespit edilmiştir (p<0.01-p<0.001). 15 günlük buğday fidesi için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 14.58, % 24.45 ve % 40.27 oranlarında artma gözlenmiştir (p<0.01-p<0.001) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır bitkisinin yapraklarında 100 µM (p>0.05), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla % 11.87, % 30.71 ve % 62.40 oranlarında artma tespit edilmiştir (p<0.001). 15 günlük mısır fidesinin yapraklarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 21.43 oranında azalma, % 13.33 ve % 21.40 oranlarında artma tespit edilmiştir (p<0.001) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 35.61, % 76.87 ve % 116.20 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 21.15, % 40.14 ve % 89.90 oranlarında artma olduğu ortaya çıkmıştır ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 23.22, % 78.93 ve % 124.49 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 17.02, % 31.01 ve % 42.08 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 27.24, % 62.62 ve % 129.76 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 6.49, % 18.85 ve % 30.03 oranlarında azalma gözlenmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesi için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarda sırasıyla, % 35.21, % 81.75 ve % 23.27 ($p<0.01$) oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesi için 100 µM ($p>0.05$), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarda sırasıyla, % 16.26, % 25.37 ve % 43.60 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.47 artma, % 38.71 ve % 30.28 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 µM ($p>0.05$), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.16, % 22.91 ve % 88.30 oranlarında artma görülmüştür ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 28.43, % 15.31 ve % 8.73 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır fidelerinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 29.49, % 36.09 ve % 46.65 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesi için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 12.81, % 17.20 ve % 23.61 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday fidesi için 100 µM 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarda sırasıyla, % 19.07 % 27.45 ve % 37.85 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında PRL miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır yaprakları için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.76, % 39.21 ve % 57.05 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır fidelerinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM ($p<0.001$) konsantrasyonlarda sırasıyla, % 6.67 azalma, % 12.34 ve % 56.41 oranlarında artma görülmüştür ($p>0.05$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

4.4. Redükte Glutasyon (GSH) Miktarındaki Değişiklikler

Glifosat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde GSH miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesi 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 3.61, % 6.28 ve % 10.48 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesi için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 25.70, % 37.47 ve % 41.62 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde GSH miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır fidesi için GSH miktarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 22.52, % 28.36 ve % 31.71 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır fidesinde GSH miktarı 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 10.12, % 21.67 ve % 41.68 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında GSH içeriği kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.74, % 16.34 ve % 18.56 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday yapraklarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 64.94, % 108.85 ve % 106.58 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında GSH içeriği kontrole kıyasla; bir haftalık mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 6.98, % 22.12 ve % 29.98 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır yapraklarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 17.25, % 14.84 oranlarda azalış ve % 23.77 oranında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde GSH miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesi için 100 µM ($p>0.05$), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 35.61, % 76.87 ve % 116.20 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 21.15, % 40.14 ve % 89.90 oranlarda artma gözlenmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde GSH miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesi için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 23.22, % 78.93 ve % 124.49 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesi

için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 17.02, % 31.01 ve % 42.08 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında GSH miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM ($p>0.05$), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 6.78, % 19.51 ve % 31.98 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday yaprakları için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.68 ve % 19.17 oranlarda azalma, % 4.48 oranında artma gözlenmiştir ($p<0.001$ - $p<0.05$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında GSH miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır yapraklarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 12.07, % 17.63 ve % 27.91 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır yapraklarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.66, % 40.07 ve % 48.12 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde GSH miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesi için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 15.54 ve % 23.11 azalma, % 50.10 oranında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinin kökleri için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.51, % 20.26 ve % 28.57 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde GSH miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.64 azalma, % 10.54 ve % 17.04 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır fidesi için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.40, % 16.12 ve % 34.74 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında GSH miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinin yapraklarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.10, % 11.50 ve % 15.44 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinin yapraklarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.37, % 19.96 ve % 24.69 oranlarında azalma gözlenmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında GSH miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinin yapraklarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.12, % 13.72 ve % 17.59 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır yapraklarında 100 µM ($p>0.05$), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 6.49, % 27.29 ve % 35.57 oranlarında artış tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

4.5. Malondialdehit (MDA) Miktarındaki Değişiklikler

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde MDA miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesi için, 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 18.21($p>0.05$) ve % 37.21 oranında azalış ve % 42.39 oranında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.59, % 7.80 ve % 19.02 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde MDA miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır fidesinin köklerinde, 100 μ M ($p>0.05$), 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.08, % 16.44 ve % 38.57 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır fidesinin köklerinde; 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 20.10, % 23.77 ve % 29 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında MDA miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesi için 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 64.75, % 50.27 ve % 30.26 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesi için MDA miktarında 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 18.71, % 32.85 ve % 54.92 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında MDA miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır fidesi için 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 12.63, % 19.50 ve % 36.40 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır fidesi için 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 21.66, % 43.09 ve % 50.75 oranlarında azalma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde MDA miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesi için 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 36.92, % 72.33 ve % 100.87 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 μ M ($p>0.05$), 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.48, % 64.24 ve % 75.81 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde MDA miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla; % 14.02, % 33.26 ve % 45.17 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 μ M ($p>0.05$), 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla; % 6.90, % 14.43 ve % 21.33 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında MDA miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesi için 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 22.08, % 40.10 ve % 43.85 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday

varyetesinde MDA miktarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.07, % 20.71 ve % 26.95 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında MDA miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde MDA miktarı 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.03, % 6.38 ve % 18.22 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde MDA miktarı 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 11.11, % 31.75 ve % 19.05 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde MDA miktarında kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 19.26 azalma, % 11.62 ($p<0.05$) ve % 19.77 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde MDA miktarı 100 µM ($p>0.05$), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 2.22, % 4.63 ve % 12.72 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde MDA miktarında kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde MDA miktarı 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 15.70 azalma ($p>0.05$), % 30.87 ve % 39.69 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde MDA miktarı 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 10, % 18.25 ve % 29.95 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında MDA miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 27.35, % 58.53 ve % 74.34 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 16.65, % 49.48 ve % 56.08 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında MDA miktarı kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 13.85, % 22.95 ve % 29.50 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 6.73, % 46.14 ve % 51.62 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

4.6. Süperoksit dismutaz (SOD) Aktivitesindeki Değişiklikler

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde SOD aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday bitkisinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 21.43, % 26.12 ve % 29.80 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday

fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.45, % 11.91 ve % 18.20 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde SOD aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısırdaki 100 µM ($p>0.05$), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 2.22, % 19.02 ve % 25.14 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır köklerinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.90, % 8.49 ve % 12.97 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 11.85, % 16.14 ve % 20.80 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesi için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.86, % 16.46 ve % 22.77 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; bir haftalık mısır yapraklarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 25.20, % 49.99 ve % 60.44 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır yapraklarında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.75, % 26.54 ve % 47.11 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesi 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 2.77, % 4.65 ve % 7.17 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 4.57, % 8.99 ve % 15.08 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 µM ($p>0.05$), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 1.73, % 3.97 ve % 6.22 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.90, % 21.17 ve % 2.25 ($p>0.05$) oranlarında azalma tespit edilmişti ($p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.25, % 12.52 ve % 16.93 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.70, % 9.92 ve % 19.23 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.61, % 11.42 ve % 18.34 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır

varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.72, % 22.13 ve % 28.64 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 11.05, % 17.56 ve % 25.21 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.69, % 11.12 ve % 17.54 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.93, % 18.17 ve % 25.24 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 µM ($p>0.05$), 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 1.80, % 7.49 ve % 11.62 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.98, % 13.39 ve % 20.79 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 18.26, % 24.01 ve % 31.75 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 6.69 azalma, % 6.93 ve % 11.79 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.27 ve % 9.76 azalma, % 8.53 oranında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

4.7. Katalaz (CAT) Aktivitesindeki Değişiklikler

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.75, % 14.44 ve % 34.65 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 61.43, % 91.04 ve % 100 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.31, % 10.39 ve % 15.89 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır fidesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 24.74, % 31.28 ve % 70.63 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday bitkisinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.16, % 13.90 ve % 41.06 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 57.20, % 148.14 ve % 305.18 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır bitkisinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 16.24, % 19.86 ve % 22.02 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır fidesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.10, % 11.25 ve % 15.70 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetelerinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 44.44, % 92.59 ve % 159.25 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 39.05, % 82.81 ve % 121.88 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 98.08, % 161.54 ve % 221.16 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 38.68, % 66.98 ve % 95.28 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 43.18, % 93.18 ve % 161.37 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 42.60, % 103.71 ve % 176.07 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 73.91, % 182.60 ve % 256.50 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 64.71, % 152.94 ve % 233.48 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyatesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 45.95, % 89.41 ve % 100.65 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 22.21, % 44.71 ve % 71.53 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 19.93, % 23.79 ve % 35.61 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 20.80 azalma, % 81.22 ve % 84.65 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 12.04, % 35.10 ve % 66.49 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.14, % 10.35 ve % 54.45 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.80, % 14.14 ve % 29.56 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 55.83, % 69.80 ve % 84.49 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

4.8. Glutatyon-S-transferaz (GST) Aktivitesindeki Değişiklikler

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday bitkisinde 100 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 30.68 ve % 51.18 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μ M ($p>0.05$), 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.47 azalma, % 31.72 ve % 49.26 oranında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır bitkisinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 16.68 azalma, % 4.08 ($p>0.05$) ve % 8.62 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$ - $p<0.01$). 15 günlük mısır fidesinde ise 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 78.04, % 51.26 ve % 94.92 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday bitkisinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 18.95 azalma, % 41.82 ve % 53.71 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday fidesinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 10.30, % 21.32 ve % 34.94 oranlarında azalma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.13 ve Tablo 4.15).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır bitkisinde 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 23, % 29.22 ve % 35.35 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır fidesinde

100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 35.52, % 68.40 ve % 96.92 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.14 ve Tablo 4.16).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 18.67, % 38.34 ve % 54.93 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 29.86, % 51.44 ve % 21.53 oranlarında azalma olduğu ortaya çıkmıştır ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 129.45, % 42.12 ve % 153.64 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 24.23, % 62.14 ve % 114.48 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 60.64, % 74.08 ve % 16.87 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 35.74, % 63.50 ve % 88.13 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.17 ve Tablo 4.19).

Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 41.73, % 69.63 ve % 89.38 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.53 ve % 20.09 azalma, % 6.39 oranında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$ - $p<0.01$) (Tablo 4.18 ve Tablo 4.20).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 10.01, % 26.88 ve % 46.82 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.05$ - $p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 19.06, % 41.21 ve % 65.01 oranlarında azalma olduğu ortaya çıkmıştır ($p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 23.10, % 78.08 ve % 91.49 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.72, % 32.86 ve % 39.36 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.01$ - $p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık buğday varyetesinde 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.50, % 18.07 ve % 29.28 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($p<0.001$). 15 günlük buğday varyetesinde

100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 14.46, % 21.80 ve % 89.93 oranlarında artma gözlenmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.21 ve Tablo 4.23).

MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında GST aktiviteleri kontrole kıyasla; bir haftalık mısır varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 20.42 ve % 56.12 azalma, % 50.82 oranında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$ - $p<0.01$). 15 günlük mısır varyetesinde 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 36.20, % 57.87 ve % 77.51 oranlarında artma tespit edilmiştir ($p<0.001$) (Tablo 4.22 ve Tablo 4.24).

Tablo 4.13. Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
B-Y Kontrol	3.435 $\pm$ 0.031	173.66 $\pm$ 0.577	812.833 $\pm$ 17.898	5.825 $\pm$ 0.076	343.33 $\pm$ 5.572	2.882 $\pm$ 0.053
B-Y 100 μM	3.604 $\pm$ 0.035	156.74 $\pm$ 0.265 ***	839.166 $\pm$ 15.573 ***	6.515 $\pm$ 0.034 ***	371.36 $\pm$ 4.608 ***	2.336 $\pm$ 0.042 ***
B-Y 500 μM	3.766 $\pm$ 0.048 **	145.28 $\pm$ 0.200 ***	721.500 $\pm$ 30.128 ***	6.765 $\pm$ 0.174***	391.05 $\pm$ 3.582 ***	4.087 $\pm$ 0.093 ***
B-Y 1000 μM	4.334 $\pm$ 0.087 ***	141.43 $\pm$ 0.056 ***	558.833 $\pm$ 25.298 ***	7.036 $\pm$ 0.045 ***	484.30 $\pm$ 2.643 ***	4.430 $\pm$ 0.021 ***
B-K Kontrol	2.614 $\pm$ 0.185	111.34 $\pm$ 0.189	167.500 $\pm$ 11.302	6.082 $\pm$ 0.070	237.97 $\pm$ 0.246	1.271 $\pm$ 0.014
B-K 100 μM	1.152 $\pm$ 0.087 ***	107.32 $\pm$ 0.121 ***	137.000 $\pm$ 2.565	7.386 $\pm$ 0.095 ***	249.28 $\pm$ 0.569 **	1.661 $\pm$ 0.021 ***
B-K 500 μM	1.893 $\pm$ 0.012 ***	104.34 $\pm$ 0.186 ***	105.167 $\pm$ 3.166 **	7.670 $\pm$ 0.033 ***	272.33 $\pm$ 0.338 ***	1.786 $\pm$ 0.007 ***
B-K 1000 μM	1.540 $\pm$ 0.082 ***	99.67 $\pm$ 0.090 ***	238.500 $\pm$ 5.795 **	7.894 $\pm$ 0.053 ***	320.43 $\pm$ 0.518 ***	1.922 $\pm$ 0.008 ***
Kontrolle kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3) Buğday: B, Yaprak: Y, Kök: K						

Tablo 4.14. Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
M-Y Kontrol	1.902 $\pm$ 0.004	136.20 $\pm$ 0.246	555.333 $\pm$ 21.016	3.660 $\pm$ 0.050	324.57 $\pm$ 5.779	2.203 $\pm$ 0.018
M-Y 100 μM	2.127 $\pm$ 0.073	145.70 $\pm$ 0.223 ***	625.500 $\pm$ 7.399*	4.583 $\pm$ 0.059 ***	377.28 $\pm$ 2.674 ***	2.709 $\pm$ 0.012 ***
M-Y 500 μM	2.485 $\pm$ 0.086 ***	166.33 $\pm$ 0.193 ***	663.667 $\pm$ 6.966 ***	5.490 $\pm$ 0.162 ***	389.01 $\pm$ 1.917 ***	2.846 $\pm$ 0.030 ***
M-Y 1000 μM	3.088 $\pm$ 0.058 ***	177.03 $\pm$ 0.476 ***	757.500 $\pm$ 15.332 ***	5.873 $\pm$ 0.088 ***	396.05 $\pm$ 2.286 ***	2.981 $\pm$ 0.005 ***
M-K Kontrol	4.601 $\pm$ 0.083	150.11 $\pm$ 0.281	682.333 $\pm$ 14.240	4.778 $\pm$ 0.104	176.13 $\pm$ 0.118	1.774 $\pm$ 0.022
M-K 100 μM	4.183 $\pm$ 0.098 **	116.30 $\pm$ 0.121 ***	717.000 $\pm$ 6.525	4.884 $\pm$ 0.095	189.00 $\pm$ 0.064 **	1.478 $\pm$ 0.008 ***
M-K 500 μM	3.667 $\pm$ 0.123 ***	107.54 $\pm$ 0.255 ***	794.500 $\pm$ 8.431 ***	5.687 $\pm$ 0.098 ***	194.44 $\pm$ 0.380 ***	1.847 $\pm$ 0.017 ***
M-K 1000 μM	2.871 $\pm$ 0.039 ***	102.51 $\pm$ 0.196 ***	945.500 $\pm$ 7.112 ***	5.980 $\pm$ 0.010 ***	204.12 $\pm$ 0.245 ***	1.927 $\pm$ 0.015 **

Kontrole kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n:3), Mısır: M, Yaprak: Y, Kök: K

Tablo 4.15. 15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
B-Y Kontrol	3.885 $\pm$ 0.031	30.919 $\pm$ 0.134	415.492 $\pm$ 0.189	8.248 $\pm$ 0.109	112.06 $\pm$ 0.080	9.824 $\pm$ 0.111
B-Y 100 μM	4.451 $\pm$ 0.030 **	51.00 $\pm$ 0.353 ***	493.217 $\pm$ 0.182 ***	8.649 $\pm$ 0.079 **	176.16 $\pm$ 0.129 ***	8.812 $\pm$ 0.008 ***
B-Y 500 μM	4.835 $\pm$ 0.040 ***	64.575 $\pm$ 0.217 ***	552.993 $\pm$ 0.488 ***	9.606 $\pm$ 0.037 ***	278.07 $\pm$ 0.162 ***	7.730 $\pm$ 0.022 ***
B-Y 1000 μM	5.449 $\pm$ 0.181 ***	85.515 $\pm$ 0.244 ***	643.669 $\pm$ 0.149 ***	10.126 $\pm$ 0.026 ***	454.06 $\pm$ 0.193 ***	6.392 $\pm$ 0.028 ***
B-K Kontrol	3.650 $\pm$ 0.157	69.583 $\pm$ 0.237	178.591 $\pm$ 0.213	8.290 $\pm$ 0.125	120.62 $\pm$ 0.175	2.634 $\pm$ 0.100
B-K 100 μM	4.385 $\pm$ 0.126 **	87.467 $\pm$ 0.259 ***	188.566 $\pm$ 0.217 ***	8.742 $\pm$ 0.026 **	194.73 $\pm$ 0.156 ***	2.411 $\pm$ 0.103 ***
B-K 500 μM	5.296 $\pm$ 0.306 ***	95.653 $\pm$ 0.268 ***	192.519 $\pm$ 0.210 ***	9.278 $\pm$ 0.106 ***	230.43 $\pm$ 0.226 ***	3.469 $\pm$ 0.168 ***
B-K 1000 μM	6.687 $\pm$ 0.150 ***	98.542 $\pm$ 0.244 ***	212.560 $\pm$ 0.248 ***	9.799 $\pm$ 0.106 ***	319.10 $\pm$ 0.121 ***	3.931 $\pm$ 0.050 ***

Kontrole kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3) Buğday: B, Yaprak: Y, Kök: K

Tablo 4.16. 15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile glifosat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
M-Y Kontrol	6.346 $\pm$ 0.142	57.061 $\pm$ 0.140	573.589 $\pm$ 0.245	5.210 $\pm$ 0.0594	256.64 $\pm$ 1.612	2.511 $\pm$ 0.044
M-Y 100 μM	4.986 $\pm$ 0.044 ***	47.217 $\pm$ 0.159 ***	449.339 $\pm$ 0.157 ***	5.509 $\pm$ 0.022 *	274.86 $\pm$ 0.595 ***	3.402 $\pm$ 0.044 ***
M-Y 500 μM	7.192 $\pm$ 0.140 ***	48.592 $\pm$ 0.251 ***	326.446 $\pm$ 0.259 ***	6.593 $\pm$ 0.204 ***	285.52 $\pm$ 0.205 ***	4.228 $\pm$ 0.021 ***
M-Y 1000 μM	7.704 $\pm$ 0.135 ***	70.623 $\pm$ 0.185 ***	282.491 $\pm$ 0.260 ***	7.664 $\pm$ 0.206 ***	296.95 $\pm$ 0.329 ***	4.944 $\pm$ 0.021 ***
M-K Kontrol	4.576 $\pm$ 0.108	69.538 $\pm$ 0.243	404.318 $\pm$ 0.131	9.990 $\pm$ 0.060	314.90 $\pm$ 0.050	2.728 $\pm$ 0.198
M-K 100 μM	3.856 $\pm$ 0.063 **	62.502 $\pm$ 0.206 ***	485.583 $\pm$ 0.250 ***	8.460 $\pm$ 0.053 **	392.81 $\pm$ 0.112 ***	4.126 $\pm$ 0.067 ***
M-K 500 μM	3.482 $\pm$ 0.147 ***	54.471 $\pm$ 0.260 ***	500.412 $\pm$ 0.224 ***	8.227 $\pm$ 0.065 ***	413.41 $\pm$ 0.226 ***	4.856 $\pm$ 0.027 ***
M-K 1000 μM	2.549 $\pm$ 0.074 ***	40.554 $\pm$ 0.243 ***	521.557 $\pm$ 0.208 ***	7.824 $\pm$ 0.016 ***	537.32 $\pm$ 0.183 ***	5.317 $\pm$ 0.088 ***
Kontrole kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n:3), Mısır: M, Yaprak: Y, Kök: K						

Tablo 4.17. Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
B-Y Kontrol	1.193 $\pm$ 0.046	41.00 $\pm$ 0.694	11.201 $\pm$ 0.165	11.266 $\pm$ 0.139	135.80 $\pm$ 13.453	7.281 $\pm$ 0.216
B-Y 100 μM	1.518 $\pm$ 0.077 **	43.778 $\pm$ 0.588	8.728 $\pm$ 0.112 ***	12.083 $\pm$ 0.070 ***	194.44 $\pm$ 10.691 *	11.696 $\pm$ 0.203 ***
B-Y 500 μM	1.940 $\pm$ 0.063 ***	49.00 $\pm$ 1.262 ***	6.709 $\pm$ 0.169 ***	12.676 $\pm$ 0.224 ***	262.34 $\pm$ 18.774 ***	12.675 $\pm$ 0.152 ***
B-Y 1000 μM	2.741 $\pm$ 0.078 ***	54.111 $\pm$ 0.338 ***	6.289 $\pm$ 0.065 ***	13.173 $\pm$ 0.055 ***	354.94 $\pm$ 18.774 ***	8.509 $\pm$ 0.116 ***
B-K Kontrol	0.938 $\pm$ 0.053	23.445 $\pm$ 0.401	2.183 $\pm$ 0.042	12.756 $\pm$ 0.125	166.67 $\pm$ 10.691	2.822 $\pm$ 0.127
B-K 100 μM	1.272 $\pm$ 0.092 **	25.833 $\pm$ 0.536	2.989 $\pm$ 0.060 ***	13.109 $\pm$ 0.058 *	240.74 $\pm$ 10.692 **	2.295 $\pm$ 0.077 *
B-K 500 μM	1.659 $\pm$ 0.076 ***	28.778 $\pm$ 0.401 **	3.762 $\pm$ 0.072 ***	13.349 $\pm$ 0.042 *	320.99 $\pm$ 16.332 ***	1.740 $\pm$ 0.128 ***
B-K 1000 μM	2.028 $\pm$ 0.093 ***	30.333 $\pm$ 0.385 ***	4.385 $\pm$ 0.072 ***	13.670 $\pm$ 0.058 ***	432.10 $\pm$ 26.906 ***	1.272 $\pm$ 0.101 ***
Kontrole kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3) Buğday: B, Yaprak: Y, Kök: K						

Tablo 4.18. Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
M-Y Kontrol	1.474 $\pm$ 0.054	92.945 $\pm$ 0.297	6.878 $\pm$ 0.100	7.163 $\pm$ 0.277	70.99 $\pm$ 8.165	5.921 $\pm$ 0.203
M-Y 100 μM	1.993 $\pm$ 0.046 ***	104.167 $\pm$ 1.109 ***	7.224 $\pm$ 0.054 *	7.708 $\pm$ 0.105 **	123.46 $\pm$ 16.331 *	8.392 $\pm$ 0.082 ***
M-Y 500 μM	2.679 $\pm$ 0.092 ***	109.333 $\pm$ 1.018 ***	7.685 $\pm$ 0.090 ***	7.981 $\pm$ 0.073 ***	200.62 $\pm$ 18.773 ***	10.044 $\pm$ 0.101 ***
M-Y 1000 μM	1.817 $\pm$ 0.054 **	118.889 $\pm$ 1.544 ***	8.131 $\pm$ 0.071 ***	8.477 $\pm$ 0.143 ***	324.07 $\pm$ 16.037 ***	11.213 $\pm$ 0.178 ***
M-K Kontrol	1.025 $\pm$ 0.046	19.667 $\pm$ 0.385	2.610 $\pm$ 0.100	12.115 $\pm$ 0.056	160.49 $\pm$ 22.257	1.389 $\pm$ 0.215
M-K 100 μM	1.263 $\pm$ 0.069 *	22.889 $\pm$ 0.484 *	2.244 $\pm$ 0.047 **	12.324 $\pm$ 0.042	317.90 $\pm$ 21.605 ***	3.187 $\pm$ 0.102 ***
M-K 500 μM	1.834 $\pm$ 0.078 ***	26.056 $\pm$ 0.580 ***	1.742 $\pm$ 0.083 ***	12.596 $\pm$ 0.083 **	419.75 $\pm$ 16.331 ***	1.974 $\pm$ 0.101 **
M-K 1000 μM	2.301 $\pm$ 0.055 ***	31.556 $\pm$ 0.677 ***	1.431 $\pm$ 0.047 ***	12.869 $\pm$ 0.043 ***	515.43 $\pm$ 13.453 ***	3.523 $\pm$ 0.163 ***

Kontrolle kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3), Mısır: M, Yaprak: Y, Kök: K

Tablo 4.19. 15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
B-Y Kontrol	2.987 $\pm$ 0.070	65.777 $\pm$ 0.294	12.759 $\pm$ 0.593	13.542 $\pm$ 0.118	166.66 $\pm$ 10.692	3.699 $\pm$ 0.179
B-Y 100 μM	2.793 $\pm$ 0.038 *	56.777 $\pm$ 0.778 ***	11.729 $\pm$ 0.298 ***	14.314 $\pm$ 0.220 **	237.65 $\pm$ 18.774 *	5.021 $\pm$ 0.179 ***
B-Y 500 μM	2.424 $\pm$ 0.099 ***	53.167 $\pm$ 0.536 ***	10.117 $\pm$ 0.148 ***	14.886 $\pm$ 0.089 ***	339.50 $\pm$ 26.910 ***	6.048 $\pm$ 0.153 ***
B-Y 1000 μM	2.090 $\pm$ 0.055 ***	68.722 $\pm$ 1.203 *	9.321 $\pm$ 0.099 ***	16.146 $\pm$ 0.165 ***	460.09 $\pm$ 11.061 ***	6.959 $\pm$ 0.128 ***
B-K Kontrol	0.832 $\pm$ 0.0464	21.389 $\pm$ 0.530	2.637 $\pm$ 0.071	12.147 $\pm$ 0.087	197.53 $\pm$ 16.332	2.113 $\pm$ 0.128
B-K 100 μM	1.008 $\pm$ 0.031 *	24.278 $\pm$ 0.294 *	2.887 $\pm$ 0.030	12.702 $\pm$ 0.116 *	274.67 $\pm$ 11.123 **	1.482 $\pm$ 0.115 **
B-K 500 μM	1.166 $\pm$ 0.031 ***	25.722 $\pm$ 0.200 **	4.331 $\pm$ 0.072 ***	13.239 $\pm$ 0.146 ***	361.11 $\pm$ 16.038 ***	1.026 $\pm$ 0.102 ***
B-K 1000 μM	1.580 $\pm$ 0.087 ***	27.50 $\pm$ 0.289 ***	4.636 $\pm$ 0.053 ***	13.979 $\pm$ 0.146 ***	438.27 $\pm$ 8.166 ***	1.658 $\pm$ 0.089 *

Kontrolle kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3)
Buğday: B, Yaprak: Y, Kök: K

Tablo 4.20. 15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile paraquat uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
M-Y Kontrol	0.867 $\pm$ 0.032	93.167 $\pm$ 0.673	7.678 $\pm$ 0.121	12.903 $\pm$ 0.210	209.87 $\pm$ 26.907	12.862 $\pm$ 0.128
M-Y 100 μM	1.008 $\pm$ 0.031	102.167 $\pm$ 2.021 ***	8.531 $\pm$ 0.111 ***	11.778 $\pm$ 0.293 ***	345.67 $\pm$ 26.906 ***	11.893 $\pm$ 0.179 ***
M-Y 500 μM	1.087 $\pm$ 0.031 **	130.50 $\pm$ 1.549 ***	10.116 $\pm$ 0.124 ***	10.047 $\pm$ 0.275 ***	530.85 $\pm$ 26.914 ***	10.278 $\pm$ 0.204 ***
M-Y 1000 μM	1.245 $\pm$ 0.030 ***	138.00 $\pm$ 1.644 ***	9.141 $\pm$ 0.102 ***	9.207 $\pm$ 0.146 ***	699.87 $\pm$ 18.170 ***	13.684 $\pm$ 0.179 **
M-K Kontrol	1.193 $\pm$ 0.046	31.611 $\pm$ 0.338	4.317 $\pm$ 0.085	12.702 $\pm$ 0.154	327.16 $\pm$ 16.347	2.245 $\pm$ 0.089
M-K 100 μM	0.990 $\pm$ 0.047 **	34.889 $\pm$ 0.294 *	4.019 $\pm$ 0.059	10.937 $\pm$ 0.133 ***	453.69 $\pm$ 16.021 ***	2.789 $\pm$ 0.153 *
M-K 500 μM	0.823 $\pm$ 0.015 ***	37.00 $\pm$ 0.866 ***	3.694 $\pm$ 0.059* *	10.013 $\pm$ 0.204 ***	546.30 $\pm$ 16.037 ***	3.640 $\pm$ 0.156 ***
M-K 1000 μM	0.691 $\pm$ 0.030 ***	40.667 $\pm$ 0.385** *	3.396 $\pm$ 0.059* **	12.416 $\pm$ 0.149	638.89 $\pm$ 16.039* **	4.815 $\pm$ 0.183* **
Kontrolle kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3), Mısır: M, Yaprak: Y, Kök: K						

Tablo 4.21. Bir haftalık buğday fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
B-Y Kontrol	4.807 $\pm$ 0.249	52.167 $\pm$ 1.205	5.997 $\pm$ 0.078	6.094 $\pm$ 0.109	410.68 $\pm$ 0.260	9.249 $\pm$ 0.068
B-Y 100 μM	5.423 $\pm$ 0.046 *	47.944 $\pm$ 0.242 ***	7.637 $\pm$ 0.461 ***	6.580 $\pm$ 0.063 ***	361.23 $\pm$ 15.084 ***	8.555 $\pm$ 0.110 ***
B-Y 500 μM	5.634 $\pm$ 0.046 **	46.167 $\pm$ 0.481 ***	9.507 $\pm$ 0.147 ***	6.910 $\pm$ 0.109 ***	266.55 $\pm$ 3.834 ***	7.578 $\pm$ 0.187 ***
B-Y 1000 μM	5.942 $\pm$ 0.070 ***	44.111 $\pm$ 0.338 ***	10.455 $\pm$ 0.269 ***	7.361 $\pm$ 0.092 ***	137.63 $\pm$ 0.762 ***	6.541 $\pm$ 0.159 ***
B-K Kontrol	5.634 $\pm$ 0.145	27.167 $\pm$ 0.601	5.482 $\pm$ 0.200	6.129 $\pm$ 0.076	165.91 $\pm$ 0.418	4.107 $\pm$ 0.011
B-K 100 μM	5.942 $\pm$ 0.123 **	22.944 $\pm$ 0.530 ***	4.426 $\pm$ 0.166 ***	6.806 $\pm$ 0.076 ***	242.15 $\pm$ 2.993 ***	4.518 $\pm$ 0.030 *
B-K 500 μM	3.453 $\pm$ 0.462 ***	20.889 $\pm$ 0.389 ***	6.119 $\pm$ 0.049 *	7.205 $\pm$ 0.063 ***	314.25 $\pm$ 0.325 ***	5.211 $\pm$ 0.047 ***
B-K 1000 μM	3.928 $\pm$ 0.081 ***	40.778 $\pm$ 1.176 ***	6.566 $\pm$ 0.041 ***	7.674 $\pm$ 0.092 ***	332.90 $\pm$ 0.330 ***	6.030 $\pm$ 0.014 ***
Kontrolle kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n:3) Buğday: B, Yaprak: Y, Kök:K						

Tablo 4.22. Bir haftalık mısır fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
M-Y Kontrol	3.453 $\pm$ 0.078	53.056 $\pm$ 0.772	6.410 $\pm$ 0.237	7.517 $\pm$ 0.121	221.26 $\pm$ 0.547	5.415 $\pm$ 0.108
M-Y 100 μM	3.928 $\pm$ 0.107 *	56.833 $\pm$ 0.347 ***	7.298 $\pm$ 0.182 **	7.014 $\pm$ 0.092 ***	240.73 $\pm$ 0.231 **	4.309 $\pm$ 0.125 ***
M-Y 500 μM	4.807 $\pm$ 0.077 ***	60.333 $\pm$ 0.577 ***	7.881 $\pm$ 0.094 ***	8.038 $\pm$ 0.459 ***	252.54 $\pm$ 0.241 ***	2.376 $\pm$ 0.131 ***
M-Y 1000 μM	5.423 $\pm$ 0.055 ***	62.389 $\pm$ 0.338 ***	8.301 $\pm$ 0.065 ***	8.403 $\pm$ 0.063 ***	286.66 $\pm$ 0.276 ***	5.909 $\pm$ 0.029 **
M-K Kontrol	4.421 $\pm$ 0.140	24.278 $\pm$ 0.401	3.071 $\pm$ 0.072	5.642 $\pm$ 0.063	322.15 $\pm$ 2.215	3.727 $\pm$ 0.122
M-K 100 μM	5.678 $\pm$ 0.145 **	22.389 $\pm$ 0.484 *	2.589 $\pm$ 0.054	6.146 $\pm$ 0.120 ***	257.93 $\pm$ 0.937 ***	4.588 $\pm$ 0.141 ***
M-K 500 μM	5.098 $\pm$ 0.177 ***	27.389 $\pm$ 0.547 **	4.019 $\pm$ 0.049 **	6.667 $\pm$ 0.060 ***	245.52 $\pm$ 1.718 ***	6.637 $\pm$ 0.190 ***
M-K 1000 μM	4.807 $\pm$ 0.070 ***	29.00 $\pm$ 0.192 ***	4.290 $\pm$ 0.059 ***	7.066 $\pm$ 0.076 ***	207.43 $\pm$ 1.923 ***	7.137 $\pm$ 0.047 ***

Kontrolle kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n:3), Mısır: M, Yaprak: Y, Kök: K

Tablo 4.23. 15 günlük buğday fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
B-Y Kontrol	6.933 $\pm$ 0.367	27.00 $\pm$ 0.385	6.065 $\pm$ 0.200	6.944 $\pm$ 0.092	126.134 $\pm$ 0.123	7.506 $\pm$ 0.134
B-Y 100 μM	8.255 $\pm$ 0.107 ***	23.389 $\pm$ 0.493 *	7.075 $\pm$ 0.060 ***	8.212 $\pm$ 0.136 ***	132.614 $\pm$ 0.287 ***	8.591 $\pm$ 0.131 ***
B-Y 500 μM	8.836 $\pm$ 0.203 ***	21.611 $\pm$ 0.200 **	9.066 $\pm$ 0.076 ***	8.611 $\pm$ 0.092 ***	139.187 $\pm$ 0.185 ***	9.142 $\pm$ 0.062 ***
B-Y 1000 μM	9.557 $\pm$ 0.091 ***	20.333 $\pm$ 0.384 ***	9.466 $\pm$ 0.049 ***	9.149 $\pm$ 0.106 ***	194.808 $\pm$ 0.198 ***	14.256 $\pm$ 0.068 ***
B-K Kontrol	4.412 $\pm$ 0.076	50.555 $\pm$ 1.127	7.027 $\pm$ 0.165	7.031 $\pm$ 0.030	102.732 $\pm$ 0.306	4.407 $\pm$ 0.153
B-K 100 μM	4.772 $\pm$ 0.078	46.667 $\pm$ 0.855 *	7.183 $\pm$ 0.158	7.361 $\pm$ 0.092 **	125.553 $\pm$ 0.516 ***	3.567 $\pm$ 0.179 ***
B-K 500 μM	5.423 $\pm$ 0.229 **	55.00 $\pm$ 0.881 **	7.352 $\pm$ 0.059 *	7.813 $\pm$ 0.060 ***	148.665 $\pm$ 0.323 ***	2.591 $\pm$ 0.154 ***
B-K 1000 μM	8.308 $\pm$ 0.372 ***	66.222 $\pm$ 1.856 ***	7.921 $\pm$ 0.076 ***	8.264 $\pm$ 0.092 ***	176.212 $\pm$ 0.195 ***	1.542 $\pm$ 0.084 ***

Kontrolle kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3)
Buğday: B, Yaprak: Y, Kök: K

Tablo 4.24.15 günlük mısır fidelerine 48 saat süre ile MCPA uygulamasının prolin, GSH, MDA miktarları ve SOD, CAT, GST aktiviteleri üzerindeki toksik etkisi

Gruplar	Prolin ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GSH ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	MDA (nmol.g^{-1})	SOD (Unite.g^{-1})	CAT ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	GST ($\mu\text{g.g}^{-1}$)
M-Y Kontrol	4.350 $\pm$ 0.068	24.833 $\pm$ 0.673	6.654 $\pm$ 0.100	8.542 $\pm$ 0.030	100.689 $\pm$ 0.588	4.647 $\pm$ 0.190
M-Y 100 μM	4.060 $\pm$ 0.062	26.444 $\pm$ 0.530	7.102 $\pm$ 0.115 **	8.177 $\pm$ 0.108 **	156.907 $\pm$ 0.275 ***	6.329 $\pm$ 0.143 ***
M-Y 500 μM	4.887 $\pm$ 0.076	31.778 $\pm$ 0.242 ***	9.724 $\pm$ 0.124 ***	7.708 $\pm$ 0.060 ***	170.970 $\pm$ 0.430 ***	7.336 $\pm$ 0.049 ***
M-Y 1000 μM	6.804 $\pm$ 0.343 ***	33.667 $\pm$ 0.839 ***	10.089 $\pm$ 0.070 ***	9.271 $\pm$ 0.060 ***	185.758 $\pm$ 0.290 ***	8.249 $\pm$ 0.062 ***
M-K Kontrol	3.998 $\pm$ 0.063	57.889 $\pm$ 1.728	4.751 $\pm$ 0.156	6.719 $\pm$ 0.060	158.078 $\pm$ 0.347	3.643 $\pm$ 0.068
M-K 100 μM	5.177 $\pm$ 0.061 ***	63.333 $\pm$ 1.262 **	4.276 $\pm$ 0.047 **	6.840 $\pm$ 0.092	125.190 $\pm$ 0.480 ***	4.143 $\pm$ 0.061 **
M-K 500 μM	5.441 $\pm$ 0.061 ***	67.222 $\pm$ 0.778 ***	3.884 $\pm$ 0.049 ***	7.222 $\pm$ 0.092 ***	286.473 $\pm$ 0.284 ***	4.840 $\pm$ 0.104 ***
M-K 1000 μM	5.863 $\pm$ 0.110 ***	78.00 $\pm$ 1.644 ***	3.328 $\pm$ 0.098 ***	7.50 $\pm$ 0.030 ***	291.889 $\pm$ 0.830 ***	5.077 $\pm$ 0.017 ***
Kontrole kıyasla; * <0.05 ; ** <0.01 ; *** <0.001 , olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3), Mısır: M, Yaprak: Y, Kök: K						

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, bir haftalık ve 15 günlük buğday ve mısır fideleri üzerinde glifosat, paraquat ve MCPA herbisitlerinin farklı konsantrasyonlarının etkileri araştırılmıştır.

Genel olarak herbisitlerin inhibitif etkisi konsantrasyon artışına paralel olarak artmıştır. Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin kök uzunluklarında (uzama büyümesinde) bir haftalık buğday ve mısırdaki 1000 µM konsantrasyonu için en belirgin inhibitif etki tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti ile uygulama yapılan bir haftalık mısır fidelerinin kök uzunluklarında yine 1000 µM konsantrasyonunda en belirgin azalma olduğu tespit edilmiştir. MCPA herbisitinde ise en yüksek konsantrasyonda bir haftalık buğday fidelerinin kök uzunluğunda önemli derecede azalma olduğu tespit edilmiştir.

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan 15 günlük buğday ve mısır fidelerinin sürgün uzunluklarında (uzama büyümesinde) 1000 µM konsantrasyonu için diğer konsantrasyonlardan fazla azalma tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin sürgün uzunluklarında 15 günlük buğday fidelerinin yüksek konsantrasyonunda daha fazla azalma olduğu tespit edilmiştir. MCPA herbisitinde ise, inhibitif olarak 1000 µM konsantrasyonunda bir haftalık buğday fidesinde önemli derecede azalma olduğu tespit edilmiştir. Herbisitler, büyüme parametrelerinde ciddi bir azalmaya ve protein oksidasyonunda bir artışa neden olmuştur (de Freitas-Silva vd., 2017). Tohum embriyolarında H₂O₂ birikimi, oksidatif bozulmalara neden olabilir. Hücre yapılarının, yağ asitleri, proteinler ve DNA gibi hücre bileşenlerinin bozulması yoluyla tohum çimlenmesi gecikebilir. Bu nedenle, ROS birikimi tohumların çimlenmesinde herbisit müdahalesinin indüksiyonla bağlantılı olduğunu göstermektedir (Gomes vd., 2017).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları bakımından anlamlı azalmalar görülürken, 15 günlük buğday ve mısır fidelerinin 1000 µM konsantrasyonunda önemli derece de azalma tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerde anlamlı azalmalar görülürken, 15 günlük mısır fidelerinin en yüksek konsantrasyonunda önemli derece de azalma tespit edilmiştir. MCPA herbisitinde ise inhibitif olarak 1000 µM konsantrasyonunda bir haftalık buğday fidesinde etkili derecede azalma olduğu tespit edilmiştir. Glifosatın, mitokondriyal elektron taşıma zincirini bozarak tohumlarda H₂O₂ birikmesine yol açtığını ve bunun da daha düşük tohum çimlenmesine neden olduğu gözlenmiştir. Ayrıca glifosata dirençli olmayan soya fasulyesi [*Glycine max* (L.) Merrill] tohumlarında antioksidan sistemlerin aktivitesinin arttığını göstermiştir ve bu da onları glifosatın neden olduğu oksidatif strese karşı daha az savunmasız hale getirmiştir (Gomes vd., 2017).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında klorofil (a+b) miktarı tüm dozlarda azalış gösterirken, 15 günlük mısır fidesinin 1000 µM konsantrasyonunda daha fazla azalma göstermiştir. Paraquat herbisiti için tüm dozlarda azalırken, 15 günlük mısır fidesinin 1000

μM konsantrasyonunda fazla azalma olduğu tespit edilmiştir. MCPA herbisitinde ise, en fazla konsantrasyonunda 15 günlük mısır fidesinde önemli derecede azalma olduğu görülmüştür.

Karotenoid miktarları için; glifosat herbisitiyle uygulama yapılan bir haftalık mısır ve buğday fidelerin yapraklarında 1000 μM konsantrasyonunda fazla azalma tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında azalış görüldükçe, 15 günlük buğday fidesinin 1000 μM konsantrasyonunda daha fazla azalma olduğu tespit edilmiştir. MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında ise inhibitif olarak en fazla konsantrasyonunda 15 günlük mısır fidesinde önemli derecede azalma olduğu görülmüştür. Glifosat konsantrasyonu arttıkça bitki dokularında makroelement ve mikroelement birikiminde azalış olduğu, fotosentetik parametrelerdeki azalışın bundan kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Mertens vd., 2018). PSII ve PSI arasındaki elektron taşınması çevresel stres sebebiyle değiştirildiğinde, etkilenen fotosentetik organellerin NPQ (fotokimyasal olmayan su verme mekanizması)'u fotosentetik aygıtı fotoinhibisyona karşı korumak için hızla artarak, ksantofil döngüsü, bu NPQ enerji dağılımının ana bileşenini oluşturmaktadır. Bununla birlikte, PSII'den sınırlı elektron girişi nedeniyle elektron taşınması azaldığında, translokoid ΔpH azalacak ve sonuç olarak ksantofil döngüsünün indüksiyonu azalmıştır. Bu nedenle, glifosat varlığında, azalan maksimum PSII kuantum verimi ve nispi elektron taşınması, NPQ'daki düşüşlere katkıda bulunacak ve PSII için daha az korumaya yol açmış ve bu da daha sonra işlenmiş bitkilerin PSII reaksiyon merkezleri üzerindeki olumsuz etkileri arttırmıştır. Ayrıca NPQ süreçlerinde azalma gösteren bitkilerde daha düşük karotenoid içerikleri görülmüştür. Karotenoidlerin fotosentez veya kloroplast enzim reaksiyonları tarafından üretilen ROS'u ortadan kaldırarak oksidatif hasarlara karşı koruduğu bilindiğinden karotenoid içeriklerin de azalma görülmüştür (Gomes vd., 2016b). Herbisit klorofil, karotenoid ve plastokinon içeriklerini azalttığını ve fotosentetik aparatındaki değişiklikleri teşvik ettiğini ve bunun da H_2O_2 birikimiyle sonuçlanan fotokimyasal azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir (Gomes vd., 2017). Karotenoidler genellikle oksidatif hasardan korunmada, fotosentez yoluyla üretilen oksijen teklilerinin ($^1\text{O}_2$) detoksifikasyonu veya diğer ROS'un oksijen singletlerine enzimatik dönüşümünde yer almaktadır.

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde prolin miktarı 15 günlük buğday fidesinin 1000 μM konsantrasyonunda fazla artış olduğu tespit edilmiştir. Bir haftalık buğday fidesi, bir haftalık ve 15 günlük mısır fidesinin köklerinde ise azalış tespit edilmiştir. Paraquat uygulanan fidelerin kök kısmında prolin miktarı bir haftalık mısır bitkisinin 1000 μM konsantrasyonunda diğer konsantrasyonlara göre daha fazla artış olduğu tespit edilmiştir. MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde ise, 15 günlük buğday fidesinde önemli derecede azalış olduğu tespit edilmiştir. Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında, prolin miktarı tüm konsantrasyonlarda anlamlı artış gösterirken, bir haftalık mısır fidesi yapraklarında 1000 μM konsantrasyonu için daha anlamlı artış tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında prolin miktarı bir haftalık buğdayda 1000 μM konsantrasyonu için daha

fazla artış göstermiştir. MCPA herbisitinde ise, bir haftalık mısır fidesinde önemli derecede azalış olduğu tespit edilmiştir. Prolin, hücre için önemli bir osmoregülatördür (Ruiz vd., 2002). Glifosat uygulaması, amino asitlerin ve dolayısıyla proteinlerin biyosentezinin engellenmesi nedeniyle büyümeyi durdurur (Singh vd., 2017). Duyarlı bitkilerde glifosat, şikimat yolunu etkiler ve aromatik amino asit sentezini azaltır (Sergieiev vd., 2006; de Freitas-Silva vd., 2017). H₂O₂ birikimi, oksidatif koruma, NADPH geri kazanımı ve shikimate yolu stimülasyonu ile ilişkilendirilebilen prolin üretimini tetikler. Prolin sentezindeki artışlar bitkilerin stres koşullarına karşı yaygın bir koruyucu tepkisidir (Gomes vd., 2017). Antioksidan sistemin inhibisyonu, H₂O₂ birikimi yoluyla lipid peroksidasyonunun artmasına neden olmuştur. Yüksek ROS birikimleri, proteinlerin yan zincirlerinde modifikasyonları tetikler; Lys, Arg, Pro ve Thr, aldehit veya keto gruplarına dönüştürülmüştür. Bu nedenle, glifosatla muamele edilmiş bitkilerde antioksidan enzim aktivitelerinde gözlenen azalmalar, geri döndürülemez protein karbonilasyonu ve bu enzimlerin inaktivasyonu ile ilgili olabilmektedir (Gomes vd., 2016a).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde; GSH miktarında bir haftalık buğday ve mısır fideleri için azalış tespit edilmiştir. Önemli derecede etkilenen 15 günlük buğday fidesinde ise artış olduğu tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde ise, fazla etkilenen bir haftalık buğday ve mısır fidelerinin yüksek konsantrasyonunda artış tespit edilmiştir. MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerin de ise, önemli derecede etkilenenin 15 günlük mısır olduğu görülmüştür. Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında GSH içeriği kontrole kıyasla bir haftalık buğday fidesinde azalış gösterirken, 15 günlük buğday fidesinde önemli derecede artış olduğu tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında ise, 15 günlük mısır fidesinin 1000 µM konsantrasyonunda önemli derecede artış olduğu tespit edilmiştir. MCPA herbisitinde ise en fazla etkilenen 15 günlük mısır fidesi olmuştur.

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde; MDA miktarında artış görülürken bir haftalık buğday fidesinin en fazla konsantrasyonunda artış tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde MDA miktarında artış görülürken, bir haftalık buğday fidelerin köklerinde 1000 µM konsantrasyonunda önemli derecede artış tespit edilmiştir. MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde ise, bir haftalık mısır için önemli derecede artış görülmüştür. Aynı zamanda bu herbisitte MDA miktarında istisnâlı artış ve azalışlar görülmüştür. Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında; MDA miktarı buğday fideleri ve bir haftalık mısır fidelerinde artış görülürken, 15 günlük mısır fidelerinde azalış tespit edilmiştir. En çok oksidatif stres etkisi bir haftalık buğday fidesinde gözlenmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında ise, çoğunlukla MDA miktarında artış görülürken, fazla etkilenen 15 günlük mısır fidesinin 1000 µM konsantrasyonunda olduğu tespit edilmiştir. MCPA herbisitinde ise, önemli derecede artış bir haftalık buğday fidesinde görülmüştür. Bu herbisitte MDA miktarında istisnâlı artış ve azalış görülmüştür. Yüksek konsantrasyonlarda kirlilik bitkilerin oksidatif

savunma mekanizmasını devreye sokar ve bu nedenle MDA içeriği önemli ölçüde artmıştır. Glifosatın ekotoksitesinin sulu ortamlarda şiddetlenmesi, görülebilir hasara neden olabilmektedir (Liu vd., 2019). Abiyotik stres, ROS, H₂O₂, OH⁻ ve çeşitli O₂⁻ radikalleri yoluyla moleküler düzeyde doğrudan veya dolaylı hasara neden olmaktadır. Glifosata maruz kalan bitkiler, H₂O₂ biriktirir ve peroksidasyona bağlı olarak lipidlere zarar veren oksidatif stres oluşumunun eşlik ettiği zar stabilitesini azaltmaktadır. ROS üretimi, hücre organellerinin zarlarında lipidlere ve protein biyomoleküllerine zarar verebilmektedir. Bitkilerde MDA birikimi lipid peroksidasyonu üretmektedir. Glifosata maruz kalan bitkilerde, MDA içeriği ve H₂O₂ seviyesinde önemli bir artış meydana gelmektedir. Glifosata maruz kalınması, ROS oluşumuna ve lipid peroksidasyonuna neden olmaktadır (Singh vd., 2017).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde SOD aktiviteleri 15 günlük mısır fidesinde azalış gösterirken, diğer fidelerin tüm konsantrasyonlarında artış göstermiştir. Bir haftalık buğday fidesinde artış oranının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde ise istisnai artışlar görülürken 15 günlük buğday fidesinin 1000 µM konsantrasyonunda önemli derecede artış tespit edilmiştir. Bu herbisitte istisnai azalış ve artış görülmüştür. MCPA herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde ise bir haftalık mısır ve buğday fidesinde önemli derecede SOD aktivitesinde artış görülmüştür. Bu herbisitte MDA miktarında istisnai artış ve azalış görülmüştür. Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında SOD aktivitelerinin tüm konsantrasyonlarında artış görülürken bir haftalık mısır fidesinde oksidatif etki daha fazla görülmüştür. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında ise SOD aktivitesinde artış görülürken 15 günlük mısır fidesinin 1000 µM konsantrasyonunda anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Bu herbisitte istisnai azalış ve artış da görülmüştür. MCPA herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında ise 15 günlük buğday fidesinde önemli derecede artış görülmüştür. SOD, H₂O₂'ye dönüştürülen ve daha sonra CAT aktivitesi ve peroksidazlar tarafından atılan süperoksit radikallerinin (O₂⁻) başlıca temizleyicisi olan ROS'a karşı ilk savunma hattıdır (Gomes vd., 2016a; Peixoto vd., 2009). MCPA'nın, süperoksit dismutaz ve katalaz verileri gözlenen enzimatik stimülasyon nedeniyle H₂O₂ veya O₂⁻ üretimini uyarmadığını doğrulamaktadır. Bu nedenle artış gözlenememektedir (Peixoto vd., 2009).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde CAT aktiviteleri tüm konsantrasyonlarda artış gösterirken, en fazla toksik etki 15 günlük buğday fidelerin köklerinde tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fide köklerinin CAT aktivitelerinde ise artış görülürken bir haftalık mısır fidesinin 1000 µM konsantrasyonunda daha fazla artış olduğu tespit edilmiştir. MCPA herbisiti uygulanan fide köklerinin tüm konsantrasyonlarında artış görülürken, bir haftalık buğday fidesinde daha etkili artış olduğu görülmüştür. Sadece 15 günlük mısır köklerinin 100 µM konsantrasyonunda azalma görülmüştür. Glifosat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında ise CAT aktiviteleri tüm konsantrasyonlarda artış gösterirken fazla toksik etki 15

günlük buğday fidesinde tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında CAT aktivitesinin tüm konsantrasyonlarında artış görülürken bir haftalık mısır fidesinin 1000 µM konsantrasyonunda daha anlamlı artış olduğu tespit edilmiştir. MCPA herbisiti uygulanan buğday fide yapraklarının tüm konsantrasyonlarında artış görülürken, 15 günlük mısır fidesinde önemli derecede artış görülmüştür. Herbisite maruz kaldığında, bitkiler hücrede süperoksit radikalleri ($O_2^{\cdot-}$), hidroksil radikalleri (OH), singlet oksijen (O^1) ve H_2O_2 gibi çok sayıda ROS üretmektedir. ROS, nükleik asitler ve proteinler gibi makromolekülleri doğrudan veya dolaylı olarak oksitleyerek zar lipidlerini peroksidize edebilir ve zar sisteminde oksidatif hasara neden olabilmektedir (Gill ve Tuteja, 2010). Bitkiler, SOD, POD, APX ve CAT yoluyla enzim yöntemleri ve glutatyon (GSH), askorbik asit gibi enzimatik olmayan yöntemler dahil olmak üzere ROS birikimiyle mücadele etmek için antioksidan savunma sistemleri oluşturmuştur. Antioksidan sistemlerde, antioksidan enzimler, bir sinyal molekülü olarak ROS ile oksidan patlamalarını indükleyen ajanların rolü arasındaki eşğin belirlenmesinde anahtar rol oynamıştır. Üretilen ROS, antioksidan ajanların elimine ettiği seviyeyi aşarsa, MDA, membran lipid peroksidasyonunun son ürünü olarak birikmeye başlar. ROS süpürücü enzim aktivitesi ve MDA içeriği, bitki oksidatif stresinin göstergeleri olarak yaygın olarak kullanılmıştır (Liu vd., 2019).

Glifosat herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde GST aktivitelerinde bir haftalık mısır fidesinde 100 µM konsantrasyonda azalış tespit edilmiştir. Geri kalan fidelerin konsantrasyonlarında ise artış görülürken 15 günlük mısır fidesinde anlamlı artış olduğu tespit edilmiştir. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin köklerinde ise istisnai artış görülürken bir haftalık mısır fidesinin 1000 µM konsantrasyonunda önemli derecede artış tespit edilmiştir. MCPA herbisiti uygulanan fide köklerinin tüm konsantrasyonlarında artış görülürken bir haftalık mısır fidesinde daha fazla artış görülmüştür. Glifosat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında GST aktivitesinde 15 günlük buğday fidesinin konsantrasyonlarında azalış görülürken diğer fidelerin tüm konsantrasyonlarında artış olduğu tespit edilmiştir. Bu herbisitte 15 günlük mısır fidesinde önemli derecede artış görülmüştür. Paraquat herbisiti uygulanan fidelerin yapraklarında GST aktivitesinde ise bir haftalık mısır fidesinin 1000 µM konsantrasyonunda anlamlı artış olduğu görülmüştür. MCPA herbisiti uygulanan fidelerde 15 günlük mısır yapraklarında önemli derecede artış görülmüştür. GST'nin aktive edilmiş izoformlarının, hidrojen peroksit ve lipid peroksitlerin detoksifikasyonuna katıldığı öne sürülmüştür (Miteva vd., 2010). GST / GSH'ın birleşme olayı, süperoksit anyona karşı olaylar, bir diğer reaktif ara ortama dönüşümü ve H_2O_2 'e karşı son olay su ve oksijene dönüşmesi gibi olaylar oksidatif stresin hafifletici etkilerinde önemli olmaktadır (Mourad vd., 2017).

Spormann vd. (2019), glifosat buğdaya uygulandığında büyümede önemli bir inhibisyona; H_2O_2 , süperoksit anyon ($O_2^{\cdot-}$) birikmesine; MDA miktarı ve prolin miktarında artışa yol açmıştır. Ayrıca glifosatın gözlemlenen fitotoksitesinin çok belirgin olduğu görülürken, salisilik asitin

AOX savunmaları üzerindeki iyileştirici etkisi, herbisitinin neden olduğu oksidatif hasarın önemli ölçüde üstesinden gelmek için yeterli olmadığı görülmüştür. De Freitas-Silva vd. (2017), deneysel koşullarda glifosatın büyümeyi (daha kısa kök sistemi) durdurabileceği gibi önemli ölçüde de azalttığını açıkça göstermektedir. Bu şikimate yolunun engellenmesinden (aromatik amino asitlerin biyosentezi) kaynaklanmıştır. Bununla birlikte, biyokimyasal analizler, oksidatif hasarlar (protein oksidasyonu) ve CAT aktivitesi (peroksizomal enzim) ve askorbat-glutasyon döngüsü gibi temel antioksidan enzimlerin aktivitesindeki artışla birlikte bir H₂O₂ metabolizması ile karakterize edilerek artmış bir ROS metabolizmasının belirlenmesine izin verildiği gözlenmiştir.

Sonuç olarak, fidelere uygulanan glifosat herbisiti daha fazla toksik etki yaratmıştır. Glifosat herbisitine karşı bir haftalık mısır ve buğday fiderlerinin daha dirençli olduğu tespit edilmiştir. Glifosat için 15 günlük fiderlerden buğday fidesinin daha dirençli olduğu görülmüştür. MCPA ve paraquat herbisitlerinde ise, 15 günlük buğday yaprağı ve mısır kökü diğer eksplantlara göre daha az direnç gösterdiği ortaya çıkmıştır. Genel olarak herbisit konsantrasyon artışına paralel olarak inhibitif etki de artmıştır. Ayrıca Türkiye’de 2013 yılında yasaklanmış olan paraquat herbisiti, Avrupa’da 2022 yılında yasaklanacak olan glifosat herbisitine takiben MCPA herbisitinin de tarım bitkilerinde toksik etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

ÖNERİLER

Bitkilerde sentezlenemeyen glifosat, paraquat ve MCPA herbisitlerinin çok düşük konsantrasyonlarda dahi buğday ve mısır fidesi için toksik olduğu tespit edilmiştir. Keza bu herbisitlerin toprakta nem düzeyi, buharlaşma ve güneşlenme durumu, organik madde miktarı ve tekstürüne bağlı olarak kalıntı miktarlarının buğday ve mısıra fitotoksik etki yaratacak düzeylerde olabileceği unutulmamalıdır. Bunu önlemek için de söz konusu herbisitlerin ruhsatlı olduğu tavsiye edilen dozlarda uygulanması büyük önem arz etmektedir. Ayrıca herbisitler doğru bir şekilde kullanıldıklarında gıdalar üzerindeki kalıntı miktarı minimuma inecek ve hatta kalıntı problemi tamamen ortadan kalkacaktır. Bu ülkemizin yaş sebze ihracatında yaşanan geri dönüşlerdeki bazı olumsuzlukları da ortadan kaldıracaktır. Uzun süre herbisite maruz kalan yabancı otlar seleksiyon baskısının artmasına ve dirençli yabancı otların sayısının artmasına neden olmaktadır. Bazı yabancı otlar, herbisitlere dayanıklılık gösteren tohumlar biyotipleri oluşturduğu görülebilmektedir. Bu çoğalan tohumlar aynı yıl içinde tekrar tohum verirse dirençli olan yabancı otların hızlı bir şekilde çoğaldığının kanıtı olabilmektedir. Sıklıkla yapılan bu hataların temelinde ise çiftçilerimizin bilinçsiz olarak herbisit uygulaması yapmaları yatmaktadır. Bu sebeplerden dolayı tarımsal üretim ile ilgilenenlerin bilinçlendirilmesi, eğitilmesi ve sertifika programları uygulamaları ile standardizasyon sağlanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aebi, H., (1984). "Catalase in Vitro, Method Enzym", 105, 121-126.
- Agostinetto, D., Oliveira, C., Langaro, A. C., Nohatto, M. A. ve Manica-Berto, R. (2016). Change in physiological features in ryegrass biotypes in competition with soybean due resistance to glyphosate. *Planta Daninha*, 34(3), 517-526.
- Akbulut Beker, G., Yigit, E. ve Bayram, D. (2018). "Effect of Glyphosate on Some Protective Systems in *Zea mays* L.", *YYU J. AGR. SCI.*, 28(1): 27-35.
- Akinloye, O. A., Adamson, I., Ademuyiwa, O. ve Arowolo, T. A. (2011). Paraquat toxicity and its mode of action in some commonly consumed vegetables in Abeokuta, Nigeria. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 3(4), 75-82.
- Anjum, N. A., Umar S. ve Chan M.-T. (2010). *Ascorbate-Glutathione Pathway and Stress Tolerance in Plants*, Springer, New York.
- Apel, K. ve Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction, *Annual Review of Plant Biology*, 55: 373-399.
- Aravind, P. ve Prasad, M.N.V. (2005). Modulation of cadmium-induced oxidative stress in *Ceratophyllum demersum* by zinc involves ascorbate-glutathione cycle and glutathione metabolism, *Plant Physiol Biochem.*, 43:107-116.
- Ayata, M.U. (2014). *Adana İli buğday ekim alanlarında kısır yabani yulaf (Avena sterilis L.)'in ACCase (Acetyl-CoA Carboxylase) enzimi inhibitörü herbisitlere karşı oluşturduğu dayanıklılığın önemi ve dayanıklı popülasyonların haritasının oluşturulması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Aykanat, S. (2009). *Buğday tarımında farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Baltepe, Ş., Bilaloğlu, R. ve Yürekli, A. K. (1982). *Plant Physiology I (Plant Metabolism) Laboratory Guide*, E. Ü. Science Faculty Publications, October, 29, 44-45.
- Basantani, M., Srivastava, A., ve Sen, S. (2011). Elevated antioxidant response and induction of tau-class glutathione S-transferase after glyphosate treatment in *Vigna radiata* (L.) Wilczek, *Pesticide biochemistry and physiology*, 99(1), 111-117.
- Bates, L., S., Waldern, R., P. ve Teare, I., D. (1973). Rapid determination of free proline for water-stress studies, *Plant and Soil*, 39 (1), 205-207.
- Bell, J.G., Cowey, C.B., Adron, J.W. ve Shanks, A. M. (1985). "Some effects of vitamin E and selenium deprivation on tissue enzyme levels and indices of tissue peroxidation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*)", *British Journal of Nutrition*, 53: 149-157.
- Bhatnagar-Mathur P., Vadez V. ve Sharma K.K. (2008). Transgenic approaches for abiotic stress tolerance in plants: retrospect and prospects, *Plant Cell Reports*, 27: 411-424.
- Birişik, N. (2018). *Teoriden pratiğe kimyasal mücadele*, Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü, 1. Baskı, Mıtsa basımevi, Ankara.
- Bradbear, N. (2009). *Bees and their role in forest livelihoods*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 195 p.
- Bükün, B. (2004). The weed flora of winter wheat in Sanliurfa, Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(9), 1530-1534.

- Bükün, B. (2012). Enerji Bitkilerinde Yabancı Ot Sorunları ve Neden Oldukları Kayıplar, Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8 (3), 279-285.
- Cabrera, A., Cox, L., Spokas, K. A., Celis, R., Hermosín, M. C., Cornejo, J. ve Koskinen, W. C. (2011). Comparative sorption and leaching study of the herbicides fluometuron and 4-chloro-2-methylphenoxyacetic acid (MCPA) in a soil amended with biochars and other sorbents, *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(23), 12550-12560.
- Chagas, R. M., Silveira, J. A., Ribeiro, R. V., Vitorello, V. A., ve Carrer, H. (2008). Photochemical damage and comparative performance of superoxide dismutase and ascorbate peroxidase in sugarcane leaves exposed to paraquat-induced oxidative stress, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 90(3), 181-188.
- Cloyd, R.A. (2012). *Natural Enemies: An Introduction to Biological Control*, Cambridge University Press.
- Cvetković, J., Milutinović, M., Boljević, J., Aničić, N., Nestorović Živković, J., Živković, S., ve Mišić, D. (2015). Paraquat-mediated oxidative stress in *Nepeta pannonica* L., *Botanica Serbica*, 39(2).
- Çetin, K. ve Denizli, A. (2017). “Parkinsona Neden Olduğu İddia Edilen Pestisit: Paraquat”, Bioreg bilim, Haccetepe Üniversitesi.
- Da Rosa Ulguim, A., Agostinetto, D., de Oliveira, C., Ruchel, Q., da Silva, J. D. G., Vargas, L. ve Avila, L. A. (2017). Does competition between soybeans and Wild Poinsettia with low-level resistance or susceptibility to glyphosate affect physiology and secondary metabolism?, *Semina: Ciências Agrárias*, 38(3), 1133-1144.
- De Freitas-Silva, L., Rodríguez-Ruiz, M., Houmani, H., da Silva, L. C., Palma, J. M. ve Corpas, F. J. (2017). Glyphosate-induced oxidative stress in *Arabidopsis thaliana* affecting peroxisomal metabolism and triggers activity in the oxidative phase of the pentose phosphate pathway (OxPPP) involved in NADPH generation, *Journal of plant physiology*, 218, 196-205.
- Derr, J. (2016). *Plant Injury From Herbicide Residue*, Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech., Virginia State University.
- Dıġrak, M., Kaçar, N. ve Sönmez, A. (1999). Pomarsol, Mitikol, Rubigan ve Platoon'nun Toprak Mikroflorası Üzerine Etkileri, *Tr. J. of Agriculture and Forestry*, 23(5), 1071-1077.
- Dos Santos, C. M. ve de Almeida Silva, M. (2015). Physiological and biochemical responses of sugarcane to oxidative stress induced by water deficit and paraquat, *Acta physiologiae plantarum*, 37(8), 1-14.
- Ekmekci, Y. ve Terzioğlu, S. (2005). Effects of oxidative stress induced by paraquat on wild and cultivated wheats, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 83(2-3), 69-81.
- Elman, G.I. (1959). Tissue Sulfhydryl Groups, *Arch. Bioc.*, 70-77.
- Foyer, C.H. ve Noctor, G. (2005a). Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses, *Plant Cell*, 17:1866–1875.
- Foyer, C.H. ve Noctor, G. (2005b). Oxidant and antioxidant signaling in plants: a re-evaluation of the concept of oxidative stress in a physiological context, *Plant Cell Environ*, 28:1056–1071.
- Free, J.B. (1993). *Insect pollination of crops*. Academic Press, Harcourt Brace, Jovanovich Publ., San Diego, 684p.
- Gill, S. S. ve Tuteja, N. (2010). Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*, 48(12), 909-930.
- Gomes, M. P., Bicalho, E. M., Smedbol, E., Cruz, F. V. D. S., Lucotte, M. ve Garcia, Q. S. (2017). Glyphosate can decrease germination of glyphosate-resistant soybeans, *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(11), 2279-2286.

- Gomes, M. P., Le Manac'h, S. G., Moingt, M., Smedbol, E., Paquet, S., Labrecque, M., Lucotte, M. ve Juneau, P. (2016 a). Impact of phosphate on glyphosate uptake and toxicity in willow, *Journal of hazardous materials*, 304, 269-279.
- Gomes, M. P., Le Manac'h, S. G., Maccario, S., Labrecque, M., Lucotte, M. ve Juneau, P. (2016 b). Differential effects of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) on photosynthesis and chlorophyll metabolism in willow plants, *Pesticide biochemistry and physiology*, 130, 65-70.
- Grobela, M. (2018). "Chlorophyll a + b content in leaves of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) after application of MCPA and selected HILs", *Progress in Plant Protection*, 58 (3): 187-192.
- Güncan, A. (2010). *Yabancı Ot Mücadelesi*, ikinci baskı, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Konya.
- Gürbüz, R. (2016). *Adana İli buğday ekim alanlarında ALS inhibitörü herbisitlere karşı dayanıklılık kazanmış yabani yulaf (Avena sterilis L.) ile yabani hardal (Sinapis arvensis L.) popülasyonlarının belirlenmesi ve dayanıklılık haritalarının oluşturulması*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Halliwell, B. (2006). Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life, *Plant Physiology*, 141: 312-322.
- Hamim, H., Violita, V., Triadiati, T. ve Miftahudin, M. (2017). Oxidative stress and photosynthesis reduction of cultivated (*Glycine max* L.) and wild soybean (*G. tomentella* L.) exposed to drought and paraquat, *Asian Journal of Plant Sciences*, 16(2), 65-77.
- Harre, N. T., Nie, H., Jiang, Y. ve Young, B. G. (2018). Differential antioxidant enzyme activity in rapid-response glyphosate-resistant *Ambrosia trifida*, *Pest management science*, 74(9), 2125-2132.
- Hsu, S.Y. ve Kao, C.H. (2003). The protective effect of free radical scavengers and metal chelators on polyethylene glycol-treated leaves. *Biologia Plantarum*, 46: 617-619.
- Isik, D., Mennan, H., Bukun, B., Oz, A. ve Ngouajio, M. (2006). The Critical Period for Weed Control in Corn in Turkey, *Weed technology*, 20(4), 867-872.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R. ve Panneerselvam, R. (2009). Drought stress in plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. *Int. J. Agric. Biol*, 11(1), 100-105.
- Jaleel, C.A., Manivannan, P., Murali, P.V., Gomathinayagam, M. ve Panneerselvam, R. (2008). Antioxidant potential and indole alkaloid profile variations with water deficits along different parts of two varieties of *Catharanthus roseus*, *Colloids and Surfaces B: Biointerface*, 62: 312-318.
- Jiang, K, Meng, Y.L. ve Feldman, L.J. (2003). Quiescent center formation in maize roots is associated with an auxin-regulated oxidizing environment, *Development*, 130:1429–1438.
- Johnson, R. ve Corn, M.L. (2015). *Bee health: the role of pesticides*, Congressional Research Service, 43p.
- Kaya Altop, E. (2012). *Çeltik ekim alanlarında sorun olan Cyperus difformis L. (Kız Otu)' in genetik çeşitliliğinin ve ALS grubu herbisitlere dayanıklılığının moleküler ve bioassay yöntemlerle belirlenmesi*, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Kireççi, O. A. (2018). *Bitkilerde Enzimatik ve Enzimatik Olmayan Antioksidanlar*, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 7 (2), 473-483.
- Lascano, H. R., Melchiorre, M. N., Luna, C. M. ve Trippi, V. S. (2003). Effect of photooxidative stress induced by paraquat in two wheat cultivars with differential tolerance to water stress, *Plant Science*, 164(5), 841-848.
- Li, J.M. ve Jin, H. (2007). Regulation of brassinosteroid signaling, *Trends Plant Sci.*, 12:37–41.

- Lin, S. H., Liu, Z. J., Xu, P. L., Fang, Y. Y. ve Bai, J. G. (2011). Paraquat pre-treatment increases activities of antioxidant enzymes and reduces lipid peroxidation in salt-stressed cucumber leaves, *Acta physiologiae plantarum*, 33(2), 295-304.
- Liu, N., Zhong, G., Zhou, J., Liu, Y., Pang, Y., Cai, H. ve Wu, Z. (2019). Separate and combined effects of glyphosate and copper on growth and antioxidative enzymes in *Salvinia natans* (L.) All, *Science of the Total Environment*, 655, 1448-1456.
- Mahajan S. ve Tuteja N. (2005). Cold, salinity and drought stresses: an overview, *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 444 (2): 139-158.
- Mascher, R., Nagy, E., Lippmann, B., Hörnlein, S., Fischer, S., Scheiding, W., Neagoe, A. ve Bergmann, H. (2005). Improvement of tolerance to paraquat and drought in barley (*Hordeum vulgare* L.) by exogenous 2-aminoethanol: effects on superoxide dismutase activity and chloroplast ultrastructure, *Plant Science*, 168(3), 691-698.
- McCord, J.M. (2000). The evolution of free radicals and oxidative stress, *American Journal of Medicine*, 108: 652-659.
- Mengüç, Ç. (2018). Herbisit Toksisitesi ve Yabancı Otlara Karşı Alternatif Mücadele Stratejileri, *Turkish Journal of Weed Science*, 21(1):61-73).
- Mertens, M., Höss, S., Neumann, G., Afzal, J. ve Reichenbecher, W. (2018). Glyphosate, a chelating agent—relevant for ecological risk assessment?. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(6), 5298-5317.
- Mısırlıoğlu, M. (2011). *Toprak Solucanları, Biyolojileri, Ekolojileri ve Türkiye Türleri*, Nobel Yayını.
- Michener, C.D. (2000). *The bees of the world*, The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Miteva, L. E., Ivanov, S. V. ve Alexieva, V. S. (2010). Alterations in glutathione pool and some related enzymes in leaves and roots of pea plants treated with the herbicide glyphosate, *Russian Journal of Plant Physiology*, 57(1), 131-136.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, *Trends Plant Sci*, 7: 405–410.
- Monaco, T. J., Weller, S. C. ve Ashton, F. M. (2002). *Weed science: principles and practices*, John Wiley & Sons.
- Mourad, B., Baha-Eddine, B. ve Mokhtar, B. (2017). The Responses of the Antioxidant Defence System of a Legume Green Bean Phaseolus, Vulgaris, cv. Djedida Exposed to a Xenobiotic Hexaconazole. *International Journal of Advanced Engineering and Management*, 2(11).
- Mourente, G., Tocher, D., R., Diaz, E., Grau, A. ve Pastor, E. (1999). “Relationships between antioxidants, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation products during early development in Dentex dentex eggs and larvae”, *Aquaculture*, 179, 309–324.
- Moustaka, J., Tanou, G., Adamakis, I. D., Eleftheriou, E. P. ve Moustakas, M. (2015). Leaf age-dependent photoprotective and antioxidative response mechanisms to paraquat-induced oxidative stress in *Arabidopsis thaliana*, *International journal of molecular sciences*, 16(6), 13989-14006.
- Mueller, M.J. (2004). Archetype signals in plants: the phytoprostanes, *Current Opinion in Plant Biology*, 7: 441-448.
- Ohkawa, H., Ohishi, N. ve Yagi, K. (1979). Assay for lipid peroxides in animal tissues by thiobarbituric acid reaction, *Analytical Biochemistry*, 95, 351-358.
- Özcan, S. (2009). Modern dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş (transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2(2), 01-34.
- Peixoto, F. P., Lopes, M. L., Madeira, V. M. ve Vicente, J. A. (2009). Toxicity of MCPA on non-green potato tuber calli. *Acta physiologiae plantarum*, 31(1), 103.

- Percival, G. C. (2017). The influence of glyphosate on carotenoid pigments, reactive oxygen species scavenging enzymes and secondary stress metabolites within leaf tissue of three *Acer* species, *Urban forestry & urban greening*, 24, 19-25.
- Powles S. B. ve Shaner D. L. (2001). *Herbicides Resistance and World Grains*, CRC Press LLC, Boca Raton, FL.
- Radwan, D. E. M. ve Fayez, K. A. (2016). "Photosynthesis, antioxidant status and gas-exchange are altered by glyphosate application in peanut leaves", *Photosynthetica*, 54 (2): 307-316.
- Ruiz, J. M., Sanchez, E., Garcia, P. C., Lopez-Lefebvre, L. R., Rivero, R. M. ve Romero, L. (2002). Proline metabolism and NAD kinase activity in greenbean plants subjected to cold-shock. *Phytochemistry*, 59(5), 473-478.
- Sánchez-Fernández, R., Fricker, M., Corben, L.B., White, N.S., Sheard, N., Leaver, C.J., Van Montagu, M., Inze, D. ve May, M.J. (1997). Cell proliferation and hair tip growth in the *Arabidopsis* root are under mechanistically different forms of redox control, *Proc Natl Acad Sci USA*, 94:2745–2750.
- Semenova, A. S. ve Lukatkin, A. S. (2015). "Dual Action of Cytodef on Stress Effect of Paraquat in Winter Rye Plants", *Russian Journal of Plant Physiology*, 62, 6, 797–807.
- Sergiev, I. G., Alexieva, V. S., Ivanov, S. V., Moskova, I. I., ve Karanov, E. N. (2006). The phenylurea cytokinin 4PU-30 protects maize plants against glyphosate action, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 85(3), 139-146.
- Sergiev, I., Todorova, D., Shopova, E., Brankova, L., Jankauskienė, J., Jurkonienė, S., Gavelienė, V. ve Mockevičiūtė, R. (2020). Assessment of synthetic auxin type compounds as potential modulators of herbicide action in *Pisum sativum* L. *Biologia*, 75(11), 1845-1853.
- Shao, H.B., Liang, Z.S. ve Shao, M.A. (2005). Dynamic changes of antioxidative enzymes of 10 wheat genotypes at soil water deficits. *Biointerfaces*, 42:187–195.
- Shao, HB, Chu L.Y., Wu, G., Zhang, J. H., Lu, Z.-H. ve Hu, Y.C. (2007). Changes of some antioxidative physiological indices under soil water deficits among 10 wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes at tillering stage, *Biointerfaces*, 54:143–149.
- Shinozaki K. ve Yamaguchi-Shinozaki K. (2007). Gene networks involved in drought stress response and tolerance, *Journal of Experimental Botany*, 58 (2): 221-227.
- Singh, H., Singh, N. B., Singh, A., Hussain, I. ve Yadav, V. (2017). "Physiological and Biochemical Roles of Nitric Oxide Against Toxicity Produced by Glyphosate Herbicide in *Pisum sativum*", *Russian Journal of Plant Physiology*, 64, 4, 518–524.
- Soares, C., Pereira, R., Spormann, S. ve Fidalgo, F. (2019). "Is soil contamination by a glyphosate commercial formulation truly harmless to non-target plants?- Evaluation of oxidative damage and antioxidant responses in tomato", *Environmental Pollution*, 247, 256-265.
- Spormann, S., Soares, C. ve Fidalgo, F. (2019). Salicylic acid alleviates glyphosate-induced oxidative stress in *Hordeum vulgare* L., *Journal of environmental management*, 241, 226-234.
- Štajner, D., Popović, M. ve Štajner, M. (2003). Herbicide induced oxidative stress in lettuce, beans, pea seeds and leaves, *Biologia plantarum*, 47(4), 575-579.
- Şık, B. (2019). "Türkiye’de Glifosat Kullanımı 27 Kat Artmış Olabilir; Ya Kanser?", BİA Haber Merkezi, İstanbul.
- Tepe, I. (1997). *Türkiye’de tarım ve tarım dışı alanlarda sorun olan yabancı otlar ve mücadeleleri*, Yüzüncüyıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No: 18.
- Tiryaki, O., Canhilal, R. ve Horuz, S. (2010). Tarım İlaçları Kullanımı ve Riskleri. Erciyes Üniversitesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (2), 154-169.

- Topuz, M. (2007). *Marmara bölgesinde buğday tarlalarında bulunan Sinapis arvensis L. (Yabani hardal) ' in sufonilure grubu herbisitlere karşı oluşturduğu dayanıklılık üzerine araştırmalar*, Doktora tezi, E. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Torun, H. (2017). *Osmaniye İli'nde ekim nöbetinin kısır yabani yulafta (Avena sterilis L.) oluşmuş herbisit direncine etkisinin araştırılması ve haritalaması*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Adana.
- Triantaphylides, C., Kriskhe, M., Hoeberichts, F.A., Ksas, B., Gresser, G., Havaux, M., Van Breusegem, F. ve Mueller, M. J. (2008). Singlet oxygen is the major reactive oxygen species involved in photooxidative damage to plants, *Plant Physiology*, 148: 960-968.
- Turfan, N., Aktaş, L. Y. ve Güven, A. (2010). *Low night temperature tolerance determining traits correlate with Paraquat tolerance in grapevine genotypes*, Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 20(3), 194-200.
- Tuteja, N. ve Sopory, S.K. (2008). Plant signaling in stress: G-protein coupled receptors, heterotrimeric G-proteins and signal coupling via phospholipases, *Plant Signalling and Behavior*, 3: 79-86.
- Tuteja, N., Ahmad, P., Panda, B.B. ve Tuteja, R. (2009). Genotoxic stress in plants: shedding light on DNA damage, repair and DNA repair helicases, *Mutation Reserachs*, 681: 134-149.
- Uludağ, A. (2003). *Doğu Akdeniz Bölgesi'nde buğday tarlalarındaki yabani yulafta (Avena sterilis) bazı graminisitlere oluşturduğu dayanıklılık üzerinde araştırmalar*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Vernoux, T., Wilson, R.C., Seeley, K.A., Reichheld, J.-P., Muroy, S., Brown, S., Maughan, S.C., Cobbett, C.S., Van Montagu, M., Inze, D., May, M.J. ve Sung, Z.R. (2000). The ROOT MERISTEMLESS 1/CADMIUM SENSITIVE 2 gene defines a glutathione-dependent pathway involved in initiation and maintenance of cell division during postembryonic root development, *Plant Cell*, 12:97-109.
- Weerakoon, H. P. A. T., Atapaththu, K. S. S. ve Asanthi, H. B. (2018). Toxicity evaluation and environmental risk assessment of 2-methyl-4-chlorophenoxy acetic acid (MCPA) on non-target aquatic macrophyte *Hydrilla verticillata*, *Environmental Science and Pollution Research*, 25(30), 30463-30474.
- Witham, F., H., Blaydes, D., F. ve Dewlin, R., M. (1971). “*Experiments in Plant Physiology New york*”, Von Nonstrand Reinhold Company, 55-56.
- Yılmaz Sarıaltın, S. ve Çoban, T. (2016). Glifosat ve Glifosat Bazlı Herbisit Kullanımının İnsan Sağlığı Açısından Riskleri, *Türkiye Klinikleri J Pharm Sci* 2017;6(1):1-14.
- Yücel, E. (2004). *Çukurova Bölgesi buğday ekim alanlarında sorun olan kısır yabani yulafta (Avena sterilis L.)'in bazı herbisitlere karşı ortaya çıkan dayanıklılık sorunlarının araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Žaltauskaitė, J. ve Kišonaitė, G. (2014). “The effects of phenoxy herbicide MCPA on non-target vegetation in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) culture”, *Biologija*, 60, 3, 148-154.
- Zhang, L., Chen, J., Zhang, H., Ren, Z. ve Luo, P. (2013). Effects of paraquat-induced oxidative stress on antioxidants and chlorophyll fluorescence in stay-green wheat (*Triticum aestivum* L.) flag leaves, *Bangladesh Journal of Botany*, 42(2), 239-245.
- Zhong, G., Wu, Z., Liu, N. ve Yin, J. (2018). Phosphate alleviation of glyphosate-induced toxicity in *Hydrocharis dubia* (Bl.) Backer, *Aquatic Toxicology*, 201, 91-98.

ÖZGEÇMİŞ

Fadime KARABULUT

[Redacted]

[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]

[Redacted]

[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]
	[Redacted]
	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]

[Redacted]

- [Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
- [Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
[Redacted]
- [Redacted]

[Redacted]

[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]
	[Redacted]

Makaleler:

1. Çanakcı-Gülengül, S. and Karabulut, F. (2018). Physiological and biochemical changes in leaves of radish (*Raphanus sativus* l. cherry bella) seedlings treated with sodium nitroprusside (snp). *Pak. J. Bot.*, 50(5), 1759-1762.
2. Canakci-Gulengul, S., Kirecci, O. A. and Karabulut, F. (2019). Changes based on oxidative stress in metolachlor and atrazine treated maize seedlings. *Pak. J. Bot.*, 51(2), 421-426.
3. Canakci-Gulengul, S. and Karabulut, F. (2020). The biochemical changes caused by metolachlor and atra-zine on wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. *Progress in Nutrition*, 22(3).
4. Canakci-Gülengül, S., Deveci, D. ve Karabulut, F. (2019). Mısır (*Zea mays* L.) Fidelerinde Kadmiyum Toksisitesi ile Nitrik Oksit Arasındaki Biyokimyasal İlişkiler. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(2), 376-386.
5. Canakci-Gulengul, S. ve Karabulut, F. (2021). Atrazin ve Metolachlor' un Bazı Buğday (*Triticum aestivum* L.) Varyetelerinde Büyüme Parametreleri ve GST Aktivitesi Üzerine Etkileri, *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26 (1), 11 – 18.
6. Canakci-Gulengul, S. and Karabulut, F. (2021). Physiological and biochemical effects of 2,4-D herbicide in wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties, *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 11 (1), 6 – 12.

Bildiriler:

1. Karabulut, F. and Canakci-Gulengul, S., 'Effects of Glyphosate on Growth Parameters and Non-Enzyme Antioxidants in Corn and Wheat Varieties', Euro Asia 8th. International Congress on Applied Sciences, 15-16 March 2021, Tashkent, Uzbekistan (Doktora tezinin sözlü bildirisi).
2. Karabulut, F., Ayışığı, S., Erdoğan, A. ve Özdemir, F. A., 'Doku kültürü koşullarında teknobirlik tütün çeşidinde en uygun hormon dozunun belirlenmesi', IV. Uluslararası Battalgazi Bilimsel Çalışmalar Kongresi, 29 Şubat-01 Mart 2020, Malatya, Türkiye (Sözlü bildiri).
3. Canakci-Gulengul, S. and Karabulut, F., 'Mısır (*Zea mays* L.) varyetelerinde sentetik herbisit olan metolachlor' un ve atrazin'in yol açtığı fizyolojik ve biyokimyasal değişiklikler', Eurasia 3rd International Congress of Applied Sciences, 28-30 June 2019, Sivas, Turkey (Sözlü bildiri).
4. Canakci-Gulengul, S. and Karabulut, F., '2,4-D, atrazin ve metolachlor adlı herbisitlerin buğday (*Triticum aestivum* L.) fidelerinin yapraklarında aminoasit profilinde yol açtığı değişiklikler', Eurasia 3rd International Congress of Applied Sciences, 28-30 June 2019, Sivas, Turkey (Sözlü bildiri).
5. Canakci-Gulengul, S. and Karabulut, F., 'Changes in oxidative stress in maize seedlings to 2,4 dichlorophenoxyacetic acid application', 2. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi, 23-25 ağustos 2019, Mardin, Turkey (Sözlü bildiri).

6. Canakci-Gulengul, S. Okutan Hamarat, T. and Karabulut, F., 'Buğday (*Triticum aestivum* L.) fidelerinde kadmiyum toksisitesi ile nitrik oksit etkileşiminin amino asit profili üzerindeki yansıması', MAS VIII. European International congress on mathematics-engineering-natural & medical sciences, October 11-13 2019, Diyarbakır, Turkey (Sözlü bildiri).
7. Canakci-Gulengul, S. Okutan Hamarat, T. and Karabulut, F., 'Buğday (*Triticum aestivum* L.) fidelerinde kadmiyum toksisitesi ile nitrik oksit arasındaki fizyolojik ve biyokimyasal ilişkinin incelenmesi', MAS European International Congress on Mathematics-Engineering-Natural & Medical Sciences-VIII., October 11-13 2019, Diyarbakır, Turkey.
8. Topdemir, A., Okutan, T., Erdemir, P. Bürkev, S., Tuncay, B. and Karabulut, F. 'Studies on reproduction of endemic species and their adaptation to natural conditions at Fırat University plant tissue culture laboratory and greenhouse', Ejons 12th International Congress on Mathematic, Engineering and Natural Sciences, July 9-11, 2021, Paris, France (Sözlü bildiri).
9. Topdemir, A., Tuncay, B., Erdemir, P., Okutan, T., Karabulut, F. and Bürkev, S., 'The effects of different treatments on the breaking of seed dormancy of the endemic a species *Ajuga xylorrhiza* KIT TAN', Ejons 12th International Congress on Mathematic, Engineering and Natural Sciences, July 9-11, 2021, Paris, France (Sözlü bildiri).

Projeler:

1. FÜBAP, FF.14.18: 'Mısır (*Zea mays* L.) Varyetelerinde Sentetik Herbisitlerden 2,4-D, Atrazin ve Metolachlor' un Yol Açtığı Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişiklikler' adlı proje FÜBAP birimi tarafından desteklenmiştir.
2. FÜBAP, FF.21.01: 'Mısır (*Zea mays* L.) ve Buğday (*Triticum aestivum* L.) Bitkileri Üzerine Glifosat, Paraquat ve MCPA adlı Herbisitlerin Etkilerinin Araştırılması' adlı proje FÜBAP birimi tarafından desteklenmiştir (Doktora tezinin projesi)