

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**MISIR (*Zea mays* L.) VARYETELERİNDE SENTETİK HERBİSİTLERDEN 2,4-D,
ATRAZİN VE METOLACHLOR'UN YOL AÇTIĞI FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL
DEĞİŞİKLİKLER**

Fadime KARABULUT

Yüksek Lisans Tezi
Biyoloji Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Songül GÜLENGÜL
TEMMUZ-2016

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MISIR (*Zea mays* L.) VARYETELERİNDE SENTETİK HERBİSİTLERDEN 2,4-D,
ATRAZİN VE METOLACHLOR'UN YOL AÇTIĞI FİZYOLOJİK VE
BİYOKİMYASAL DEĞİŞİKLİKLER**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fadime KARABULUT

(131110101)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 19 Temmuz 2016

Tezin Savunulduğu Tarih : 14 Temmuz 2016

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Songül GÜLENGÜL (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ökkeş YILMAZ (F.Ü)

Yrd. Doç. Dr. Oğuz Ayhan KİREÇCİ (B.E.Ü)

TEMMUZ-2016

ÖNSÖZ

Kentleşmenin ve endüstrileşmenin bir sonucu olarak tarım yapılan alanların giderek azaldığı günümüzde, gıda ihtiyacını karşılamak ciddi bir sorun haline gelmiştir. İdeal tarımın amacı, ekolojik dengeyi bozmadan birim alandan en kaliteli ve fazla ürünü elde etmektir. Tarım bitkilerine musallat olan zararlılar, hastalıklar ve yabancı otlar bu amacı güçleştiren en önemli etmenlerdir. Yabancı otlar ile tarımı yapılan bitkiler arasında her zaman için besin, su, ışık ve yer açısından rekabet vardır. Günümüzde bu rekabette yabancı otları güçsüz kılmak ya da tamamen ortadan kaldırmak için çeşitli herbisitler kullanılmaktadır. Hedefte bulunan bitkiye ulaşamayan herbisitler, farklı canlılara ulaşarak birikime ve toksisiteye sebep olabilmektedir. Gıda zinciri yoluyla insan vücuduna giren herbisitler, çeşitli özgün enzimlerin katalizlediği reaksiyonlar ile hücre yapıtaşlarına zarar verirler. Bu reaksiyonlar sonunda oluşan metabolitler dışarı atılamayarak, vücutta birikebilmektedir. Sonuç olarak; kronik etkiler, kanser, doğum defektleri, nörodavranış bozukluklar, nörofizyolojik değişiklik, üreme ve fertilité üzerinde zarara sebep olmaktadır.

Bu çalışmada, 2,4-Diklorofenoksiasetik asit, atrazin (2-chloro-4-(ethylamino)-6-isopropylamino-1,3,5-triazine) ve metolachlor (2-chloro-N-(2-ethyl-6-methylphenyl)-N-(2-methoxy-1-methyl-ethyl) acetamide) gibi herbisitlerin uygulandığı üç mısır varyetesindeki bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler araştırılarak, bu konuda yapılan çalışmalara katkı sağlanması amaçlanmıştır.

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

Ayrıca bu çalışmayı FF.14.18 no' lu proje ile destekleyen FÜBAP birimi koordinatörlüğüne teşekkür ederim.

Fadime KARABULUT

ELAZIĞ-2016

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
TABLolar LİSTESİ	IX
SEMBOLLER ve KISALTMALAR.....	X
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tarımda Ürün Kalitesi ve Zararlı Otlarla Mücadele	2
1.2. Pestisitler	6
1.2.1. Pestisitlerin Sınıflandırılması	8
1.3. Herbisitler.....	10
1.3.1. Herbisitlerin Sınıflandırılması	13
1.3.1.1. 2,4-D' nin Kimyasal Yapısı.....	19
1.3.1.2. Atrazin'in Kimyasal Yapısı.....	21
1.3.1.3. Metolachlor' un Kimyasal Yapısı.....	23
1.3.1.4. 2,4-D, Atrazin ve Metolachlor İle İlgili Yapılan Çalışmalar	24
1.3.2. Herbisitlerin Toprakta Parçalanması ve Yayılması.....	28
1.3.3. Herbisitlerin Dayanıklılığı ve Etki Mekanizması.....	32
1.4. Herbisitlerin Prolin ile Olan İlişkisi	37
1.5. Herbisitlerin Oksidatif Stres ve Antioksidanlar Arasındaki İlişki.....	38
1.6. Herbisitlerin Kullanım Alanları ve Uygulanması	43
1.7. Herbisitlerin Çevre Ve İnsan Sağlığına Zararları.....	45
2. MATERYAL ve METOT	47
2.1. MATERYAL.....	47
2.1.1. Test Çözeltilerinin Hazırlanması.....	49
2.1.2. Bitki Materyaline Yapılan Uygulama	49
2.1.3. Kimyasal Maddeler Ve Organik Çözücüler	50
2.1.4. Kullanılan Aletler Ve Cihazlar	50
2.2. METOTLAR.....	51

2.2.1.	Bitkide Tespit Edilen Parametreler Ve Yapılan Kimyasal Analizler.....	51
2.2.1.1.	Büyüme Parametrelerinin Alınması	51
2.2.1.2.	Klorofil (a+b) Ve Karotenoid İçeriğinin Belirlenmesi.....	51
2.2.1.3.	Prolin (PrI) Analizi	51
2.2.1.4.	Malondialdehit (MDA), Redükte Glutasyon (GSH)\Okside Glutasyon (GSSG) Oranı Analizi	52
2.2.1.5.	Süperoksitdismutaz (SOD) Analizi	52
2.2.1.6.	Katalaz (CAT) Analizi	53
3.	BULGULAR	54
3.1.	Büyüme Parametreleri.....	54
3.2.	Klorofil (a+b) Ve Karotenoid Miktarındaki Değişiklikler.....	64
3.3.	Prolin Miktarındaki Değişiklikler.....	69
3.4.	Malondialdehit Miktarındaki Değişiklikler.....	74
3.5.	Redükte Glutasyon (GSH) / Okside Glutasyon (GSSG) Oranındaki Değişiklikler	76
3.6.	Süperoksitdismutaz (SOD) Miktarındaki Değişiklikler.....	78
3.7.	Katalaz (CAT) Miktarındaki Değişiklikler.....	82
4.	SONUÇLAR ve TARTIŞMA	85
	KAYNAKLAR.....	90
	ÖZGEÇMİŞ.....	98

ÖZET

Bu tez çalışmasında üç mısır varyetesiine ait fidelerde, 2,4-D, metolachlor ve atrazin adlı sentetik herbisitlerin farklı konsantrasyonlarının oluşturduğu toksik etkiye bağlı fizyolojik ve biyokimyasal cevaplar araştırıldı. Bitki materyali olarak kullanılan mısır varyeteleri; *Zea mays* L. *saccharata* standart tohumu, *Zea mays* L. *Danona* cv. ve *Zea mays* L. *Advanta* 2898 cv. hibrit tohumları kullanıldı. Her bir mısır varyetesi için 15 günlük fideler, aynı sayıda fideden oluşan 4 gruba ayrıldı ve herbisit'in 4 farklı dozu uygulandı. Fidelere yapılan tüm uygulamalarda kökten hidrofonic yöntem tercih edildi. Farklı muameleler görmüş fidelerde kök- sürgün boy artışı, fidede taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarı gibi büyüme parametreleri tespit edildi. Ayrıca yaprakta pigment analizi, kök ve yaprakta prolin (PRL), malondialdehit (MDA), redükte glutatyon (GSH)/okside glutatyon (GSSG) oranı, süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) analizleri yapıldı.

Elde edilen sonuçlara göre; fidelerin büyüme parametreleri üzerinde 2,4-D için daha belirgin olmak üzere üç herbisit de inhibitif etkiye yol açtı. Ayrıca her üçü de yapraklardaki pigment (klorofil (a+b), karotenoid) yıkımlarını arttırdı. 2,4-D uygulanan fidelerin köklerinde MDA miktarı arttı, yaprakta ise azaldı; PRL ve GSH/GSSG oranı kökte ve yaprakta arttı; SOD miktarı kökte azalmış, yaprakta ise arttı; CAT miktarı kökte ve yaprakta azaldı. Atrazin uygulanan fidelerde MDA miktarı kökte ve yaprakta arttı; PRL miktarı kökte tüm konsantrasyonlar için azaldı yaprakta 200 μ M ve 500 μ M için arttı; 1000 μ M için azaldı, GSH/GSSG oranı hem kök hem de yaprakta azaldı; SOD miktarı kökte ve yaprakta arttı; CAT miktarı kökte ve yaprakta azaldı. Metolachlor uygulanan fidelerde MDA miktarı ise kökte ve yaprakta arttı; PRL miktarı kökte 100 μ M ve 500 μ M için arttı, 1000 μ M için azaldı, yaprakta ise tüm konsantrasyonlar için arttı, sadece danona ve saf mısırdaki 1000 μ M için azaldı; GSH/GSSG oranı kökte azaldı yaprakta ise arttı; SOD miktarı kökte ve yaprakta azaldı; CAT miktarı kökte ve yaprakta arttı. Genel olarak, 2,4-D'in toksik etkisi çok daha güçlü bulundu. Bu etki özellikle saf mısırdaki ciddi hasarlar meydana getirdi.

Anahtar kelimeler:

Mısır (*Zea mays* L.), herbisit, toksik etki, oksidatif stres

SUMMARY

PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHANGES CAUSED BY 2, 4-D, ATRAZINE AND METOLACHLOR WHICH ARE SYNTHETIC HERBICIDES IN CORN (*Zea mays* L.) VARIETIES

In this thesis work were investigated the physiological and biochemical responses depended on toxic effect caused by different concentrations of synthetic herbicides called as 2, 4-D, metolachlor and atrazine in the seedlings that belong to three corn varieties. The corn varieties are the standard seed of *Zea mays* L. *saccharata*, *Zea mays* L. *Danona* cv. and hybrid seeds of *Zea mays* L. *Advanta* 2898 cv. 15-day old seedlings for variety were divided into 4 groups consisting of the same number of seedlings and applied for four variety doses of herbicide. In these applications for seedlings was preferred hydroponic method to root. In the different treatments on seedlings were determined such growth parameters as root-shoot length growth and the amount of dry weight per fresh weight. Besides, it was also made pigment analysis in the leaves, as well as proline (PRL), malondialdehyde (MDA), the relative ratio of reduced glutathione (GSH) and oxidized glutathione (GSSG), superoxide dismutase (SOD), catalyses (CAT) analysis in the leaves (L) and the root (R).

According to the results, three herbicides led to inhibitory effect on the growth parameters of seedlings but more prominent for 2,4-D. Also, all of the herbicides have increased destruction of pigment (chlorophyll (a+b), carotenoids) in L. MDA has increased in the roots of seedlings applied for 2,4-D, but it has decreased in L. The PRL and GSH/GSSG have increased in both R. and L. SOD has decreased in R, but it has increased in L. CAT has decreased in both. Secondly, in the seedlings applied for atrazine, MDA has increased in both. PRL has decreased in both for 1000 μ M, but it has increased in L for 200 and 500 μ M. GSH/GSSG has decreased in both. While SOD has increased in both, CAT has decreased. Finally, in the seedlings applied for metolachlor, MDA has increased in both. PRL has increased in R for 100 and 500 μ M, but decrease for 1000 μ M. PRL in L. has increased, but decreased in the danona and pure corn for 1000 μ M. GSH/GSSG has decreased in R., but has increased in L. While SOD has decreased in both, CAT has increased. Generally, the toxic effect of 2, 4-D was found to be stronger than the others. This effect, in particular pure corn, has occurred serious damages.

Keywords: Corn (*Zea mays* L.), Herbicide, Toxic effect, Oxidative stress

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Herbisitlerin ekosistemdeki davranışları.....	13
Şekil 2. 2,4-D	19
Şekil 3. 2,4-D'in kimyasal yapısı	20
Şekil 4. Atrazin.....	22
Şekil 5. Metolachlor	23
Şekil 6. 2,4-D'nin <i>Agrobacterium</i> ve <i>Pseudomonas</i> tarafından parçalanması	31
Şekil 7. 2,4-D'nin <i>Pseudomonas</i> tarafından parçalanması.....	31
Şekil 8. Oksinlerin sinyal iletimi	36
Şekil 9. Glutamatın proline dönüşümü.....	37
Şekil 10. HR cevap süresince antioksidan ile meydana gelen değişimler.....	41
Şekil 11. Pestisit uygulamasının diğer disiplinlerle olan ilişkisi.....	45
Şekil 12. 15 günlük mısır fidelerinin uygulamalar öncesi genel görünümü.....	49
Şekil 13. 15 günlük 3 farklı mısır fidelerinin uygulama öncesi genel görünümü.....	56
Şekil 14. 2,4-D uygulanan <i>Zea Mays</i> L. Advanta 2898 hibrit mısır varyetesinin farklı konsantrasyondaki görünümü.....	57
Şekil 15. 2,4-D uygulanan <i>Zea Mays</i> L. Advanta 2898 hibrit mısır varyetesinin farklı konsantrasyondaki görünümü.....	58
Şekil 16. 2,4-D uygulanan <i>Zea Mays</i> L. mısır varyetesinin farklı konsantrasyondaki görünümü.....	58
Şekil 17. Atrazin uygulanan <i>Zea Mays</i> L. Advanta 2898 hibrit mısır varyetesinin farklı konsantrasyondaki görünümü.....	59
Şekil 18. Atrazin uygulanan <i>Zea Mays</i> L. Danona hibrit mısır varyetesinin farklı konsantrasyondaki görünümü.....	59
Şekil 19. Atrazin uygulanan <i>Zea Mays</i> L. mısır varyetesinin farklı konsantrasyondaki görünümü.....	60
Şekil 20. Metolachlor uygulanan <i>Zea Mays</i> L. Advanta 2898 hibrit mısır varyetesinin farklı konsantrasyondaki görünümü.....	60

Şekil 21. Metolachlor uygulanan *Zea Mays* L. Danona hibrit mısır varyetesinin farklı konsantrasyondaki görünümü.....**61**

Şekil 22. Metolachlor uygulanan *Zea Mays* L. mısır varyetesinin farklı konsantrasyondaki görünümü.....**61**



TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Önemli Bazı Herbisitlerin Etkililiği, Kalıcılığı ve Yıkanması.....	33
Tablo 2. Ülkemizdeki bazı herbisitlerin bitki üzerindeki etkileri	34
Tablo 3. Bitkilerde ROS oluşumu, lokalizasyonu ve uzaklaştırılması.....	39
Tablo 4. 2,4-D uygulanan <i>Zea mays</i> L. Advanta 2898 cv., <i>Zea mays</i> L. Danona ve <i>Zea mays</i> L.fidelerinin kök, sürgün ve kuru ağırlık artışı üzerine etkileri.....	62
Tablo 5. Atrazin uygulanan <i>Zea mays</i> L. Advanta 2898 cv., <i>Zea mays</i> L. Danona ve <i>Zea mays</i> L. fidelerinin kök, sürgün ve kuru ağırlık artışı üzerine etkileri.....	63
Tablo 6. Metolachlor uygulanan <i>Zea mays</i> L. Advanta 2898 cv., <i>Zea mays</i> L. Danona ve <i>Zea mays</i> L. fidelerinin kök, sürgün ve kuru ağırlık artışı üzerine etkileri.....	64
Tablo 7. 2,4-D uygulanan <i>Zea mays</i> L. Advanta 2898 cv., <i>Zea mays</i> L. Danona ve <i>Zea mays</i> L.fidelerinin yapraklarında fotosentetik pigment miktarları üzerine etkileri	67
Tablo 8. Atrazin uygulanan <i>Zea mays</i> L. Advanta 2898 cv., <i>Zea mays</i> L. Danona ve <i>Zea mays</i> L.fidelerinin yapraklarında fotosentetik pigment miktarları üzerine etkileri	68
Tablo 9. Metolachlor uygulanan <i>Zea mays</i> L. Advanta 2898 cv., <i>Zea mays</i> L. Danona ve <i>Zea mays</i> L.fidelerinin yapraklarında fotosentetik pigment miktarları üzerine etkileri	69
Tablo 10. 2,4-D uygulanan farklı mısır (<i>Zea mays</i> L.) fidelerinde, kök ve yaprakta prolin, malondialdehit ve redükte glutatyon/okside glutatyon oranının miktarları üzerine etkileri	72
Tablo 11. Atrazin uygulanan farklı mısır (<i>Zea mays</i> L.) fidelerinde, kök ve yaprakta prolin, malondialdehit ve redükte glutatyon/okside glutatyon oranının miktarları üzerine etkileri.....	73
Tablo 12. Metolachlor uygulanan farklı mısır (<i>Zea mays</i> L.) fidelerinde, kök ve yaprakta prolin, malondialdehit ve redükte glutatyon/okside glutatyon oranının miktarları üzerine etkileri	74
Tablo 13. 2,4-D uygulanan farklı mısır (<i>Zea mays</i> L.) fidelerinde, kök ve yaprakta süperoksitdismutaz ve katalaz enzimlerinin etkilenmesi.....	80
Tablo 14. Atrazin uygulanan farklı mısır (<i>Zea mays</i> L.) fidelerinde, kök ve yaprakta süperoksitdismutaz ve katalaz enzimlerinin etkilenmesi.....	81
Tablo 15. Metolachlor uygulanan farklı mısır (<i>Zea mays</i> L.) fidelerinde, kök ve yaprakta süperoksitdismutaz ve katalaz enzimlerinin etkilenmesi.....	82

SEMBOLLER ve KISALTMALAR

°C	: Santigrad Derece
µg	: Mikrogram
µL	: Mikrolitre
µM	: Mikromolar
2,4,5-TP	: Triklorofenoksipropionik asit
2,4-D	: 2,4-Diklorofenoksiasetik asit
4-CPA	: 4-Klorofenoksiasetik asit
ACC_{ase}	: Asetil koenzimA karboksilaz
ALS	: Acetolactate sentezi
APX	: Askorbat peroksidaz
BHT	: Butilhidroksitoluen
CAT	: Katalaz
CFCS	: Kloroflorokarbon
CH₄	: Metan
CO₂	: Karbondioksit
CuSO₄ 5H₂O	: Bakır Sülfat
DAG	: Diaçilgliserol
DHA	: Dokosaheksaenoik asit
dk	: Dakika
DTNB	: 5,5'-ditiyobis-(2-nitrobenzoik asit)
EDTA	: Etilen Diamin Tetra Asetik Asit
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
EPA	: Eikosapentaenoik asit
EPSPS	: Enolpürilşikimat-3-fosfat sentaz enzimi
ESA	: Etansülfonik asit
g	: Gram
GC	: Gaz kromatografisi
GPX	: Glutasyon peroksidaz
GR	: Glutasyon redüktaz

GSH	: Redükte Glutasyon
GSH	: Redükte Glutasyon
GSSG	: Okside Glutasyon
GSSG	: Okside Glutasyon
H₂O	: Su
H₂O₂	: Hidrojen peroksidaz
Hg	: Civa
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
IAA	: Indol asetik asit
IARC	: Kanser Araştırma Uluslararası Ajansı
IBA	: İndol bütirik asit
IP³	: inositol-1,4,5- trifosfat
IU	: İnternasyonal ünite
K	: Potasyum
K	: Kontrol Grubu
KA	: Kuru ağırlık
Kg	: Kilogram
KH₂PO₄	: Potasyum Dihidrojen Fosfat
KHCO₃	: Potasyum Bikarbonat
KOH	: Potasyum Hidroksit
MDA	: Malondialdehit
MDA	: Malondialdehit
mg	: Miligram
mg.g⁻¹	: Miligram/gram
N₂O	: Nitroz oksit
NAA	:Naftalen asetik asit
NAAM	: Naftalen asetamid
NaCl	: Sodyum Klorür
NADPH	: Nikotinamit Adenin Dinüklotid Fosfat
NaH₂PO₄	: Sodyum Dihidrojen Fosfat
nm	: Nanometre
nmol.g⁻¹	: Nanomol/gram
O₂⁻	: Süperoksit radikali (anyonu)

OXA	: Oxanilic asit
P	: Fosfor
pH	: Hidrojen Gücü (Power of Hydrogen)
pK_a	: Asit-baz titrasyonlarından veya iletkenlik ölçmelerinden tayin edilebilen asit ayrışma sabitinin (-) logaritması.
PLC	: Fosfolipaz C
POD	: Peroksidaz
ppm	: Milyonda bir
PRL	: Prolin
ROS	: Reaktif oksijen türleri
SOD	: Süperoksit dismutaz
TA	: Taze Ağırlık
UV	: Ultra Viyole
µg.g⁻¹	: Mikrogram/gram

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun gittikçe artmasıyla insanların besinlere olan gereksinimleri de artmaktadır. Bu yüzden ürünlerin birim alanda en fazla verim ve kalite ile hızla yetiştirilmesi için farklı yöntemler geliştirilmektedir. 30-40 yıldır süren tarım uygulamalarında gübre, pestisit, su ve enerji kaynakları bilinçsiz bir şekilde tüketilmiştir. Bu tüketim, ekosistemde büyük zararlara yol açmaktadır. Günümüzde modern tarımdaki verimin artması beraberinde ekosistemin dengesinin bozulmasını getirmiştir. Ekolojik dengeyi bozan bu olumsuz unsurlardan bilinçli bir şekilde kurtulmak, ya da en aza indirmek gerekmektedir. Bu yüzden modern tarımın yanı sıra organik tarımda artış ve organik tarıma yönelim görülmektedir. Organik tarım; ürünün yapısında hiçbir kimyevi madde (pestisit, gübre gibi) bulundurmayacak şekilde üretimi amaçlayan, çevreyi ve canlı varlıkları korumaya yönelik üretim tekniklerinin geliştirilmesini sağlayan bir yetiştirme metodudur. Organik tarım, üretimde artışı değil, ürünün insan sağlığına uygun olmasını amaçlayan bir modern tarım sistemini oluşturmaktadır. Organik-modern tarımda üretimin her kademesinin dikkat ve özenle kontrol altına alınması sertifikalı üretim ile yapılmaktadır. Böylece üretim, tüketici ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilmektedir (URL-1). Sertifikalı ürünler, tescil edilen çeşitlerden oluşan, tarla ve laboratuvar kontrollerinde genetik, fiziksel ve biyolojik değerlerinin standartlara uygunluğu belirlenmiş, ambalajlanmış ve etiketlenmiş belgelere sahip olmaktadır (URL-19).

Pestisitler ve suni gübreler kullanıldıktan sonra açığa çıkan karbondioksit (CO_2), kloroflorokarbon (CFCs), metan (CH_4) ve Nitroz oksit (N_2O) gibi gazlar atmosfere yayılmaktadır. Tarımsal üretimde verim elde etmek için; tarım alanlarına ilaveten yapay kimyasallar, enerji kaynakları ve üretim materyalleri kullanılmaktadır. Bu verim, çevre kirliliğine, canlı varlıklarda toksik etkiye, toprak ve genetik erozyona yol açmaktadır. Tarımda yapılan zararlı etkileri önlemek için; organik tarım uygulaması başlatılmaktadır. Böylece kaliteli gıda ve tekstil ürünlerin elde edilmesi, bitkisel ve hayvansal üretimde dengenin sağlanması, biyolojik çeşitliliğin korunması ve kirliliğin azaltılması amaçlanmaktadır (URL-1). Tarımda, verimli ve fazla ürün elde etmek için toprağın en iyi şekilde işlenip, en kaliteli tohumlar kullanılarak, zararlı otlardan ve hayvanlardan korunması sağlanmaktadır. Günümüzde tarımsal alandaki ürün kaybı yaklaşık olarak % 35 olup, bunun % 14'ü zararlılardan, % 11'i hastalıklardan ve % 10'u da yabancı otlardan oluşmaktadır. Hatta hasattan sonrada % 14 kadar ürün kayıpları meydana gelmektedir.

Bunlar kemirgenler, kuşlar, böcekler ve mikroorganizmalardan kaynaklıdır. Önlem alınmazsa bu kayıpların iki kattan daha fazla olabileceği ön görülmektedir (D.P.T., 2001).

Toprağı kirleten unsurlar iki grupta incelenmektedir. Bunlar, makro kirleticiler ve mikro kirleticilerdir. Makro kirleticiler, toprakta çok fazla miktarda bulunan toksinlerin kendiliğinden oluşması ya da dış etkenlere bağımlı olarak oluşan kirleticilerdir. Mikro kirleticiler ise, toprakta az miktarda oluşabilen toksinlerin veya dış etkenlerin bulaşması ile oluşan kirleticilerdir. Bu kirleticiler minimum yoğunlukta bile toksik ve kronik etkiye neden olmaktadır. Makro kirleticiler, asit yağmurlarının ortaya çıkardığı gübreleme iyonlarından ve tuzlarından oluşmaktadır. Pestisit ve poli klorlu bifenil (PCB) gibi kimyasallar, lağım suları ile karıştığında ise aşırı çevre kirliliğine yol açmaktadır. Yani, bu kimyasallar konsantre olarak lağım çamurunun içerisinde bulunan hidrofobik lignin grupları ve humuslu topraklar tarafından kolayca absorbe olmaktadır. Böylece biyokimyasal bir bozulma oluştuğu görülmektedir (URL-2).

1.1.Tarımda Ürün Kalitesi ve Zararlı Otlarla Mücadele

Tarım alanlarında yetiştirilen bitkilerin kaliteli olması için yer ve besin ortağı olan yabancı otlara karşı mücadele gerekmektedir. Bu mücadelede en sık kullanılan ve ekonomik olan yöntemler arasında kimyasal mücadele gelmektedir. Bu mücadelede kullanılan herbisitlerin birçok faydasının yanında zararları da yer almaktadır. Örneğin; bitkinin filizlenmesinden sonra yapraklara herbisit verildiğinde bir kısmı toprağa düşebilmektedir. Bu durumda bitki hem yapraktan, hem de topraktan kimyasalı aldığı için yabancı ot kontrolü daha etkili olmaktadır. Zararlı otlar açısından herbisitlerin toprakta kalma zamanının az olması, yabancı otları kontrol altına almakta güçlük yaşatabilir. Bu zamanın uzun olması da herbisitlerin çevreye yayılma sorununu ortaya çıkarabilmektedir. Diğer yandan herbisit kalıntısı, bir sonraki yıla kadar toprakta kalıyorsa fitotoksisiteye neden olabilmektedir (Başaran ve Serim, 2010).

Yabancı otlardan kurtulmak için yapılan mücadelenin ne zaman başladığı bilinmemektedir. Ancak çapa, orak vb. tarım aletlerinin M.Ö 6000’li yıllarda kullanılmaya başlandığı bilinmektedir. İlk kez M.Ö 1850 yılında yabancı otlara karşı kimyasal ilaçlar kullanılmaya başlanmıştır. 1984 ile 1988 yılları arasında yeni kimyasal bileşiklerin geliştirilmesi ve herbisitlerin tarım ilaçları olarak kullanılması hız kazanmıştır. Örneğin, 1850 yılında yemek tuzu, bakır sülfat, demir sülfat, 1892 yılında bakır sülfatın tahıl

ürünlerinde kullanımı, 1942 yılında sentetik herbisitler (2,4-D, MCPA, 2,4-DP vb.) ve 2002 yılında daha etkili herbisitler kullanılmıştır.

Pestisitler arasında ilk dönemlerde insektisitler ve fungusitler yoğun olarak kullanılırken, günümüzde herbisitler Dünya’da ilk sırada yer almaktadır. Herbisitlerin ekolojik dengeye zararını en aza indirmek için, 70.000-80.000 arasında bileşikten oluşan türevleri oluşturulmaktadır. İnsan eliyle yapılan bu işlem ek bir maliyetide beraberinde getirmektedir. Zararlı otların herbisitlere olan direnci arttıkça yeni herbisitlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Ot öldürücü kimyasal ilaçların kullanımının gelişmiş ülkelerde daha fazla olduğu görülmektedir. Daha önce de belirttiğimiz gibi zararlı otların meydana getirdiği kayıplar ürünün verimini düşürmektedir. Bu kayıplar ise;

- Tarım bitkilerinin ışığına engel olmaktadırlar.
- Toprakten besin ve su alımında rekabet oluşturmaktadır. Zararlı otlar, topraktaki suyu bolca alarak fazlasını transpirasyonla dışarı vermektedir.
- Toprak sıcaklığını azaltmaktadırlar.
- Zararlı otlar, çıkardığı salgılarla bitkinin büyümesini engellemektedirler. Zararlı otların meydana getirdiği salgılar ve toprağın alt kısmındaki çürüyen maddeler sonucunda oluşan kimyasal maddeler tarım bitkilerin gelişimini engellemektedir. Bu duruma “allelpati” denilmektedir.
- Tarım bitkilerine hastalıkların bulaşması ve haşarelerin barınmasına sebep olmaktadırlar. Bazı zararlı otlar tarım bitkileri üzerinde parazit olarak da yaşayabilmektedirler. Böylece, ekonomik yönden zarara yol açmaktadırlar.
- Zararlı otlar, insan ve hayvan sağlığında tehlike oluşturacağı gibi yangınlara da sebep olmaktadırlar.
- Tarım ve kültür bitkilerinden verimli ürün elde edilememesi ve bu yüzden ekonomik değerin de azalması görülmektedir. Örneğin, zararlı otlar şeker pancarının şeker miktarını azaltmaktadır.
- Tarım ürünlerinin zayıf bünyeli olmasına sebep olmaktadırlar.
- Tarım bitkilerinin tohumlarına zararlı otların tohumlarının karışması kaliteyi azaltmaktadır.
- Bazı zararlı otlar kangal (*Onopordon spp.*), labada (*Rumex crispus*) gibi kalın gövdeli olduğundan geç kuruyup, hayvan yemine karışarak küflenmeye sebep olduğundan yem kalitesini düşürmektedir.

- Bazı zararlı otların kokusu ete ve süte geçebilmektedir. Bu yüzden kaliteyi azaltmaktadır. Hatta bu otları yiyen hayvanların etinin ve sütünün tüketilmesi zehirli maddelerden dolayı insan sağlığına etki etmektedir.

Zararlı otların faydalı yönleri de bulunmaktadır. Yabani otların bazılarını insanların tüketiyor olması buna örnek verilebilir. Ayrıca yabani otlar; barınak yapımı, yakacak, ilaç yapımı, yeşil gübre, hayvan yemi, gıda renklendirmesinde, erozyonu önlemede, virüs teşhisinde indikatör bitki olarak ve toprak yapısının düzeltilmesinde kullanılmaktadır.

Genellikle bir yıllık ve iki yıllık yabani otlar generatif (tohumla) olarak, çok yıllık otlar ise generatif ve vejetatif olarak çoğalmaktadırlar. Tohumların çimlenmesi tür özelliği ve çevre şartlarına uyumuna bağlı olarak belli mevsimlerde olmaktadır. Tohum suyu alıp şişer ve embriyo büyümeye, gelişmeye başlar. İlk olarak gibberellik asit sentezlenmekte ve aleuron tabakasında depo maddeleri hidrolize uğramaktadır. Nişasta, amilaz enzimi ile parçalanarak şekere dönüşmektedir. Şekerin parçalanmasıyla enerji elde edilmiş olmaktadır. Böylece; çimlenme için gerekli olan enerji elde edilmiş olur. Nükleik asit, nükleaz enzimi tarafından parçalanır ve sitokinini oluşturmaktadır. Çimlenme olduğu sırada sitokin embriyoya geçerek, hücreler bölünmeye başlamaktadır. Proteinler, aminoasitlere parçalanarak triptofanı oluşturmaktadır. Triptofanda parçalanarak indolasetik asit embriyo içine geçmektedir. Böylece; hücrelerin boylarının uzamasını sağlamaktadır. Tohumların çimlenme mekanizmasında öncelikle hücre bölünmesi, boylarının uzaması enerji temininden oluşmaktadır. Embriyo hücresi bölünüp uzayarak radikula (kökçük) meydana gelmektedir. Bu radikula tohum kabuğunu parçalayarak dışarı çıkmaktadır. Böylece; çimlenme başlamış, devam etmesi için uygun sıcaklık, rutubet ve oksijen gereklidir. Ana bitkiden ayrılan tohumlar olgun tohumlardır. Bu tohumlar genellikle o yıl çimlenmezler. Tohumların birçoğu dormansi (bekleme) döneminden sonra çimlenmektedirler. Herbisitler, dormansi dönemindeki tohumlarda etkili olmamaktadırlar, daha çok çimlenmeye başlamış olan tohumlarda etkili olmaktadır. Fakat toksik gazlar dormansi halindeki tohumları yok etmektedir.

Tarım yapılan topraklardaki araştırmalara göre; zararlı otların tohumlarının en fazla olduğu toprak kısmının 7-14 cm arasında olduğu tespit edilmiştir. Birçok yabancı ot tohumları daha derinlerde olduğunda, 60 yıla kadar canlılıklarını koruyabildikleri bilinmektedir. Genellikle yabancı otlar 0-5 cm derinlikte çimlenebilmektedir. Tohumların üzerindeki mum tabakası ve içerdiği yağ oranı ömür uzunluğu bakımından etkili olmaktadır. Bu mum tabakası tohumun zamansız şişip parçalanmasını önlemektedir.

Zararlı otların tohumlarında yağ miktarı ne kadar fazla olursa, enerji deposu da o kadar fazla olmaktadır. Yabancı otların tohumları su, rüzgâr, kültür bitkisi tohumları ve fidanlarla kökle üreyen, rizomlu, yumrulu ve soğanlı bitkilerde birlikte taşınır, tarım aletleri ve insanlar aracılığı ile yayılmaktadır. Zararlı otlar, vejetatif olarak toprak altı organlar ve toprak üstü organlar ile çoğalmaktadır. Toprak altı organları ile çoğalması gerçekleşmektedir. Tohumdan oluşan ana kök ve yan köklere primer kök denmektedir. Primer köklerin dallarına sekonder veya lateral kök denilmektedir. Ana kök daha çok gelişmişse kazık kök, ana kökün yanlarında bulunan kökler daha çok gelişmişse buna saçak kök denilmektedir. Saçak köklü zararlı otlar, yeşil alan ve meralarda yoğun şekilde görülmektedir ve tohum ile çoğalmaktadır. Kazık köklü zararlı otlar, toprak işlenen yerlerde daha fazla etkili olmaktadır. Zararlı otlar, rizomla çoğalmada toprak üstüne daha yakın alanda besin depo etme yeteneğine göre kalınlaşan bir gövdeye sahip olmaktadır. Soğan ile çoğalmada, kısa boğumlar halinde ve ardarda gelen kalın yapraklardan meydana gelmektedir. Buna çiğdem, bağ sarımsağı gibi zararlı otlar örnek verilebilir. Zararlı otlar, toprak üstü organları olan stolonlarla ve toprak üstü gövdesi olan yapraklar ile çoğalmaktadır. Yabancı otların uç kısımdaki sürgünün ilerleyip, yan sürgünlerinin uzamasını engellemesine apikal dominansi denilmektedir. Apikal dominansi iki teori ile açıklanmaktadır. Gıda maddeleri teorisinde; sürgünün uç kısımlarda yeteri kadar besine sahip iken, yan kısımlarında besin azlığından dolayı sürgünün sadece uç kısmının uzayacağından bahsetmektedir. Hormon teorisinde; sürgünün uç kısmında difüzyon hızlı olduğundan dolayı indol asetik asit (IAA) burada birikir ve bu kısım uzamaya başlar. Fakat yan kısımlarda ise IAA yoğunluğu az olduğundan dolayı buralarda uzama yavaşlar, bazen tamamen durur.

Zararlı otların yoğunluğu, verimi azaltırken rekabeti arttırmaktadır. Azot (N), rekabeti sınırlandırmakta oldukça önemli olmaktadır. Bir zararlı otun kökü ne kadar derine iner ve ne kadar geniş alanı kaplarsa azot bakımından rekabet yeteneği o seviyede artmaktadır. Zararlı otlar için gerekli diğer besin maddeleri ise; fosfor (P) ve potasyum (K) maddelerinden oluşmaktadır. Bunlar rekabeti olan bitkilerin, köklerinin büyüyüp gelişmesinden sonra ortaya çıkmaktadır. Zararlı otlar ile kültür bitkileri arasındaki rekabeti; ekim şekli, sulama şekli ve miktarı, kültür bitkisinin çeşidi, toprak tipi, gübre çeşidi, tarım bitkisinin geç ya da erken zamanda ekilmesi, dekar başına kullanılan tohum miktarı gibi faktörler etkilemektedir (URL-3).

Yabancı otlara verilen pestisitler, aynı dozda tekrar kullanıldığında yabancı otlara etki etmediği görülmektedir. Bu da yabancı otların pestisitlere karşı direncinin arttığını ve çevrede yüksek oranda pestisit kullanımının çiftçiyi ekonomik zarara uğrattığını göstermektedir (URL-1).

Mısır bitkisi, tahıllar arasında 3. sırada yer alan bir gıda ürünüdür. Aynı zamanda mısırın sanayide hammadde olması ve yan ürünlerini kullanılacak tesislerin olması bakımından da önemli bir kültür bitkisidir. Bir C₄ bitkisi olan mısır danelerinde güneşten aldığı enerjiyi biriktirmekte ve danelerinde bulunan etanol çeşitli işlemlerden geçmektedir. Bu mısır taneleri farklı işlemlerden geçtikten sonra biyoyakıt oluşmaktadır. Mısır bitkisi, rekabet gücü yüksek olan bir bitki olmakla beraber büyümenin ilk basamaklarında rekabet gücü zayıftır. Bu aşamada zararlı otlarla mücadele, verimli ürün elde edebilmek açısından önemlidir. Bitkide zararlı ota bağlı olarak, verim bakımından % 42 kadar bir azalış görülmektedir. Mısırın olgunlaşmasında ilk 1-1,5 aylık dönem çok önemlidir ve en fazla zarar bu dönemde oluşmaktadır. Sonraki dönemlerde ise mısır, yüksek boylanma ve güçlü rekabetten dolayı zararlı otları baskı altına alarak oluşabilecek zararı en asgari seviyeye düşürmektedir. Yabancı ot mücadelesi uygun yöntem ve zamanda yapılmadığı takdirde, mısır tane veriminde önemli kayıplar meydana gelmektedir. Türkiye’de mısır ekim alanlarına zararı olan yabancı otlar; Horozibiği (*Amaranthus spp.*), İmam pamuğu (*Abutilon theophrasti* Medik.), Köpek dişi ayrığı (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.), Köpek üzümü (*Solanum nigrum* L.), Benekli darıcan (*Echinochloa colonum* L.), Çatalotu (*Digitaria spp.*), Tarla sarmaşığı (*Convolvulus arvensis* L.), Boz otlar (*Heliotropium spp.*), Darıcan (*Echinochloa crusgalli* L.), Topalak (*Cyperus rotundus* L.), Yapışık ot (*Seteria spp.*), Demir diken (*Tribulus terrestris* L.), Geliç, Kaz ayağı (*Chenopodium spp.*), Su ayrığı, Pıtrak (*Xanthium strumarium* L.), Kanyaş (*Sorghum halepense* L.) şeklinde sıralanabilir (Bükün, 2012).

1.2. Pestisitler

Pestisitler ilk kez M.Ö. 1500’lü yıllarda papirüs üzerindeki haşereleri öldürmek için kullanılmıştır. İlk tarım ilacı 4500 yıl önce antik Sümer’de uygulanan kükürt tozu olmaktadır (Altıkat vd., 2009). Sonra nikotin gibi botanik kökenli maddeler kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde ise, bazı bölgelerde risk faktörü oluşturan nikotin, balık avlamak için de kullanılmaktadır. 16. yy’ da nikotin, 19. yy’ dan itibaren krizantemden meydana gelen pyrethrum da kullanılmaya başlanmıştır. ABD’ de Colorado da 1860’ lı yıllara kadar

patates böceğine karşı bakır arsenik bileşikleri kullanılmıştır. Sonradan da civa ve kurşun gibi metal bileşikleri de kullanmaya başlanmıştır. Kimyasal kontrolde sınırlı sayıda olan birkaç madde II. Dünya savaşına kadar kullanılmaktaydı. Bunların çoğunluğu bakır ve civa tuzlarının, kükürdün fungusit olarak kullanılmasıdır. Ayrıca, haşarelere karşı arsenik, siyanür gibi genel zehirlerden de yararlanılmaktaydı (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Pestisitler, kültür bitkilerini haşarelerden, hastalık yapan virüslerden, yabancı otlardan korumak için kullanılan tarım ilaçlarına denilmektedir. Bunlar aynı zamanda tarım üretimini de arttıran kimyasal maddelerdir. Toprağa ve bitkinin yapraklarına uygulanan pestisitler, çeşitli kimyevi moleküllerden oluştuğu için suya, havaya ve toprağa da farklı şekillerde yayılmaktadır. Pestisitler, suyun buharlaşmasıyla atmosfere yayılmakta, bir kısmı fotokimyasal yollarla parçalanıp toksik etki oluşturmaktadır. Geri kalan kısmı ise, toprakta tutulmakta ve toprak içerisinde parçalanarak kirliliğe sebep olmaktadır. Pestisitler, yağmur, sel, kar suları ile taşınarak nehir, göl ve denizlere kadar ulaşmaktadır. Kutuplarda bile pestisit kalıntısına rastlanması, dünyadaki sirkülasyonun etkisini göstermektedir. Dolayısıyla çok ciddi bir çevre sorunudur.

Günümüzde 900 pestisit çeşidi bulunmaktadır ve bu çeşitlerin 60.000 türde formülasyonu yapılmaktadır. Bunlardan en yaygın kullanılanı herbisitler ve insektisitlerdir. Pestisitlerin % 60 kadarı tahıl ve sebze ekiminde kullanılmaktadır. Dünyada pestisit kullanımının % 55'i Kuzey Amerika'da ve Batı Avrupa'da bulunmaktadır. İngiltere'de tarım alanında hektar başına 3,8 kg pestisit ile 10 farklı türde madde de kullanılmaktadır. Pestisit tüketimi, Türkiye'de batı ülkelerine göre daha az kullanılmaktadır. Fakat geleneksel tarımın olduğu yerlerde pestisit kullanımı batı ülkeleriyle hemen hemen aynı olmaktadır. Pestisit tüketimi, ülkemizde yılda ortalama 30-35 bin tondur. Hektar başına 400-700 gr kullanılmaktadır. Ülkemizde pestisit kullanımı, % 47 oranında insektisitler, % 24 herbisitler ve % 16 fungusitler için olmaktadır.

Genellikle pestisitlerin kullanıldığı alanlarda kirlilik oranının çok fazla olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra hedefteki organizmaya % 0,015 ile % 6 arasında ulaşabildiği görülmektedir. Pestisitlerin yetersiz ve hatalı kullanımı, kazara dökülmesi, zirai araçların yıkanması, atık şişelerin çevrede bırakılması vs. gibi durumlarda çevreye olan zararının daha çok arttığı görülmektedir (URL-1).

Araştırmalara göre; yaygın olarak kullanılan 700 kadar pestisit 33'ü insan sağlığını tehdit etmekte, 48'i oldukça tehlikeli, 118'i orta derecede zararlı ve 139'u az

derecede zarar teşkil etmektedir. 2001 yılında 3,2 milyon tona kadar artış olduğu görülmektedir (Ahioglu, 2008).

Pestisit kalıntıları kendiliğinden yok olabilmektedir. Pestisitlerin biyokimyasal yapılarının kararlı olmaları; çözünebilirliklerine, kimyasal ve fiziksel yapısına, uçucu olmalarına, bulunduğu ortam şartlarına bağlıdır. Bazı pestisitler buhar basıncına duyarlı olup havanın ısınması ile bitkinin üzerinden kaybolurlar. Pestisitler, bitkinin üst veya iç kısmındaki biyokimyasının bozulmasına neden olmaktadır. Bitkinin bozulmasının kolay bir şekilde olması kullanılan pestisit formülasyonu, kimyasal yapısına ve kararlılığına bağlıdır. Pestisitte güneş ışığının neden olduğu bozunma, çözelti ve süspansiyonda hızlı bir şekilde meydana gelmektedir. UV ışınlarının etkisiyle oksitlenme, indirgenme, dekarboksilasyon, izomerizasyon vs. şeklinde meydana gelen reaksiyonların olduğu bildirilmektedir.

Pestisitler toz halde, ıslanabilir toz (su ile seyreltilerek uygulanan toz halindeki ilaçlar), çözelti, granül vd. olarak piyasada bulunmaktadır. Pestisitlerin formülasyonlarına ve etkilerine göre bulunduğu yerde tutunması ve bozulması farklı şekilde ve zamanlarda gerçekleşmektedir. Toz ve sıvı şekilde kullanılan pestisitlerde tozun sıvıdan daha fazla çevreye yayıldığı tespit edilmiştir. Daha küçük taneciğe sahip olan kimyasal maddeler çevreye daha kolay yayılabilmektedir. Pestisitlerin bitkide kalma süresini etkileyen tarım ilaçlarının tarlaya uygulanma şekli, kimyasal içeriğinin buhar basıncına olan etkisi, seyreltici türü, bitkilerin üst kısmının yapısı, hava şartları, gün ışığından dolayı oksitlenmesi, nemli ortamlarda hidrolize uğraması, yaprak ve meyvelerin rüzgar etkisiyle birbirine değerek kimyasalların uzaklaştırılması yer almaktadır (URL-4).

1.2.1. Pestisitlerin Sınıflandırılması

Bitki ve hayvanlara musallat olan zararlı organizmalara karşı kullanılan kimyevi ilaçların hepsine toplu olarak pestisit denilmektedir.

Pestisitleri şu şekilde sınıflandırabiliriz;

A-İnsektisitler: Klorlanmış hidrokarbonlar, organik fosfor, karbamatlar, sentetik pretroid, bakteriler ve diğerleri.

B-Akarisitler: Halojen ve oks., amin ve hidrazin tür, dinitrofenol ve est., kükürtlüler, organik kalay ve diğerleri.

C-Fungusitler:

1) **Koruyucu fungusitler:** Bakırlılar, kalaylılar, kükürtlüler, dithiokarbomat, fitalimidler, nitro bileşikleri ve diğerleri

2) **Sistemik fungusitler:** Anilidler, benzimidazoller, morfolinler, piperazinler, pirimidler, triazoller ve diğerleridir.

D-Herbisitler

- 1) Phenoxy bileşik
- 2) Benzimidazol
- 3) Picolinic Asitler
- 4) Klorlu Alifatik Ast.
- 5) Karbamatlar
- 6) Dinitroamin analin
- 7) Anilidler
- 8) Üre Bileşikleri
- 9) Triazinler
- 10) Uraciller
- 11) Nitrofenol ve türleri
- 12) Diğerleri (Karakaya ve Boyraz, 1992).

Pestisitlerin Kullanıldıkları Zararlı Grubuna Göre Sınıflandırılması:

- Böcekleri öldürenler (insektisit)
- Fungusları öldürenler (Fungusit)
- Fungusların faaliyetini engelleyenler (Fungustatik)
- Yabancı otları öldürenler (Herbisit)
- Örümcekleri öldürenler (Akarisit)
- Bakterileri öldürenler (Bakterisit)
- Yaprak bitlerini öldürenler (Afisit)
- Kemirgenleri öldürenler (Rodentisit)
- Nematodları öldürenler (Nematosit)
- Salyangozları öldürenler (Molluskisit)
- Algleri öldürenler (Algisit)
- Kuşları öldürenler veya kaçırılar (Auensit)
- Kaçırıcılar (Repllent)
- Çekiciler (Atrakant) (D.P.T., 2001).

Pestisitler işlevlerine göre şöyle sınıflandırmaktadır:

1. Yaprak dökücüler (defoliant): Bitkilerin yaprağını dökerek etkileyenler
2. Kurutucular(dessicants): Bitkileri kurutucu etki yapanlar
3. Dezenfektanlar (mikroorganizmaları etkisiz hale getirenler)
4. Kaçınıcılar (böcek ve kuşları kaçırınlar, repellent)
5. Çekiciler (pheromonlar, yemler vb): Böcekleri onları yok edecek sisteme doğru çekenler ve yönlendirenler.
6. Kısırlık yapan kimyasallar (kemosterilantlar):Böceklerde kısırlaştırıcı etki yapanlar.
7. Büyüme düzenleyicileri: Böcek veya bitkilerin büyümelerini geciktirenler veya hızlandıranlar (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

Pestisitler kalıcı olmaları bakımından dört sınıfta toplanmaktadır:

- **Kalıcı olmayanlar:** Organik fosforlu kimyasal tarım ilaçlarından oluşmaktadır.
- **Orta derecede kalıcı olanlar:** Herbisitler.
- **Kalıcı olan pestisitler:** Klorlu hidrokarbonlar olan pestisitler.
- **Daimi kalıcı olan pestisitler:** Pb, As, Hg'lı pestisitler yer almaktadır (URL-4).

1.3. Herbisitler

Herbisit, latince bir kelimedir. Latince herba: bitki ve cida: yok etmek anlamına gelen kelimelerden oluşmaktadır. Toprak pH'ı, toprağın yapısı ve topraktaki organik madde içeriği, toprağa verilen herbisitlerin kil veya organik madde tarafından tutulmasında etkili olmaktadır. Topraktaki kil veya organik madde yoğunluğu arttıkça herbisitlerin toprağa tutunması da artmaktadır. Bu durumda yabancı otlar tarafından herbisitlerin topraktan alınımı güçleşeceğinden, herbisitler etkisiz kalmaktadır. Bu özellikteki topraklarda daha fazla herbisit kullanılarak yabancı ot kontrol altına alınabilir. Sonuç olarak, zararlı otların tarım ilaçlarına olan bağıışıklığı ve çevre kirliliği artmaktadır. Atrazin ve metribuzin gibi herbisitler, toprak pH' ı arttıkça daha çok etkili olmaktadır. Bu iki herbisit toprağa güçlü bir şekilde bağlanmadan daha etkili hale gelebilmektedir.

Bitkilerde su ve besin iletimini sağlayan yapılar bulunmaktadır. Bitkilerin kökten yapraklara doğru element taşımını sağlayan yapılara “ksilem”, yapraktaki organik ve

mineral maddeleri köklere - yapraklara taşıyan yapılara “floem” denilmektedir. Ksilem ile taşınan herbisitlere metribuzin, floem ile taşınan herbisitlere ise, Glyphosate ve Fluazifop-P-butyl’ i örnek verebiliriz.

Herbisitler reaksiyonlara girebilmek için neme ihtiyaç duymaktadır. Herbisitler, nem içermeyen topraklarda uzun süre kalabilmektedir. Bu yüzden herbisitler mevsiminde kullanılmalıdır. Herbisitler bitkide hareket şekli bakımından, sistemik ve kontakt olarak ikiye ayrılmaktadır. Sistemik herbisitler, hareket halinde zararlı herbisit iken; kontakt herbisitler ise hareket etmeyen yani kaldığı noktada zarar oluşturan herbisitlerdir. Kontakt herbisitlerin bitkinin tüm kısmına ulaşabilmesi için fazla su veya basınca ihtiyacı vardır. Bu tür herbisitlere paraquatı örnek verebiliriz.

Sistemik herbisitler, yapraktan köklere doğru taşınarak bir yıllık yabancı otları kolay bir şekilde yok etmektedir. Buna bağlı olarak çok yıllık yabancı otlara herbisit uygulaması, kök kısımlarından taşınan besin maddelerinin yoğun ve hareketli olduğu zamanda uygulanmalıdır. Genellikle bu uygulama zararlı otlarda, çiçek gözlerinin açmaya başladığı zaman ve sert kış donlarından önce zararlı otların büyümeye başladığı dönemdir. Çünkü zararlı otlar soğuk hava şartları başlamadan ve çiçek açma döneminden önce büyümektedirler. İlkbahar dönemi bitkilerdeki besinlerin floem ile taşınma hareketinin az olduğu dönemdir. Yabancı otlar, kökte biriken besinleri yapraklara taşıdığı için yapraktan köklere taşınan herbisitlerin zararlı otlar üzerinde önemli bir etkisi görülmeyecektir.

Herbisitler, çevreye yayılarak zarar vermesini istemediğimiz bitkilere kadar ulaşabilmektedir. Hatta insan ve hayvanlarda da zararları görülebilmektedir. Herbisitler, parça ve buhar saçılması olarak iki şekilde yayılmaktadır. Parça saçılmasında herbisitler ufak zerrecikler halinde bitkiye uygulandığında rüzgarın etkisiyle yayılmaktadır. Bazı üreticiler, herbisitleri yapışkan halde üreterek parça saçılma olayının önüne geçmektedirler. Buhar saçılmasında herbisit uygulandıktan 1-2 saat veya birkaç gün sonra herbisitin buharlaşması sonucu oluşmaktadır. Herbisitler, 1,5 km’ye kadar dağılabilmesine rağmen, çok az herbisit buhar olarak yayılabilmektedir. Örneğin; 2,4-D’nin ester formülasyonunda buharlaşma görülürken, 2,4-D’nin tuz ve amin formülasyonunda görülmemektedir (Gündüz vd., 2006).

Herbisitlerin metabolizma olaylarını ve bitkiye alınmasını; formülasyon, fizikokimyasal olaylar, tane büyüklüğü, uygulanma şekli, yağış, nem, güneş ışığı, bitki türü, fizyolojik farklılık, stoma, yaprağın yüzeyinin tüylü ve mumsu yapıda olması, herbisitlerin bitkiye verildiği zaman vs. faktörler etki etmektedir. Bitkideki olaylar ise;

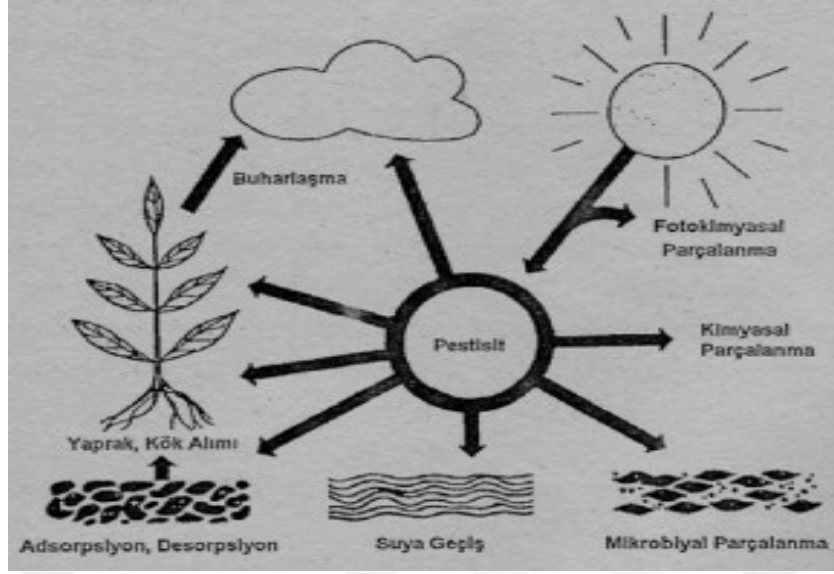
- Herbisitler, floem ve ksilem ile taşınabilmektedir.
- Bitkiye alınan herbisitler, bitkide akümüle edilmekte ve metabolik olaylar meydana gelmektedir.
- Metabolizma sonucu oluşan maddeler bitkide birikmektedir.
- Herbisitler mevsimsel süreçte uygulanmasa bile önceki dönemlerde toprakta bulunan herbisit kalıntılarını bitki bünyesine alabilmektedir.

Herbisitler, parçalanarak bitki kökleri yardımı ile alınmaktadır. Herbisitlerin bitkiye alınımında, herbisitin uygulanışı ve miktarı, fizikokimyasal ve kimyasal reaksiyonlar, toprak tını ve toprak özelliği, adsorbsiyon ve desorbsiyon, mikrobiyolojik parçalanma, iklim koşulları, bitkinin olgunlaşması, terlemesi, besin alınımı gibi etkenler bulunmaktadır.

Herbisitler, köke ya da yaprağa uygulandıktan sonra herbisitlerin topraktaki durumu ve topraktaki yayılması aşağıdaki gibi olmaktadır;

- ❖ Herbisitler, toprak eğimi ve toprağın akışı ile taşınarak suda çözünebilmektedir.
- ❖ Herbisitler, sıcak hava koşullarından dolayı buhar haline geldiğinde rüzgar ile diğer bölgelere taşınabilmektedir.
- ❖ Herbisitler, yağışların etkisiyle oluşan yer altı sularına sızarak yayılabilmektedir.
- ❖ Toprakta çözünmeye başlayan herbisitler, mikrobiyolojik olarak parçalanabilmek için organik maddeler yardımı ile adsorbe edilebilirler.
- ❖ Herbisitler, buharlaşma arttıkça desorbe olduktan sonra, kapillar su ile tekrar toprağa geri gelmektedir.
- ❖ Herbisitler, suda yaşayan canlılara bulaştıktan sonra orada akümüle olabilmektedir.
- ❖ Herbisitler, bitkiye uygulandıktan sonra yağmur suları ile taşınarak nehirlerle ulaşır ve böylece diğer bitki ve hayvanlara zarar verebilmektedir.

Kısaca herbisitlerin bitkiye püskürtülerek uygulanması; onların buharlaştıktan sonra hava akımıyla taşınarak farklı bölgelere gidebilmesine yardımcı olabilmektedir. Yağış ile herbisitlerin tekrar yeryüzüne geri gelmesi ve bulunduğu ortamda kimyasal, fitokimyasal ve mikrobiyal parçalanmaya uğradığı görülebilmektedir (Tiryaki vd., 2010; Ahioğlu, 2008).



Şekil 1. Herbisitlerin ekosistemdeki davranışları (Tiryaki vd., 2010).

1.3.1. Herbisitlerin Sınıflandırılması

Herbisitler farklı özelliklere göre sınıflandırılmaktadır.

Herbisitlerin etki mekanizmalarına göre sınıflandırılması:

- Fotosentezi engelleyen herbisitler: Uracil'ler, üre bileşikleri, triazin vs.
- Solunumu engelleyen herbisitler: Dinitrophenol, pentachlorophenol, benzonitril, anilin vs.
- Büyütücü hormon türevi herbisitler: Phenoxy bileşikler.
- Mitoz bölünmeyi engelleyen herbisitler: Carbamat, chloracyl, amid, anilin vs.
- Çimlenmeyi engelleyen herbisitler: Carbamat, anilin vs.

Herbisitlerin Bitki Bünyesinde Taşınma Özelliğine Göre Sınıflandırması

- Kontakt herbisitler: Bitki ile temas ettiği kısımda etkili olan, diğer bitki organlarına taşınmayan herbisitlerdir.
- Sistemik herbisitler: Bitki ile temas eden dokulardan giriş yapan ve buradan diğer bitki organlarına taşınan herbisitlerdir.

Herbisitlerin Uygulama Dönemlerine Göre Sınıflandırılması

Döneme bağlı olarak kullanılan herbisitler bir veya birkaç tane olabilmektedir.

- **Yaprağa Uygulanma Dönemi:** Doğrudan bitkinin yapraklarına uygulanmaktadır. Kontakt etkiye sahip herbisitler ve sistemik herbisitler ile yapılan uygulamalardır.

- **Ekim veya Dikim Öncesi Uygulanma Dönemi:** Büyük bir herbisit grubu kültür bitkisinin ekiminden önce toprağa uygulanmaktadır. Bu dönemde yabancı ot tohumlarının büyük bir kısmı çimlenmiş veya vejetatif organları oluşmuştur. Çimlenen tohumlara veya süren organlara herbisitlerin etkisi kontakt ya da sistematik olmalıdır. Bu dönemde kullanılan herbisitlerin çimlenmeyen tohumlara bir etkisi olmamaktadır. Genellikle tek yıllık, iki yıllık ve kökleri yüzeysel olan yabancı otlara karşı etkili olmaktadır.
- **Çıkış Öncesi Uygulanma Dönemi:** Bu dönemde herbistler, kültür bitkisinin ekim veya dikiminden sonra, fakat toprak yüzeyine çıkışından önce uygulanırlar. Kültür bitkisi toprak yüzeyine çıkmadığı için herbisitlerin etkisinden korunmaktadır. Bu dönemde kontakt veya sistemik herbisitler uygulanmaktadır. Amaç; toprak işleme ile parçalanen toprak altı organlarının ortadan kaldırılmasını sağlamaktır.
- **Çıkıştan Sonra Uygulanma Dönemi:** Bu dönemde genellikle seçici özelliğe sahip herbisitler ile total herbisitler uygulanmaktadır.

Herbisitlerin Kimyasal Yapılarına Göre Sınıflandırılması

Herbisitler, yapısındaki C, H₂ ve O₂ ile oluşturulan farklı sıralamalara göre gruplara ayrılmaktadırlar (URL-14).

A. PHENOXY BİLEŞİKLER

1. 2,4-D amin: Dimethylamin, Tri-isopropanolamin tuzu + picloram amin tuzu
2. 2,4-D ester: Isobutylester, Isooctylester, 2,4-D isooctylester + Triclopyr butoxyethylester, Isopropylester
3. Aclonifen
4. Dichlorprop-P+ MCPA+Mecoprop-P
5. Diclofop-Methyl
6. Diclofop-Methyl+Fenoxaprop-P-Ethyl
7. Fenoxaprop-Ethyl
8. Fenoxaprop-P-Ethyl
9. Flamprop-M-Isopropyl
10. Fluazifop-Butyl
11. Fluazifop-P-Butyl
12. Fomesafen

13. Haloxypop Ethoxyethylester
14. Haloxypop-R-Methylester
15. MCPA
16. Mecoprop+Bromoxynil
17. Oxyfluorfene
18. Quizalofop-P-Ethyl

B. KARBAMATLAR

1. Chlorpropham
2. Cycloate
3. EPTC
4. EPTC-R-29148
5. Molinate
6. Molinate+Propanil
7. Phenmediphame
8. Phenmediphame+Desmediphame
9. Phenmediphame+Ethofumesate
10. Thiobencarb
11. Thiobencarb+Propanil
12. Vernolate+R-25788

C. ÜRE BİLEŞİKLERİ

1. Diuron
2. Fluometuron
3. Linuron
4. Methabenzthiazuron
5. Methabenzthiazuron+Dichlorprop
6. Monolinuron
7. Monolinuron+Linuron
8. Monolinuron+Paraquat
9. Tebuthiuron

D. SULFONYLURELER

1. Bensulfuron-Methyl
2. Bensulfuron-Methyl+Metsulfuron Methyl
3. Chlorsulfuron
4. Nicosulfuron
5. Rimsulfuron
6. Tribenuron-Methyl
7. Tribenuron-Methyl+Thifensulfuron-Methyl

E. ANILINLER

1. Butralin
2. Ethalfluralin
3. Pendimethalin
4. Trifluralin

F. AMİDLER VE ANİLİDLER

1. Acetochlor
2. Alachlor
3. Alachlor+Atrazine
4. Diphenamid
5. Metolachlor
6. Metolachlor+Atrazine
7. Propanil
8. Propanil+Quinclorac
9. Propyzamide

G. BENZOİK ASİTLER

Dicamba

H. PICOLİNİK ASİTLER

Dichloropicolinic Asit

I. ORGANİK HALOJEN ASİTLER

Dalapon

K. DIAZINLER

1. Bentazone
2. Bentazone+MCPA
3. Bentazone+Proponil
4. Bromacil
5. Bromacil+Diuron
6. Chloridazon
7. Chloridazon+Triallate
8. Chloridazon+Metolachlor
9. Lenacil
10. Norflurazon
11. Pyridate
12. Pyridate+Atrazine

L. TRIAZINLER

1. Atrazine+İlgili Bileşikler
2. Metamitrone
3. Metribuzine
4. Prometryne
5. Simazine
6. Terbumeton+Terbuthylazine
7. Terbutryn
8. Terbutryn+Terbuthylazine+İlgili Bileşikler
9. Terbutryn+Triasulfuron

M. BENZONITRILLER

1. Bromoxynil
2. Dichlobenil

N. SIKLOHEXONLAR

1. Sethoxydim
2. Tralkoxydim

O. IMIDAZOLINONLAR

1. Imazapyr
2. Imazamethabenz-Methyl
3. Imazethapyr

P.TRIAZOLLER

1. Aminotriazole
2. Aminotriazole+TCA+2,4-D Sodyum Tuzu

R. OXADIAZOLLER

1. Oxadiazon
2. Oxadiazon+Propanil

S. AMINO FOSFONATLAR

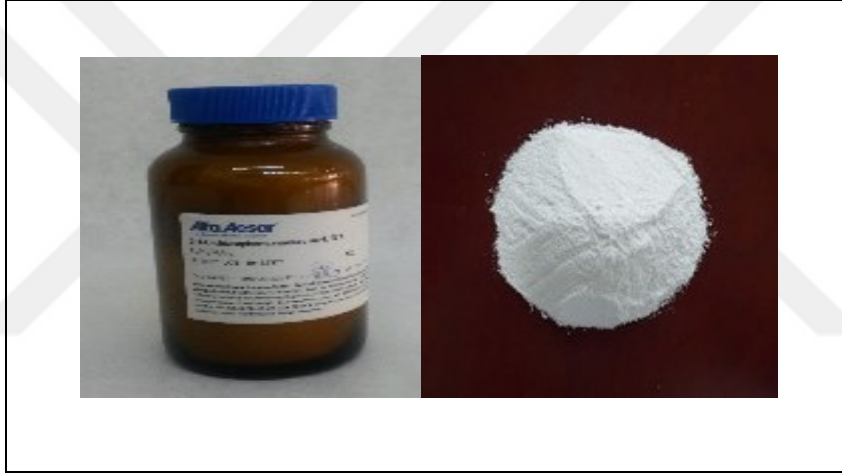
1. Glufosinate Ammonium
2. Glyphosate Isopropylamine Tuzu
3. Glyhosate-Trimesium

T. DİĞERLERİ

1. Chlorthal Dimethyl
2. Clodinafop-Propargyl
3. Copper-Ethanolamine Complex
4. Difenzoquat
5. Diquat
6. Endothall
7. Ethofumesate
8. Fluridone
9. Flurochloridone
10. Methosulam +Ethyl Hexylester
11. Paraquat
12. Phenothiol (Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 1995).

1.3.1.1. 2,4-D' nin Kimyasal Yapısı

2,4-D ile ilgili ilk çalışma ABD 'de yapılmıştır. 1941 yılında ise Robert Pokomy tarafından yayınlanmıştır. 2,4-D' ye benzer bileşik olan MCPA' nın ise, İngilteredeki bilim adamları tarafından aynı zamanda bulunduğu bildirilmektedir. 2,4-D, Boya Firması Amerikan Chemical tarafından 1945 yılında “weedone” olarak adlandırılan bir herbisit şeklinde piyasaya sürülmüştür (URL-5).

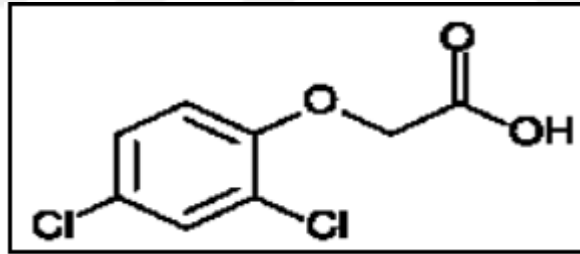


Şekil 2. 2,4-D

Bu herbisit, düşük dozda geniş ve dar yapraklı bitkilerde zararlı ot kontrolünde etkili olmaktadır. Bir bitki hormonu sınıfından olan 2,4-D sentetik oksindir. Bitkinin yapraklarında bulunan meristem dokular tarafından emilmektedir. Bunun sonucunda ise, büyüme gerçekleşemez, yapraklarda solma görülür ve nihai olarak bitki ölümüne yol açmaktadır. 2,4-D 'nin ester formları genellikle balık ve diğer suda yaşayan canlılar için oldukça zehirli olabilmektedir.

Çevre Koruma Ajansı (EPA)'nın 8 Ağustos 2007 tarihli mevcut verilerine göre, 2,4 D'ye maruz kalan insanlarda kanser riskinin arttığı rapor edilmiştir. Kanser Araştırma Uluslararası Ajansı (IARC), 1987 yılındaki raporunda; 2,4-D, MCPA ve 2,4,5-T gibi herbisit gruplarının insanlarda ikinci sınıf kanserojen riski taşıdığı tesbit edilmiştir. 2,4-D amin tuzları ve esterlerinin çoğu çevre koşulları altında stabil değildir. 2,4-D' nin

bozulması aerobik mineral topraklarda daha hızlı olmaktadır. 2,4-D hem kırsal hem de kentsel alanlarda dere ve sığ yerlerde düşük konsantrasyonlarda görülmektedir (URL-5). 2,4-D'nin ucuz olmasından dolayı günümüzde çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. 2,4-D, bitki dokularına temas ettiğinde hızlı bir şekilde bitkiye etki ettiği görülmüştür. 2,4-D, toprak bazlı olup toprağa katılarak kullanılır ve bitkinin kökü aracılığı ile emilir. Bunun sonucunda zarar gören bitki hücrelerinde, 2,4-D fotosentez sırasında protein komplekslerine bağlanarak fotosentezi durdurabilmekte ve zararlı bitkilerin olgunlaşmasını önleyen toksik bir etkiye neden olabilmektedir (Mander ve Liu, 2010). 2,4-D'nin kimyasal adının 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (IUPAC) olduğu bildirilmektedir. 2,4-D renksiz toz halinde bir kimyasal olup, ikinci sınıf zehirlilik etkisine sahiptir. 2,4-D'nin etki şekli seçici sistemik olup tuz formülasyonu kökler tarafından, ester formülasyonu ise; yapraklar tarafından en iyi şekilde alınabilmektedir. 2,4-D'nin yarılanma ömrü laboratuvar şartlarında 10 gün iken, toprakta 7 günde parçalanabilmektedir. Etanol ve asetonda çözünmektedir. 2,4-D'nin en yaygın olarak kullanıldığı bitkiler, hububatlardan çeltik ve mısır; (D.P.T., 2001) meyvelerden turunçgiller ve kuşkonmaz'dan oluşmaktadır (Halloran ve Kasım, 2002).



Şekil 3. 2,4-D'in kimyasal yapısı (Köksoy, 2008).

Mısır tarımı yapılan alanlarda en çok bulunan yabancı otlar: Kırmızı köklü tilkikuyruğu (*Amaranthus retroflexus*), boz ot (*Heliotropium europaeum*), yabancı hardal (*Sinapis arvensis*), yabancı turp (*Raphanus raphanistrum*) olup, mısır çıkışı sonrası 200 ml./da dozda 2,4-D uygulanmaktadır (URL-6).

Arilalkoksikarboksilik asit en önemli herbisit grubunu oluşturmaktadır. Yapılarında bulunan halojen (fluor veya klor) fenoksiasetik asit ve esterlerin fizyolojik olarak aktivitesi oldukça yüksektir. Klorofenoksiasetik asit tuzları ve esterleri sistemik herbisitler olup, bitkilerde büyüme hormonlarını inhibe etmektedirler (Vural, 1984).

2,4-D uygulanması, bitkide nükleik asit ve protein sentezini yüksek oranda arttırarak anormal gelişmelere yol açmaktadır. 2,4-D' nin bitkilerde bulunan floemde ve ksilemde anormal büyümeden dolayı tıkanmalar oluşturduğu, bitkinin enzim aktivitelerinin, enerji üretim sistemlerinin ve hücre bölünmelerinin yavaşlayıp durma noktasına geldiği bildirilmektedir (Cox, 1999).

Herbisitin bitkideki birçok fizyolojik olayı olumsuz yönde etkilemesi, herbisitinin spesifik bir proteine bağlanmasıyla ya da herbisitinin hedef proteine bağlanması şeklinde olmaktadır. Herbisitin bu bağlanma sonucunda bitkiyi öldürdüğü bilinmektedir. Yapılan araştırmalarda, nicosulfuran ve foramsulfuron etken maddelerine sahip olan herbisitlerin, bitkilerde etki ettiği yerde birbirlerine bağlı olan valine, leucine ve isoleucine gibi uzun aminoasit zincirlerinin olduğu bildirilmektedir. Ayrıca bitkide etki mekanizmasının acetolactate sentezi (ALS) inhibisyonu olduğu tesbit edilmiştir. Bir başka araştırmada, linuron ve triazine etkisine sahip olan herbisitlerin etki ettiği yerde fotosentez olayındaki D1 proteinine bağlanarak, fotosentez olayını engellediği bildirilmektedir. Diğer araştırmada ise; 2,4-D amin etkili maddesine sahip herbisitler, bitkilerde oksin hormonunu etkileyerek, oksin hormon düzeninin bozulduğu bildirilmektedir (URL-7).

1.3.1.2. Atrazin' nin Kimyasal Yapısı

Atrazin [2-kloro-4-etilamino-6-izopropil-amino-s-triazin], bazik bir herbisittir. 1958 yılında J.R. Geigy S.C. firması tarafından geliştirilmiştir. Atrazin, “G 30027” kod numarasına sahip olup, “Gasaprim” ve “Primatol” ticari isimle adlandırılmaktadır. Atrazin, $C_8H_{14}ClN_5$ kapalı formülüne, 215,68 molekül ağırlığına sahip olmaktadır. % 44,55 C, %6,54 H, % 16,44 Cl ve % 32,47 N içerip, kristal halde olup, 171-174 °C erime noktasında, 20°C’de 3×10^{-7} mmHg buhar basıncına sahip olmaktadır. Atrazinin suda 25°C’de 33 ppm, dietileterde 12000 ppm, metanolde 18000 ppm, etilasetatta 28000 ppm, kloroformda 52000 ppm’de çözünmektedir.



Şekil 4. Atrazin

Atrazin; mısır, darı, şeker kamışı, meyve bahçeleri (Sözüdoğru, 1992), ananas, gül, kuşkonmaz, nadasa bırakılan alanlar, yeni dikilen orman alanlarında (URL-9), lupins, çam, okaliptüs (URL-8) demir yolları, rafineriler, hava alanları, petrol boru hatları gibi boş alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca atrazin başka herbisitlerle birlikte gübrelere karıştırılmaktadır (Sözüdoğru, 1992). Atrazin, triazin sınıfında olup ABD’de çok yaygın kullanılmasına rağmen, Avrupa Birliği tarafından kullanımı yasaklanmıştır. Çünkü atrazinin yeraltı sularında belirlenen limitlerden fazla olduğu görülmüştür. 2001 yılında Amerikadaki içme sularında en sık bulunan kirleticinin pestisit olduğu bildirilmektedir. 2006 yılında ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) kapsamında yapılan Gıda Kalite Koruma Yasası pestisit kalıntıları için doğal hormonal sistemi değiştiren bir ajan olduğunu tesbit etmektedir. 2007 yılında EPA, amfibi cinsinde yapılan çalışmada cinsel gelişimi etkilediğini kesinlik kazanmıştır. EPA’nın 2009 yılındaki incelenmesinde ise; atrazinin insanlarda üreme bazında olumsuz etkilere yol açtığı bildirilmektedir. Günümüzde ise; EPA’nın raporu üzerine atrazin güvenliği hala tartışılmaktadır. Atrazin, geniş yapraklı otsu yapıda olan zararlı otların gelişimini durdurmak için, bitkilerin ekimi öncesinde kullanılmaktadır. Amerikada 2014 yılından itibaren en yaygın kullanılan herbisitler arasında ikinci sırada yer almaktadır. Herbisitlerin mısır verimi üzerindeki etkisi % 3-% 4 olarak tahmin edilmektedir (URL-8). Herbisitlerin kökte kuvvetli derecede tutulanına glyphosate, orta derecede tutulanına atrazin, zayıf bir şekilde tutulanına ise aldicarb kimyasal maddeleri örnek verilebilir. Bu kimyasalların hareket derinlikleri ise, glyphosate 25 cm derinlikteki kök bölgesinde, atrazin yaklaşık 125 cm derinlikteki kök bölgesinde, aldicarb ise yaklaşık 250 cm derinlikte yoğunlaşmaktadır. Atrazinin diğer pestisitlere göre yarılanma ömrü daha uzun olduğu için büyük bir kısmı ortamda kalmaktadır. Mısır

tarlalarında yapılan çalışmada; mısırın filizlenme öncesinde uygulanan Atrazin, Linuron, Atrazin+Linuron ve Atrazin+Metolachlor etkili maddeye sahip herbisitlerin zararlı otlardan *Chenopodium album* L. (Sirken), *Polygonum convolvulus* L. (Sarmaşık çobandeğneği), *Amaranthus* spp. (Horoz ibiği), *Viola arvensis* Murray (Yabani hercai menekşe), *Polygonum nodosum* L. (Boğumlu çoban değneği) ve *Lamium amplexicaule* L. (Ballıbaba) kontrol altına alınmaktadır (Pudelko vd., 1993).

1.3.1.3. Metolachlor'un Kimyasal Yapısı

Metolachlor, geniş yapraklı olan zararlı otların kontrol altına alınması için kullanılmaktadır. Metolachlor uygulandıktan sonra, metolachlor oxanilic asit (OXA) ve etansülfonik asit (ESA) gibi metabolitler oluşturmaktadır. Metolachlor, metabolit enantiomeri ve S-enantiyomeri olmak üzere iki çift aktif izomerden oluşmaktadır. Bu herbisit, protein sentezini engellemektedir. Metolachlor, bitkiler filizlenmeden önce toprağa uygulanmaktadır. Genellikle metolachlor mısır, soya fasulyesi, yer fıstığı, hububat, pamuk, patates, aspir, bakla, fındık, çekirdekli meyveler ve bazı geniş yapraklı otsu yabancı otların yıllık kontrolünde kullanılmaktadır. Metolachlor, S-izomerleri ve R-izomerleri diye adlandırılan ayna görüntüsü olan moleküllerden oluşmaktadır. İzomerlerin, zararlı otları yok etmek için yapılarında değişime uğradığı görülmüştür (URL-10).



Şekil 5. Metolachlor

EPA'ya göre metolachlor, toksisite etkisi bakımından üçüncü sınıf olan bir bileşiktir. Metolachlor, ABD Çevre Koruma Ajansı (USEPA) tarafından C kategorisinde bir pestisit olarak sınıflandırılmaktadır. Yapılan çalışmalar, metolachlor'un hücre büyümesini engellediğini ortaya koymuştur (URL-11).

Metolachlor'un kontrol altına aldığı zararlı otlar; Darıcan (*Echinochloa spp.*), pamuk (*Gossypium hirsutum*), topalak (*Cyperus spp.*), semizotu (*Portulaca oleraceae*), horozibiği (*Amaranthus albus*), sirken (*Chenopodium album*)'e ekim öncesi toprağa 215 ml/dekar dozda uygulanmaktadır (URL-13). Metolachlor hem ekim öncesi hem de ekimden sonra toprağa karıştırılarak uygulanabilmektedir (URL-12).

1.3.1.4. 2,4-D, Atrazin ve Metolachlor ile İlgili Yapılan Çalışmalar:

Vyn ve arkadaşları (2006), yapmış olduğu çalışmada, mısır bitkisine atrazin, 2,4-D/atrazin ve s-metolachlor/atrazin herbisitleri hektar başına sırasıyla 1500 g, 1404 g ve 2880 g dozlarda uygulandığında yabancı ot yoğunluğunun % 90'dan fazlasının kontrol altına alındığını tespit etmişlerdir (Vyn vd., 2006). Nijerya'da yapılan bir çalışmada, mısır bitkisine atrazin ve metolachlor herbisitlerinin uygulanması ile hektar başına 1,0-4,0 kg.a.i.ha⁻¹ arasındaki dozlarda uygulanarak 4 haftada yabancı otların % 94'den fazlasının kontrol altına alındığı tespit edilmiştir (Chikoye vd., 2005). Hatton ve arkadaşları (1996), yaptıkları çalışmada mısır bitkisinin (*Zea mays* L.var. Artus) yapraklarındaki GSH miktarına bakılmıştır. 30 günlük mısır yapraklarına uygulanan atrazin ve metolachlor herbisitlerinin etkisi sonucu GSH içeriğinde artış olduğu görülmüştür (Hatton vd., 1996). Alla ve Hassan (1998), 6 ve 8 günlük mısır yapraklarına uygulanan metolachlor'un etkisi ile kuru ağırlıkta önemli bir azalma ve GSH içeriği ile GST aktivitesinde ise artış olduğu tespit edilmiştir (Alla ve Hassan, 1998). Wu ve arkadaşları (2000) yaptıkları çalışmada, mısır bitkisine 10 µM metolachlor uygulayıp, sürgünlerde 18:1 ve 18:2 yağ asitlerinde artış, 18:3 yağ asidi içeriğinde ise azalış bildirmişlerdir. 5 µM metolachlor uygulandığında 16:0 ve 18:1 yağ asidi içeriğinde azalış, 18:3 yağ asidi içeriğinde ise artış bildirmişlerdir (Wu vd., 2000). Xie ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada, mısır bitkisinin kök ve yapraklarında SOD, POD ve CAT enzim aktivitelerini incelemişlerdir. 18µM racemic-metolachlor ve s-metolachlor sırası ile 80.6 ve 60.3 saat, 37,2 µM konsantrasyonda 119.5 ve 90 saat bekletilmiş ve 74,4 µM konsantrasyonda ise 169 ve 164.8 saat bekletilmiştir. SOD, POD ve CAT enzim aktivitelerinde rac-metolachlor uygulandığında artma, s-

metolachlor uygulandığında ise azalma gözlemlenmiştir. Mısırın kök ve yapraklarının uzamasında herbisit konsantrasyon miktarı arttıkça azalma olduğu tespit edilmiştir (Xie vd., 2014). Stajner ve arkadaşları (2003) marul, fasulye ve bezelye tohumlarında ve yapraklarında metolachlor'un etki ettiği SOD, CAT ve pigment içeriği incelemişlerdir. Çalışma sonucunda ise pigment içeriğinde azalma olduğu görülmüştür. Metolachlor'un 0,2-200 μM arası konsantrasyonlarında 48 saat bekletilmiştir ve SOD ve CAT aktivitelerinde azalma olduğu görülmüştür (Stajner vd., 2003). Yapılan bir diğer çalışmada, şeker pancarı tarımı yapılan alanda iki farklı deneme yapılmıştır. Birinci denemede; üç farklı dönemde alınan şeker pancarlarında metolachlorun ve atrazinin en düşük dozlarda bile tohumların çimlenmesini engellediği gözlemlenmiştir. İkinci denemede ise; 30 günlük şeker pancarının yeşil aksamında ve köklerin yaş ve kuru ağırlıklarında azalış olduğu tespit edilmiştir (Demircioğlu, 2007). Bezelye bitkisinin genç ve olgun yapraklarına 23 μM dozda 2,4-D'nin belirli aralıklarla spreyleyerek yapılan bir çalışmada 72 saat sonra protein ve membran lipitlerinde oksidatif zarar tespit edilmiştir. Glutasyon içeriğinde ise, artış gözlemlenmiştir. Olgun bezelye bitkisinin yapraklarında GSH/GSSG oranı daha yüksek çıkmıştır. SOD enzim aktivitesinin ise, genç bitki yapraklarında arttığı tespit edilmiştir. CAT enzim aktivitesinde ise azalış olmuştur (Pazmiño vd., 2011). Belgers ve arkadaşları (2007) yapmış olduğu çalışmada, 9 makrofit bitkiyi (sucul), 2,4-D'nin 10-3000 $\mu\text{g/L}$ konsantrasyon arasında bekletilmiştir. Bitkinin kök uzunluğunun düşük konsantrasyonda daha çok, yüksek konsantrasyonda daha az uzadığı gözlemlenmiştir. Yaprak uzunluğunda 300-1000 $\mu\text{g/L}^{-1}$ arasındaki konsantrasyonda azalış olduğu gözlenmiştir (Belgers vd., 2007). Alexieva ve arkadaşları (2003) yaptıkları çalışmada; mısır, bezelye ve buğday bitkilerinde 2,4-D ve atrazin uygulandığında MDA miktarında artış, PRL miktarında ise azalma olduğunu tespit etmişlerdir (Alexieva vd., 2003). Zhang ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada; pirinç bitkisinin kök ve yapraklarında SOD, CAT, POD ve antioksidan enzim aktivitelerinde artış olduğunu tespit etmişlerdir. Pirinç bitkisine 4 gün boyunca farklı dozlarda atrazin uygulanmıştır. Toplam klorofil içeriğinde azalma görülmüştür. Kontrole göre yaprak uzunluğunun % 67.1 azaldığı, kökte ise % 79,5 azalış olduğu tespit edilmiştir. Pirinç bitkisinin kök ve yaprak ağırlıklarında sırası ile % 48.9 ve % 79.8 azalma olduğu görülmüştür (Zhang vd., 2014). Yapılan bir çalışmada ise; 10 günlük 2 farklı mısır bitkisine (*Zea mays* L. Hybrid 351 ve Giza 2) farklı dozda atrazin uygulanmış, 20. gün sonunda birçok parametrelere bakılmıştır. Çalışma sonucunda; Hibrit 351'de GSH miktarı artarken, Giza 2 hibrit mısırdaki azaldığı tespit edilmiştir. MDA ve

protein miktarında artış olduğu görülmüştür. SOD, CAT, APX (Askorbat peroksidaz), GPX ve GST enzimlerinde azalış olduğu tespit edilmiştir. Mısır yapraklarının yaş ve kuru ağırlıklarında önemli derecede azalış olmuştur (Alla ve Hassan, 2006). Griboff ve arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada, 21 günlük *Palaemonetes argentinus* bitkisine 0,4 mg/L⁻¹ miktarında atrazin uygulanarak 1 gün hidrofonik ortamda bekletilmiştir. SOD içeriğinde artış olduğu kanıtlanmıştır (Griboff vd., 2014). *Zea mays* cv. 'Martha F1' bitkisinin yapraklarına 27-226 µM arası konsantrasyonlarda atrazin belirli aralıklar ile spreylenmiştir. MDA seviyesi 5. güne kadar artmış, 10. ve 15. günlerde azalış olduğu tespit edilmiştir (Akbulut ve Yiğit, 2010). Marcacci ve arkadaşları (2006) yaptıkları çalışmada, Deve otu (*Chrysopogon zizanioides*) ve mısır bitkisine 5. haftadan sonra 8 µM dozda atrazin uygulayarak 20 gün hidrofonik ortamda bekletmişlerdir. Bu bitkilerin yaprak ve köklerinde GST enzim aktivitesinde artış olduğu görülmüştür (Marcacci vd., 2006). Li ve arkadaşları (2012) yapmış oldukları çalışmada, 2 haftalık mısır bitkisinin yapraklarına 3 gün boyunca 0-10 mg/L arası konsantrasyonlarda atrazin uygulamışlardır. Kökte, SOD, POD enzimlerinde artış, yapraklarda CAT enziminde artış bildirmişlerdir. Yaprak ve kökte MDA seviyesinde artış olduğu tespit edilmiştir (Li vd., 2012). İbrahim ve arkadaşları (2013) yaptıkları çalışmada mısır ve buğday bitkilerinde farklı konsantrasyonlarda atrazin uygulamışlar ve bitkilerin kök ve yaprak uzunluklarında azalış olduğunu tespit etmişlerdir (İbrahim vd., 2013). Dragicevic ve arkadaşları (2013) yaptıkları çalışmada, mısır tohumlarına 2,4-D'nin farklı konsantrasyonlarını uygulamışlar ve GSH/GSSG oranında azalış olduğunu tespit etmişlerdir (Dragicevic vd., 2013). Romero-Puertas ve arkadaşları (2004) yaptıkları çalışmada; bezelye bitkisine 21 günlük fide halindeyken 2,4-D herbisitini 0,22-45,2 µM arası konsantrasyonlarda 4 gün boyunca bekletilmiştir. GSH ve SOD değerlerinde azalış, CAT aktivitesinde ise artış olduğunu rapor etmişlerdir (Romero-Puertas vd., 2004). Sunohara ve arkadaşları (2010) *Eleusine indica* ve *Digitaria adscendens* bitkilerine 100 µM 2,4-D herbisiti 2 gün boyunca uygulanmış, kök ve yaprak uzunluğunda azalma, yine yaprak klorofil içeriğinde azalış olduğu tespit edilmiştir (Sunohara vd., 2010).

Stackel ve arkadaşları (2000) Dimethenamid, Metolachlor, Pendimethalin ve Acetochlor'un üç farklı herbisit çeşidi ve bunların Atrazine ile birlikte uygulandığında mısıra sarılan *A. rudis* yabancı otuna olan etkisini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada, 28 gün sonra filizlenme öncesi uygulanan Acetochlor çeşitlerinin *A. rudis*'i % 85 olarak kontrol altına alındığı, Metolachlor'un % 83'den fazla olarak kontrol altına alındığını,

Metolachlor + Atrazine'nin ise % 98'lik bir oranla kontrol ettiğini ortaya çıkarmışlardır. Vasilakoglou ve arkadaşları (2000) yapmış oldukları çalışmada, Alachlor, Acetochlor, Metolachlor, Dimethenamid ve Flufenacet'in filizlenme öncesi olarak uygulanması sonucu, mısırın olduğu alanlarda meydana gelen yabancı otlara karşı etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, herbisitlerin hepsinin de *A. retroflexus*, *S. nigrum*, *E. crus – galli* ve *S. verticillata* (L.) P.B. (Yapışkan ot) üzerinde fazla etkili olduğunu, *D. stramonium* üzerinde ise iyiye yakın bir kontrol sağlandığını, kullanılan herbisitlerin hepsinin de mısırdaki herhangi bir fitotoksiteye neden olmadığını ve veriminde yüksek olduğunu belirtmişlerdir (Stackel vd.,2000).

Hartzler (1997), mısıra uygulanan herbisitlerin filizlenme öncesi yabancı otlar üzerinde etkili olabilmesi için yabancı ot tohumlarının çimlendiği derinliğe ulaşması gerektiğini, bunun sebebinin de filizlenme öncesi uygulanan herbisitlerin topraktaki su solüsyonu ile birlikte filizlenebilen zararlı ot tohumları tarafından alınması gerektiğini belirtmiştir. Örneğin; Metolachlor ve Acetochlor etkili maddesine sahip olan herbisitlerin toprağa uygulandığında *S. faberi* üzerinde yağmur miktarı 0,5 inch olduğu zaman % 92, 1 inch olduğu zaman ise % 100 olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda Metolachlor etkili maddesine sahip olan 14 herbisiti toprağa uygulamıştır. Sonuç olarak, *S. faberi* üzerinde yağmur miktarı 0,5 inch olduğunda % 85, 1 inch olduğunda ise % 100 etkili olduğu bildirilmiştir (Hartzler, 1997).

Wang ve arkadaşları (2015) *Acorus calamus* (eğir otu), *Lythrum salicaria* (Kırmızı hevhulma) ve *Scirpus tabernaemontani* (yumuşak saplı saz) fideleri üzerine atrazin etkisini araştırdıkları çalışmada, bitki büyümesinde gecikme ve klorofil içeriğinde azalma, MDA içeriğinde ise artış olduğunu bildirmişlerdir (Wang vd., 2015). Kaya ve Doğanlar (2016) tütün fidelerinin yaprakları üzerine imazapic etkisini araştırdıkları çalışmada, katalaz, karotenoid içeriği, GSH ve MDA miktarlarında artış, bitki büyümesinde gecikme ve toplam klorofil miktarlarında azalma olduğunu bildirmişlerdir (Kaya ve Doğanlar, 2016). Santos ve Silva (2015) *Saccharum spp.* (RB92579, SP83-2847, SP81-3250 ve IAC91-5155) (hibrit şeker kamışları) fideleri üzerine paraquat etkisini araştırdıkları çalışmada, kuru ağırlık ve pigment miktarlarında azalma, SOD, CAT, askorbat peroksidaz enzimlerde artış olduğunu rapor etmişlerdir (Santos ve Silva, 2015). Hjorth ve arkadaşları (2006), *Apera spicaventi* (L.) Beauv. fideleri üzerine prosulfocarb etkisini araştırdıkları çalışmada, PRL ve glutamin içeriğinde artış, alanin ve glisin içeriğinde azalış olduğunu rapor etmişlerdir (Hjorth vd., 2006). Fayez (2000) *Glycine max* L. cv. Clark ve Crawford (iki

soya fasülyesi varyetesi) yaprakları üzerine diuron etkisini araştırdıkları çalışmada, klorofil içeriğinde azalma, PRL, protein ve karbonhidrat miktarında artış olduğu tespit edilmiştir (Fayez, 2000). Fayez ve Kristen (1995) *Pisum sativum* (bezelye), *Phaseolus vulgaris* (fasülye) ve *Vicia faba* (bakla) fidelerinin köklerinde chlorsulfuron, norflurazon ve triallate herbisitlerinin etkisini araştırdıkları çalışmada, kök uzunluğunda azalış, PRL miktarında ise artış olduğunu bildirmişlerdir (Fayez ve Kristen, 1995). Lukatkin ve arkadaşları (2013) *Triticum aestivum* L., cv. *Mironovskaya* 808 (buğday), *Secale cereale* L. cv. *Estafeta tatarstana* (çavdar) ve *Zea mays* L. cv. *Kollektivnyi* 172MV (mısır)fidelerinin yaprakları üzerine topik etkisini araştırdıkları çalışmada, lipid peroksidasyonu, süperoksit anyonu, toplam antioksidant aktivitesini, katalaz ve askorbat peroksidaz aktivitelerinde ise artış olduğunu bildirmişlerdir (Lukatkin vd., 2013). Kraus ve arkadaşları (1995) *Triticum aestivum* L. cv. Frederick ve Glenlea (hibrit buğday) yaprakları üzerine paclobutrazol ve paraquat herbisitlerinin etkisini araştırdıkları çalışmada, karotenoid ve klorofil b içeriğinde azalış, SOD, CAT, GR, askorbat peroksidaz ve protein miktarlarında ise artış olduğunu bildirmişlerdir (Kraus vd., 1995). Wang ve Zhou (2006) *Triticum aestivum* (buğday) fidelerinin yapraklarına ve köklerine chlorimuron-ethyl herbisitinin etkisini araştırdıkları çalışmada, klorofil içeriği, protein ve SOD miktarlarında azalış, MDA ve peroksidaz miktarlarında ise artış olduğunu rapor etmişlerdir (Wang ve Zhou, 2006).

1.3.2. Herbisitlerin Toprakta Parçalanması ve Yayılması

Toprağa bulaşan herbisitler, güneş ışınları ile fitokimyasal olaylarla degradasyona uğramaktadır. Toprakta bulunan mikroorganizmalar ile biyolojik degradasyona uğrayarak, topraktaki organik maddeleri adsorblamaktadır. Kapiller su ile topraktan alınan herbisitler, toprak üstünden buharlaşmaktadır. Bu olayları etkileyen faktörler arasında; toprağın tını, kil miktarı, organik madde miktarı, demir ve alüminyum oksit miktarı, toprak pH'sı mikroorganizma yoğunluğu gelmektedir. Herbisitlerin toksik madde dönüşümünde ortaya çıkan maddelerin canlıya zarar vermemesi ve çevreye bulaşmaması için bu olayların incelenmesi gerekmektedir (Ahioğlu, 2008).

Herbisitlerin, tarımı yapılan bitki tohumları veya zararlı ot tohumları tarafından çimlenme esnasında topraktan absorbe edildiği bilinmektedir. Fakat herbisitlerin çok yavaş hareket etmesi, kil ve topraktaki organik maddelere tutunması onların taşınmasını engellemektedir. Toprak uygun hale getirildikten sonra herbisit uygulanırsa, bitkiye alınımı

artmaktadır. Ayrıca herbisitlerin etkisini kontrol altına almak ve çevreye zarar vermesini önlemek için çözelti içerisinde belli miktarda herbisit katılarak yapılmaktadır. Fakat uygulanan çözelti içerisinde herbisitin az miktarda olması sebebi ile zararlı otlar tarafından yeterli miktarda alınamayıp, yer altı sularına karışabileceği de belirtilmektedir. Herbisitler, topraktan süzülerek yer altı sularına oradan da ırmak ve akarsulara giderek çevreye zarar verebilmektedir. Herbisitler, zararlı otlara verildiğinde daha etkili olması için katyon değişim kapasitesinin artırılması önemlidir. Katyon değişim kapasitesi arttıkça, herbisit toprağa daha fazla tutunmaktadır. Ayrıca toprak pH'ı 7'nin altında olduğunda çözeltinin hidrojen iyonları (H^+) artarak, herbisitler ile pozitif etkileşim sonucu asidik ortam oluşmaktadır ve herbisitler de negatif halde toprağa tutunarak orada kalmaktadır. Diğer bir önemli etken olarak toprağın nemli olmasının gerekliliği belirtilmektedir. Çünkü kuru topraktaki herbisitin toprakta tamamı ile çözünemeyip, toksik hale gelebileceği tespit edilmiştir (Güngör, 2005).

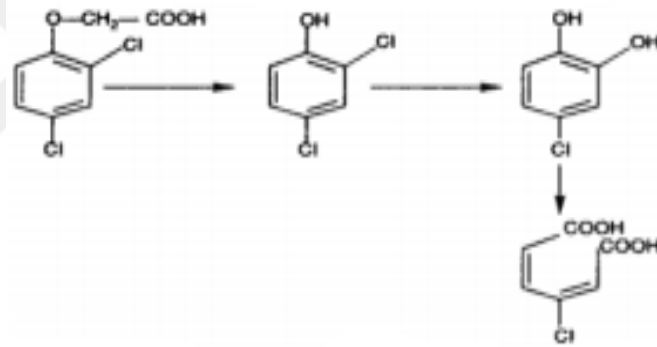
Herbisitler, zararlı otlar tarafından alınırken, bir kısımda tarım bitkileri tarafından alınmaktadır. Atrazin, mısır tarafından hızlı bir şekilde absorbe edilirken, Chlorsulfuron adlı herbisitin buğday bitkisi tarafından metabolize olamadığı tespit edilmiştir. Tarım bitkileri hasat edilirken, kalan bitki ve zararlı ot artıkları toprakta herbisit kalıntısı oluşturmaktadır. Herbisitler, bitkinin toprak üstü yüzeyinden ve topraktan buharlaşabilmektedir. Bunun için birçok faktör etken olabilmektedir. Bunlar, herbisitin buhar basıncına, konsantrasyonuna, adsorbsiyonuna, sudaki çözünürlüğüne, rüzgâr, ortam sıcaklığı, ve nemine bağlıdır. Herbisitlerin birçoğu topraktan buharlaşıp kaybolmaktadır. Bunlar; Thicarbomathe ve Phenoxy grubundaki herbisitlerdir. EPTC, 2,4-D ester, Clomazone, Triallete, Butylate vb. herbisitler yüksek buhar basıncına sahip olmaktadır. 2,4-D ester formülasyonu, diğer 2,4-D formülasyonlarından daha çok buharlaşmaktadır. Güneş ışınları, herbisit moleküllerinin inaktif hale gelmesine sebep olmaktadır. Bu olaya kimyasal parçalanma denilmektedir. Işık, herbisitin parçalanmasında oldukça önemlidir. Herbisitlerin çoğu beyaza yakın renkte olduğu için ışık absorbsiyona uğramaktadır. Işık absorbsiyonun dalga boyu 220-324 nm arasında olmaktadır. Sarı renkteki herbisitlerin ışık absorbsiyonları daha fazla olduğu için daha hızlı bir şekilde bozulabilmektedir. Işıktaki bozunmayı etkileyen diğer sebepler ise ışığın şiddeti, konsantrasyonu ve ortamın pH'dır. Etkilenen herbisitlerden en önemlileri, dinitroanilinler (trifluralin, benfluralin, ethalfluralin, isopropalin), s-triazinler (simazine) ve urea (diuran, monolinuron, linuran) grubuna ait herbisitlerdir. İmidazoline grubunda bulunan herbisitler,

mikrobiyolojik olarak parçalanmaktadır. Cinosulfuron ve triasulfuron herbisitleri iyonik formülasyonunda; ışıktta parçalanması asidik ortamda hızlı, bazik olduğunda ise; etkili hale geldiği tespit edilmiştir. Herbisitler, ışıktta parçalanma sonucu karbon-kükürt, azot-kükürt bağlarının kırılması ve sülfonilur köprüsünün fotohidrolizi meydana gelmektedir. Iodosulfuron herbisitinin nötr, pH'ın alkali olduğtu ortamlarda ve karanlık ortamlarda hareketsiz halde iken; normal şartlarda iodosulfuron-metil ester'i ışıktta parçalanarak meydana gelen ürünlerin hidroksil gruplarının iodide atomlarının yer değıştirmesi, sülfonilurea köprüsündeki azot-kükürt bağları ve üre köprüsünün fotohidrolize uğrayarak oluştuğı tespit edilmiştir.

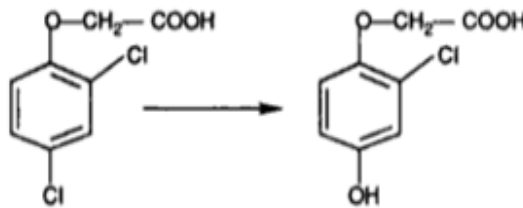
Toprakta bulunan organik maddelerin toprakta tutunmasına adsorpsiyon, toprağı salınmasında desorpsiyon denilmektedir. Adsorpsiyon ve desorpsiyon olaylarının topraktaki durumu sürekli değışebilmektedir. Herbisitler, toprakta kil kolloidlerine ve organik maddelere tutunmaktadır. Toprakta serbest hale geöen herbisitler ya parçalanmakta ya da bitki tarafından alınmaktadır. Herbisitlerin topraktaki adsorpsiyonunun birçok fizikokimyasal mekanizmaya bağılı olduğtu bildirilmektedir. Bunlar; anyon, ligand, katyon değışimleri; hidrofonik ayrılma, Van Der Waals kuvvetleri, hidrojen bağları ve kovalent bağlardır. Toprakta bulunan kil kolloidlerinin katyon miktarı ne kadar yoğun olursa herbisiti tutması o kadar kuvvetli olmaktadır. Toprakta bulunan organik maddeler ve kil kolloidleri negatif yüklü, herbisitler ise pozitif yüklü olup, birbirlerine bağlanabilmektedir. Örneğın; Paraquat ve Diquat gibi herbisitler, montmorillonite tipi koloidlere tutunarak daha az toksisite meydana getirirken, vermiculite ve kaolinite tipi koloidlere tutunduğunda daha fazla toksisite meydana getirdiğı tespit edilmiştir.

Herbisitlerde, pK_a değeri H^+ yoğunluğundaki moleküllerin yarısının nötr, diğeri yarısının negatif veya pozitif yüklü olup, pH derecesini göstermektedir. Fakat asidik ortamda bulunan herbisitlerin toprakta taşınması düşük olup, yoğunluğı bağılı olarak artış gösterdiğı bildirilmektedir. Yapılan çalışmalarda, toprak pH'ının fazla olması toprakta tutunmanın az olması ile birlikte, verilen herbisit miktarının % 14'ü geöemediğı tespit edilmiştir. Herbisitlerin, toprak pH'ının az olması ile daha az taşınıp, daha iyi tutunduğı tespit edilmiştir. Herbisitlerde yıkanma ise; herbisitın suda çözünerek, toprağın alt kısımlarına kadar gitmesi ile toprak üzerinde çok az bir kısmının kalmasına denilmektedir. Böylece, herbisitın toprak üzerindeki kalıcılığı dolayısıyla bitkiye etkisi azalmaktadır. Herbisit yıkanması, kumlu topraklarda daha etkili, fakat killi topraklarda az olduğtu görölmektedir. Bunun sebebi; kumlu toprak yapısının daha geöirgen olmasıdır.

Herbisitlerin yıkanması; herbisitlerin sudaki çözünürlük miktarına ve topraktaki organik karbon tutma katsayısına bağlı olmaktadır. Toprakta tutunan bazı herbisitlerin su ile çözünmesi çok zor olmaktadır. Toprakta bulunan herbisitlerin birçoğu da algler, funguslar ve bakteriler aracılığıyla mikrobiyal parçalanmaktadır. Böylece dehalojenizasyon, dealkilasyon, amide hidrolizi, ester hidrolizi, beta-oksidasyonu, hidroksilasyon, parçalanma ve indirgenme gibi olayların görüldüğü bildirilmektedir. Herbisitlerin bu parçalanmasında, toprağın nemi, toprağın hava kapasitesi, toprak ısı, pH ve organik maddenin miktarının önemli olduğu bildirilmektedir. Toprak pH'sının 5,5'den fazla olması, toprak ısısının 25-35 °C arasında olmasının parçalanma için uygun ortam olduğu tespit edilmiştir. Örneğin; *Agrobacterium* ve *Pseudomonas* tarafından 2,4-D degradasyona uğramaktadır. Degradasyon sırasında 2,4-D molekülü 2,4-Dichlorophenol'e sonra 4,6-Diklorocatechol'a ve herbisit özelliği göstermeyen α -chloromuconic asit'in meydana geldiği şekilde görülmektedir.



Şekil 6. 2,4-D'nin *Agrobacterium* ve *Pseudomonas* tarafından parçalanması



Şekil 7. 2,4-D'nin *Pseudomonas* tarafından parçalanması

İkinci şekilde ise; *Pseudomonas* 2,4-D molekülü dehalojenleştirerek, 2-chloro-4-hidroxyphenoxyasetik asite dönüştürmektedir. Herbisitlerin toprakta kimyasal olarak parçalanmasından oluşan önemli reaksiyonlar; hidroliz, oksidasyon ve indirgenme olaylarıdır. Hidroliz en önemlisi olup, su molekülü kırılarak hidroksil köküne herbisit

molekölünün bağlanması ile herbisit inaktif hale geçmesi olayıdır. Sulfonylurea herbisit grubu, kimyasal parçalanmadan en fazla etkilenen grubun olduğu tespit edilmektedir. Bu herbisitler, sulfonylurea köprüsünün pH'a bağlı olarak hidrolizi sonucu kimyasal parçalanması gerçekleşmektedir (Başaran ve Serim, 2009). Herbisitlerin yayılımı beş farklı şekilde olmaktadır. Bunlardan birincisi; herbisitlerin hava yolu ile yayılmasıdır. Herbisitlerin havaya püskürtülerek oluşan parçacıklarının boyutu, yayılan herbisit hacmi, hava akımı ve hava ısı gibi faktörlere bağlı olarak yayılmaktadır. Herbisitler, havadaki toz parçacıklarına bağlanıp kilometrelerce uzaklaşarak, havadaki diğer kimyasal parçacıklarla birleşip ikincil kirletici olarak çevreye zarar verebilmektedir. İkincisi; su ile yayılmasıdır. Herbisitler, kar ve yağmur suları ile birlikte yeraltı kaynak sularına karışabilmektedir. Bu yüzden su kütlelerinin düzenli olarak kontrol altına alınması gerekmektedir. Tarım alanlarında hazırlanan herbisitlerin kuyu başlarında yapılması çevreyi kirletebilmektedir. Ayrıca herbisit hazırlanmasında kullanılan kapların kuyu suyu ile yıkanmasının da tehlike oluşturduğu bildirilmektedir. Üçüncüsü ise; herbisitlerin yiyecekler aracılığı ile yayılmasıdır. Herbisitlerin yiyecek ürünleri ile taşınması canlılara bulaşmasına neden olmaktadır. Tohumlar için kullanılan kimyasal ilaçların yiyeceklere bulaşması, herbisit uygulandıktan sonra beklenilmesi gereken sürede beklenmeden ürünün piyasaya sürülmesi ile çevreye yayılmaktadır. Dördüncüsü; herbisitlerin toprak kirliliğine bağlı olarak yayılmasıdır. Herbisitler, toprak aracılığı ile insanlara, hayvanlara ve bitkilere bulaşarak bünyelerinde toksik halde birikebilmektedir. Herbisitlerin çevrede kalıcı olmamaları için basit bir şekilde parçalanarak zararsız hale getirilmelidir. Su yosunu, mantar ve bakteriler herbisitleri organik madde olarak alıp, enerji kaynağı olarak kullandığı için kalıntı miktarının azalmasını sağlamaktadır. Son olarak beşincisi ise; evde kullanılan herbisitler ortam kirliliğine ve kazara zehirlenmelere sebebiyet verebilmektedir. İnsanların birçoğu herbisitlerin kullanımı, saklanması ve ortadan kaldırılması konusunda yeterli bilgiye sahibi değildir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

1.3.3. Herbisitlerin Dayanıklılığı ve Etki Mekanizması

Herbisitlerin geniş ve dar yapraklı oluşlarına göre bitkilerde kullanımı değişim göstermektedir. Zararlı otlar, dar yapraklı ise; ACC_{ase} denilen ve yağ biyosentezinde görev alan acetyl-CoenzymeA carboxylase'ı engelleyen herbisitler uygulanmaktadır. Yağ biyosentezi engellendiğinde; oksin aktivitesinde farklılık, hücre duvarında zayıflama ve

hücrenin bozularak birkaç günde bitkinin ölmesine neden olmaktadır. Zararlı otlar, geniş yapraklı ise; ALS enzim inhibitörleri ve sulfonil ürea denilen herbisitlerin uygulandığı bildirilmektedir (Bükün, 2012). Herbisitlerin kalıcı olmasını etkileyen faktörler; ışık, sıcaklık, rüzgâr, yağmur, nem, bitkinin büyüme faktörü, etkili olan maddenin fizikokimyasal özellikleri (uçuculuğu, yarılanma ömrü, formülasyonu, konsantrasyonu gibi) olduğu tesbit edilmektedir (URL-4).

Tablo 1. Önemli Bazı Herbisitlerin Etkililiği, Kalıcılığı ve Yıkanması (URL-14)

Herbisit	Alınması	Suda erirliği (ppm)	Topraktaki Yarılanma Ömrü- Gün	Yıkanması(ppm)
Alachlor	Sürgün,bazı kökler	240	15	orta
Atrazin	Kök,bazı sürgünler	33	60	yüksek
Chlorsulfuron	Kök	7000	160	yüksek
Cyanazine	Kök,bazı sürgünler	170	14	orta
Cycloate	Çimlenen tohum,sürgün	95	30	orta
Ethofumesate	Sürgün,bazı kökler	50	30	orta
EPTC	Çimlenen tohum,sürgün	344	6	az
Imazethapyr	Kök,bazı sürgünler	200000	90	yüksek
Linuron	Kök,bazı sürgünler	75	60	orta
Metolachlor	Sürgün,bazı kökler	530	90	yüksek
Metribuzin	Kök,bazı sürgünler	1220	40	yüksek
Metsulfuron	Kök	9500	120	yüksek
Pendimethalin	Sürgün	1>	90	düşük
Picloram	Yaprak	200000	90	yüksek
Simazine	Kök	6	60	yüksek
Trifluralin	Sürgün	1>	60	düşük

Herbisitlerin toprakta su aracılığı ile kütle halinde hareket etmesi dikey olarak uzun mesafelere hareket ettiklerini, difüzyon ile hareketi ise yatay olarak kısa mesafelere hareket ettikleri görülmektedir. Herbisitler, kil ve organik madde ile taşınıp, mikroorganizmalar içinde çözünmüş halde tutunabilmektedir. Herbisitler, su aracılığı ile yer altına inerken buharlaşabildiği, bitkiler tarafından tutulabildiği, kimyasal, mikrobiyal veya güneş ışığı ile bozulabildiği tespit edilmektedir. Herbisitler, su ile hidrolize olurken, ışığın olması ile hidroliz olayının hızlandığı bildirilmektedir (URL-4).

Tablo 2. Ülkemizdeki bazı herbisitlerin bitki üzerindeki etkileri (URL-14).

HERB. GRUBU	FOTOSENTEZ	STOPLAZMIK ZAR	SOLUNUM	KÖK UCU BÜYÜMESİ	RNA PROTEİN	ENZİM	HORMON	MİTOZ
Phenoxy	+				+	+	+	
Aliphatic		+		+	+	+		
Amid-Thioam	+			+	+			
Benzoik Asit*				+				
Bipyridilum*	+							
Carbamatlar	+			+				+
Dinitroanilin				+				
Dinitrophenol		+	+		+			+
Nitril	+		+	+				
Diazin	+			+				+
Triazin	+							
Uracil	+							
Üre Bileşik	+							
Thiocarbamat				+	+			
Petrol Yağla.		+						

Herbisitlerin etki mekanizmaları şunlardır:

1) Asetil koenzimA karboksilaz (ACC_{ase}) inhibitörleri, çimleri yok etmektedir ve bitki hücrelerindeki meristem dokusunun hücre duvarı oluşumunu engellemektedir. ACC_{ase} enzimi bitkilerde lipit sentezini başlatmaktadır.

2) ALS inhibitörleri olan asetohidroksiasit sentaz (AHAS) enzimi ve asetolaktat sentaz enzimi dallanmış valin, leucine, isoleucine aminoasitlerinin ilk sentez enzimleridir. Bu herbisitler, çimlerde ve dikotillerde etkili olmaktadır.

3) Enolpürüvilşikimat-3-fosfat sentaz enzimi (EPSPS) inhibitörleri, triptofan, fenilalanin ve tyrosin aminoasit sentezinde kullanılmaktadır.

4) Sentetik oksin, organik herbisit olup, bitki hormonunu taklit ettiği bilinmektedir.

5) Fotosistem inhibitörleri, fotosentez sırasında sudan NADPH'a elektron geçişini azaltmaktadır. D2 proteininde QB (ETS 'de görev alan bir molekül) alanına bağlanarak kinonun buraya bağlanmasına engel olarak, klorofil molekülünde elektron biriktirmektedir.

6) Aminoasit sentezi inhibitörleri, sülfanilüreaz, imidazolinonlar, triazolopyrimidinler, epsp sentaz inhibitörleri ve glutamin sentaz inhibitörleri protein üretimine spesifik olarak etki etmektedir. Böylece bitkinin zayıfladığı tespit edilmiştir.

7) Fide büyüme engelleyicilerinin büyümenin ilk evresini engellediği bildirilmektedir. Bunlarda toz herbisitler sulu çözelti halinde kullanmalı ve kök kısmı hedef alınmalıdır.

8) Büyüme düzenleyicileri, 2,4-D herbisit grubunda ikinci sırada bulunmaktadır. Ticari türleri ise; Clarity, Stinger, Tordon, MCPA ve Paramount olarak bilinmektedir.

9) Fotosentetik inhibitörler, büyümeyi düzenleyen herbisitler olarak kullanılmaktadır. Bu grupta; triazinler, urasiller, fenilüreler, benzothiadiazoller, nitriller ve piridazinler kullanılmaktadır. Ticari türleri ise; Atrazin, Sencor, Hyvar, Karmex, Basagran ve Buctril olarak kullanılmaktadır.

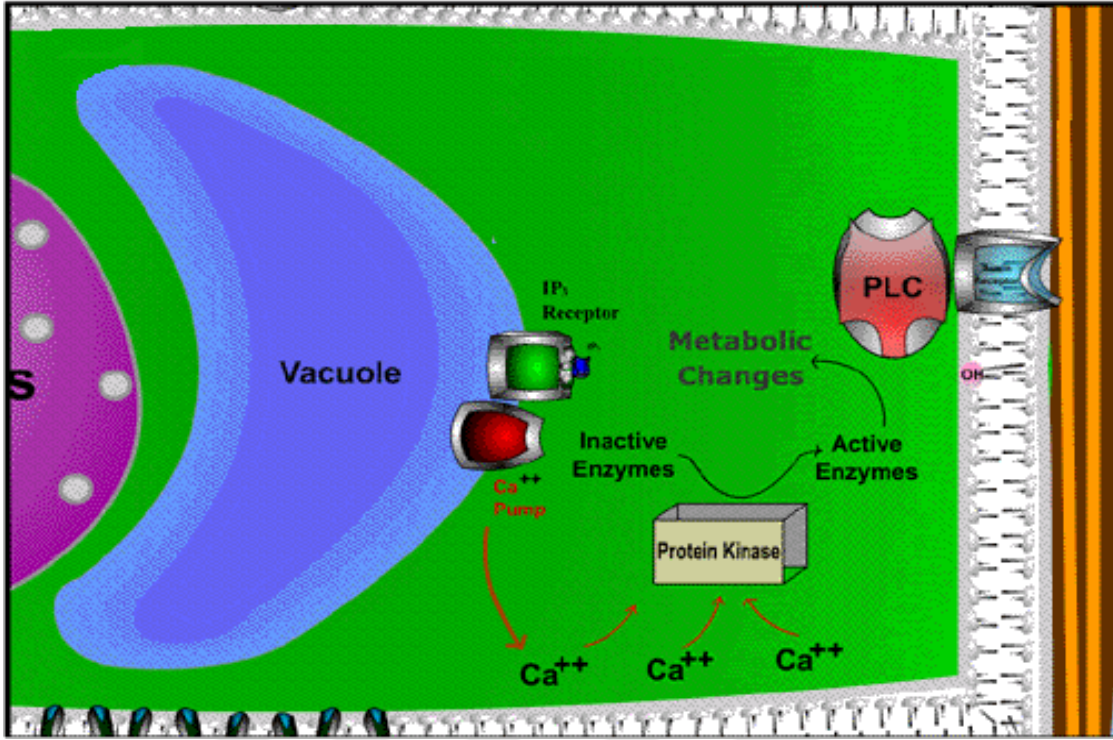
10) Lipit sentezi inhibitörleri bitkinin hücre duvarının gelişemeyip ölmesine neden olmaktadır. Ticari türleri, Poast, Assure II ve Select olarak adlandırılmaktadır.

11) Herbisitler, süperoksit ve hidroksi radikalleri oluşumunu sağlamaktadır. Bunlar, bitkinin hücre duvarını yok etmektedirler. Bu herbisit grubunda difenileterler, aril triazolinon, fenilftalamitler ve bipiridilyum kullanılmaktadır. Ticari olarak, Cobra, Blazer, Authority, Aim ve Gramoxon kullanıldığı bildirilmektedir.

12) Pigment inhibitörleri, klorofil oluşumunu engelleyerek bitkide yeşil rengin kaybına neden olmaktadır.

13) Bazı herbisitlerin mekanizmasının bilinmemesi etki şekillerinin de bilinmemesi anlamına gelmektedir. Bu yüzden sınıflara ayıramamaktadır.

Herbisitler doğal bitki hormonu olan oksinin (indol-3 asetik asit) yerine geçerek, fizyolojik anlamda değişimlere neden olabilmektedir. Oksin, reseptöre bağlanarak fosfolipaz C (PLC), inositol-1,4,5- trifosfat (IP₃) ve diaçilgliserol (DAG)'u serbest bırakan fosfotidilinositol (PIP₂)' u oluşturur. Böylece membran lipiti hidroliz ile parçalanır. IP₃ ve DAG ikincil sinyali oluşturmaktadır. Serbest halde olan IP₃ tonaplast denilen vasikül zara doğru gitmektedir. IP₃ reseptöre bağlanır ve vasikülden sitosole Ca⁺⁺ pompalamaktadır. Sitosolde artan Ca⁺⁺ miktarı protein kinazı aktive etmektedir. Böylece oksin ya da oksin türevi herbisitler farklı metabolik olayların değişimine yol açmaktadır.



Şekil 8. Oksinlerin sinyal iletimi (Mander ve Liu, 2010)

Bitkisel hormonlar, bitkilerdeki uyarıcı ve engelleyici etkiler ile ortaya çıkmaktadır. Bu hormonların birçok bitkide doğal olarak ortaya çıktığı tespit edilmektedir. Bitki hormonları, kimyasal haberleşme araçları olarak görülmektedir. Bitki hormonlarının bitkinin büyümesinde, gelişmesinde ve olgunlaşmasında önemli görevleri bulunmaktadır. Bu hormonlar, hasattan sonra da bitkinin dayanıklılığını etkileyen kimyasal bileşikler içermektedir. Bu bileşiklere kısaca “fitohormon” denilmektedir. Fitohormon da aranan özellikler, bitkide ortaya çıkması, taşınabilir özellikte olması, bitkinin yaşamını yönetmesi veya düzenlenmesi, az yoğunlukta da olsa etkilerini göstermesidir. Bitkisel hormonlar; oksinler, sitokininler, giberellinler, etilen ve absisik asitlerdir. Yapılan çalışmalarda; doğal hormondan daha etkili özellikte olan yapay hormonlar üretilmektedir. Bu hormonlar, çok düşük yoğunlukta bile etki göstermektedir. Bu tür hormonlara sentetik hormon denilmektedir. Bitkide hormon etkisini gösteren tüm bileşikler “bitki büyüme maddeleri” veya “bitki büyüme düzenleyicileri” adı altında toplanmaktadır. Bitki büyüme düzenleyicilerinin bitkide oluşan doğal hormonlara olan etkileri şunlardır:

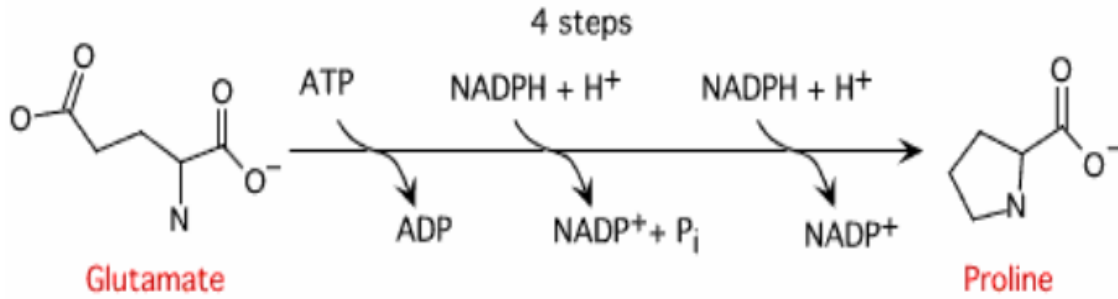
- Hormonların bitkilere olan etkilerini uyarmak veya azaltmaya çalışmak.
- Hormonların bir yerden bir yere geçişini yavaşlatmak veya azaltmak.

- Hormonların, diğer kimyasal bileşiklere dönüşmelerinin hızlanmasını veya engellenmesini sağlamaktır.

Oksin tipi bileşikler; indol bütirik asit (IBA), Naftalen asetik asit (NAA), 2,4-Diklorofenoksiasetik asit (2,4-D), Naftalen asetamid (NAAM), 4-Klorofenoksiasetik asit (4-CPA), Triklorofenoksi propionik asit (2,4,5-TP), Diklorofenoksi (2,4-DP) analogudur (Yazıcı, 2008).

1.4. Herbisitlerin Prolin ile Olan İlişkisi

Prolin (PRL), canlıda glutamatın glutamat γ -semialdehit üzerinden sentezlenip, protein yapısına katılarak en fazla protaminlerde yer almaktadır. PRL, prolin hidroksilaz enzimi ile hidroksilasyon reaksiyonu sonucu 4-hidroksiprolin 'den meydana gelmektedir. Kollojen yapıda yer alan en önemli aminoasitler arasında prolin ve hidroksiprolin yer almaktadır. PRL, birkaç reaksiyondan geçtikten sonra glutamattan α -ketoglutarata dönüşmektedir.



Şekil 9. Glutamatın proline dönüşümü (URL-15).

Acetolactate sentezini önleyen herbisit grubu bitkilerde, leucine, isoleucine ve valin aminoasitlerin sentezlenmesini önleyerek bitki gelişimini engellemektedir. Bu herbisit grubu, toprak ve yaprak üstüne uygulanabilmektedir. Ayrıca tek yıllık ve çok yıllık zararlı otlarda etkili olduğu bilinmektedir. Yapılan çalışmalarda, ALS inhibitörünün uzun zincirli aminoasitleri koparması sonucunda protein sentezini durdurduğu görülmüştür. Bu metabolizmanın durdurulmasının başlaması için genç bitkilerin kök ve yapraklarına uygulandıktan 3 saat sonra etkisinin görüldüğü bildirilmektedir. Böylece bitki gelişmesinin durduğu, normal şartlar sağlandığında ise 10 gün içerisinde meristamik dokularda klorozis ve nekrozis oluşumu görülmektedir. Ayrıca bitkinin genç yaprak kısımlarında solgunluk

hali ve antosiyanin formasyonunu arttırarak kırmızı ve buruşmuş hal alacağı bildirilmektedir. Yapılan araştırmalarda, linuron ve atrazin herbisitleri fotosentezi inhibe etmektedir. Bitkilerde, elektron transferindeki QB elektrotunda bulunan plastokinon kaldırılıp, QA'dan elektron geçişlerini engellemesi PS II'de bulunan aktiviteyi önlediği tespit edilmektedir (Güngör, 2005).

1.5. Herbisitlerin Oksidatif Stres ve Antioksidanlar Arasındaki İlişki

Atom ya da moleküler halde çiftleşmeden tek elektron taşıyan moleküllere “serbest radikal” denilmektedir. Serbest radikaller, başka moleküller ile hemen elektron alışverişine girmektedir. Bu tür moleküllere oksidan moleküller veya reaktif oksijen türleri (ROS) adı verilmektedir. Serbest radikaller, kirli hava, radyasyon, pestisit, bozulmuş gıda ve normal metabolik süreçte oluşmaktadır. Bu radikaller, hücreyi tahrip etmektedir. Serbest radikallerin hücreye ilk saldırısında yeni bir serbest radikal meydana getirip, kontrol altına alınamayan zincirleme reaksiyonlar oluşmaktadır. Serbest radikaller, başka bir molekülle birleşince redüksiyon ve oksidasyon olayları oluşmaktadır. Bu metabolik olaylar bitkide kloroplast, mitokondri gibi organellerde elektron taşınımı düşük seviyelerde görüldüğü tespit edilmektedir. Reaktif oksijen türlerinin asıl amacı, patojen ve herbivor saldırılarında bitkinin yaptığı bir savunmaya karşı önemli bir moleküldür. Ayrıca; oksidatif yaralanma, aktif programlanmış hücre ölümü (apoptoz), PR proteinleri gibi antimikrobiyalere karşı ortaya çıkmaktadır. Günümüzde yapılan araştırmalarda reaktif oksijen türlerin toksisitesini ortadan kaldırmak için askorbat peroksidaz, katalaz gibi enzimlerin devreye girdiği ortaya konulmaktadır. Hidrojenperoksit (H_2O_2), bitki dokularında hücre kültürüne uygulanan mikrobiyal uyarıcıları patojenlere karşı savunma ve antioksidan oluşturulması ile oksidatif yaralanmaya sebebiyet vermektedir. H_2O_2 , hipersensitif hücre ölümü için sinyal görevi görmektedir. Yaralanma sonucu meydana gelen sistemin plazma zarındaki reseptörlere bağlanır ve hücre içine sinyal ileterek, JA sentezlemektedir. JA ve H_2O_2 ise; domates yapraklarında mezofil hücrelerinde bulunan savunma genlerini uyardığı bildirilmektedir. Reaktif oksijen türlerinin etkileri uzun süre kaldığında hastalık ve yaşlanmalara yol açtığı bildirilmektedir. Reaktif oksijen türleri geçici ve enzimatik olarak oluşmaktadır. Reaktif oksijen türlerinin kaynağı hücre duvarlarındaki peroksidaz ve aminoksidazlar, plazma membranındaki NADP oksidaz'dan

oluşmaktadır. Mitokondri, kloroplast, peroksizomlardaki intrasellüler oksidaz ve peroksidaz enzimleri önemli kaynağını oluşturduğu tespit edilmiştir.

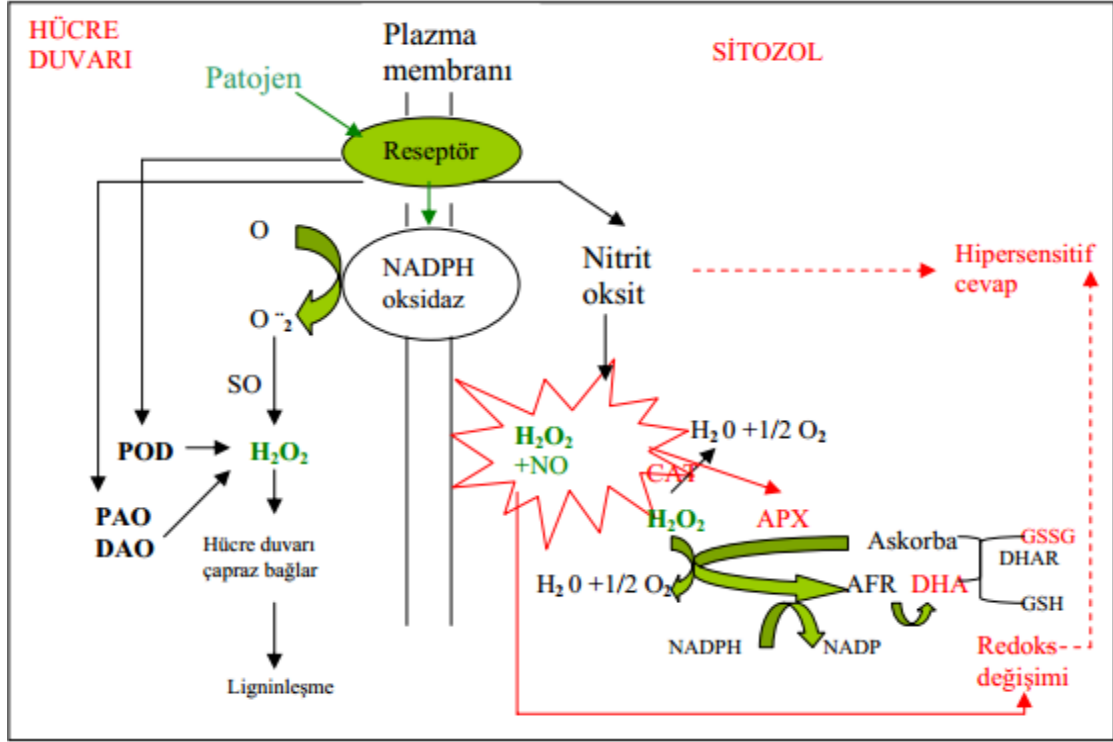
Tablo 3. Bitkilerde ROS oluşumu, lokalizasyonu ve uzaklaştırılması

Mekanizma	Lokalizasyon	Başlıca reaktif oksijen türleri
Oluşum (ürün)		
Fotosen. ET PSI-II	Kloroplast	O_2^-
Solunum ET	Mitokondri	O_2^-
Glikolat Oksidaz	Peroksizom	H_2O_2
NADPH oksidaz	Plazma membranı	O_2^-
Yağ asidi β -oksidasyonu	Peroksizom	H_2O_2
Oksalat oksidaz	Apoplast	H_2O_2
Ksantin oksidaz	Peroksizom	O_2^-
Peroksidaz, Mn, NADPH	Hücre Duvarı	H_2O_2, O_2^-
Amino oksidaz	Apoplast	H_2O_2
Parçalama		
Süperoksit dismutaz	Kloroplast, Sitozol, Mitokondri, Apoplast	O_2^-
Askorbat peroksidaz	Kloroplast, Sitozol, Mitokondri, Apoplast	H_2O_2
Katalaz	Peroksizom	H_2O_2
Glutasyon Peroksidaz	Sitozol	$ROOH, H_2O_2$
Peroksidaz	Hücre Duvarı, Sitozol, Vakuol	H_2O_2
Askorbit Asit	Kloroplast, Sitozol, Mitokondri, Apoplast	H_2O_2, O_2^-
Glutasyon	Kloroplast, Sitozol, Mitokondri, Apoplast	H_2O_2
α -tokoferol	Membranlar	$ROOH, O_2^-$
Karotenoidler	Kloroplast	O_2

Antioksidanlar enzimatik olan ve enzimatik olmayan antioksidanlardan olarak iki gruba ayrılmaktadır. Enzimatik olmayan antioksidanlar: Vitamin A, C, E, Koenzim Q10, Selenyum, Çinko mineralleri, Melatonin hormonu, Karotenoidler (Likopen, α -Karoten, β -Karoten), Lutein, Zeaksantin, Astaksantin, Flavonoller (Quercetin, Rutin, Tannin)'den oluşmaktadır (Büyük vd., 2012; Koç ve Üstün, 2008). Enzimatik antioksidan grubunda bulunanlar;

- ✓ Katalaz, H_2O_2 'nin moleküler oksijene dönüşmesini katalizlemektedir.
- ✓ Askorbat peroksidaz, H_2O_2 'nin su ve monodehidroaskorbata dönüşmesini katalizlemektedir. Glutasyon redüktaz, GSSG'yi GSH'a katalizlemektedir.
- ✓ Glutasyon peroksidaz, hidroperoksitleri indirgeyen enzimdir.
- ✓ Glutasyon S-transferaz, araşidonik asit ve lineolat hidroperoksitlerini lipid peroksitlerine karşı savunma mekanizmasını oluşturmaktadır.

Aerobik organizmalar ve bitkilerde enerji üretiminde O_2 gereklidir. O_2 'nin suya indirgenmesi ile reaktif oksijen türleri ortaya çıkmaktadır. Reaktif oksijen türleri, stres şartları, kuraklık, ozon, düşük ya da yüksek sıcaklıkta, elektron transferi ve lipid katabolizması gibi olaylarda meydana geldiği bildirilmektedir. Bitki hücrelerinde reaktif oksijen türleri, peroksizomlarda metabolizma süresince süperoksit dismutaz (SOD) radikalleri oluşmaktadır. Oluşan reaktif oksijen türleri SOD ve GR gibi antioksidan savunma sistemini etkisiz duruma getirebildiği tespit edilmiştir. Düşük konsantrasyonlarda reaktif oksijen türlerinin bitkide savunmalara karşı cevap verdiği, yüksek konsantrasyonlarının ise bitki hücrelerine zarar verebildiği bildirilmektedir. Oksidatif hasara yol açan reaktif oksijen türleri, SOD gibi savunma enzimlerinin aktifleşmesi ve GSSG oluşumunda görev almaktadır.



Şekil 10. HR (Virulent olmayan bir patojen ile enfeksiyon sonrasında virulent patojenler ve nonpatojenlerle interaksyonda meydana gelmeyen hipersensitif bir cevap) cevap süresince antioksidan ile meydana gelen değişimler

Bitki hücrelerinin farklı organellerinde oluşan SOD yardımı ile H_2O_2 'e dönüştüğü tespit edilmiştir. Kloroplastlarda yoğunluğu artan askorbat, hızla O_2 'e indirgenmektedir. H_2O_2 , tiol gruplarını hızla okside eden güçlü bir oksidanttır. Fotosentez sırasında tiol düzenleyici enzimlerle birlikte H_2O_2 'in kloroplastta birikmemesi için, CAT, H_2O_2 'i su ve moleküler oksijene dönüştürmektedir. CAT, H_2O_2 'i bağlayan iki aktif bölgeye sahiptir. H_2O_2 yıkımı, hücrelerdeki peroksidazların aktivasyonu ile gerçekleşmektedir. Böylece H_2O_2 'i suya indirgemektedir (Koç ve Üstün, 2008; Koca ve Karadeniz, 2003).

GSH ise; peroksitleri yok etmektedir. GSH bitki, hayvan ve mikroorganizmalar için daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynı zamanda güçlü bir antioksidandır. Canlılarda GSH, 0,1 -10 mM arasında bulunmaktadır. GSH'ta peptit ve tiol gibi düşük molekül ağırlığında olan bileşikler bulunmaktadır. GSH, hücreleri reaktif oksijen türlerinden korumada, metabolik olaylarda, katabolizmada ve taşımada görev almaktadır. Bu metabolik olaylar, protein ve nükleik asit sentezi sırasında oluşan reaksiyonlar, serbest radikallerin ve peroksitlerin detoksifikasyonu, bazı enzimlerde kofaktör olarak kullanılması, sisteminin geçişi ve depolanmasında rol oynamaktadır. GSH, intrasellüler alanda sentezlenip,

hücre membranlarının dış yüzeyinde parçalanmaya başlamaktadır. GSH, hücre yüzeyinde oksidatif hasara karşı artış göstermektedir. GSH 'ın, peroksidazlarda hücre zarı ile birlikte proteinlerini de koruduğu tespit edilmiştir. Diğer peroksidaz, GSH-S-transferaz olup organik peroksitlerin indirgenmesi, H_2O_2 'in uzaklaştırılması için Askorbat-Glutatyon döngüsüne katılmaktadır. Yapraklarda ve dokularda askorbat oksitlenerek monodehidroaskorbat (MDHA) dehidroaskorbat (DHA)'a dönüşmektedir. DHA, GSH'ı dehidroaskorbat redüktaz'ın aktivitesi ile askorbata indirgeyip GSSG meydana gelmektedir. GSSG ise; NADPH tarafından GSH'a dönüşmektedir. NADPH'dan çıkan elektronlar ile H_2O_2 'in suya indirgendiği bildirilmektedir. SOD, süperoksidin hidrojenperoksit dismutasyonunu katalizleyen enzim olarak görev yapmaktadır (Doğru vd., 2011; Koç ve Üstün, 2008). Süperoksit moleküllerinin dismutasyonu ile H_2O_2 oluşup, glutatyon peroksidaz ve katalaz enzimleri yardımı ile suya dönüşerek detoksifiye olmaktadır. Katalazın hidrojenperoksit oluşumunun artmasında etkisi olmaktadır. Süperoksitdismutaz, glutatyon peroksidaz ve katalaz enzimlerinden başka E ve C vitaminlerinin de hücre içinde antioksidan olarak davranmaktadır. Bu antioksidanların, hücre zarındaki lipid peroksidasyon zincirini kırdığı bildirilmektedir (Koç ve Üstün, 2008). GSSG indirgenen glutatyonun yükseltgenmesi ile meydana gelmektedir. Oksidatif hasarın meydana gelmesi ile GSH seviyesi azalırken, GSSG düzeyinde artış göstermektedir. Biriken hidrojenperoksit ve organik peroksitler ise; glutatyon peroksidaz ve redüktaz enzimleri ile yok olmaktadır. Yağ asitleri oksidasyona uğrayarak metilen grubundan bir H atomunun koparılması ile moleküler oksijene bağlanarak lipid hidro peroksitlerin oluştuğu bildirilmektedir. Lipit hidroperoksitlerin yıkımı sonucunda, aktif aldehitler denilen malondialdehit (MDA) ve hidroksialkenaller meydana gelmektedir. Bunlar, hücre yüzeyinde metabolize olması veya difüzyon ile diğer hücrelerde hasara yol açmaktadır. Sitozol ve mitokondrilerdeki SOD enzimi süperoksit radikallerini etkisiz hale getirmektedir. Böylece; hücreler süperoksit radikalının verdiği hasardan korunmuş olmaktadır (Anonim, 2012). SOD enzim aktivitesi; ağır metalin yoğunluğuna, uygulama zamanına, enzim çeşidine, bitki türüne, bitki genotipine bağlı olarak değişiklik gösterdiği tespit edilmektedir (Ak ve Yücel, 2011). Bitkilerde de diğer canlılar gibi enerji elde etmek için O_2 kullanılmaktadır. Bitki biyokimyacıları, oksijenin suya indirgenmesi sırasında aktif oksijen türleri (AOS) denilen O_2^- , H_2O_2 ve OH^- ortaya çıkarıldığını tespit etmişlerdir. Enerji üretmek için O_2 singlet oksijene dönüştürmektedir. Singlet oksijen başka moleküller ile reaksiyona girdiği sürede endoperoksit veya hidroperoksit türevlerine

dönüştürmektedir. O_2^- , oldukça reaktif olup hücre zarını geçmeden önce H_2O_2 'e SOD enzimi ile dismutasyona girmektedir. O_2^- , metal teşkil eden enzimlerde bulunan Fe^{+3} ve Cu^{+2} ve quinonları indirgeyerek aktivitelerini yok etmektedir. O_2^- 'den meydana gelen hidroperoksil radikalleri hücre zarının sulu fazından geçerek, poliansatüre yağ asitleri ve lipit hidroperoksitlerden hidrojen atomunu çıkararak otooksidasyona sebep olduğu bildirilmektedir. Hidrojenperoksit orta derecede reaktif olup, ömrü daha uzun olan serbest bir radikaldir ve enzimlerin tiyol grubunu inaktif hale getirmektedir. Bitkilerde Calvin döngüsü enzimleri olan CuMg-SOD ve Fe-SOD hidrojenperoksit ile inaktive olmaktadır (Çaylak, 2011).

1.6. Herbisitlerin Kullanım Alanları ve Uygulanması

Herbisit kullanımı, 1945 ve 1985 yılları arasında artış gösterip, her 10 yılda bir iki katına kadar çıktığı bildirilmiştir. En fazla pestisit kullanımı Amerikadadır. Herbisitlerin kullanımında profesyonel kişiler tarafından kullanılmasının yanısıra herkes tarafından da kullanılmaktadır. Herbisitler tarımsal üretim, bahçecilik, ormancılık, süs amaçlı park, bahçe, oyun alanlarında, tütüleme ve kereste korumacılığı, hayvancılık gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Amerikada pestisit kullanımının %75'i tarım amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu kullanımın %75'i pamuk, soya ve mısır tarımında uygulanmaktadır. Amerikada kullanımı yasaklanan pestisitlerin çoğu klorlu hidrokarbonlar grubunda bulunmaktadır. Fakat klorlu hidrokarbonlardan metoksiklor ve endosulfan pestisitleri halen gıda ürünlerinde kullanıldığı bildirilmektedir. Yaygın olarak kullanılan herbisitler, alachlor, atrazine, 2,4-D, glyphosate, paraquat, simazine, trifluralindir. Asya-Pasifik bölgesinden en çok pestisit kullanımı Çin'de olmaktadır. Bunu takiben Hindistan, Güney Kore, Endonezya gelmektedir. Afrika bölgesinde ise en fazla tüketim Mısır ve Sudan ülkelerinde olmaktadır. Belediyelerde, herbisit kullanım alanlarının en büyük oranı yollardaki bitkilerin çoğalmasını önlemede kullanılmaktadır. Bu sayede yol sınırının korunmasının sağlandığı bildirilmektedir. Aynı zamanda demiryolları enerji iletim hatlarının çevresinde de aynı amaçla kullanılmaktadır. İdeal bir herbisitte şu özellikler bulunmalıdır:

- Hedef canlıya özel olarak etkisi olmalıdır.
- İnsanlara zarar vermemelidir.
- Ucuz olmalıdır.

- Kolay bir şekilde uygulanmalıdır.
- Toksik olmayan maddelere dönüşebilmektedir.
- Yanıcı, korozi, boyayıcı etkide ve patlayıcı özellikte olmamalıdır (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

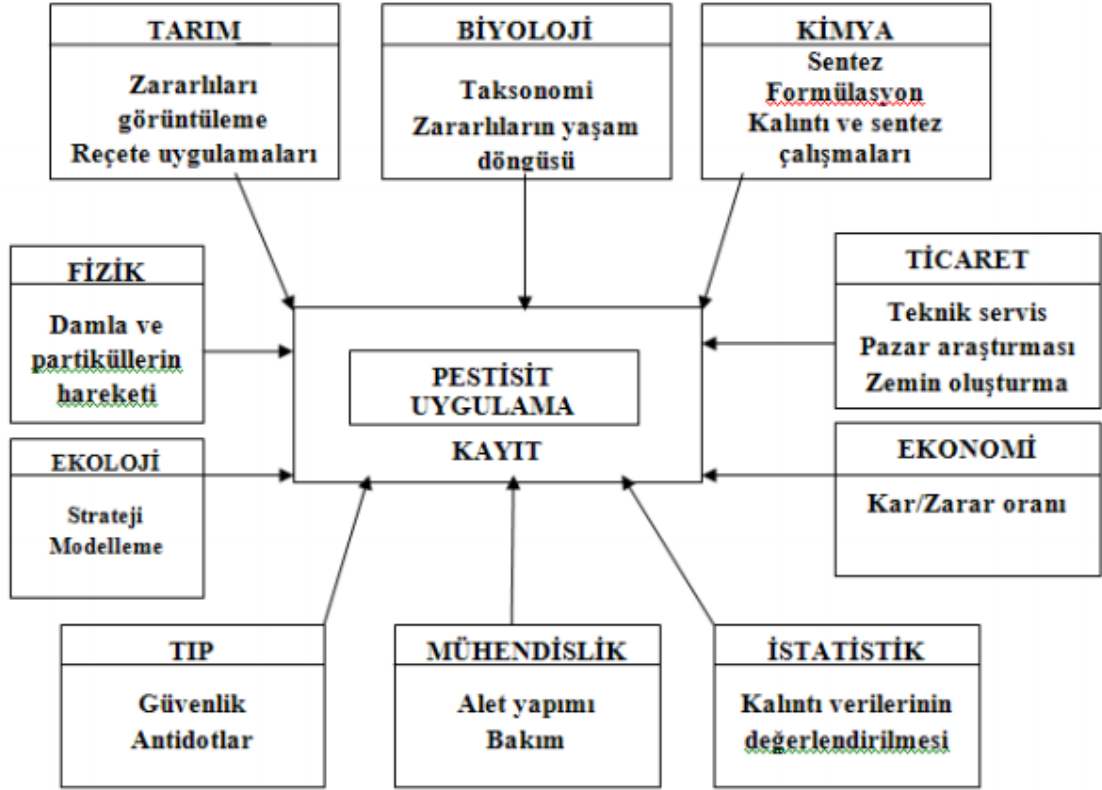
Uygun herbisit depolama yeri olması için:

- Uygun bir yer seçilmelidir.
- Bir kerede depolanacak hacimde olması gerekmektedir.
- Depo, yangına dayanıklı maddelerden yapılmalıdır.
- Uygun bir şekilde giriş ve çıkış kapılarının olması gerekmektedir.
- Dışarıya sızmayacak ve dağılmayacak yapıda olmalıdır.
- Havanın kuru, nem ve dondan korunması gerekmektedir.
- Aydınlatma ve havalandırma özelliği olmalıdır.
- Gerekli araç ve gereçlere sahip olması gerekmektedir.
- Hırsızlıklara karşı korunması sağlanmalıdır.

Depolama işlemi sırasında alınması ve bilinmesi gereken önlemler şunlardır:

- ✓ Depo kilitli olarak tutulmalıdır.
- ✓ Gıdalara, hayvan yemine, tohumlara ve sulara bulaşmaması için uzak tutulması gerekmektedir.
- ✓ Havalandırılabilen, kuru yerlerde ve talimatlara uygun olarak saklanmalıdır.
- ✓ Herbisitlerin saklandığı depoya herbisit saklı olduğunu belirten levha asılmalıdır.
- ✓ Depolanan herbisitlerin listesi ve zararları önemle yazılması gerekmektedir.
- ✓ Herbisitler, orijinal kaplarda saklanıp sızıntı, çatlak, ezilme olmamasına dikkat edilmelidir.
- ✓ Tarihi geçen herbisitlerin nasıl yok edileceği talimatlarının uygulanmasına dikkat edilmelidir ve kayıt sistemi oluşturulmalıdır.
- ✓ Yangın sırasında alınması gereken önlemler önceden planlı bir şekilde hazırlanmalıdır.
- ✓ Kloratlar, yanıcı ve patlayıcı özellikte olmasına dikkat edilmelidir.
- ✓ Amonyum nitrat gübreleri, kalsiyum hipoklorürün olması sebebiyle aniden tutuşup, patlamaya neden olabilmektedir.

Herbisitler, toprağa gömülürken sızdırmayan özel kaplarda gömülmesi gerekmektedir. Aksi takdirde yeraltı sularına ve toprak kirliliğine neden olabilmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).



Şekil 11. Pestisit uygulamasının diğer disiplinlerle olan ilişkisi (Tiryaki, vd., 2010).

1.7. Herbisitlerin Çevre ve İnsan Sağlığına Zararları

İnsanlar çevrede bulunan kimyasallara maruz kalmaktadır. Herbisitlerde dahil tüm kimyasal maddeler, vücudumuza üç farklı yoldan alınmaktadır.

1) Ağız yolu ile alınımı, kirli ortamda bulunan yiyecek ve içeceklerin kazara kullanılması sonucu vücudumuza girebilmektedir. Bu şekilde meydana gelen zehirlenmelerin şiddeti alınan maddenin miktarına göre değişmektedir.

2) Solunum yolu ile toz veya buhar şeklinde alınabilmektedir. Genellikle buhar özelliği olan fazla fumigant içeren ilaçlar bu etkiyi göstermektedir.

3) Deri yoluyla emilerek geçişi hızlı bir şekilde olabilmektedir. Deri yolu ile zehirlenmelerde; bulaşan deri alanının büyüklüğüne, deri ile temasta kalma süresine, deride

kesik olmasına bağlı olarak değişebilmektedir. Vucudumuza giren herbisitler, enzim yardımı ile reaksiyona girmektedir. Oluşan metabolitler dışarı atıldığı gibi, vucutta birikme yoluna da gidebilirler. Klorlandırılmış hidrokarbonlar, metabolizma sırasında değişmemektedir. Buda tehlike oluşturmaktadır. Bazı herbisitler ise; basit bir şekilde metabolize olarak hasara yol ağmadan dışarı atılabilmektedir. Herbisitlere maruz kalan kişilerde; Non Hodgkin lenfoma, lősemi, multiple myeloma, karaciğer kanseri, testis kanseri, sterilite, beyin kanseri, akciğer kanseri gibi hastalıklar gőrőlebilmektedir. Herbisitlerden zehirlenen kişilerde; hafıza kaybı, psikolojik bozukluk ve dőřünme bozuklukları meydana gelebilmektedir (MEB, 2012). Bunun yanısıra; kronik etkiler, kanser, doğum defektleri, nörodavranış bozukluklar, nörofizyolojik değişiklik, őreme ve fertilite őzerinde zararlı etkileri olmaktadır (Gőler ve obanoğlu, 2001; MEB, 2012; Tiryaki, vd., 2010).

Çevrede herbisitın hareketini etkileyen etmenler arasında, herbisitın kimyasal yapısı, fiziksel özelliği, formőlasyonu, uygulanışı, iklimi ve toprak şartları bulunmaktadır. Pőskőrtőlerek uygulanan herbisitler, rőzgār ile taşınarak yağmur, sis, kar yağışı ile yeryőzőne yeniden dőřmektedir. Hedefte bulunan bitkiye ulaşamayan herbisitler, farklı canlılara ulaşarak birikime ve toksisiteye sebep olabilmektedir (MEB, 2012).

Tőrkiye’de nehir sularında bulunan en yaygın pestisit DDT’dir. Herbisitler, nehirlerle karışarak balık őlőmlerine de sebebiyet vermektedir (Altıkay vd., 2009).

AO (aktif oksijen) birikimine bir antioksidan ile engel olunmaz ise; bitkilerde oksidatif strese sebep olduğu bildirilmektedir (Sivritepe, 2001).

2. MATERİYAL ve METOT

2.1. MATERİYAL

Mısır, buğdaygiller familyasına ait olup 3-4 m.'ye kadar büyüeyebilen bir yıllık tarım bitkisidir. Anayurdu Güney Amerika olup, denizciler tarafından Avrupa, Afrika, Çin ve Hindistan' a kadar ulaşmış ve dünyada yaygın olarak yetiştirilmiştir (URL-16).

Mısır bitkisinin dünyada yaklaşık % 90'ı gıda ve hayvan yeminde kullanılarak, bunun % 65-70'i hayvan yemi, % 20'si insan beslenmesinde, % 8-10'u ise sanayide tüketilmektedir. Mısır, endüstride un, yağ, nişasta, tatlandırıcılar ve bunlara bağlı birçok ürün de kullanılmaktadır.

Ülkemizde tahıllar arasında buğday ve arpadan sonra yani 3. sırada yer almaktadır. FAO raporuna göre, mısır tarımına ayrılan alan 700.000 ha, toplam üretim 3.000.000 ton olup, dekar başına verim ise; 428.6 kg'dır. Türkiye mısırın ekim ve üretim alanında diğer ülkelerle kıyaslandığında, % 4'lük paya sahip olduğu görülmektedir.

Mısır, verimli, derinlere kadar inebilen, havalanabilen, tuzlu olmayan, nötr (pH 6-7) olan topraklarda yetişmektedir. Mısır tarımı, tuzlu ve yüksek taban suyuna oldukça duyarlı olduğu için, bu tür topraklarda ekim yapmaktan kaçınılmaktadır.

Olgun bir mısır bitkisi, 4 cm. çapında sert ve boyuna uzanan gövdesindeki boğumlar arasında boşluk bulunup, almaşık dizili yeşil renkli, üzerinde paralel çizgili damarları şerit şeklinde uzanan ucu sivri yaprakları bulunmaktadır. Bu bitkinin erkek çiçekleri, bitkinin en üst kısmında salkım şeklinde dişi çiçekleri ise, yaprağın altından çıkar ve büyüdüğünde koçanların üzerinde bulunmaktadır. Yazın yetişen mısır bitkisi, dişi çiçeklerin olgunlaşmasıyla koçan üzerinde mısır tohumları meydana getirmiştir. Mısır tanelerinin arasındaki kahverengi püsküller burgunun ucundan çıkmaktadırlar. Bu kahverengi ipliksi yapılar stigma olarak adlandırılmaktadır.

100 g. mısırdaki bulunan besin değerleri; 3,2 g. Protein; 18,8 g. Karbonhidrat; 0,1 g. Yağ; 0,7 g. Lif; 89 mg. Fosfor; 3 g. Kalsiyum; 0,6 mg. Demir; 165 mg. Potasyum; 400 IU A vitamini; 0,11 mg. B1 vitamini; 0,1 mg. B2 vitamini; 1,3 mg. B3 vitamini ve 7 mg. C vitamini bulunmaktadır (URL-16). Ayrıca, mısır tanesinde %70 karbonhidrat, %10 protein, %5 yağ, %2 şeker ve %2 kül bulunmaktadır. Mısırın mayalanması ile bira, antibiyotik (penisilin, basitrasin, neomisin gibi), B2 ve B12 vitaminleri, enzimler (alfa-amilaz, glukozamilaz, glukoz isomeraz gibi) üretilmektedir (Demir vd., 2006).

Mısırın gelişme evresi 4 önemli peryottan oluşur. Bu dönemler; fide dönemi, tepe püskülü çıkmadan önceki dönem, koçanın püskülü çıktığı dönem ve koçanın mısır tanelerinin dolmaya başladığı dönemdir. Yabancı otlar, hem topraktaki nemi ve minarelleri tükettikleri, hem de bünyesinde hastalık etmeni taşıması ve zarar verici böcekleri barındırdığı için zararlıdırlar. Dolayısıyla mısırın veriminde azalmalara sebep olmaktadır. Mısırın daha verimli çıkması ve yabancı otlara dayanıklı halde olması için transgenik mısır bitkisi ya da hibrit mısır çeşitleri bulunmaktadır. Herbisit uygulandığında hibrit bitkiye zarar vermeden yabancı otların öldürüldüğü hala tartışılmaktadır (URL-17).

Hibrit tohum, benzer türdeki bitkinin genetik olarak benzer olmayan bir başka bitki ile tozlaşmasıyla meydana gelmektedir. Böylece F1 melez tohum oluşmaktadır. Bu tohumları ısıya ve soğuğa karşı dirençli, hastalık ve zarar oluşturanlara karşı dayanıklı olması, uzun ömürlü olması ve verim artışı ile üretimin desteklenmesini sağlamaktadır. Elde edilen F1 tohumu 1 yıl için kullanılıp, daha sonraki yıllarda verim vermemektedir (URL-18).

Bu tez çalışmasında kullanılan bitki materyali; şeker mısırı olarak bilinen *Zea mays* L. Saccharata (Arzuman tohumculuk firması, menşei Türkiye) standart tohumu, *Zea mays* L. Danona (Fito tohumculuk firması, menşei Amerika) ve *Zea mays* L. Advanta 2898 (Limagrains tohumculuk firması, menşei Türkiye) olan hibrit tohumları kullanıldı. Biz bu çalışmada, önceden yapılmış araştırmaların ışığında farklı konsantrasyonlarda 2,4-D, metolachlor, atrazin sentetik herbisitlerinin mısır varyetelerindeki fidelerde yarattığı toksik etkiye karşı, fizyolojik ve biyokimyasal bazı parametreler üzerinde hafifletici ya da teşvik edici etkilerini araştırmayı amaçladık.



Şekil 12. 15 günlük mısır fidelerinin uygulamalar öncesi genel görünümü

2.1.1. Test Çözeltilerinin Hazırlanması

2,4-D sulu çözeltisi hazırlamak için, molekül ağırlığı 221,04 olan herbisitten 1000 mM 'lık stok çözelti hazırlandı ve bu çözeltiden seyreltme yöntemi kullanılarak test çözeltileri olan 0, 100, 300 ve 1000 μ M 'lık konsantrasyonlar oluşturuldu.

Atrazin sulu çözeltisi hazırlamak için, molekül ağırlığı 215,68 olan herbisitten 1000 mM 'lık stok çözelti hazırlandı ve bu çözeltiden seyreltme yöntemi kullanılarak test çözeltileri olan 0, 200, 500 ve 1000 μ M 'lık konsantrasyonlar oluşturuldu. Gerek 2,4-D gerekse atrazin stok çözeltileri hazırlanırken, ilk önce 50 ml etilalkolde çözüldü ve saf su ile son hacim 1 lt 'ye tamamlandı.

Metolachlor sulu çözeltisi hazırlamak için molekül ağırlığı 283,79 olan herbisitten 1000 mM'lık stok çözelti hazırlandı ve bu çözeltiden seyreltme yöntemi kullanılarak test çözeltileri olan 0, 100, 500 ve 1000 μ M 'lık konsantrasyonlar oluşturuldu.

2.1.2. Bitki Materyaline Yapılan Uygulama

Deney materyalimiz olan mısır fidelerini yetiştirmek için, tamamen homojen olan (uniform) tohumlar seçildi (saf mısır, advanta 2898 ve danona hibrit mısır), musluk suyu ile ıslatıldı ve karanlıkta 6 saat 23-25 °C'de bekletildi. Bu sürenin sonunda tohumlar hava alabilecekleri kapaklı çimlendirme kutularına dizilerek, 3 gün süreyle 23-25 °C'de karanlıkta çimlenmeye bırakıldı. Daha sonra radikula uzunlukları eşit büyüklükte olan

Çimlenmiş tohumlar seçilerek önceden hazırlanan belirli oranlarda kum ve toprak karışımıyla doldurulmuş plastik saksılara ekildi. Burada fideler uzun gün periyodunda (16/8) normal gün ışığında 15 günlük oluncaya kadar belirli aralıklarla ve eşit miktarda musluk suyu ile sulandı. 15 günlük fidelerden, tamamen homojen büyüyen fideler seçilerek deney materyali olarak kullanıldı. Her bir mısır varyetesi için 15 günlük fideler, aynı sayıda fideden (20 'şerli) oluşan 4 gruba ayrıldı ve herbisit 'in 4 farklı dozu uygulandı. Herbisitler, fidelere hidrofonik yöntem kullanılarak uygulandı. Fidler 2,4-D'den hazırlanan farklı konsantrasyonlara (0, 100, 300 ve 1000 μM), atrazin'den hazırlanan farklı konsantrasyonlara (0, 200, 500 ve 1000 μM), metolachlor'dan hazırlanan farklı konsantrasyonlara (0, 100, 500 ve 1000 μM) 2 gün boyunca maruz bırakıldı. Bütün bu farklı herbisit uygulamaları, eř zamanlı olarak farklı fidelere yapıldı. Daha sonra farklı herbisit uygulanan fidelerde çeşitli büyüme parametreleri (fide boyu, fidelerin yaprak ve köklerinde taze ağırlığın gramı başına mg cinsinden kuru ağırlık miktarı) tespit edildi, pigment, süperoksitdismutaz, katalaz, prolin, malondialdehit, redükte glutatyon ve okside glutatyon analizleri yapıldı.

2.1.3. Kimyasal Maddeler ve Organik zcler

Atrazin, metolachlor, 2,4-D, aseton, etil alkol, Na_2HPO_4 , glasiyel asetik asit, toluen, sodyum fosfat tamponu, trikloroasetik asit (TCA), 2-thiobarbutirik asit (TBA), sodyum hidroksit, biüret reaktifi, hidroklorik asit, Butilhidroksitoluen (BHT), bütanol, hexan, heptan, methanol, N-tert-Butildimetihisilil-N-metiltrifluoroasetamid (MTSFA), prolin (PRL), glutatyon redüktaz (GSH), sülfirik asit, EDTA (Etilendiamintetraasetikasit Disodyum Dihidrat), sod tamponu, fosfat tamponu, hidrojenperoksit, xantin, ninhidrin, sülfosalisilik asit, epinefrin. Kullanılan bu kimyasallar Merck, Sigma-aldrich, Alfa Aesar ve Fluka firmalarından temin edildi.

2.1.4. Kullanılan Aletler ve Cihazlar

Homojenizatör, etüv, UV spektrofotometre, HPLC, Gaz kromatografisi (GC), vorteks, hassas terazi, buzdolabı, ultrasonik su banyosu, otomatik pipet ve pipet uçları kullanıldı.

2.2. METOTLAR

2.2.1. Bitkide Tespit Edilen Parametreler ve Yapılan Kimyasal Analizler

2.2.1.1. Büyüme Parametrelerinin Alınması

Bu amaçla bütün gruplarda başlangıçta çok homojen fideler kullanıldığından sadece nihai boy ölçümleri esas alındı ve boy farkları hesaplandı. 2,4-D, atrazin ve metolachlor herbisitlerinin uygulamasından sonra fidelerin son ağırlıkları tespit edildi. Uygun paketlemeler ve işaretlemeler yapılarak 105 °C 'lik etüvde 3-6 saat aralıklarla sabitleşmiş kuru ağırlıkları tespit edildi. Böylelikle taze ağırlık başına düşen kuru madde miktarı belirlendi (mg KA. g⁻¹ TA).

2.2.1.2. Klorofil (a+b) ve Karotenoid İçeriğinin Belirlenmesi

Uygulama yapılan bütün gruplardan ayrı ayrı 0,5 g taze yaprak dokusu materyal olarak kullanıldı. Steril bir havanda küçük parçalara ayrılan yaprak dokusu 40 ml % 80' lik aseton ile 3-4 dakika ezildi ve yeşil renkli bir ekstrakt elde edildi. Daha sonra bu ekstrakt buhner hunisi ile vakumlanarak süzüldü. Geri kalan tortu 30 ml % 80'lik aseton ile tekrar ezildi. Bu işlem tortunun rengi tamamen renksizleşinceye kadar sürdürüldü ve buhner hunisi ile süzülerek süzüntüler birleştirildi. Geriye kalan renksiz tortu % 80'lik asetonla yıkanarak toplam süzüntünün son hacmi 100 ml' ye tamamlandı. Bütün bu işlemler her bir grup için ayrı ayrı yapıldı. Daha sonra spektrofotometre de ekstraktların 440, 645, 652 ve 663 nm dalga boylarında ayrı ayrı absorbanları köre karşı okundu. Elde edilen absorban değerlerinden mg.g⁻¹ taze ağırlık cinsinden pigment tayinine gidildi (Witham, 1971) .

2.2.1.3. Prolin (Prl) Analizi

Mısır fidelerinin kök ve yapraklarında olmak üzere iki farklı dokuda çalışıldı. Bu amaçla bütün gruplar için ayrı ayrı eşit miktarda doku kullanıldı. 1'er g taze yaprak ve 1'er g kök (nodülleri ayıklanmış) dokusu steril bir makasla parçalara bölünerek materyal olarak kullanıldı. Örnekler falkon tüplerine konuldu. Bundan sonra üzerine % 3 lük sülfosalisilik asit eklenerek 4 dakika süreyle homojenize edildi. Falkon tüplerinde olan karışımlar 6500 rpm de 10 dk santrifüj edildi. Bu süreç sonunda faz ayrımı oldu. Üst faz ayrı bir tüpe alındı. Daha sonra her örnekten 1 ml örnek alınarak başka deney tüpüne alındı ve sonra

üzerlerine 1ml ninhidrin-asit karışımı (1.25 g ninhidrin+30 ml 6 M fosforikasit+20 ml asetik asit) eklendi ve tekrar üzerlerine 1ml glasiyel asetik asit eklendikten sonra örnekler vortekslendi ve daha sonra 100 °C’ de 1 saat su banyosunda kaynatıldı. Süre sonunda örnekler çıkarılıp soğumaya bırakıldı. Soğuduktan sonra üzerlerine 2 ml toluen eklendi. Kromofor içeren toluen fazı aspire edilerek oda sıcaklığına gelmesi beklendi. Spektrofotometre de 520 nm’de absorbansları okundu. Spektrofotometre de okunan absorbans değerleri PRL standart eğrisinde yerine konularak buna karşılık gelen PRL konsantrasyonu $\mu\text{mol.g}^{-1}$ taze ağırlık cinsinden tespit edildi (Bates, 1973).

2.2.1.4. Malondialdehit (MDA), Redükte Glutasyon (GSH)\Okside Glutasyon (GSSG)

Oranı Analizi

Mısır fidelerinin kök ve yapraklarında olmak üzere iki farklı dokuda çalışıldı. Bu amaçla bütün gruplar için ayrı ayrı eşit miktarda doku kullanıldı. 3’er g taze yaprak ve 1,5’ar g kök dokusu steril bir makasla parçalara bölünerek materyal olarak kullanıldı. Örnekler falkon tüplerine konuldu ve üzerine 10 ml TRİS (TRİS Baz, TRİS HCL, EDTA) eklenerek 4 dakika süreyle homojenize edildi. Falkon tüplerinde olan karışımlar 6000-7000 rpm’ de 10 dk santrifüj edildi. Bu süreç sonunda faz ayrımı oldu. Her bir örneğin süpernatant (üst faz) kısmından alınan 1’er ml cam deney tüplerine konuldu. Üzerine 1 ml %10’ luk perklorik asit (10 ml perklorik asit, 90 ml saf suda çözünür) eklendi ve iki saat +4 °C’de bekletilerek 5000 rpm’de 10 dk. santrifüj edildi. Daha sonra 1’ er ml alınarak viallere konuldu. HPLC’ de ölçüldü (Yılmaz vd., 2009).

2.2.1.5. Süperoksit dismutaz (SOD) Aktivitesinin Analizi

Mısır fidelerinin kök ve yapraklarında olmak üzere iki farklı dokuda çalışıldı. Bu amaçla bütün gruplar için ayrı ayrı eşit miktarda doku kullanıldı. 3’er g taze yaprak ve 1,5’ar g kök dokusu steril bir makasla parçalara bölünerek materyal olarak kullanıldı. Örnekler falkon tüplerine konuldu ve üzerine 10 ml TRİS (TRİS Baz, TRİS HCL, EDTA) eklenerek 4 dakika süreyle homojenize edildi. Falkon tüplerinde olan karışımlar 6000-7000 rpm’ de 10 dk santrifüj edildi. Bu süreç sonunda faz ayrımı oldu. Üst faz epondorflara alındı. Cam tüplere sırasıyla 2,6 ml sod tamponu, 100 μl örnek, 250 μl epinefrin, 50 μl ksantinoksidaz (XO) eklendi. Bu karışım vortekslenerek 30 dk. karanlık ortamda

bekletildi. Daha sonra spektrofotometre de ekstraktların 485 nm dalga boylarında absorbansları köre karşı okundu (Mourente vd., 1999).

2.2.1.6. Katalaz (CAT) Analizi

Mısır fidelerinin kök ve yapraklarında olmak üzere iki farklı dokuda çalışıldı. Bu amaçla bütün gruplar için ayrı ayrı eşit miktarda doku kullanıldı. 3'er g taze yaprak ve 1,5'ar g kök dokusu steril bir makasla parçalara bölünerek materyal olarak kullanıldı. Örnekler falkon tüplerine konuldu ve üzerine 10 ml TRİS (TRİS Baz, TRİS HCL, EDTA) eklenerek 4 dakika süreyle homojenize edildi. Falkon tüplerinde olan karışımlar 6000-7000 rpm' de 10 dk santrifüj edildi. Bu süreç sonunda faz ayrımı oldu. Üst faz epondorflara alındı. Cam tüplere 1,9 ml fosfat tamponu, 100 µl örnek alındı ve 240 nm.' de absorbansı ölçüldü, üzerine 1 ml H₂O₂ eklenip 15 sn. de bir 60 sn.'ye kadar ölçüm yapıldı (Aebi, 1984)

İstatistik Analizler:

Çalışmamızdaki bütün parametreler 3 tekrarlı olarak analiz edildi. Verilerin doğruluk değerleri SPSS 15 paket programı kullanılarak ortalama ve One-way ANOVA ile test edildi. Gruplar arasındaki farklılıklar $P \leq 0.05$ önemlilik seviyesinde ayırt edildi.

3. BULGULAR

Bu tez çalışmasında, 3 farklı mısır varyetesi üzerinde 3 farklı herbisit'in etkileri araştırıldı. Homojen büyümüş 15 günlük fidelere; 2,4-D' nin farklı konsantrasyonları (0, 100, 300 ve 1000 μM) atrazin' nin farklı konsantrasyonları (0, 200, 500, 1000 μM) ; metolachlor' un farklı konsantrasyonları (0, 100, 500 ve 1000 μM) 2 gün boyunca hidrofonik yöntem kullanılarak, ayrı ayrı uygulandı. Daha sonra farklı herbisit uygulanan fidelerin kök ve yapraklarında çeşitli büyüme parametreleri (kök ve sürgün boyu, yaprak ve köklerde taze ağırlık başına düşen kuru madde miktarı ($\text{mg KA.g}^{-1}\text{TA}$) tespit edilerek, yapraklarda pigment analizi, yaprak ve köklerde süperoksitdismutaz (SOD), katalaz (CAT), prolin (PRL), malondialdehit (MDA), redükte glutatyon (GSH) \ okside glutatyon (GSSG) analizleri yapıldı.

3.1. Büyüme Parametreleri

Fidelere yapılan uygulamaların kök ve yapraktaki büyüme parametreleri üzerine etkileri incelendiğinde, genelde kontrol grubu fidelerine kıyasla 2,4-D, atrazin, metolachlor uygulanan bütün gruplarda anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin kök uzunluklarında kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 83.33, % 89.62 ve % 95.55 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 36.25, % 63.75 ve % 82.5 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 35.63, % 62.06 ve % 83.90 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Sadece, 300 μM için Advanta hibrit mısırdaki azalış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Tablo.4).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin kök uzunluklarında kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 15.55, % 28.88 ve % 48.88 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 26.08, % 55.43 ve % 73.91 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 37.93, % 52.87 ve % 77.01 oranlarında azalma tespit

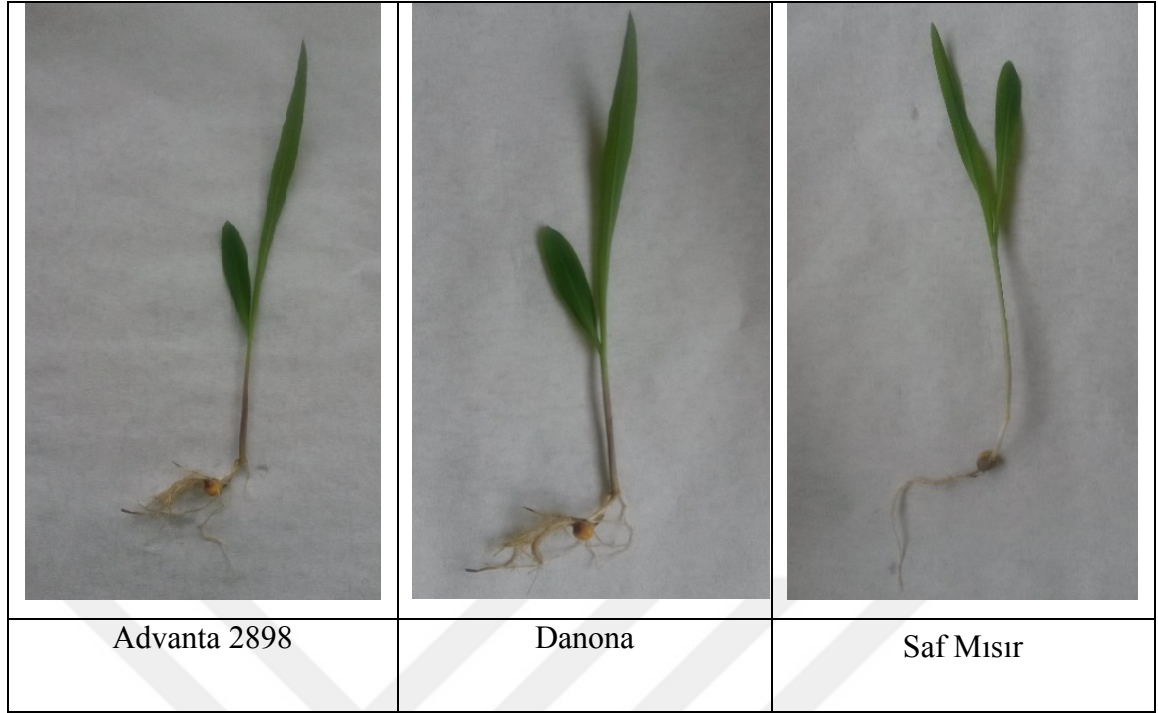
edilmiştir ($P \leq 0,05$). Sadece, 200 μM için Advanta hibrit mısırdaki azalış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo.5).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin kök uzunluklarında kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 25, % 50 ve % 75 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 22.22, % 44.44 ve % 66.66 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 25, % 50 ve % 62.5 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo.6).

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin sürgün uzunluklarında kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 33.82, % 55.88 ve % 75 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 41.26, % 60.31 ve % 76.19 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 39.13, % 55.07 ve % 76.81 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo.4).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin sürgün uzunluklarında kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 16.98, % 26.41 ve % 43.39 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 22.36, % 40.78 ve % 63.15 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 16.48, % 51.64 ve % 69.23 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Sadece 200 μM Advanta hibrit mısırdaki azalış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo.5).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin sürgün uzunluklarında kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 25, % 50 ve % 75 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 30, % 40 ve % 60 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 25, % 62.5 ve % 75 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo.6).



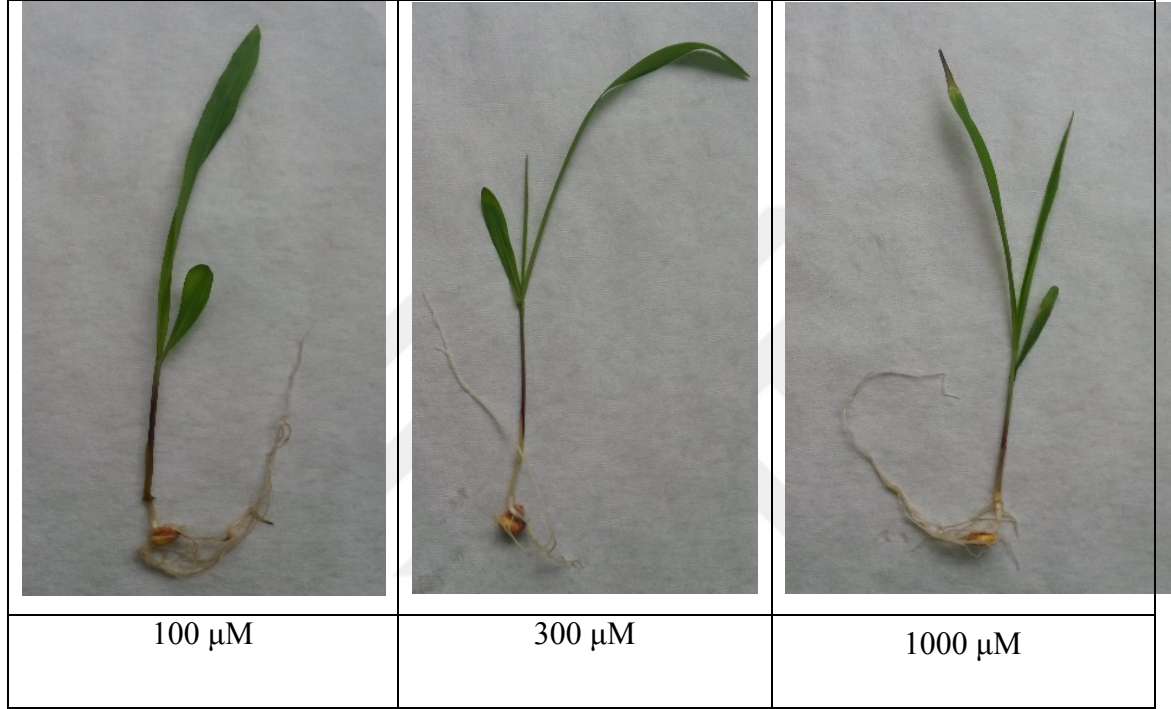
Şekil 13. 3 farklı mısır varyetesiine ait 15 günlük fidelerin uygulama öncesi genel görünümü

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları (mg KA. g⁻¹ TA) kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırd 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 12.88, % 21.77 ve % 40 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırd 100 µM, 300 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 11.90, % 24.60 ve % 25.79 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırd 100 µM, 300 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 25.83, % 38.29 ve % 58.96 oranlarında azalma tespit edilmiştir (P≤0,05) (Tablo.4).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları (mg KA. g⁻¹ TA) kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırd 200 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 15.70, % 15.70 ve % 33.50 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırd 200 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 28.67, % 49.05 ve % 51.32 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırd 200 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 16.48, % 37.72 ve % 58.97 oranlarında azalma tespit edilmiştir (P≤0,05) (Tablo.5).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları (mg KA.g⁻¹ TA) kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırd 100 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.37, % 28.12 ve % 40.62 oranlarında

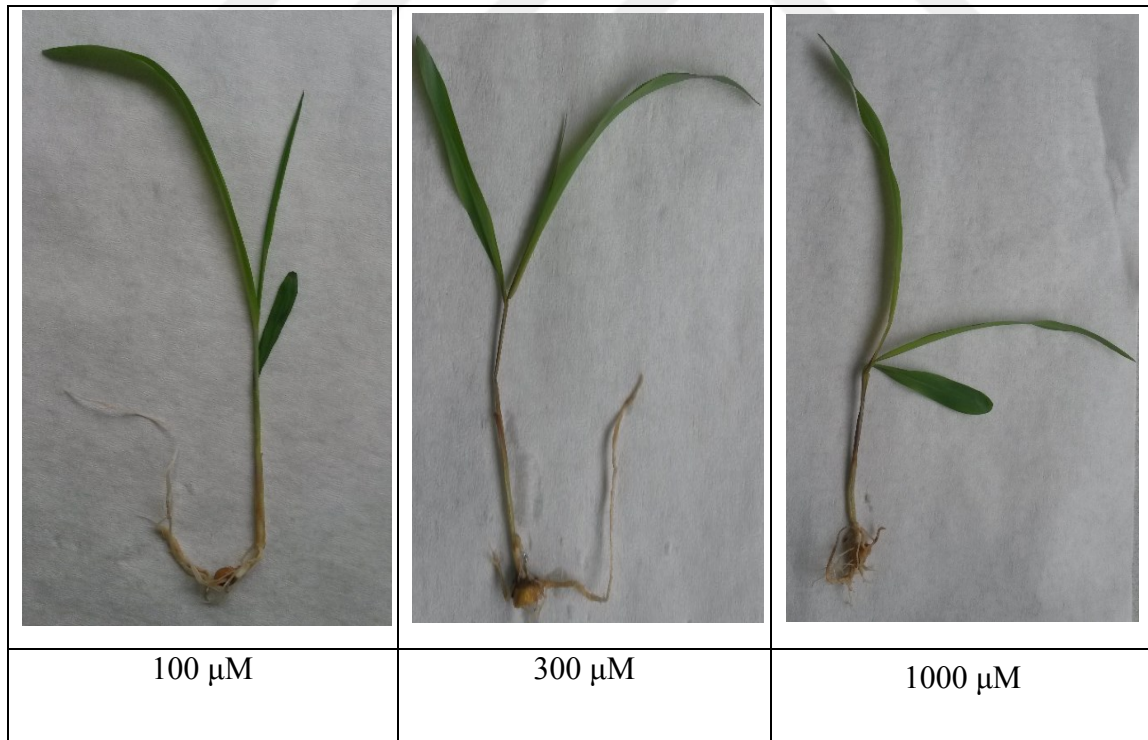
azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 11.11, % 22.22 ve % 33.33 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 26.92, % 38.46 ve % 46.15 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Sadece, Danona hibrit mısırın 100 µM konsantrasyonunda azalma olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo.6).



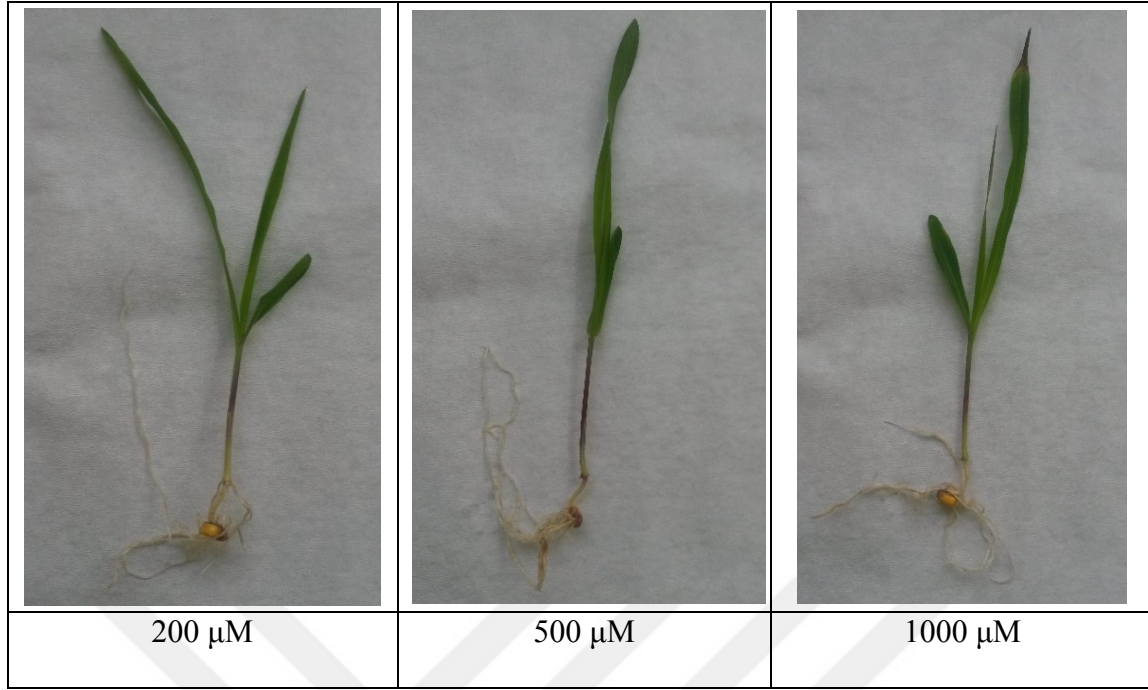
Şekil 14. 2,4-D uygulanan *Zea Mays* L. Advanta 2898 hibrit mısır fidelerin görünümü



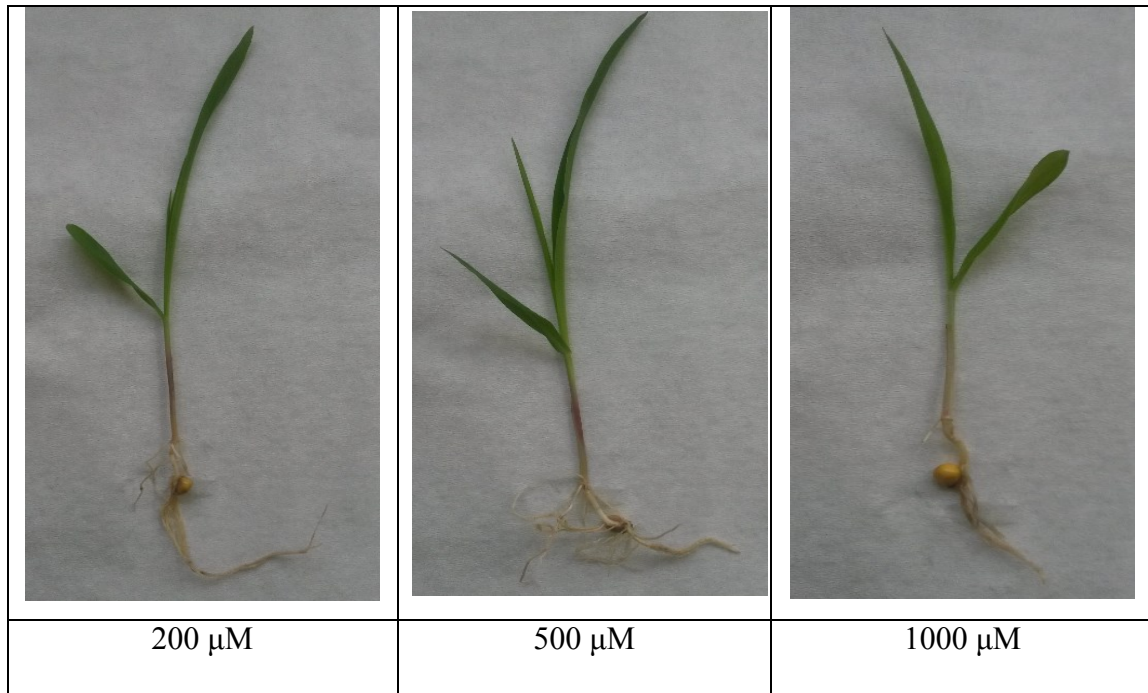
Şekil 15. 2,4-D uygulanan *Zea Mays* L. Danona hibrit mısır fidelerinin görünümü



Şekil 16. 2,4-D uygulanan *Zea Mays* L. saf mısır fidelerinin görünümü



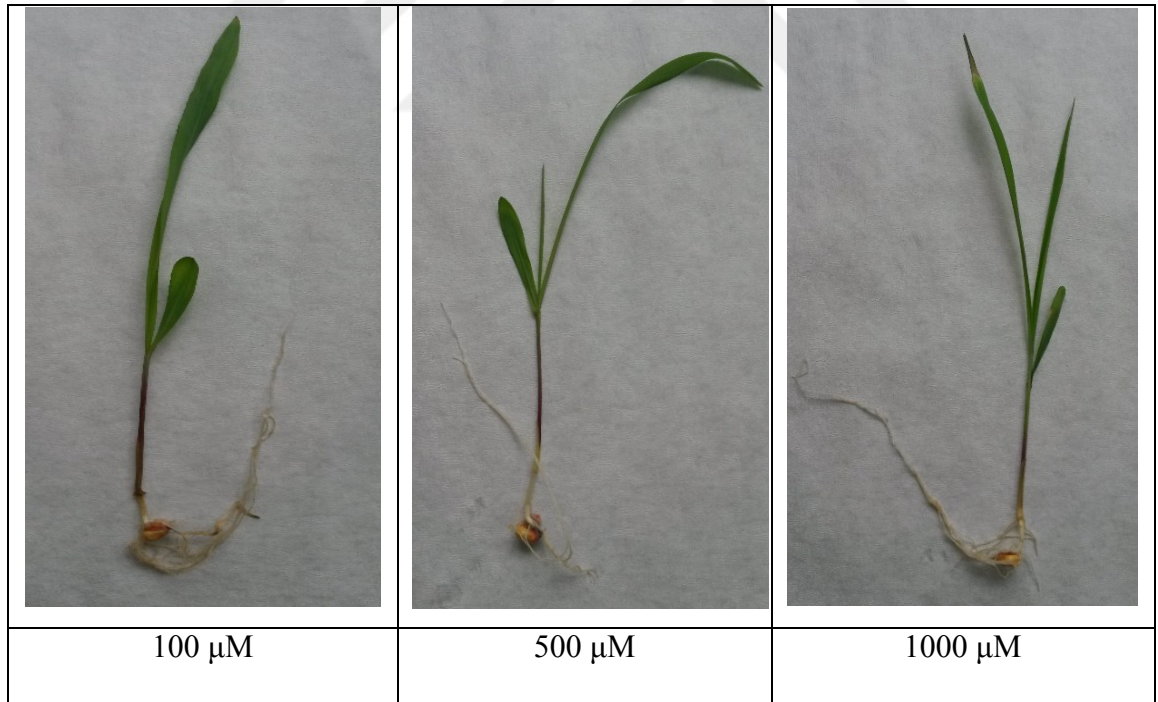
Şekil 17. Atrazin uygulanan *Zea Mays* L. Advanta 2898 hibrit mısır fidelerinin görünümü



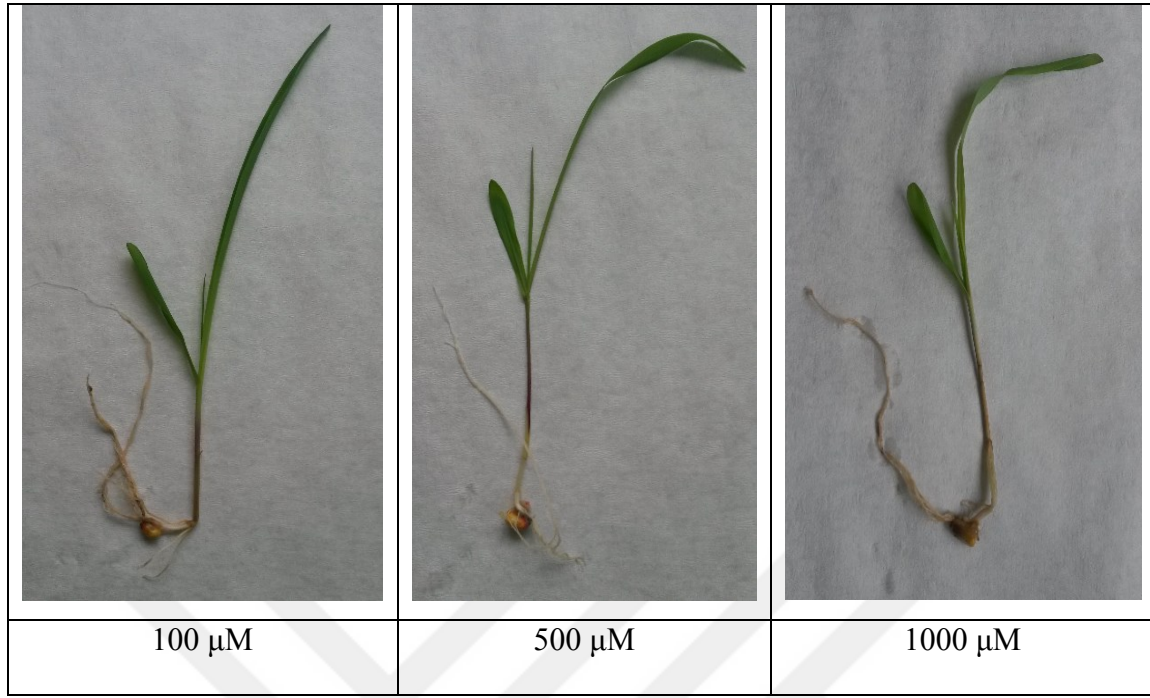
Şekil 18. Atrazin uygulanan *Zea Mays* L. Danona hibrit mısır fidelerinin görünümü



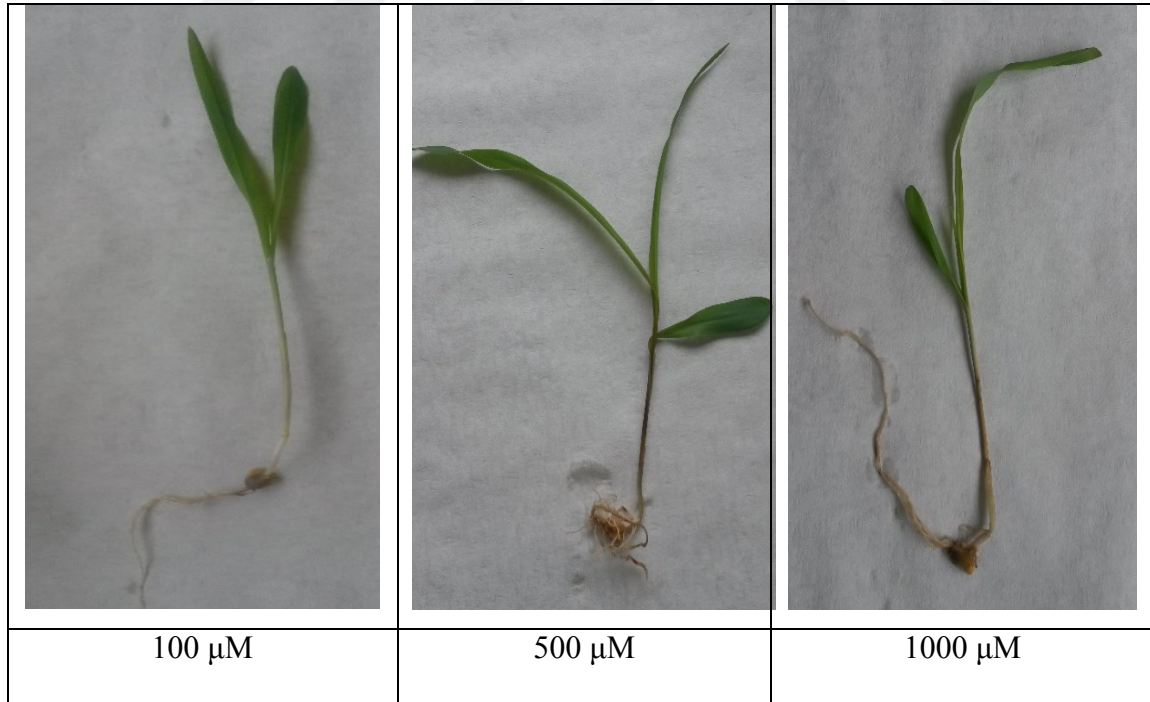
Şekil 19. Atrazin uygulanan *Zea Mays* L. saf mısır fidelerinin görünümü



Şekil 20. Metolachlor uygulanan *Zea Mays* L. Advanta 2898 hibrit mısır fidelerinin görünümü



Şekil 21. Metolachlor uygulanan *Zea Mays* L. Danona hibrit mısır fidelerinin görünümü



Şekil 22. Metolachlor uygulanan *Zea Mays* L. saf mısır fidelerinin görünümü

Tablo 4. 2,4-D uygulanan *Zea mays* L. Advanta 2898, *Zea mays* L. Danona ve *Zea mays* L. Saf Mısır fidelerinin kök, sürgün boyu ve kuru ağırlık artışı üzerine etkileri

GRUPLAR	FİDE BOYU DEĞİŞİMİ (mm/cm ⁻¹)		FİDE AĞIRLIK DEĞİŞİMİ (mgKA/g ⁻¹ TA)
	KÖK	SÜRGÜN	
A-Kontrol	0,27±0,002	0,068±0,003	0,225±0,012
A-100 µM	0,045±0,017*	0,045±0,005*	0,196±0,011*
A-300 µM	0,028±0,013	0,030±0,006*	0,176±0,011*
A-1000 µM	0,012±0,004*	0,017±0,004*	0,135±0,010*
D-Kontrol	0,080±0,016	0,063±0,006	0,252±0,012
D-200 µM	0,051±0,005*	0,037±0,002*	0,222±0,009*
D-500 µM	0,029±0,007*	0,025±0,001*	0,130±0,011*
D-1000 µM	0,014±0,005*	0,015±0,001*	0,187±0,006*
S-Kontrol	0,087±0,024	0,069±0,002	0,329±0,011
S-100 µM	0,056±0,009*	0,042±0,002*	0,244±0,008*
S-500 µM	0,033±0,006*	0,031±0,001*	0,203±0,006*
S-1000 µM	0,014±0,005*	0,016±0,001*	0,135±0,007*
*:Kontrole kıyasla; p≤0.05 olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10)			
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S			

Tablo 5. Atrazin uygulanan *Zea mays* L. Advanta 2898, *Zea mays* L. Danona ve *Zea mays* L. Saf Mısır fidelerinin kök, sürgün ve kuru ağırlık artışı üzerine etkileri

GRUPLAR	FİDE BOYU DEĞİŞİMİ (mm/cm ⁻¹)		FİDE AĞIRLIK DEĞİŞİMİ (mgKA/g ⁻¹ TA)
	KÖK	SÜRGÜN	
A-Kontrol	0,045±0,005	0,053±0,005	0,191±0,009
A-100 µM	0,038±0,002	0,044±0,002	0,161±0,008*
A-300 µM	0,032±0,004*	0,039±0,004*	0,161±0,009*
A-1000 µM	0,023±0,002*	0,030±0,002*	0,127±0,007*
D-Kontrol	0,092±0,008	0,076±0,008	0,265±0,006
D-200 µM	0,068±0,006*	0,059±0,006*	0,189±0,007*
D-500 µM	0,041±0,002*	0,045±0,002*	0,135±0,008*
D-1000 µM	0,024±0,003*	0,028±0,003*	0,129±0,006*
S-Kontrol	0,087±0,005	0,091±0,005	0,273±0,007
S-100 µM	0,054±0,002*	0,076±0,002*	0,228±0,009*
S-500 µM	0,041±0,003*	0,044±0,003*	0,170±0,007*
S-1000 µM	0,020±0,003*	0,028±0,003*	0,112±0,006*
*:Kontrole kıyasla; p≤0.05 olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10)			
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S			

Tablo 6. Metolachlor uygulanan *Zea mays* L. Advanta 2898, *Zea mays* L. Danona ve *Zea mays* L. Saf Mısır fidelerinin kök, sürgün ve kuru ağırlık artışı üzerine etkileri

GRUPLAR	FİDE BOYU DEĞİŞİMİ (mm/cm ⁻¹)		FİDE AĞIRLIK DEĞİŞİMİ (mgKA/g ⁻¹ TA)
	KÖK	SÜRGÜN	
A-Kontrol	0,08±0,01	0,12±0,01	0,32±0,01
A-100 µM	0,06±0,003*	0,09±0,004*	0,29±0,004*
A-300 µM	0,04±0,003*	0,06±0,002*	0,23±0,01*
A-1000 µM	0,02±0,001*	0,03±0,003*	0,23±0,01*
D-Kontrol	0,09±0,003	0,10±0,005	0,18±0,01
D-200 µM	0,07±0,002*	0,07±0,01*	0,16±0,01
D-500 µM	0,05±0,003*	0,06±0,004*	0,14±0,01*
D-1000 µM	0,03±0,002*	0,04±0,003*	0,12±0,01*
S-Kontrol	0,08±0,003	0,08±0,004	0,26±0,01
S-100 µM	0,06±0,002*	0,06±0,001*	0,19±0,01*
S-500 µM	0,04±0,002*	0,03±0,002*	0,16±0,01*
S-1000 µM	0,03±0,002*	0,02±0,003*	0,14±0,01*
*:Kontrole kıyasla; p≤0.05 olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 10)			
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S			

3.2. Klorofil (a+b) ve Karotenoid Miktarındaki Değişiklikler

Fidelere yapılan uygulamaların yaprakta klorofil (a+b) miktarı üzerine etkileri incelendiğinde, kontrol grubu fidelerine kıyasla 2,4-D, atrazin ve metolachlor herbisitlerinin uygulandığı bütün gruplarda anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir.

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment miktarı bakımından kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırında 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.49, % 9.80 ve % 12.41 oranlarında azalma

tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 2.31, % 7.51 ve % 15.60 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.29, % 14.70 ve % 18.23 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Danona hibrit mısırdaki, 100 µM ve 300 µM konsantrasyonlarda azalış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-7).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment üzerine etkisinin kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.91, % 8.19 ve % 10.81 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 5.88, % 13.49 ve % 16.95 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 1.75, % 10.52 ve % 12.63 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Danona hibrit mısırdaki ve saf mısırdaki 100 µM konsantrasyonunda azalış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-9).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında fotosentetik pigment üzerine etkisinin kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırında 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 11.34, % 15.04 ve % 17.23 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.36, % 15.89 ve % 14.47 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.74, % 16.51 ve % 21.06 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Danona hibrit mısırdaki ve saf mısırdaki 200 µM konsantrasyonunda azalış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-8).

Karotenoid miktarları için, 2,4-D herbisitiyle uygulama yapılan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırında 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 10.90, % 25.45 ve % 32.72 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 300 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 3.38, % 6.77 ve % 11.86 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 300 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 3.38, % 5.08 ve % 15.25 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Danona hibrit mısırdaki ve saf mısır yapraklarında; 100 µM ve 300 µM konsantrasyonlarında azalış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-7).

Karotenoid miktarları için; atrazin herbisitiyle uygulama yapılan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırında 200 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.36, % 10.03 ve % 10.22 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırında 200 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 12.16, % 18.24 ve % 32.43 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 200 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.26, % 14.43 ve % 14.60 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Saf mısırdaki 200 µM konsantrasyonunda azalış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-8).

Karotenoid miktarları için; metolachlor herbisitiyle uygulama yapılan fidelerin yapraklarında kontrole kıyasla, Advanta 2898 hibrit mısırında 100 µM, 500 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 8.24, % 13.68 ve % 14.73 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 11.76, % 20 ve % 32.94 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 12.5, % 21.87 ve % 25 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo-9).

Tablo 7. 2,4-D uygulanan *Zea mays* L. Advanta 2898, *Zea mays* L. Danona ve *Zea mays* L. Saf Mısır fidelerinin yapraklarında fotosentetik pigment miktarları üzerine etkileri

GRUPLAR	Klorofil (a+b) miktarı (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid miktarı (mg.g ⁻¹ TA)
A-Kontrol	1,53±0,02	0,55±0,01
A-100 µM	1,40±0,01*	0,49±0,007*
A-300 µM	1,38±0,01*	0,41±0,003*
A-1000 µM	1,34±0,01*	0,37±0,01*
D-Kontrol	1,73±0,02	0,59±0,01
D-200 µM	1,69±0,01	0,57±0,01
D-500 µM	1,60±0,004	0,55±0,02
D-1000 µM	1,46±0,01*	0,52±0,01*
S-Kontrol	1,70±0,01	0,59±0,01
S-100 µM	1,61±0,02*	0,57±0,02
S-500 µM	1,45±0,01*	0,56±0,02
S-1000 µM	1,39±0,03*	0,50±0,01*
*:Kontrole kıyasla; p≤0.05olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 3)		
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S		

Tablo 8. Atrazin uygulanan *Zea mays* L. Advanta 2898, *Zea mays* L. Danona ve *Zea mays* L. Saf Mısır fidelerinin yapraklarında fotosentetik pigment miktarları üzerine etkileri

GRUPLAR	Klorofil (a+b) miktarı (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid miktarı (mg.g ⁻¹ TA)
A-Kontrol	1,648±0,027	0,538±0,001
A-100 µM	1,461±0,014*	0,493±0,004*
A-300 µM	1,400±0,015*	0,484±0,005*
A-1000 µM	1,364±0,001*	0,483±0,013*
D-Kontrol	1,485±0,014	0,444±0,004
D-200 µM	1,346±0,052	0,390±0,010*
D-500 µM	1,249±0,063*	0,363±0,003*
D-1000 µM	1,270±0,070*	0,300±0,004*
S-Kontrol	1,562±0,080	0,589±0,010
S-100 µM	1,441±0,043	0,558±0,010
S-500 µM	1,304±0,018*	0,504±0,004*
S-1000 µM	1,233±0,032*	0,503±0,007*
*:Kontrole kıyasla; p≤0.05olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 3)		
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S		

Tablo 9. Metolachlor uygulanan *Zea mays* L. Advanta 2898, *Zea mays* L. Danona ve *Zea mays* L. Saf Mısır fidelerinin yapraklarında fotosentetik pigment miktarları üzerine etkileri

GRUPLAR	Klorofil (a+b) miktarı (mg.g ⁻¹ TA)	Karotenoid miktarı (mg.g ⁻¹ TA)
A-Kontrol	3,05±0,03	0,95±0,006
A-100 µM	2,90±0,01*	0,87±0,025*
A-300 µM	2,80±0,03*	0,82±0,009*
A-1000 µM	2,72±0,01*	0,81±0,011*
D-Kontrol	2,89±0,06	0,85±0,015
D-200 µM	2,72±0,08	0,75±0,009*
D-500 µM	2,50±0,08*	0,68±0,005*
D-1000 µM	2,40±0,05*	0,57±0,023*
S-Kontrol	2,85±0,001	0,96±0,002
S-100 µM	2,80±0,01	0,84±0,145*
S-500 µM	2,55±0,03*	0,75±0,145*
S-1000 µM	2,49±0,02*	0,72±0,007*
*:Kontrole kıyasla; p≤0.05olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 3)		
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S		

3.3. Prolin Miktarındaki Değişiklikler

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde prolin (PRL) miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırında 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 2.24, % 3.04 ve % 4.88 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırd 100 µM, 300 µM, 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.28, % 6.18 ve % 7.24 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısır bitkisinin kökünde 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 0.84, % 5.81 ve % 6.18 oranlarında artış tespit edilmiştir (P≤0,05). Advanta 2898 hibrit mısırd 100 µM konsantrasyonunda; Danona hibrit mısırında; 100 µM ve 300 µM konsantrasyonunda ve saf mısırı için köklerde 100 µM konsantrasyonda artış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır (P>0.05) (Tablo-10).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde PRL miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırında 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 15.29, % 18.69 ve % 21.61 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırında 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 34.66, % 38.48 ve % 42.16 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 1.07, % 5.79 ve % 13.33 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Saf mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonunda azalış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Tablo-11).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde PRL miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırında 100 µM ve 500 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.66 ve % 12.19 oranlarında artış tespit edilmiştir. Sadece; 1000 µM konsantrasyonunda % 1.74 oranında azalmıştır. Danona hibrit mısırdaki 100 µM ve 500 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 3.22 ve % 5.66 oranlarında artış tespit edilmiştir. Sadece; 1000 µM konsantrasyonunda % 3.22 oranında azalmıştır. Saf mısırdaki 100 µM ve 500 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 33.34 ve % 39.83 oranlarında artış tespit edilmiştir. Fakat, 1000 µM konsantrasyonunda % 17.55 oranında azalmıştır. ($P \leq 0.05$). Advanta 2898 hibrit mısırı için 1000 µM konsantrasyonu, Danona hibrit mısırı için 100 µM ve 1000 µM konsantrasyonları istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Tablo-12).

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında PRL miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırı için 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 1.42, % 2.20 ve % 7.91 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırı için 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 3.66, % 4.47 ve % 6.20 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 1.95, % 2.86 ve % 6.93 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Advanta 2898 hibrit mısırı için 100 µM konsantrasyonu, Danona hibrit mısır ve saf mısır için 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında yapraklarda PRL miktarında artış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Tablo-10).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında PRL miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırı için 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 2.19, % 5.91 ve % 18.93 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırı için 200 µM ve 500 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, %

6.40 ve % 13.10 oranlarında artış tespit edilmiştir. Sadece, 1000 µM konsantrasyonda % 5.13 oranında azalmıştır. Saf mısır için 200 µM ve 500 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 2.81 ve % 7.18 oranlarında artış tespit edilmiştir. Sadece 1000 µM konsantrasyonda PRL miktarı % 18.40 oranında azalmıştır ($P \leq 0,05$). Advanta 2898 ve Danona hibrit mısırlarında, saf mısırdaki 200 µM konsantrasyonda PRL miktarında artış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-11).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında PRL miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırı için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 1.93, % 2.57 ve % 7.75 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırı için 100 µM ve 500 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.74 ve % 12.04 oranlarında artış tespit edilmiştir. Fakat PRL miktarı 1000 µM konsantrasyonunda % 17.18 oranında azalmıştır. Saf mısır için 100 µM ve 500 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 27.62 ve % 32.55 oranlarında artış tespit edilmiştir. Sadece, 1000 µM konsantrasyonunda PRL miktarı % 7.86 oranında azalmıştır ($P \leq 0,05$). Danona hibrit mısır için 100 µM konsantrasyonunda; saf mısır için 1000 µM konsantrasyonunda ve Advanta 2898 hibrit mısırı için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında yapraklarda meydana gelen artış istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-12).

Tablo 10. 2,4-D uygulanan farklı mısır (*Zea mays* L.) fidelerinde, kök ve yaprakta prolin, malondialdehit miktarları ve redükte glutatyon/okside glutatyon oranı üzerine etkileri

GRUPLAR	PROLİN ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ TA)		MDA (nmol.g^{-1} TA)		GSH/GSSG ($\mu\text{g.g}^{-1}$ TA)	
	KÖK	YAPRAK	KÖK	YAPRAK	KÖK	YAPRAK
A-Kontrol	22,31 $\pm$ 0,12	23,13 $\pm$ 0,24	1,59 $\pm$ 0,08	2,36 $\pm$ 0,06	15,31 $\pm$ 0,02	9,65 $\pm$ 0,23
A-100 μM	22,81 $\pm$ 0,27	23,46 $\pm$ 0,50	2,05 $\pm$ 0,05*	1,35 $\pm$ 0,05*	16,41 $\pm$ 0,13	11,86 $\pm$ 0,76*
A-300 μM	22,99 $\pm$ 0,15*	23,64 $\pm$ 0,44*	2,18 $\pm$ 0,02*	0,98 $\pm$ 0,02*	17,83 $\pm$ 0,83*	13,61 $\pm$ 0,17*
A-1000 μM	23,40 $\pm$ 0,32*	24,96 $\pm$ 0,91*	2,59 $\pm$ 0,08*	0,82 $\pm$ 0,05*	18,88 $\pm$ 0,62*	14,41 $\pm$ 0,09*
D-Kontrol	21,68 $\pm$ 0,13	25,93 $\pm$ 0,32	1,32 $\pm$ 0,02	3,48 $\pm$ 0,28	2,84 $\pm$ 0,10	4,29 $\pm$ 0,35
D-200 μM	22,61 $\pm$ 0,18	26,88 $\pm$ 0,80	1,59 $\pm$ 0,08*	2,48 $\pm$ 0,28*	3,27 $\pm$ 0,18	4,62 $\pm$ 0,31
D-500 μM	23,02 $\pm$ 0,47	27,09 $\pm$ 0,78	1,77 $\pm$ 0,07*	1,86 $\pm$ 0,06*	3,67 $\pm$ 0,15*	5,60 $\pm$ 0,13*
D-1000 μM	23,25 $\pm$ 0,53*	27,54 $\pm$ 0,58	1,85 $\pm$ 0,05*	1,28 $\pm$ 0,05*	4,09 $\pm$ 0,03*	6,69 $\pm$ 0,10*
S-Kontrol	21,34 $\pm$ 0,38	26,54 $\pm$ 0,48	1,14 $\pm$ 0,04	3,50 $\pm$ 0,25	4,74 $\pm$ 0,04	3,84 $\pm$ 0,44
S-100 μM	21,52 $\pm$ 0,38	27,06 $\pm$ 0,52	1,27 $\pm$ 0,07	2,80 $\pm$ 0,11*	5,55 $\pm$ 0,45	5,09 $\pm$ 0,62
S-500 μM	22,58 $\pm$ 0,15*	27,30 $\pm$ 0,63	1,45 $\pm$ 0,05*	2,17 $\pm$ 0,08*	6,57 $\pm$ 0,21*	5,81 $\pm$ 0,21*
S-1000 μM	22,66 $\pm$ 0,18*	28,38 $\pm$ 0,40	1,56 $\pm$ 0,04*	2,04 $\pm$ 0,05*	7,10 $\pm$ 0,10*	6,57 $\pm$ 0,20*
*:Kontrole kıyasla; $p \leq 0.05$ olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3)						
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S						

Tablo 11. Atrazin uygulanan farklı mısır (*Zea mays* L.) fidelerinde, kök ve yaprakta prolin, malondialdehit miktarları ve redükte glutatyon/okside glutatyon oranı üzerine etkileri

GRUPLAR	PROLİN ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ TA)		MDA (nmol.g^{-1} TA)		GSH/GSSG ($\mu\text{g.g}^{-1}$ TA)	
	KÖK	YAPRAK	KÖK	YAPRAK	KÖK	YAPRAK
A-Kontrol	32,57 $\pm$ 1,26	22,81 $\pm$ 1,44	0,62 $\pm$ 0,05*	7,34 $\pm$ 0,34	1,51 $\pm$ 0,11	3,64 $\pm$ 0,10
A-100 μM	37,55 $\pm$ 0,59*	23,31 $\pm$ 1,47	0,95 $\pm$ 0,05*	6,34 $\pm$ 0,34	1,17 $\pm$ 0,31*	2,98 $\pm$ 0,05*
A-300 μM	38,67 $\pm$ 0,95*	24,17 $\pm$ 1,80	1,28 $\pm$ 0,05*	5,42 $\pm$ 0,42*	1,08 $\pm$ 0,02*	2,90 $\pm$ 0,06*
A-1000 μM	39,62 $\pm$ 1,41*	27,14 $\pm$ 2,77	1,62 $\pm$ 0,05*	4,42 $\pm$ 0,42*	0,97 $\pm$ 0,01*	2,67 $\pm$ 0,01*
D-Kontrol	41,58 $\pm$ 0,15	23,58 $\pm$ 2,27	0,28 $\pm$ 0,05*	4,12 $\pm$ 0,12*	1,12 $\pm$ 0,03	3,22 $\pm$ 0,03
D-200 μM	27,17 $\pm$ 1,09*	25,08 $\pm$ 1,71	0,48 $\pm$ 0,05*	4,88 $\pm$ 0,05*	1,04 $\pm$ 0,03	2,76 $\pm$ 0,06*
D-500 μM	25,57 $\pm$ 0,37*	26,67 $\pm$ 1,89	0,62 $\pm$ 0,05*	5,17 $\pm$ 0,17*	0,90 $\pm$ 0,04*	2,67 $\pm$ 0,05*
D-1000 μM	24,05 $\pm$ 0,33*	24,78 $\pm$ 1,06	0,82 $\pm$ 0,05*	6,17 $\pm$ 0,17*	0,77 $\pm$ 0,01*	2,06 $\pm$ 0,01*
S-Kontrol	26,93 $\pm$ 0,97	33,69 $\pm$ 0,33	0,28 $\pm$ 0,07*	4,42 $\pm$ 0,42	1,00 $\pm$ 0,09	2,47 $\pm$ 0,03
S-100 μM	26,64 $\pm$ 0,86	34,64 $\pm$ 0,39	0,62 $\pm$ 0,07*	5,05 $\pm$ 0,05	0,90 $\pm$ 0,04	2,33 $\pm$ 0,01*
S-500 μM	25,38 $\pm$ 1,29	36,11 $\pm$ 0,15*	0,78 $\pm$ 0,07*	5,28 $\pm$ 0,05	0,75 $\pm$ 0,03*	2,01 $\pm$ 0,01*
S-1000 μM	23,35 $\pm$ 1,74	27,49 $\pm$ 0,94*	0,95 $\pm$ 0,07*	6,34 $\pm$ 0,34*	0,66 $\pm$ 0,02*	1,91 $\pm$ 0,01*

*:Kontrolle kıyasla; $p \leq 0.05$ olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3) Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S

Tablo 12. Metolachlor uygulanan farklı mısır (*Zea mays* L.) fidelerinde, kök ve yaprakta prolin, malondialdehit miktarları ve redükte glutatyon/okside glutatyon oranı üzerine etkileri

GRUPLAR	PROLİN ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ TA)		MDA (nmol.g^{-1} TA)		GSH/GSSG ($\mu\text{g.g}^{-1}$ TA)	
	KÖK	YAPRAK	KÖK	YAPRAK	KÖK	YAPRAK
A-Kontrol	30,43 $\pm$ 0,18	28,38 $\pm$ 1,71	1,90 $\pm$ 0,10	2,25 $\pm$ 0,25	0,93 $\pm$ 0,22	3,17 $\pm$ 0,38
A-100 μM	33,37 $\pm$ 0,59*	28,93 $\pm$ 2,03	2,42 $\pm$ 0,09*	1,87 $\pm$ 0,07	0,60 $\pm$ 0,11	3,50 $\pm$ 0,51
A-300 μM	34,14 $\pm$ 0,89*	29,11 $\pm$ 2,03	2,54 $\pm$ 0,06*	1,27 $\pm$ 0,04*	0,44 $\pm$ 0,06*	4,23 $\pm$ 0,74
A-1000 μM	30,96 $\pm$ 1,0	30,58 $\pm$ 2,15	2,78 $\pm$ 0,05*	1,09 $\pm$ 0,09*	0,28 $\pm$ 0,05*	4,63 $\pm$ 0,90
D-Kontrol	30,36 $\pm$ 0,15	32,70 $\pm$ 0,45	1,17 $\pm$ 0,17	1,75 $\pm$ 0,17	0,86 $\pm$ 0,18	2,34 $\pm$ 0,29
D-200 μM	31,34 $\pm$ 0,56	34,58 $\pm$ 0,33	1,64 $\pm$ 0,04*	2,38 $\pm$ 0,13	0,70 $\pm$ 0,12	3,05 $\pm$ 0,31
D-500 μM	32,08 $\pm$ 0,12*	36,64 $\pm$ 0,62*	1,78 $\pm$ 0,05*	2,90 $\pm$ 0,15*	0,54 $\pm$ 0,12	3,62 $\pm$ 0,33*
D-1000 μM	29,38 $\pm$ 0,23	27,08 $\pm$ 0,94*	2,10 $\pm$ 0,10*	3,49 $\pm$ 0,32*	0,40 $\pm$ 0,10*	3,92 $\pm$ 0,36*
S-Kontrol	28,49 $\pm$ 0,06	26,82 $\pm$ 1,15	1,12 $\pm$ 0,12	1,09 $\pm$ 0,09	0,88 $\pm$ 0,12	3,84 $\pm$ 0,60
S-100 μM	37,99 $\pm$ 0,44*	34,23 $\pm$ 1,92*	1,59 $\pm$ 0,25	0,79 $\pm$ 0,12	0,75 $\pm$ 0,13	4,37 $\pm$ 0,67
S-500 μM	39,84 $\pm$ 0,94*	35,55 $\pm$ 1,47*	1,77 $\pm$ 0,10*	0,61 $\pm$ 0,11*	0,62 $\pm$ 0,08	4,53 $\pm$ 0,69
S-1000 μM	33,49 $\pm$ 0,82*	28,93 $\pm$ 0,50	1,90 $\pm$ 0,10*	0,76 $\pm$ 0,11*	0,52 $\pm$ 0,07*	4,68 $\pm$ 0,67
*:Kontrole kıyasla; $p \leq 0.05$ olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3)						
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S						

3.4. Malondialdehit Miktarındaki Değişiklikler

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde MDA miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırı için 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 28.93, % 37.10 ve % 62.89 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırında 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 20.45, % 34.09 ve % 40.15 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 11.40, % 27.19 ve % 36.84 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Sadece saf mısırdaki 100 μM konsantrasyonunda

MDA miktarında artış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P>0.05$) (Tablo-10).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde MDA miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırı için 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 53.23, % 106 ve % 161 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırında 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 71.43, % 121.43 ve % 192 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 121, % 178.57 ve % 239 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P\leq 0.05$) (Tablo-11).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde MDA miktarında kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırında 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 27.36, % 33.68 ve % 46.31 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırında MDA miktarı 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 40.17, % 52.13 ve % 79.48 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki MDA miktarı 100 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 41.96, % 58.03 ve % 69.64 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P\leq 0.05$). Fakat saf mısır için 100 μM konsantrasyonunda MDA miktarında artış olsa da istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P>0.05$) (Tablo-12).

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında MDA miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırı için 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 42.20, % 58.48 ve % 34.74 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırı için MDA miktarında 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 71.26, % 46.56 ve % 63.22 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 μM , 300 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 20, % 38 ve % 41.72 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P\leq 0.05$) (Tablo-10).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında MDA miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırı için 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.62, % 26.15 ve % 39.78 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırında MDA miktarında 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 18.44, % 25.48 ve % 49.75 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki MDA miktarı 200 μM , 500 μM ve 1000 μM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 14.25, % 19.45 ve % 43.43 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P\leq 0.05$) (Tablo-11).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında MDA miktarı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırda 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 16.88, % 43.55 ve % 51.55 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 36, % 65.71 ve % 99.42 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 27.52, % 44.03 ve % 30.27 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Fakat Advanta 2898 hibrit mısırdaki ve saf mısırdaki 100 µM konsantrasyonunda meydana gelen azalma ve Danona hibrit mısırlarında meydana gelen artış istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Tablo-12).

3.5. Redükte Glutasyon (GSH) / Okside Glutasyon (GSSG) Oranındaki Değişiklikler

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde GSH/GSSG oranı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırı için 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7, % 16 ve % 23,10 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırı için 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 15, % 29,10 ve % 44 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki GSH/GSSG oranında 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 17, % 38 ve % 49 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Fakat, Advanta 2898, Danona hibrit mısırdaki ve saf mısırdaki 100 µM konsantrasyonunda GSH/GSSG oranında köklerde artış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Tablo-10).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde GSH/GSSG oranı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısır için 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 22.57, % 28.48 ve % 35.77 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırda 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 67.15, % 19.65 ve % 31.25 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki GSH/GSSG oranında 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 10, % 25 ve % 34 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Fakat, Danona hibrit mısırdaki ve saf mısırdaki 200 µM konsantrasyonun GSH/GSSG oranında azalış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Tablo-11).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde GSH/GSSG oranı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırı için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 35.48, % 52.68 ve % 69.89 oranlarında azalma tespit

edilmiştir. Danona hibrit mısırı için 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 18.60, % 37.20 ve % 53.48 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki GSH/GSSG oranında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 14.77, % 29.54 ve % 40.90 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Fakat Danona hibrit mısırdaki ve saf mısırdaki köklerde 100 µM ve 500 µM konsantrasyonlarında; Advanta 2898 hibrit mısırdaki köklerde 100 µM konsantrasyonunda GSH/GSSG oranında azalma olsa da istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-12).

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında GSH/GSSG oranı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 22.90, % 41.03 ve % 49.32 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.69, % 30.53 ve % 55.94 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 32.55, % 51.30 ve % 71.09 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Fakat Danona hibrit mısırı ve saf mısırdaki 100 µM konsantrasyonunda artış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-10).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında GSH/GSSG oranı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 18.14, % 20.33 ve % 26.65 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 14.29, % 17.09 ve % 36.03 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.67, % 18.63 ve % 22.68 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo-11).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında GSH/GSSG oranı kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 10.41, % 33.43 ve % 46.05 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 30.34, % 54.70 ve % 67.52 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Saf mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.80, % 17.96 ve % 21.87 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P > 0,05$). Fakat, Danona hibrit mısırdaki GSH/GSSG oranındaki azalış 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında istatistiki açıdan anlamlı bulunmuştur ($P \leq 0,05$) (Tablo-12).

3.6. Süperoksitdismutaz (SOD) Aktivitesindeki Değişiklikler

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde SOD aktiviteleri kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 13.69, % 30.8 ve % 46.52 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.21, % 11.15 ve % 16.16 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.11, % 12.23 ve % 14.83 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Fakat, Advanta 2898 ve Danona hibrit mısırdaki, saf mısırdaki 100 µM konsantrasyonunda azalma olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Tablo-13).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 19.84, % 27.60 ve % 38.21 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla; % 20.74, % 34.29 ve % 42.87 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 21.93, % 27.03 ve % 33.27 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$) (Tablo-14).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 10.06, % 19.33 ve % 27.98 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 19.19, % 30.46 ve % 28.86 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 2.46, % 4.64 ve % 8.31 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0.05$). Fakat mısır bitkisinde 100 µM ve 500 µM konsantrasyonlarında; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 µM konsantrasyonundaki azalma istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0.05$) (Tablo-15).

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.34, % 16.86 ve % 19.14 oranlarında azalma tespit

edilmiştir. Danona hibrit mısırında 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 81.92, % 72.99 ve % 68.63 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.85, % 17.94 ve % 49.53 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Fakat Danona hibrit mısırdaki ve saf mısırdaki 100 µM konsantrasyonda artış olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-13).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 7.11, % 26.38 ve % 38.10 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 14.28, % 52.66 ve % 72.72 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 200 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 2.48, % 8.47 ve % 13.61 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Sadece saf mısırdaki 200 µM konsantrasyonunda bu parametredeki artış istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-14).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında SOD aktivitelerinin kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırında 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.76, % 13.31 ve % 15.73 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 2.61, % 12.61 ve % 21.28 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.87, % 33.50 ve % 42.38 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo-15).

Tablo 13. 2,4-D uygulanan farklı mısır (*Zea mays* L.) fidelerinde, kök ve yaprakta süperoksitdismutaz ve katalaz enzimlerinin etkilenmesi

GRUPLAR	SOD (unite/g)		CAT (µg/g)	
	KÖK	YAPRAK	KÖK	YAPRAK
A-Kontrol	7,89±0,54	4,39±0,20	79,44±2,13	81,63±3,81
A-100 µM	6,81±0,16	3,98±0,10*	75,86±2,52	79,0±3,21
A-300 µM	5,46±0,29*	3,65±0,06*	72,84±2,50	75,29±2,56
A-1000 µM	4,22±0,33*	3,55±0,03*	51,55±2,26*	73,0±2,08
D-Kontrol	10,95±0,41	4,59±0,20	52,67±0,36	75,50±0,81
D-200 µM	10,38±0,29	5,42±0,47	51,95±0,20	73,09±0,66
D-500 µM	9,73±0,19*	5,83±0,59	47,59±0,72*	63,84±2,24*
D-1000 µM	9,40±0,29*	6,03±0,54	42,31±1,00*	60,29±1,52*
S-Kontrol	11,94±0,45	5,35±0,15	68,75±1,08	60,35±0,74
S-100 µM	11,33±0,27	5,61±0,22	65,54±1,53	52,87±1,64*
S-500 µM	10,48±0,17*	6,31±0,28*	58,07±0,53*	47,41±1,40*
S-1000 µM	10,17±0,36*	8,00±0,41*	42,08±1,18*	45,59±1,51*
*:Kontrole kıyasla; p≤0.05olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 3)				
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S				

Tablo 14. Atrazin uygulanan farklı mısır (*Zea mays* L.) fidelerinde, kök ve yaprakta süperoksitdismutaz ve katalaz enzimlerinin etkilenmesi

GRUPLAR	SOD (unite/g)		CAT ($\mu\text{g/g}$)	
	KÖK	YAPRAK	KÖK	YAPRAK
A-Kontrol	19,60 $\pm$ 0,47	39,79 $\pm$ 0,82	84,08 $\pm$ 1,95	44,23 $\pm$ 1,36
A-100 μM	23,49 $\pm$ 0,23*	42,62 $\pm$ 0,49*	75,94 $\pm$ 1,23*	39,35 $\pm$ 1,67*
A-300 μM	25,01 $\pm$ 0,51*	50,29 $\pm$ 0,07*	64,72 $\pm$ 2,16*	32,61 $\pm$ 0,82*
A-1000 μM	27,09 $\pm$ 0,59*	54,95 $\pm$ 0,64*	57,00 $\pm$ 2,31*	28,09 $\pm$ 1,76*
D-Kontrol	25,90 $\pm$ 1,07	37,18 $\pm$ 1,32	201,72 $\pm$ 0,18	36,66 $\pm$ 0,85
D-200 μM	31,26 $\pm$ 1,11*	42,49 $\pm$ 0,63*	200,08 $\pm$ 0,32	26,06 $\pm$ 0,79*
D-500 μM	34,77 $\pm$ 0,53*	56,76 $\pm$ 0,99*	197,09 $\pm$ 0,54*	22,90 $\pm$ 0,34*
D-1000 μM	36,99 $\pm$ 0,68*	64,23 $\pm$ 0,76*	145,39 $\pm$ 1,50*	21,47 $\pm$ 0,24*
S-Kontrol	21,34 $\pm$ 1,76	34,23 $\pm$ 0,69	91,24 $\pm$ 0,60	69,11 $\pm$ 0,44
S-100 μM	26,02 $\pm$ 0,41*	35,08 $\pm$ 0,82	76,13 $\pm$ 1,09*	58,14 $\pm$ 1,02*
S-500 μM	27,12 $\pm$ 0,36*	37,13 $\pm$ 0,54*	66,48 $\pm$ 0,81*	54,24 $\pm$ 0,66*
S-1000 μM	28,45 $\pm$ 0,67*	38,89 $\pm$ 0,26*	58,09 $\pm$ 0,71*	41,96 $\pm$ 0,41*
*:Kontrole kıyasla; $p \leq 0.05$ olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması $\pm$ SE (n: 3)				
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S				

Tablo 15. Metolachlor uygulanan farklı mısır (*Zea mays* L.) fidelerinde, kök ve yaprakta süperoksitdismutaz ve katalaz enzimlerinin etkilenmesi

GRUPLAR	SOD (unite/g)		CAT (µg/g)	
	KÖK	YAPRAK	KÖK	YAPRAK
A-Kontrol	29,12±0,32	14,49±0,15	62,98±0,31	75,72±0,35
A-100 µM	26,19±0,60	13,80±0,09*	77,09±0,37*	82,88±0,29*
A-300 µM	23,49±1,10*	12,56±0,22*	81,13±0,57*	83,54±0,11*
A-1000 µM	20,97±1,80*	12,21±0,02*	83,55±0,40*	90,29±0,18*
D-Kontrol	27,51±1,07	15,69±0,06	115,61±3,87	61,77±0,40
D-200 µM	22,23±0,46*	15,28±0,16*	157,22±1,15*	63,63±0,59*
D-500 µM	19,13±0,51*	13,71±0,07*	163,68±3,54*	65,70±0,63*
D-1000 µM	19,57±0,20*	12,35±0,16*	178,72±0,64*	69,74±0,16*
S-Kontrol	28,01±0,34	21,61±0,26	159,57±0,14	68,83±0,33
S-100 µM	27,32±0,51	20,34±0,17*	167,87±1,05*	72,98±0,71*
S-500 µM	26,71±0,46	14,37±0,46*	175,19±0,33*	90,58±0,18*
S-1000 µM	25,68±0,36*	12,45±0,07*	180,68±0,62*	103,81±0,68*
*:Kontrole kıyasla; p≤0.05 olasılık seviyelerinde önemli. Verilerin ortalaması ±SE (n: 3)				
Advanta 2898: A, Danona: D, Saf Mısır: S				

3.7. Katalaz (CAT) Aktivitesindeki Değişiklikler

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.50, % 8.30 ve % 35.10 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 1.36, % 9.64 ve % 19.64 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırdaki 100 µM, 300 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 4.66, % 15.53 ve % 38.79 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Fakat, Danona hibrit mısırdaki ve saf mısırdaki 100 µM konsantrasyonunda, Advanta 2898 hibrit mısırdaki ise 100 µM ve 300 µM konsantrasyonunda azalma olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-13).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırd 200 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.67, % 23.01 ve % 32.19 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırd 200 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 0.82, % 2.29 ve % 27.92 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırd 200 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 16.56, % 27.13 ve % 36.34 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Sadece Danona hibrit mısırd 200 μ M konsantrasyonunda azalma olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-14).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin köklerinde CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırd 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 22.40, % 28.81 ve % 32.66 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırd 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 35.99, % 41.57 ve % 54.58 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırd 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 5.20, % 9.78 ve % 13.22 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo-15).

2,4-D herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırd 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 3.22, % 7.76 ve % 10.57 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırd 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 3.19, % 15.44 ve % 20.14 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırd 100 μ M, 300 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 12.39, % 21.44 ve % 24.45 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$). Fakat Danona hibrit mısırd 100 μ M konsantrasyonda ve saf mısırd aynı konsantrasyonda azalma olmasına rağmen istatistiki açıdan anlamlı bulunamamıştır ($P > 0,05$) (Tablo-13).

Atrazin herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırd 200 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 11.01, % 26.27 ve % 36.49 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırd 200 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 28.91, % 37.53 ve % 41.43 oranlarında azalma tespit edilmiştir. Saf mısırd 200 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M konsantrasyonlarında sırasıyla, % 15.88, % 21.51 ve % 39.28 oranlarında azalma tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo-14).

Metolachlor herbisiti ile uygulama yapılan fidelerin yapraklarında CAT aktiviteleri kontrole kıyasla; Advanta 2898 hibrit mısırd 100 μ M, 500 μ M ve 1000 μ M

konsantrasyonlarında sırasıyla, % 9.45, % 10.32 ve % 19.24 oranlarında artış tespit edilmiştir. Danona hibrit mısırdan 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 3.01, % 6.36 ve % 12.90 oranlarında artış tespit edilmiştir. Saf mısırdan 100 µM, 500 µM ve 1000 µM konsantrasyonlarında sırasıyla, % 6.02, % 31.59 ve % 50.82 oranlarında artış tespit edilmiştir ($P \leq 0,05$) (Tablo-15).



4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında, mısır fideleri üzerinde 2,4-D, atrazin ve metolachlor adlı herbisitlerin farklı konsantrasyonlarına fidelerin verdiği cevaplar araştırılmıştır. Büyüme parametrelerinden kök uzunluğu üzerinde, 2,4-D uygulaması en inhibitif bulunmuş ve bu etkinin Advanta 2898 hibrit mısırdan en belirgin olduğu görülmüştür (Belgers vd., 2007; Sunohara vd., 2010; Fayez ve Kristen, 1995). Bu inhibitif etkinin Atrazin uygulandığında saf mısırdan (Wang vd., 2015; Fayez ve Kristen, 1995), metolachlor uygulandığında ise Advanta 2898 hibrit mısırdan daha belirgin olduğu tespit edilmiştir (Xie vd., 2014; Zhang vd., 2014; İbrahim vd., 2013; Fayez ve Kristen, 1995). Mısır fidelerinin yaprak uzunluğu üzerinde, 2,4-D (Belgers vd., 2007; Sunohara vd., 2010), atrazin (Zhang vd., 2014; İbrahim vd., 2013) ve metolachlor uygulamasının özellikle saf mısırdan çok etkili büyüme gecikmelerine yol açtığı tespit edilmiştir (Xie vd., 2014; Wang vd., 2015; Kaya ve Doğanlar, 2016).

Mısır fidelerinde taze ağırlık başına düşen kuru ağırlık miktarları bakımından; 2,4-D (Santos ve Silva, 2015), atrazin (Alla ve Hassan, 2006; Santos ve Silva, 2015) ve metolachlor herbisitleri özellikle saf mısırdan anlamlı bir azalmaya yol açmıştır (Alla ve Hassan, 1998; Demircioğlu, 2007; Santos ve Silva, 2015). Bitkilerin klorofil içeriği, strese maruz kaldığında değişime uğramaktadır. Klorofil içeriğinin azalışının nedeni herbisit uygulanan gruplarda herbisitler tarafından teşvik edilen oksidatif strestir. Çünkü stres şartları altında klorofilaz enzimi ile klorofil yıkımı artmaktadır (Kaya ve Doğanlar, 2016). Herbisit uygulaması fotoinhibisyon ile fotosistemde önemli fotodinamik hasarlara yol açmakta ve fotosentez verimini düşürmektedir. Herbisitler kloroplastlarda oksidatif strese neden olarak, reaktif oksijen türlerinin artmasına, dolayısıyla klorofil yıkımına bağlı olarak fotosentetik aygıtların hasarına yol açmaktadır (Santos ve Silva, 2015). Klorofil (a+b) miktarları bakımından; 2,4-D herbisiti en fazla saf mısırdan (Sunohara vd., 2010; Santos ve Silva, 2015; Wang vd., 2015; Kaya ve Doğanlar, 2016; Fayez, 2000; Kraus vd., 1995; Wang ve Zhou, 2006), atrazin de en fazla saf mısırdan (Zhang vd., 2014; Santos ve Silva, 2015; Wang vd., 2015; Kaya ve Doğanlar, 2016; Fayez, 2000; Kraus vd., 1995; Wang ve Zhou, 2006), metolachlor herbisiti ise danona hibrit mısırdan anlamlı bir azalmalara yol açmıştır (Stajner vd., 2003; Santos ve Silva, 2015; Wang vd., 2015; Kaya ve Doğanlar,

2016; Fayez, 2000; Kraus vd., 1995; Wang ve zhou, 2006). Atrazinin en yaygın metabolitleri hidroksiatrazin, deetilatrazin, deisopropilatrazin dealkilatrazin'dir. Atrazinin hidroksillenmiş şekilleri, esas molekül ya da dealkolit metabolitlerden daha az fitotoksiktir. Sadece deetilatrazin hemen hemen atrazin kadar toksiktir, diğerleri az fitotoksik ya da fitotoksik değildir. Atrazinin hidroksilasyonu, N-dealkilasyondan sonra etkili bir detoksifikasyon mekanizması olduğu düşünülmüştür (Wang vd., 2015). Mısır fidelerinde karotenoid miktarları bakımından; 2,4-D herbisitinden en fazla Advanta 2898 hibrit mısırı (Santos ve Silva, 2015; Kraus vd., 1995), atrazin herbisitinden en fazla danona hibrit mısırı (Santos ve Silva, 2015; Kraus vd., 1995), metolachlor herbisitinden ise en fazla danona hibrit mısırı etkilenmiş, yani pigment yıkımı artmıştır (Stajner vd., 2003; Santos ve Silva, 2015; Kraus vd., 1995). Makroskobik anlamda söz konusu herbisitlerin uygulandığı fidelerin yapraklarında nekrozis ve klorozis yoğun bir şekilde gözlenmiş, özellikle köklerde doku yıkımlarına bağlı yumuşamalar rapor edilmiştir (Şekil.14-Şekil.22). Karotenoidler, oksidatif hasara karşı bir kalkan-koruma mekanizması olarak rol oynamaktadır. Kloroplastta bulunan karotenoidler, fotooksidasyon riskine karşı klorofilleri serbest radikallere karşı korumaktadır, bunu serbest radikaller ile bizzat reaksiyona girerek yapmaktadırlar. Fotonu alarak uyarılan klorofil molekülleri oksijen, singlet oksijen şekli, süperoksit anyonu, hidroksil radikalleri ve hidrojen peroksit ile reaksiyona girer, bu durum özellikle hücrede ve zar sistemlerinde bulunan lipid türevi bileşiklere zarar vermektedir. Böylece, bu pigmentler strese dolaylı oksidatif hasara uğramaktadır (Santos ve Silva, 2015).

Mısır fidelerinin köklerinde PRL miktarı bakımından; 2,4-D herbisitinin en fazla danona hibrit mısırdaki artışa neden olduğu görülmüştür (Hjorth vd., 2006; Fayez, 2000; Fayez ve Kristen, 1995). Atrazin herbisiti için ise, en fazla danona hibrit mısırdaki azalış görülmüştür (Alexieva vd., 2013). Metolachlor herbisiti bütün mısır varyetelerinde 100 ve 500 µM konsantrasyonları için artışa yol açarken (Hjorth vd., 2006; Fayez, 2000; Fayez ve Kristen, 1995), sadece 1000 µM konsantrasyonu için azalmaya yol açmıştır. Mısır fidelerinin yapraklarında PRL miktarı bakımından; 2,4-D ve Atrazin herbisiti için Advanta 2898 hibrit mısırdaki en fazla artış görülürken (Hjorth vd., 2006; Fayez, 2000; Fayez ve Kristen, 1995), Atrazin herbisiti için danona hibrit mısır ve saf mısır yapraklarında 1000 µM konsantrasyonunda azalış tespit edilmiştir. Metolachlor herbisiti ise saf mısırdaki PRL artışı görülürken (Hjorth vd., 2006; Fayez, 2000; Fayez ve Kristen, 1995), danona hibrit

mısır ve saf mısırdaki 1000 μ M konsantrasyonda azalma görülmüştür. Herbisit kaynaklı oksidatif stres, bitkilerde PRL azalmasına neden olmaktadır. Herbisitler ya PRL biyosentezini inhibe ederek ya da PRL yıkımını artırarak bu sonuca götürmektedir. Herbisitler, kloroplasttaki PRL sentezine bağlı olan yenileme süreçlerini engellemiş olmalı ve PRL için son derecede toksik etki göstermektedir (Santos ve Silva, 2015).

Mısır fidelerinin köklerinde MDA miktarı bakımından; 2,4-D herbisiti için en fazla Advanta 2898 hibrit mısırdaki artış olduğu tespit edildi (Alexieva vd., 2003; Wang vd., 2015; Kaya ve Doğanlar, 2016; Lukatkin vd., 2013; Wang ve Zhou, 2006). Atrazin herbisiti için en fazla saf mısırdaki artış görülmüştür (Alexieva vd., 2003; Alla ve Hassan, 2006; Li vd., 2012; Wang vd., 2015; Kaya ve Doğanlar, 2016; Lukatkin vd., 2013; Wang ve Zhou, 2006). Metolachlor herbisiti ise en fazla danona hibrit mısırdaki artışına neden olmuştur (Wang vd., 2015; Kaya ve Doğanlar, 2016; Lukatkin vd., 2013; Wang ve Zhou, 2006). Mısır fidelerinin yapraklarında MDA miktarı bakımından; 2,4-D herbisiti en fazla danona hibrit mısırdaki azaltıcı etki gösterirken, atrazin herbisiti en fazla danona hibrit mısırdaki artışa neden olmuştur (Alexieva vd., 2003; Alla ve Hassan 2006; Li vd., 2012; Wang vd., 2015; Kaya ve Doğanlar, 2016; Lukatkin vd., 2013; Wang ve Zhou, 2006). Akbulut ve Yiğit (2010) mısır (*Zea mays* cv. Martha F1) fideleri üzerinde yaptığı çalışmada, atrazin herbisitin düşük dozda verildiği zaman MDA miktarında artışa, yüksek dozda verildiğinde ise azalışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Metolachlor herbisiti için, en fazla danona hibrit mısırdaki artış görülmüştür (Wang vd., 2015; Kaya ve Doğanlar, 2016; Lukatkin vd., 2013; Wang ve Zhou, 2006). Yapraklarda ve köklerde oksidatif stresin şiddetini gösteren önemli bir diğer parametre olan ve hücre membranındaki lipid peroksidasyonunun hızının tipik son ürünü olan MDA miktarı konusunda, çalışılan gruplarda anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Aynı zamanda özellikle yüksek herbisit dozları için MDA miktarında azalmalar olduğu da tespit edilmiştir. Oksidatif stres altında biyomembranlarda bulunan yağ asidi profili (doymuş ve doymamış yağ asidi oranları) değişmektedir. MDA seviyesindeki artış, bitkide biyomembranlarda oksidatif stres kaynaklı lipid peroksidasyonunun arttığını göstermektedir (Wang vd., 2015).

Mısır fidelerinin köklerinde GSH/GSSG miktarları bakımından; 2,4-D herbisiti için en fazla saf mısırdaki artış tespit edilmiştir (Pazmino vd., 2011). Atrazin herbisiti için en fazla Advanta 2898 hibrit mısırdaki azalma görülmüştür (Alla ve Hassan, 2006). Metolachlor herbisiti için ise, en fazla Advanta 2898 hibrit mısırdaki azalış tespit edilmiştir. Mısır

fidelerinin yapraklarında GSH/GSSG miktarları bakımından; 2,4-D herbisiti için en fazla saf mısırdan artış görülmüş (Pazmino vd., 2011; Kaya ve Doğanlar, 2016). Atrazin herbisiti için en fazla danona hibrit mısırdan azalma görülmüştür (Alla ve Hassan, 2006). Metolachlor herbisiti için en fazla danona hibrit mısırdan artış görülmüştür (Hatton vd., 1996; Alla ve Hassan 1998; Kaya ve Doğanlar, 2016). Glutasyon redüktaz enzimi (GR), NADPH'a bağlı bir reaksiyon ile okside glutasyonu (GSSG) redükte glutatona (GSH) dönüştürmektedir. Redükte glutasyon, oksidatif strese karşı savunmada rol oynayan ve enzimatik olmayan önemli bir antioksidandır. Glutasyon redüktaz aktivitesinin artışı, oksidatif stresde bitki savunmasının göstergesidir. GSH ve GR bitkide strese tepki vermede rol oynayan askorbat-glutasyon metabolizmasının bileşiklerini oluşturmaktadır (Kaya ve Doğanlar, 2016).

Mısır fidelerinin köklerinde SOD enzim aktivitesi bakımından; 2,4-D herbisitinde en fazla Advanta 2898 hibrit mısırdan azalma tespit edilmiştir (Romero-Puertas vd., 2004; Wang ve Zhou, 2006). Atrazinde en fazla danona hibrit mısırdan artış görülmüştür (Zhang vd., 2014; Griboff vd., 2014; Li vd., 2012; Santos ve Silva, 2015; Kraus vd., 1995). Metolachlor herbisiti için ise en fazla danona hibrit mısırdan azalış tespit edilmiştir (Xie vd., 2014; Stajner vd., 2003; Wang ve Zhou, 2006). Mısır fidelerinin yapraklarında SOD enzim aktivitesi bakımından; 2,4-D herbisitinde en fazla danona hibrit mısırdan artış görülürken (Pazmino vd., 2011; Santos ve Silva, 2015; Kraus vd., 1995), Atrazinde en fazla danona hibrit mısırdan artış görülmüştür (Zhang vd., 2014; Griboff vd., 2014; Santos ve Silva, 2015; Kraus vd., 1995). Metolachlor herbisiti için ise en çok saf mısırdan azalış tespit edildi (Xie vd., 2014; Stajner vd., 2003; Wang ve Zhou, 2006). Antioksidan sistem, stres altında üretilen reaktif oksijen türlerin zararlarından hücre bileşiklerinin korunması için önemli bir rol oynamaktadır. Optimal büyüme şartları altında bitki hücrelerindeki reaktif oksijen türlerinin üretimi azdır. Ancak, çevresel streslerin çoğunda reaktif oksijen türlerin üretimi ve birikimindeki artış, beraberinde hücresel homeostazın bozulmasını getirmektedir (Wang vd., 2015). Stres şartları altında artan SOD aktivitesi, özellikle süperoksit radikali reaktif oksijen türlerinin fazlaca üretildiğini göstermektedir. Çünkü SOD kloroplastlardan süperoksit radikalinin uzaklaşmasında rol oynar ve süperoksit radikali H_2O_2 'e dönüştürülür. Herbisit toksisitesi önemli derecede antioksidan sisteminde artan SOD aktivasyonunun devreye girmesi ile oluşmaktadır (Santos ve Silva, 2015).

Mısır fidelerinin köklerindeki CAT enzim aktivitesi bakımından; 2,4-D herbisitinde en fazla saf mısırdan azalış görülürken (Pazmino vd., 2011), Atrazinde en fazla saf mısırdan azalış görülmüştür (Alla ve Hassan, 2006). Metolachlor herbisitinde en çok danona hibrit mısırdan artış görülmüştür (Xie vd., 2014; Santos ve Silva, 2015; Kraus vd., 1995; Lukatkin vd., 2013). Mısır fidelerinin yapraklarında bulunan CAT enzim aktivitesi bakımından; 2,4-D herbisiti en fazla saf mısırdan azalış görülürken (Pazmino vd., 2011), atrazinde en fazla danona hibrit mısırdan azalış olduğu tespit edilmiştir. Metolachlor herbisiti ise en fazla saf mısırdan artış bulunmuştur (Xie vd., 2014; Santos ve Silva, 2015; Kraus vd., 1995; Lukatkin vd., 2013; Kaya ve Doğanlar, 2016). Katalaz, bitkilerin tüm hücrelerinde peroksidaz adı verilen organellerde bulunmaktadır ve H_2O_2 ($H_2O + \frac{1}{2} O_2$) seviyesini hücre için belirli bir seviyede tutarak koruyucu bir rol oynamaktadır. Bezelye, buğday ve mısır yapraklarının herbisite maruz kalması, katalaz aktivitesinin artmasına yol açmıştır. Katalaz enzimi yüksek konsantrasyonda H_2O_2 detoksifiye ederek, bitkinin strese en az zarar ile kurtulmasını sağlamaktadır. SOD ve CAT gibi antioksidan enzimlerin aktivitesinin artması, lipid peroksidasyonun azalmasını sağlayan detoksifikasyon mekanizmasının bir sonucudur. Fidelerin yapraklarındaki oksidatif hasar, SOD'ı artırıp diğer enzimleri azaltırken enzimlerin aktivitesinde dengesizliğe neden olduğu ve muhtemelen kloroplastlarda ki H_2O_2 artmasının bununla bağlantılı olduğu düşünülebilir (Santos ve Silvas, 2015).

Sonuç olarak, bitkilerde doğal olarak sentezlenmeyen 2,4-D, atrazin ve metolachlor herbisitlerinin çok düşük konsantrasyonlarda dahi mısır bitkisi için toksik olduğu tespit edildi. Bu konuda yapılan çalışmaların çok sınırlı ve yetersiz olması sebebi ile sonuçlarımızı çok geniş bir platformda tartışmadık ve yer yer dolaylı çalışmaları referans olarak göstermek zorunda kaldık. Bu konuda yeni yapılacak çalışmaların konunun tam olarak anlaşılmasına katkı sağlayacağı kanaatindeyiz.

KAYNAKLAR

- Aebi, H.**, (1984). Catalase in Vitro, Method Enzym, **105**, 121-126.
- Ahioglu, S.S.**, 2008. Tarım Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği ve Risk Değerlendirmesi, *İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi*, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ak, A. ve Yücel, E.**, 2011. Ecotoxicological effects of heavy metal stress on antioxidant enzyme levels of Triticum aestivum cv. Alpu, 4/3, 19-24, *Biological Diversity and Conservation*, Araştırma Makalesi.
- Akbulut, G.B. and Yiğit, E.**, 2010. The changes in some biochemical parameters in Zea mays cv. “Martha F1” treated with atrazine, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **73**: 1429-1432.
- Alexieva, V., Ivanov, S., Sergiev, I. and Karanov, E.**, 2003. Interaction Between Stresses, *Bulg. J. Plant Physiol.*, Special Issue, 1-7.
- Alla, M., M., N. and Hassan, N., M.**, 1998. Efficacy of exogenous GA3 and herbicide safeners in protection of Zea mays from metolachlor toxicity, *Plant Physiol. Biochem.*, **36** (11), 809-815.
- Alla, M.M.N. and Hassan, N.M.**, 2006. Changes of antioxidants levels in two maize lines following atrazine treatments, *Plant Physiology and Biochemistry*, **44**: 202-210.
- Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar-Torun, F. ve Bingül, Z.**, 2009. Türkiye’de Pestisit Kullanımı ve Çevreye Olan Etkileri, *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, **40** (2), 87-92.
- Anonim**, 2012. Oksidatif Stres ve Antioksidanlar, Oksante Ar-Ge Laboratuvarı, 2012.
- Başaran, M.S. ve Serim, A.T.**, 2010. Herbisitlerin Toprakta Parçalanması, Selçuk Üniversitesi, *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, **24** (2): 54-61.
- Bates, L., S., Waldern, R., P. and Teare, I., D.**, 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies, *Plant and Soil*, **39** (1), 205-207.

- Belgers, J.D.M., Lieverloo, R.J.V., Pas, L.J.T.V. and Brink, P.J.V.D.,** 2007. Effects of the herbicide 2,4-D on the growth of nine aquatic macrophytes, *Aquatic Botany*, **86**, 260-268.
- 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.
- Büyük, İ., Soydam-Aydın, S. ve Aras, S.,** 2012. Bitkilerin Stres Koşullarına Verdiği Moleküler Cevaplar, Derleme, *Türk Hijyen Deneyisel Biyoloji Dergisi*, **69** (2): 97 - 110 97.
- Chikoye, D., Udensi, U.E. and Lum, A.F.,** 2005. Evaluation of a new formulation of atrazine and metolachlor mixture for weed control in maize in Nigeria, *Crop Protection*, **24**: 1016-1020.
- Cox, G.W.,** 1999. Alien species in North America and Hawaii: impacts on natural ecosystems. Island Press, Washington, USA.
- Çaylak, E.,** 2011. Hayvan ve Bitkilerde Oksidatif Stres ile Antioksidanlar, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sağlık Yüksekokulu, *Tıp Araştırmaları Dergisi*, **9** (1): 73-83.
- Demir, A., Seyis, F. ve Kurt, O.,** 2006. Genetik Yapısı Değiştirilmiş Organizmalar: I. Bitkiler, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, **21** (2): 249-260.
- Demircioğlu, A.,** 2007. Mısırdaki Kullanılan Bazı Herbisitlerin Şekerpancarında Fitotoksik Etkilerinin Araştırılması, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Doğru, A., Darçın, E.S., Doğru, A., Tutar, A., Dizman, M. ve Yusuf, K.,** 2011. Potasyum Humatın Mısır (zea mays L.) Bitkisinin Büyümesi Üzerine Etkileri, *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi*, (2012-1).
- D.P.T.,** Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005),Yayın No: 2001, Ankara, 2001.
- Dragicevic, V., Spasic, M., Simic, M., Zoran, D. and Nikolic, B.,** 2013. Stimulative influence of germination and growth of maize seedlings originating from aged seeds by 2,4-D potencies, *Homeopathy*, **102**, 179-186.

- Fayez, K., A. and Kristen, U., 1995.** The influence of herbicides on the growth and proline content of primary roots and on the ultrastructure of root caps, *Environmental and Experimental Botany*, **36**, 71-81.
- Fayez, K., A., 2000.** Action of Photosynthetic Diuron Herbicide on Cell Organelles and Biochemical Constituents of the Leaves of Two Soybean Cultivars, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **66**, 105-115.
- Griboff, J., Morales, D., Bertrand, L., Bonansea, R.I., Monferran, M.V., Asis, R., Wunderlin, D.A. and Ame, M.V., 2014.** Oxidative stress response induced by atrazine in *Palaemonetes argentinus*: The protective effect of vitamin E, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **108**, 1-8.
- Güler, Ç., ve Çobanoğlu, Z., 1997.** Pestisitler, İlköz Matbaası, Ankara
- Gündüz, Ş., Kersting, U. ve Kahramanoğlu, İ., 2006.** Turunçgil Bahçelerindeki Yabancı Otlar ve Entegre Mücadele Yöntemleri, Akdeniz İhracatçı Birlikleri, Mersin.
- Güngör, M., 2005.** Adana İli Mısır Ekim Alanlarında Yabancı Otlara Karşı Uygulanan Kimyasal Mücadelenin Önemi ve Ortaya Çıkan Sorunların Araştırılması, *yüksek lisans tezi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Halloran, N., ve Kasım, M., U., 2002.** Meyve ve Sebzelerde Büyüme Düzenleyici Madde Kullanımı ve Kalıntı Düzeyleri, *Gıda*, **27** (5): 351-359
- Hartzler, R.G., 1997.** Velvetleaf interference in soybean: A survey of yield loss estimates and management recommendations, *Weed Sci. Soc. Amer. Abstr.*, **36**: 40.
- Hatton, P.J., Cole, D.J. and Edwards, R., 1996.** Influence of Plant Age on Glutathione Transferases Involved in Herbicide Detoxification in Corn (*Zea mays* L.) and Giant Foxtail (*Setaria faberi* Herrm), *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **54**, 199-209.
- Hjorth, M., Mathiassen, S., J., Kudsk, P. and Ravn, H., W., 2006.** Amino acids in loose silky-bent (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.) responding to prosulfocarb exposure and the correlation with physiological effects, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **86**, 138-145.
- İbrahim, S.İ., Abdel-Lateef, M.F., Khalifa, H.M.S. and Abdel-Monem, A.E., 2013.** Phytoremediation of atrazine-contaminated soil using *Zea mays* (maize), *Annals of Agricultural Science*, **58** (1), 69-75.

- Karakaya, M. ve Boyraz, N.,** 1992. Gıda Kirlenmesi Pestisitler ve Korunma Yolları, *Çevre Dergisi*, Konya.
- Kaya, A. and Doğanlar, Z., B.,** 2016. Exogenous jasmonic acid induces stress tolerance in tobacco (*Nicotiana tabacum*) exposed to imazapic, *Ecotoxicology and Enviromental Safety*, **124**, 470-479.
- Koca, N. ve Karadeniz, F.,** 2003. Serbest Radikal Oluşum Mekanizmaları ve Vücuttaki Antioksidan Savunma Sistemleri, *Gıda Mühendisliği Dergisi*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara.
- Koç, E. ve Üstün, A.S.,** 2008. Patojenlere Karşı Bitkilerde Savunma ve Antioksidanlar, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **24** (1-2) 82 – 100.
- Köksoy, H.,** 2008. Bazı pseudomonas Türlerinin 2,4-diklorofenoksiasetik asit (2,4-d) ve Trifluralin Herbisitleri Üzerine Biodegradasyon Etkilerinin İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kraus, T., E., Mckersie, B., D. and Fletcher, R., A.,** 1995. Paclobutrazol-Induced Tolerance of Wheat Leaves to Paraquat May Involve Increased Antioxidant Enzyme Activity, *J. Plant Physiol.*, **145**, 570-576.
- Li, X., Wu, T., Huang, H. and Zhang, S.,** 2012. Atrazine accumulation and toxic responses in maize *Zea mays*, *Journal of Environmental Sciences*, **24** (2), 203-208.
- Lukatkin, A., S., Gar'kova, A., N., Bochkarjova, A., S., Nushtaeva, O., V. and Silva, J., A.,T.,** 2013. Treatment with the herbicide TOPIK induces oxidative stress in cereal leaves, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **105**, 44-49.
- Mander, L. and Liu, H.-W.,** 2010. Comprehensive Natural Products II Chemistry and Biology, Elsevier, Oxford.
- Marcacci, S., Raveton, M., Ravanel, P. and Schwitzguebel, J.-P.,** 2006. Conjugation of atrazine in vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) grown in hydroponics, *Enviromental and Experimental Botany*, **56**, 205-215.
- Millî Eğitim Bakanlığı,** 2012. Çevre Sağlığı, Pestisitler, Ankara.
- Mourente, G., Tocher, D., R., Diaz, E., Grau, A. and 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.

Pazmino, D.M., Rodriguez-Serrano, M., Romero-Puertas, M.C., Archilla-Ruiz, A., Del Rio, L.A. and Sandalio, L.M., 2011. Differential response of young and adult leaves to herbicide 2,4-dichlorophenoxyacetic acid in pea plants: role of reactive oxygen species, *Plant Cell and Environment*, **34**, 1874-1889.

Pudelko, J.A., Wright, D.L. and Teare, I.D., 1993. A method for salvaging bird damaged pearl millet research. Fla. Agric. Exp. Stn. Res. Rep. No: NF 93-12:1-11.

Romero-Puertas, M.C., McCarthy, I., Gomez, M., Sandalio, L.M., Corpas, F.J., Del Rio, L.A. and Palma, J.M., 2004. Reactive oxygen species-mediated enzymatic systems involved in the oxidative action of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid, *Plant, Cell and Environment*, **27**, 1135-1148.

Santos, C.M. and Silva, M.A., 2015. Physiological and biochemical responses of sugarcane to oxidative stress induced by water deficit and paraquat, *Acta Physiol. Plant*, **37**, 172.

Sivritepe, N., 2001. Doğada Oksidatif Stres: Asma, Üzüm ve Şarapta Antioksidantlar, *ANADOLU, J. of AARI*, **11** (2): 108 – 135.

Sözüdoğru, S., 1992. Farklı İki Topraktan Ekstrakte Edilen Organik Madde Fraksiyonlarının Atrazin ve İmazaquin Pestisitleri ile Adsorpsiyon İlişkileri Üzerine Bir Çalışma, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Stackel, L.E., Sprague, C.H. and Common, A.G., 2000. Common Waterhemp (*Amaranthus rudis*) Control in Corn (*Zea mays*) with Single Preemergence and Sequential Application of Residual Herbicides Weed Technology: Vol. **17**, No. 1, 36 – 41.

Stajner, D., Popovic, M. and Stajner, M., 2003. Herbicide induced oxidative stress in lettuce, beans, pea seeds and leaves, *Biologia Plantarum*, **47** (4): 575-579.

Sunohara, Y., Shirai, S., Wongkantrakorn, N. and Matsumoto, H., 2010. Sensitivity and physiological responses of *Eleusine indica* and *Digitaria adscendes* to herbicide quinclorac and 2,4-D, *Environmental and Experimental Botany*, **68**, 157-164.

- Tarım ve Köyişleri Bakanlığı**, Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü, 1995. Zirai Mücadele Teknik Talimatları, Ankara.
- Tiryaki, O., Canhilal, R. ve Horuz, S.,** 2010. Tarım İlaçları Kullanımı ve Riskleri, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, **26** (2): 154-169.
- URL-1,** <http://www.eto.org.tr/?p=564>, 2009, Geleneksel Tarım ve Çevre Kirliliği İlişkisi 25 Temmuz 2015.
- URL-2,** <http://pbs.bozok.edu.tr/dosyadosyalar/215toprak%20kirleticiler.pdf>, Toprak Oluşumu, Kirletici Kaynakları ve Kirlilik Tespiti. 21 Nisan 2015.
- URL-3,** www.ziraattube.com/332yabanci-otlarla-mucadele.html. Yabancı Otlarla Mücadele. 10 Şubat 2015.
- URL-4,** <http://www.ziraattube.com/m/1039/tarim-urunlerinde-kalinti-problemi.html#sthash.flgSK09H.dpuf>. Bitki Koruma. 10 Şubat 2015.
- URL-5,** <http://en.wikipedia.org/wiki/2,4-Dichlorophenoxyaceticacid>, 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid. 10 Şubat 2015.
- URL-6,** <http://gokertarimsal.com/urun/Tarimsal-ilaclar-Herbisitler-RAIN---AMIN-24-D-amin-500-gl-392.html>. Kullanılacağı bitki ve zararlı organizmalar (2,4 D amin 500 g/l) 15 Şubat 2015.
- URL-7,** <http://www.weeds.iastate.edu/reference/wc92/WC92-2005/Action.pdf> Anonim Herbicide Site of Action and Injury Symptoms, 15 Şubat 2015.
- URL-8,** <http://en.wikipedia.org/wiki/Atrazine>. Atrazine. 15 Şubat 2015.
- URL-9,** <http://kimyaturk.net/index.php?topic=5369.0>. Pestisitler. 16 Eylül 2015.
- URL-10,** <http://file:///C:/Users/user/Downloads/metolachlor.html>, Metolachlor. 15 Şubat 2015.
- URL-11,** www.chemeurope.com/en/encyclopedia/Metolachlor.html. Metolachlor. 15 Şubat 2015.
- URL-12,** www.baktabul.net/ziraatbilimi/97957-aspir-nedir-aspir-yetistiriciligi.html. Yabancı Ot Kontrolü. 15 Şubat 2015.

- URL-13, <http://gokertarimsal.com/urun/Tarimsal-ilaclar-Herbisitler-DURESS-S-Metolachlor-930-gl-324.html>. Kullanıldığı bitki ve kontrol ettiği yabancı otlar (Metolachlor). 15 Şubat 2015.
- URL-14, <http://herbicon.com.tr/herbisit.aspx>. Ağaç kurutma ne demek? 15 Şubat 2015.
- URL-15, www.cilginbiyologlar.com/depo/sunular/Biyokimya-AA_ve_protein_metabolizmasi.pdf. Protein metabolizması. 15 Şubat 2015.
- URL-16, www.turkcebilgi.org/yemek-icmek/besinler-ve-ozellikleri/misir-24654.html. Mısır. 15 Şubat 2015.
- URL-17, <http://ttae.gov.tr/index.php/makaleler/diger-makaleler/198-m-s-r-tar-m-yazar-dr-metin-babaoglu>. Mısır Tarımı. 15 Şubat 2015.
- URL-18, <http://tohumu.com/index.php?id cms=14&controller=cms>. F1 (hybrit) Tohum Nedir?. 2 Mart 2016.
- URL-19, <http://alotarim.com/index.php/tarimsal-destekler/item/1551-sertificali-tohum-nedir-nasil-uretilir-kullanimina-destek-fiyaatlari>, Sertifikalı Tohum Nedir? Nasıl Üretilir ? Kullanıma Destek Fiyatları. 2 Mart 2016.
- Vural, N.**, 1984. Toksikoloji, Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi yayınları no: 56, Ankara.
- Vyn, J.D., Swanton, C.J., Weaver, S.E. and Sikkema, P.H.**, 2006. Control of *Amaranthus tuberculatus* var. *rudis* (common waterhemp) with pre and post-emergence herbicides in *Zea mays* L. (maize), *Crop Protection*, **25**, 1051-1056.
- Wang, M. and Zhou, Q.**, 2006. Effects of herbicide chlorimuron-ethyl on physiological mechanisms in wheat (*Triticum aestivum*), *Ecotoxicology and Enviromental Safety*, **64**, 190-197.
- Wang, Q., Que, X., Zheng, R., Pang, Z., Li, C. and Xiao, B.**, 2015. Phytotoxicity assessment of atrazine on growth and physiology of three emergent plants, *Environ Sci Pollut Res*, **22**, 9646-9657.
- Witham, F., H., Blaydes, D., F. and Dewlin, R., M.**, 1971. Experiments in Plant Physiology New york, Von Nonstrand Reinhold Company, 55-56.

- Wu, J., Hwang, I.-T. and Hatzios, K.K.,** 2000. Effects of Chloroacetanilide Herbicides on Membrane Fatty Acid Desaturation and Lipid Composition in Rice, Maize and Sorghum, *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **66**, 161-169.
- Xie, F., Liu, H.J. and Cai, W.D.,** 2014. Enantioselectivity of racemic metolachlor and S-metolachlor in maize seedlings, *Journal of Environmental Science and Health Part B: Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes*, **45**, 774-782.
- Yazıcı, K.,** 2008. Bitki Gelişim Düzenleyicileri ve Etki Mekanizmaları, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Antalya.
- Yilmaz, O., Keser, S., Tuzcu, M., Guvenc, M., Cetintas, B., Irtegun, S., Tastan, H. and Sahin, K.,** 2009. A Practical HPLC Method to Measure Reduced (GSH) and Oxidized (GSSG) Glutathione Concentrations in Animal Tissues, *Journal of Animal and Veterinary Advances*, **8** (2), 343-347.
- Zhang, J.J., Lu, Y.C., Zhang, J.J., Tan, L.R. and Yang, H.,** 2014. Accumulation and toxicological response of atrazine in rice crops, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **102**, 105-112.

	ÖZGEŞMİŞ
KİŞİSEL BİLGİLER	
Ad / Soyad	Fadime KARABULUT
e-Posta	karabulutfadime9@gmail.com
Uyruk	TC
Doğum tarihi ve yeri	01.08.1984 / Muğla
Ana dil	Türkçe
Diğer dil	İngilizce
Bilgisayar beceri ve yeterlilikleri	Microsoft Office, Excel, Word, PowerPoint
Stajlar	Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesinde Mikrobiyoloji lab. 15 iş günü
	Elazığ Eğitim ve Araştırma Hastanesinde Biyokimya lab. 15 iş günü
Sertifikalar	-Bilgisayar İşletmenlik Sertifikası -Wiley, Writing Great Papers in International Journals an Introduction for Researchers. -OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitim Sertifikası. -ISO 9001:2008 İç Tetkikçi Eğitim Sertifikası. -ISO 9001:2008 Kalite Yönetim Sistemi Eğitim Sertifikası. -Entegre Yönetim Sistemi Eğitim Sertifikası. -Stratejik Yönetim Eğitim Sertifikası. -ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Eğitim Sertifikası. -ISO 22000 Gıda Güvenliği Yönetim Sistemi Eğitim Sertifikası. -50 Saatlik İnteraktif Kişisel Gelişim, NLP, Motivasyon, Stres Yönetimi, Zaman Yönetimi, Beden Dili, İletişim Dilleri Eğitim Sertifikası. -10 Saatlik İnteraktif NLP Beginner Eğitim Sertifikası. -15 Saatlik İnteraktif Beden Enerji Merkezi Çakralar, Çakraların Açılması, Nefesle Yüksek Algı Teknikleri, Nefesle Arınma Teknikleri, Özgürleşme Affetme Seansları.

EĞİTİM BİLGİLERİ	
LİSE	MİLAS LİSESİ / MUĞLA
ÜNİVERSİTE	FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FAKÜLTE	FEN FAKÜLTESİ - BİYOLOJİ
YÜKSEK LİSANS	FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FAKÜLTE \ ANABİLİM DALI	FEN FAKÜLTESİ / FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ/ BOTANİK