

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

**CALLİSTO HERBİSİTİNİN *Zea mays* L. (Mısır)'ın Martha F1 KÜLTÜR  
FORMUNDA TOTAL GLUTATYON, GLUTATYON REDÜKTAZ,  
GLUTATYON-S-TRANSFERAZ VE PİGMENT İÇERİĞİ ÜZERİNE  
ETKİLERİ**

**Ash GİRAY KURT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**MALATYA  
ŞUBAT 2007**

Tezin Başlığı: **Callisto Herbisitinin *Zea mays* L. (Mısır)'ın Martha F1 Kültür Formunda Total Glutasyon, Glutasyon Redüktaz, Glutasyon-S-Transferaz ve Pigment İçeriği Üzerine Etkileri**

Tezi Hazırlayan: **Aslı GİRAY KURT**

**Sınav Tarihi:** 08 Şubat 2007

Yukarıda adı geçen tez Jürimizce değerlendirilerek Biyoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Sınav Jürisi Üyeleri**

Doç. Dr. Füsun YÜREKLİ Başkan (İnönü Üniv.) \_\_\_\_\_

Doç. Dr. Dilek ASMA Üye (İnönü Üniv.) \_\_\_\_\_

Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT Üye (İnönü Üniv.) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT  
Tez Danışmanı

İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri onayı

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Ali ŞAHİN  
Enstitü Müdürü

## Onur Sözü

Yüksek Lisans olarak sunduğum "**Callisto Herbisitinin *Zea mays* L. (mısır)'ın Martha F1 kültür formunda total glutatyon, glutatyon redüktaz, glutatyon-s-transferaz ve pigment içeriği üzerine etkileri**" başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakça yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunun onurumla doğrularım.

Aslı GİRAY KURT

*Seygili eşim Yakup'a ve kızım Asya Sare'ye...*

# ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

## CALLİSTO HERBİSİTİNİN *Zea mays* L. (Mısır)'ın Martha F1 KÜLTÜR FORMUNDA TOTAL GLUTATYON, GLUTATYON REDÜKTAZ, GLUTATYON-S-TRANSFERAZ VE PİGMENT İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Aslı GİRAY KURT

İnönü Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Biyoloji Anabilim Dalı

71 + ix sayfa

2007

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT

Bu çalışmada *Zea mays* cv. Martha F1 formu üzerinde Callisto'nun pigmentasyon ve antioksidan sistem üzerine etkileri araştırılmıştır.

*Zea mays* (mısır) bitkisine kontrol grubuna karşı 13, 18, 25, 35, 49, 69, 96, 134, 188, 264 ve 369 ppm dozlarında Callisto uygulandı. Bu örneklerde klorofil a (Kla), klorofil b (Klb), karotenoid, total klorofil, glutatyon seviyeleri ve glutatyon- s-transferaz ile glutatyon redüktaz enzim aktiviteleri tanımlanmıştır.

Klb ve total klorofil seviyeleri 1. gün örneklerinde kontrol gruplarından daha düşük çıkmıştır. Bununla beraber, Klorofil a ve Karotenoid seviyeleri aynı gruplarda artış göstermiştir. Kla, Klb ve total klorofil miktarları 5., 10. ve 15. gün örneklerinde genel olarak düşüş göstermiştir. Diğer taraftan karotenoid miktarları aynı gruplarda dikkate değer şekilde artış göstermiştir.

Ayrıca bu örneklerde antioksidan sistemi üzerine Calliston'un etkileri de araştırılmıştır. glutatyon, glutatyon-S-transferaz ve glutatyon redüktaz aktivitelerinde farklı etkiler kaydedilmiştir. Özellikle, glutatyon-S-transferaz aktivitesinde günlere bağlı olarak artış dikkat

çekmektedir. Glutasyon redüktaz aktivitesinde ve glutasyon seviyesinde hem konsantrasyonlara hem de günlere bağlı olarak değişimler gözlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: *Zea mays*, pigmentasyon, herbisit, mesotrion, glutasyon (GSH), glutasyon-s-transferaz (GST), glutasyon redüktaz (GR)

## ABSTRACT

Master Thesis

EFFECTS OF CALLISTO HERBİCİDE ON TOTAL GLUTATHIONE, GLUTATHIONE  
REDUCTASE, GLUTATHIONE-S-TRANSFERASE AND PIGMENTATION OF *ZEA*  
*MAYS L. cv. MARTHA F1*

Aslı GİRAY KURT

İnönü University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Biology

71 + ix sayfa

2007

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Emel YİĞİT

In the present work, the effect of Callisto on pigment system and antioxidant system in *Zea mays cv. Martha F1* have been investigated.

*Zea mays* (maize) was treated by Callisto with the concentration range of 13, 18, 25, 35, 49, 69, 96, 134, 188, 264 and 369 ppm by taking the control groups as the base. In these samples chlorophyll a (Ca), chlorophyll b (Cb), carotenoid (Cx + c), total chlorophyll, glutathione levels and glutathione -S- transferase with glutathione reductase enzyme activities have been determined.

The Cb and total chlorophyll levels in the plants treated with Callisto were lower than those in the control groups on the 1st day. However, Ca and Cx + c levels showed considerable increase in the same groups. In this samples, Ca, Cb and total chlorophyll levels have been usually decreased on the 5th, 10th and 15th days. On the other hand, carotenoid levels have been increased in the same groups.

In the addition to, in these samples fort he impacts of Callisto on antioxidant system have been observed. Different effects have been noted for the glutathione, glutathione-S-transferase and glutathione reductase activities. Particularly increase in the glutathione -S- transferase activities have been attended to dependent on days. Besides, variabilities glutathione reductase activities and glutathione were showed important depend on both concentrations and days.

KEYWORDS: *Zea mays*, pigmentation, herbicide, mesotrione, glutathione (GSH), glutathione-s-transferase (GST), glutathione reductase (GR)



## TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın yürütülmesinde bütün bölüm imkânlarından faydalanmamı sağlayan Biyoloji Bölüm Başkanlığı'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca 2005- 28 nolu proje ile bu araştırmayı destekleyen İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Birimi'ne teşekkür ederim.

Bu çalışmanın her aşamasında yardım, öneri ve desteğini esirgemedi beni yönlendiren danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT' e;

Tez aşamasında yardımlarını gördüğüm Sayın Doç. Dr. Dilek ASMA' ya,

Yüksek Lisansa başladığımdan itibaren her türlü yardımlarını gördüğüm, bölümümüz Araştırma Görevlisi Gülçin BEKER AKBULUT'a;

Ayrıca tüm hayatım boyunca olduğu gibi Yüksek Lisans çalışmalarım süresince de benden desteklerini esirgemeyen değerli aileme, eşim Yakup KURT'a ve manevi desteğim olan kızım Asya Sare'ye teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Pestisitler	3
1.1.1 Pestisitlerin sınıflandırılması	3
1.1.2 Pestisitlerin Tarihcesi	4
1.1.3 Pestisitlerin Çevre Üzerine Etkileri	5
1.1.4 Pestisitlerin Toksisitesi	7
1.1.5 Herbisitler	8
1.1.5.1 Herbisitlerin bitkiler üzerinde önemli etkileri	11
1.1.5.2 Callisto	14
1.6. Serbest Oksijen Radikalleri ve Antioksidanlar	16
1.6.1 Antioksidan Enzimler	17
1.6.1.2 Glutasyon Peroksidaz (GSH-Px)	17
1.6.1.2 Glutasyon Redüktaz (GSH-R)	18
1.6.1.3 Glutasyon-S-Transferaz (GST)	18
1.6.2 Glutasyon (GSH $\gamma$ -L-glutamil-L-sisteini-glisin)	19
1.7. Pigmentler	23
1.8. Mısır ( <i>Zea mays</i> ) Hakkında Genel Bilgi	24
1.9. Perlit Hakkında Genel Bilgi	26
2. KAYNAK ÖZETLERİ	27
3. MATERYAL VE YÖNTEM	33
3.1. Pre-emergence Uygulama	33
3.2. Post-emergence Uygulama	34
3.3. Pigmentlerin Ekstraksiyonu ve Saflaştırılması	35
3.4. Enzim Ekstraksiyonu	37
3.5.1. Glutasyon redüktaz (GR) Aktivitesinin Tayini	37
3.5.2. Glutasyon-S-transferaz (GST) Aktivite Tayini	37
3.5.3. Total glutasyon (GSH) Miktar Tayini	38
3.5.4. Protein Tayini	38
3.6. İstatistik Analizler	39
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	40
4.1. Pigment Analiz Sonuçları	40
4.1.1 Mesotrion Uygulanan Bitki Gruplarında Pigmentasyon	40
4.2. Enzim Analiz Sonuçları	48
4.2.1. Mesotrion Uygulanan Bitki gruplarında Enzim Aktivitelerinin Değerlendirilmesi	48
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	56
6. KAYNAKLAR	66
7. ÖZGEÇMİŞ	71

## SİMGELER VE KISALTMALAR

GSH	:	Glutasyon
GR	:	Glutasyon redüktaz
GST	:	Glutasyon-s-transferaz
mM	:	Milimolar
µM	:	Mikromolar
g	:	Gram
µl	:	Mikrolitre
AOS	:	Aktif Oksijen Türleri
SOD	:	Süperoksit dismutaz
CAT	:	Katalaz
GPx	:	Glutasyon peroksidaz
DDT	:	Dikloro-difenil-trikloroetan
HCH	:	Hekzakloroheksan
2,4-D	:	2,4-diklorofenoksi asetik asit
MCPA	:	2-metil-4-klorofenoksi asetik asit
2,4,5-T	:	2,4,5 -triklorofenoksi asetik asit
2,4 DB	:	4-(2,4-diklorofenoksi) bütirik asit
2,4,5-TP	:	2-(2,4,5-triklorofenoksi) propiyonik asit
USEPA	:	United States Environmental Protection Agency
MNBA	:	4-(metilsülfonil)-2-nitrobenzoik asit
AMBA	:	2-amino-4-(metilsülfonil) benzoik asit
HPPD	:	p-hidroksifenilpürüvat dioksigenaz
linuron	:	N-(3,4-diklorofenil)-N'-metoksi-N'-metil üre
paratyon metil:	:	O,O-dimetil O-(4-nitrofenil)fosforotiyolat
malatyon	:	S-1,2-bis(etoksibikarbonil)etil O,O-dimetil fosforoditiyoat
ROT	:	Reaktif oksijen türleri
GSSG	:	Glutasyon
APx	:	Askorbat peroksidaz
ROOH	:	Lipid hidroperoksitler
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	:	Hidrojen peroksit

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 1.1</b>	Tarımsal Kirliliğin Oluşumu	7
<b>Şekil 1.2</b>	Herbisitlerin fide gelişimine etkisi	13
<b>Şekil 1.3</b>	Glutatyonun açık formülü	20
<b>Şekil 1.4</b>	Glutatyonun 3D modeli	20
<b>Şekil 1.5</b>	GSH metabolizması	21
<b>Şekil 1.6</b>	Glutatyonun hayvan ve bitkilerdeki fonksiyonları	22
<b>Şekil 1.7</b>	Perlit	26
<b>Şekil 3.1</b>	<i>Zea mays</i> 'da pre-emergence uygulama	33
<b>Şekil 3.2</b>	Post-emergence uygulama için hazırlanmış mısır bitkileri	34
<b>Şekil 3.3</b>	Herbisit uygulamasından sonraki günlerde bitkilerin alınması	35
<b>Şekil 4.1</b>	<i>Zea mays</i> türüne farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulaması sonrasında elde edilen 1. gün K <sub>la</sub> , K <sub>lb</sub> , karotenoid ve toplam klorofil içeriği	41
<b>Şekil 4.2</b>	<i>Zea mays</i> türüne farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulaması sonrasında elde edilen 5. gün K <sub>la</sub> , K <sub>lb</sub> , karotenoid ve toplam klorofil içeriği	43
<b>Şekil 4.3</b>	<i>Zea mays</i> türüne farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulaması sonrasında elde edilen 10. gün K <sub>la</sub> , K <sub>lb</sub> , karotenoid ve toplam klorofil içeriği	45
<b>Şekil 4.4</b>	<i>Zea mays</i> türüne farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulaması sonrasında elde edilen 15. gün K <sub>la</sub> , K <sub>lb</sub> , karotenoid ve toplam klorofil içeriği	47
<b>Şekil 4.5</b>	Mesotrion uygulanan bitki gruplarında Glutatyon redüktaz (GR) aktivitesi	50
<b>Şekil 4.6</b>	Mesotrion uygulanan bitki gruplarında Glutatyon-S-transferaz (GST) aktivitesi	53
<b>Şekil 4.7</b>	Mesotrion uygulanan bitki gruplarında glutatyon (GSH) içeriği	55
<b>Şekil 5.1</b>	Mesotrionun uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde <i>Zea mays</i> 'ın genel görünümleri	60

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 1.1</b>	Dünyada pestisit kullanımı	5
<b>Çizelge 4.1</b>	Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan bitki gruplarında 1. gün K1a, K1b, karotenoid ve toplam klorofil miktarlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )]	41
<b>Çizelge 4.2</b>	Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan bitki gruplarında 5. gün K1a, K1b, karotenoid ve toplam klorofil miktarlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f.g.h: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )]	43
<b>Çizelge 4.3</b>	Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan bitki gruplarında 10. gün K1a, K1b, karotenoid ve toplam klorofil miktarlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f.g: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )]	45
<b>Çizelge 4.4</b>	Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan bitki gruplarında 15. gün K1a, K1b, karotenoid ve toplam klorofil miktarlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f.g: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )]	47
<b>Çizelge 4.5</b>	Mesotrion uygulanan bitki gruplarında Glutasyon redüktaz (GR) aktivitesinin günlere bağlı olarak istatistiksel değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )]	50
<b>Çizelge 4.6</b>	Mesotrion uygulanan bitki gruplarında Glutasyon-S-transferaz (GST ) aktivitesinin günlere bağlı olarak istatistiksel değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f.g.h: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )]	52
<b>Çizelge 4.7</b>	Mesotrion uygulanan bitki gruplarında glutasyon GSH) içeriğinin günlere bağlı olarak istatistiksel değerlendirilmesi [ a.b.c.d.e.f.g.h: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ )]	55

## 1.GİRİŞ

İnsanoğlu yaşamını sŸrdŸrebilmek amacıyla geçmişten bugŸne kadar devamlı bir mŸcadele içinde olmuştur. Őnceleri doğanın verdiğiyle yetinmiş, gŸlendike ve bilinçlendikçe doğadan daha fazla faydalanmak amacıyla doğaya hakim olmak istemiştir. Doğayı sınırsız bir kaynak olarak gŸrmŸř ona az şey vermiş, çok şey istemiştir. Zamanımızdan 3000–4000 yıl Önce bile insan sağlığının, kainatı oluşturan beş unsurun (ateş, bitki, hava, toprak ve su) arasındaki uyuma bağlı olduğunu belirten Çin felsefesi, doğa-insan arasındaki ve doğanın kendi Őđeleri arasındaki uyumun ne kadar Önemli olduğunu açık bir biçimde ortaya koymaktadır. İnsanoğlu binlerce yıldan beri doğanın Önemini bilmesine rağmen, 19. yŸzyılın sonlarından itibaren doğaya egemen olmak ve onu kendi emrine alabilmek için her tŸrlŸ bilgi ve teknolojiyi kullanmış, ama onun vereceği tepkiyi dŸřŸnememiřtir. Hızla artan dŸnya nŸfusu, gelişen sanayi ve bunlara bağlı olarak kentleşme olgusu, daha iyi yaşam koşullarına kavuşma arzusu insanları aşırı ve bilinçsizce doğal kaynak kullanımına, enerji Ÿretimine ve tŸketime yŸnelmiřtir [1].

İnsan-doğa ilişkisi ve insan faaliyetleri sonucunda doğaya verilen zarar, zamanla doğanın, canlıların doğal yaşam ortamlarının kirlenmesine dŸnŸřmŸřtŸr. İnsanın doğayı kullanıp bozması, değiştirmesi; Özellikle endŸstri devrimiyle hız kazanmış, doğanın kendi kendini yenileme kapasitesinin ŸstŸnde bir yŸkle karşılaşmasının başlangıcı olmuştur. 1950’li yıllardan sonra, ileri sanayi Ÿlkelerinin izlediği politikası ve Őnlenemez bir ekonomik bŸyŸme tutkusuna kısa sŸrede evre kirliliğinin yadsınmaz boyutlara ulaşmasının temel nedenidir. Bilimsel ve teknolojik ilerleme, buna dayanan sanayileşme, kentleşme ve ekonomik bŸyŸme sŸreleri dŸnyayı insanlar ve diğer canlılar için yaşanmaz duruma getirecek kadar kirliletmektedir. Kirlilik zaman içinde yığılarak artmakta, Önem alınmazsa, evre kirliliğinin birikimli olma Özelliği, yaşam ortamlarını yaşanmaz duruma getirmektedir. BŸyŸk yerleşim yerlerinde gŸzlenen hava kirliliği, sanayi atıkları, deterjanlar, kimyasal gŸbreler, tarımsal mŸcadele ilaçları ile ortaya çıkan su kirliliği, zaman içinde baş edilmez oranlara yŸkselmiřtir. Ayrıca katı atıklar, tehlikeli ve zehirli atıklar da olayın boyutlarını genişletmiştir [2,3].

GŸnŸmŸzde ortaya çıkan bazı evre sorunları şunlardır:

- Hızlı nŸfus, plansız ve denetimsiz kentleşme ile alt yapı sorunlarıdır. DŸnya’daki hızlı nŸfus artışı beraberinde evre sorunlarını katlamalı bir şekilde gŸndeme getirmekte ve sŸratle doğal zenginlikleri yok etmektedir. İleriki

yıllarda insanoğlu gereken özeni göstermediği ve tedbirleri almadığı takdirde kendisi için hayati önemi olan su, hava, toprak gibi ana unsurları bulmakta zorlanacaktır

- Şehirlerde, ısınma, trafik ve sanayiden kaynaklanan hava kirliliği
- Karbondioksit gazının artışına paralel olarak ortaya çıkan sera etkisi ve dünya iklimindeki değişimler
- Ultraviyole ışınlarını süzen ozon tabakasının Kuzey ve Güney Yarımküre’de incelenmesi ve bu ışınların yoğun şekilde yeryüzüne ulaşması ile çeşitli hastalıkların ortaya çıkması
- Sanayi, kentleşme ve trafikten kaynaklanan çeşitli gazların atmosfere ulaşması ve asit yağmurlarının ortaya çıkması ile toprak ve su ekosistemlerinde asitleşme, ormanların tahribi, biyotanın yok oluşu, tarihi eserlerin zarar görmesi
- Tarım-orman zararlıları ve çeşitli vektörlere karşı yapılan mücadele çalışmalarında kullanılan pestisitlerle verimli toprakların kirlenmesi, direnç sorunu
- Verim artışını sağlayabilmek için toprağın gereğinden fazla gübrenmesi
- Değişik amaçlarla ormanlık alanların ve yeşil alanların tahrip edilmesi, çölleşme ve erozyon
- Tropik yağmur ormanları ile ormanların bilinçsizce ve hızla yok edilmesi, buralardaki biyolojik zenginliklerin ortadan kalkması
- Toprak, su ve havadaki toksik atıklar nedeniyle doğal yaşamın yok olması
- Civa, kadmiyum, kurşun vb. ağır metallere kaynaklanan çevre kirliliği ve bunlara bağlı olarak canlılarda ortaya çıkan hastalıklar
- Nükleer denemeler, nükleer santraller, nükleer enerji ile çalışan denizaltılardan kaynaklanan nükleer kirlilik
- Akarsu, göl ve denizlerdeki organik ve anorganik kirlilik
- Son yıllarda denizlerdeki petrol kirliliği ve kıyı şeritlerinde betonlaşma ile beraber ortaya çıkan kirlilik
- Tatlı su kaynaklarının istenen düzeyde kullanılmaması

Dünya ölçeğinde kirlilik ve çevre tahribatı ile ilgili ayrıntılı bir envanter değerlendirmesi yapılmamış olmakla birlikte bazı değerler toplanmaya başlanmıştır. Bunlar arasında madencilik, ulaşım, petrol, baca gazları, çeşitli atıklar, gübre, pestisitler, erozyon, gürültü kirliliği ile ilgili ölçümler yapılmıştır [4].

## 1.1. Pestisitler

Pestisitler, modern tarımın tamamlayıcı bir bileşeni halindedir ve dünyanın tüm agroekosistemlerinde üretim süreci bir veya daha fazla pestisit uygulamasına gereksinim duymaktadır. Ürün artışına bağlı olarak, sebze ve meyvelerde yılda 10–15 pestisit uygulaması normal karşılanabilmektedir. Birçok uygulamada birden fazla aktif madde kullanılabilir. Bu aktif maddeler özellikle hastalıklı, zararlı ve yabancı otları yok etmektedir.

Hastalık, zararlı ve yabancı otların tarımsal üretimde neden olduğu kayıp ortalama olarak % 20–40 arasında değişmektedir. Bu kayıplar hasat, kurutma, depolama, işleme aşamalarında da devam etmektedir. Dünya hububat üretiminin yaklaşık % 20'si hasat öncesi ve sonrası aşamalarda kaybolmaktadır. Pestisitler, hastalık, zararlı ve yabancı otların zararlarını azaltmaktadır, bunun sonucunda üretim artmakta, kalite yükselmekte, ekonomik geri dönüş artmaktadır. Pestisit kullanımı 1940'lı yıllardan beri tarımsal üretimi arttıran en önemli bileşendir [5].

Pestisit kelime anlamı yıkan, zarar veren, mahveden, kemiren (İngilizce pest)'dir. Bir başka deyişle pestisit, canlılar (insan, hayvan ve bitki) üzerine ya da çevreye zarar veren zararlıları (böcek kemirici, mantar, yabancı otlar) öldürmek için kullanılan maddelerdir. Pestisitler kullanımlarında toz, suda çözünen tozlar, sulu çözeltiler, emülsiyon konsantre ilaçlar, tanecikler, aerosol, ve zehirli yemler gibi çeşitli şekillerde bulunurlar [6].

### 1.1.1 Pestisitlerin sınıflandırılması

Pestisit sınıflandırmaları çeşitli kriterlere göre aşağıdaki şekillerde yapılmaktadır [7];

- 1- Biyolojik hedeflere göre
- 2- Etki biçimlerine göre
- 3- Biyolojik dönemlere göre
- 4- Pestisit formülasyon şekillerine göre
- 5- Aktif madde gruplarına göre

#### 1. Biyolojik hedeflere göre

- Insektisit (Böcek öldürücü ilaçlar)
- Fungusit (Mantar öldürücü ilaçlar)
- Bakterisit (Bakteri öldürücü ilaçlar)



- Akarisit (Kırmızı örümcek ve Akarları öldüren ilaçlar)
- Herbisit (Yabani ve Yabancı otları öldüren ilaçlar)
- Nematisit (Nematodları öldüren ilaçlar)
- Rodentisit (Kemirici hayvanları öldüren ilaçlar)
- Mollustisid (Salyangozları öldüren ilaçlar)
- Algisit (Yosunları öldüren ilaçlar)

## **2. Etki biçimlerine göre**

- Kontakt (temas) etkili pestisitler
- Mide zehiri pestisitler
- Solunum zehiri pestisitler
- Boğucu pestisitler
- Böceklerde kitin oluşumunu önleyen pestisitler
- Mantarlarda spor oluşumunu önleyen pestisitler
- Mantarlarda eradikant etkili fungusitler
- Mantarlarda kombine etkili fungusitler

## **3. Biyolojik dönemlere göre**

- Ovisit (yumurtaları öldüren insektisitler)
- Larvisit (larvaları öldüren insektisitler)
- Ovalarvisit (yumurtaları ve larvaları öldüren insektisitler)
- Adultisit (ergin böcekleri öldüren insektisitler)

## **4. Pestisit formülasyon şekillerine göre**

- Sıvı (likit) formülasyonlar
- Suda ıslanabilir toz formülasyonlar
- Suda çözünabilir toz formülasyonlar
- Yoğurt kıvamında akıcı formülasyonlar
- Granül formülasyonlar
- Pelet formülasyonlar
- Gaz formülasyonlar şeklinde sınıflandırılabilir.

### 1.1.2. Pestisitlerin Tarihçesi

Pestisitlerin kullanımı Roma ve eski Yunan'dan beri süre gelmektedir, fakat 19. yüzyılın son dönemlerinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İkinci dünya savaşı sonrasında hastalık, zararlı ve yabancı otların kimyasal savaşı konusunda önemli ilerlemeler olmuştur. İlk pestisitler fungusit olarak kullanılan kükürt ve yine fungusit ve insektisit olarak kullanılan arsenik, bakır ve demirin basit tuzları gibi inorganik maddelerdir. Organik bileşikler olarak bitki ekstraktları olan derris, nikotin ve piretrum kullanılmıştır. Bu pestisitlerden birçoğu yüksek düzeyde toksiktirler ve kullanımları tehlikelidir.

Pestisitlerin sayısı ve kompleksliği 1940'dan itibaren hızla artmıştır. İnsektisit olan DDT (4,4'-(2,2,2-trichloroethane-1,1-diyl)bis(chlorobenzene) ve HCH (heksaklorohekzan) ile hormon karakterli olan herbisitlerden 2,4-D (2,4-diklorofenoksi asetik asit) ve MCPA (2-metil-4-klorofenoksi asetik asit) 1940'ın sonunda kullanılmaya başlanmıştır. Bunları 1950'li yıllarda dieldrin ve aldrin gibi insektisitler takip etmiştir[5].

**Çizelge 1.1** Dünyada pestisit kullanımı (2000) [5]

BÖLGELER	PAZAR PAYI	ÜRÜN	KULLANIM YÜZDESİ
KUZEY AMERİKA	29.4	HERBİSİT	49.6
DOĞU ASYA	25.3	İNSEKTİSİT	26.2
BATI AVRUPA	22.4	FUNGUSİT	19.5
LATİN AMERİKA	15.3	DİĞER	4.7
DOĞU AVRUPA	2.9		
DİĞER	4.7		

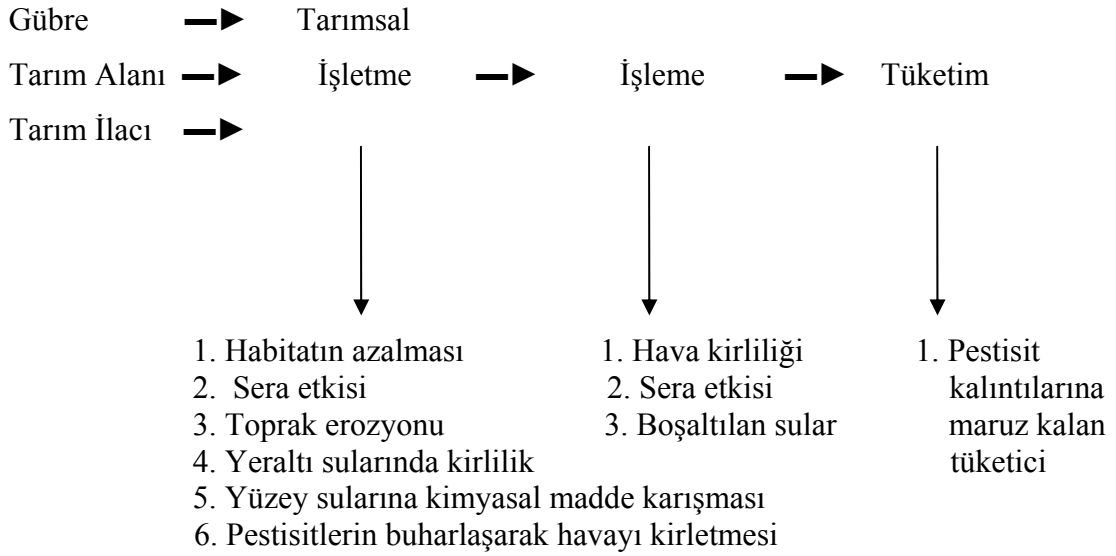
### 1.1.3. Pestisitlerin Çevre Üzerine Etkileri

Tarımsal alanlara, orman veya bahçelere uygulanan pestisitler havaya, su ve toprağa, oradan da bu ortamlarda yaşayan diğer canlılara geçmekte ve dönüşüme uğramaktadır. Bir pestisitinin çevredeki hareketlerini onun kimyasal yapısı, fiziksel özellikleri, uygulama şekli, iklim ve tarımsal koşullar gibi faktörler etkilemektedir.

Pestisitlerin püskürtülerek uygulanması sırasında bir kısmı evaporasyon ve dağılma nedeniyle kaybolurken, diğer kısmı bitki üzerinde ve toprak yüzeyinde kalmaktadır. Havaya karışan pestisit rüzgârla taşınabilir; yağmur, sis veya kar yağışıyla tekrar yeryüzüne dönebilir. Bu yolla hedef olmayan diğer organizma ve bitkilere ulaşan pestisit, bunlarda kalıntı ve toksisiteye neden olabilir.

Toprak ve bitki uygulamalarından sonra toprak yüzeyinde kalan pestisitler, yağmur suları ile yüzey akışı şeklinde veya toprak içerisinde aşağıya doğru yıkanmak suretiyle taban suyu ve diğer su kaynaklarına ulaşabilirler. Eğim, bitki örtüsü, formülasyon, toprak tipi ve yağış miktarına bağlı olarak taşınan pestisitler, bu sularda balık ve diğer omurgasız su organizmalarının ölmesine; bu organizmalardaki pestisit kalıntısının insanların gıda zincirine girmesi ve kontamine olmuş suların içilmesiyle kronik toksisitenin oluşmasına neden olurlar.

Toprağa geçen pestisitler güneş ışınlarının etkisiyle fotokimyasal degradasyona, bitki, toprak mikroorganizmaları ve diğer organizmaların etkisiyle biyolojik degradasyona uğramakta; toprak katı maddeleri (kil ve organik madde) tarafından alınıp verilmekte veya kimyasal yıkıma uğramaktadırlar. Toprak içine geçmiş pestisitler kapiller su vasıtasıyla toprak yüzeyine taşınmakta ve buradan havaya karışabilmektedir. Toprağın yapısı, kil tipi ve miktarı, organik madde içeriği, demir ve alüminyum oksit içeriği, pH'sı ve toprakta var olan baskın mikroorganizma türleri tüm bu olayları etkileyen faktörlerdir. Toprakta pestisitinin tutulmasıyla hareketi ve biyolojik alımı engellenmekte ve çeşitli şekillerde degradasyonu ile ya toksik özelliğini kaybetmekte ya da daha toksik metabolitlerine dönüşebilmektedir. Pestisitinin kendisinin ya da toksik dönüşüm ürünlerinin hedef olmayan yerleri veya organizmaları kontamine etmesi istenmediğinden tüm bu olayların bilinmesi ve incelenmesi önem taşımaktadır [8].



**Şekil 1.1** Tarımsal Kirliliğin Oluşumu [9]

#### 1.1.4. Pestisitlerin Toksikitesi

Pestisitler hedef organizmalarda farklı şekillerde etkili olmaktadır, bu mekanizma çok kompleks olmakla birlikte, hedef organizmadaki toksisite biyokimyasal bir süreç sonucunda ortaya çıkmaktadır. Kimyasal maddeler iki tipte toksik etki oluştururlar:

- **Akut toksisite;** tek bir dozda alındığında kısa sürede ortaya çıkan ve belirtileriyle tanımlanabilen etki
- **Kronik toksisite;** uzun bir süreçte, öldürücü doz altındaki tekrarlı alımlarda ortaya çıkan toksisite

Akut toksisitenin ölçüsü LD<sub>50</sub> değeridir. Bu değer popülasyonda % 50 oranında ölüm oluşturan doz olarak tanımlanabilmektedir. Düşük LD<sub>50</sub> değeri o bileşiğin toksisitesinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Dar alanlarda ortaya çıkan yoğun pestisit kirliliklerinin başlıca nedeni, yetersiz ve hatalı tarımsal uygulamalar, kazayla oluşan dökülmeler, uygulama araçlarının yıkanması ve temizliğiyle ortaya çıkabilmektedir. Yaygın kirlilik çoğu kez yeterli tarımsal uygulamaların yapıldığı alanlarda ortaya çıkabilmektedir, genellikle kullanılan pestisit önemli bölümü hedef organizma dışına gitmektedir. Pestisit uygulamalarında kullanılan miktarın % 0.1'den az bölümü hedef organizmaya ulaşırken diğer bölümü

ekosisteme karışmaktadır [5]. Biyosfere dahil olan pestisitlerin bozulmadan uzun süre doğal koşullarda kalmaları önemli çevre kirliliğine neden olur. Pestisitlerin toprakta kalma süreleri 1-2 hafta ile 2 yıldan daha fazla (15 veya daha fazla) olabilir. Örneğin fenoksiasitler, fenil karbamat gibi herbisitler ile paration, fasalon, dursban gibi insektisit fosfor esterleri 1-12 hafta, triazin, simazin ve pikloram gibi herbisitler 1-18 ay toprakta kalabilmektedir. Paraquat ve diquat gibi üre türevleri (bipiridil bileşikleri) suda iyi, alkolde az çözünürler fakat organik çözücülerde hiç çözülmezler. Toprak tarafından hızla emilip ayrıştırılırlar [6].

### 1.1.5. Herbisitler

Tarım alanlarında yabancı otlar ürün azalmasının yanında kültürel işlemlerin zamanında ve istenilen etkinlikte yapılmasını engellemektedir. Aynı zamanda zehirli tohumları ürüne karışarak insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkilemekte, hastalık ve zararlılara da konukçuluk etmektedirler [10]. Yabancı otların agroekosistemlere karışmalarından dolayı ciddi ürün kayıplarına sebep oldukları bilinmektedir [11]. Dünyada buğday, mısır, çeltik, pamuk, soya gibi bazı önemli kültür bitkilerinde hastalık, zararlı ve yabancı otlardan dolayı ürün kaybı yaklaşık % 67.15 olup, bunun % 13.78'i hastalıklardan % 21.75'i zararlılardan ve % 31.62'si ise yabancı otlardan kaynaklanmaktadır [12]. Dolayısıyla yabancı otlar ürün kayıplarında en önemli nedenlerdendir. *Zea mays* (mısır) bitkisinde sulama, gübreleme, hastalık ve zararlılarla mücadele dışında önemli bir diğer bakım işlemi yabancı ot kontrolüdür. Yabancı ot kontrolünde temel prensip, yabancı otun çıkışını engellemek veya çıkış sırasında kontrol ederek bitkiye vereceği zararı en aza indirmektir [13].

Yabancı ot mücadelesinde kullanılan başlıca yöntemler dört grup altında özetlenebilir: [14]

**a) Mekaniksel savaş yöntemleri:** Çapalama, elle yolma, toprak işleme ve su altında bırakma

**b) Fiziksel savaş yöntemleri:** Isı ve ışıklardan yararlanma

**c) Biyolojik savaş yöntemleri:** Bir canlı popülasyonunu; böcekler, balıklar, mantarlar ve bakteriler gibi diğer canlı organizmaları kullanarak azaltmak için kullanılan yöntemler

**d) Kimyasal savaş yöntemleri:** Sentetik ya da doğal yabancı ot öldürücüler (herbisitler) kullanılarak yürütülen mücadele yöntemleri

Bilindiği üzere kültürel ve kimyasal mücadele yabancı ot kontrolünde uygulanan temel yöntemlerdir. Kültürel mücadele, uygun ekim nöbeti, toprak işleme, ekim metodu ve bunlarla birlikte herbisit kullanımı ile yapılmaktadır. Kimyasal mücadele ise, yabancı ot tohumlarının çimlenmesini engelleyen, kontakt etki ile yabancı otları öldüren veya fizyolojik olarak hormon sistemini bozarak gelişmesini durduran çok farklı yapıdaki herbisitlerin kullanımı ile yapılır. Modern ürün üretiminde yabancı otları kontrol altına almada herbisitlerin kullanımı gereklidir [15-17]. Herbisitler tarım bitkilerine zarar veren yabancı otları yok etmek için son 30-40 yıldır en çok kullanılan maddelerdir. Simazin gibi triazinler veya aminotriazol mısır bitkisine karşı herbisit olarak kullanılmaktadır. Bu grup herbisitler köklerden emilmek suretiyle alındığı ve etkili olduğu belirtilmektedir. Bu maddelerin bitkilerde özellikle Calvin Çemberini etkileyerek CO<sub>2</sub> absorpsiyonunu inhibe ettiği belirtilmektedir [6].

Üreticiler tarafından sodyum klorat ve çeşitli arsenik türevleri uzun zaman yabancı otları yok etmek için kullanılmış, fakat sonra kullanımı sınırlandırılmıştır. Çünkü kullanıldığı alanda yıllarca hiçbir bitkinin gelişmediğini saptamışlardır. Bugün aynı özelliği gösteren çok sayıda organik sentez maddeleri mevcuttur [6]. Genel olarak bunları gruplandırılacak olursak;

#### **a) Yağ asitlerinin fenoksi türevleri**

Bunlar fenoksi veya klorofenoksi bileşikler olarak bilinir. Bu grupta bulunanlardan başlıcaları şunlardır:

- **2,4-D** (2,4-diklorofenoksi asetik asit)
- **2,4,5-T** (2,4,5 -triklorofenoksi asetik asit)
- **MCPA** ( 2-metil-4-klorofenoksi asetik asit)
- **2,4 DB** [ 4-(2,4-diklorofenoksi) bütirik asit]
- **2,4,5-TP** [ 2-(2,4,5-triklorofenoksi) propiyonik asit]

Fenoksi bileşikler su ve toprakta fazla çözünmezler, bu nedenle suda çözünebilir tuzlar veya yağda çözünebilir esterleri şeklinde kullanılır. Fenoksiasetik asit türevleri ticari amaçlı bir grup bileşiktir. Bu maddeler bitkide dokulara nüfuz ederek girer ve böylece meristem hücrelerinde fizyolojik bozukluklara neden olur ve sonuçta bitkiyi öldürür. Bu maddeler dikotiledonlarda büyümeyi durdurmaktadır.

**Triazin, simazin** veya **aminotriazol** gibi bileşikler mısır ve diğer hububat alanlarındaki yabancı otları yok etmek için kullanılan herbisitlerdir. Bu grup herbisitler

bir öncekiler gibi yaprak parankimasına etki yapmaz, fakat köklerle alınır. Bu maddelerin fotosentezde karanlık devrede Calvin Çemberini inhibe ettiği ve CO<sub>2</sub> tespitini ortadan kaldırdığı belirtilmektedir [6].

### **b) Fenil Üre Türevleri (Monüron, diüron, linüron, fenüron, monoliüron, metazol nebüron)**

Diğer bir grup herbisitleri oluştururlar. Bunlar, suda eriyebilir olup toprakta kısmen kalıcıdır. Bu maddeler uzun süre kullanılırsa çiçekli bitkilere oldukça zehir etkisi oluşturabilir, ancak fitoplanktonlara düşük dozda (0.1 ppb) etki yapar. Bipiridil bileşikler [bipiridin tuzları = diquat (dibromür tuzu şeklinde bulunur) ve paraquat (diklorür ve dimetil sülfoksit tuzları şeklinde kullanılır)] gibi herbisitler kullanıldığında yaprak meristemlerini kolayca tahrip ederler [6].

Bir herbisit etkili olabilmesi için bir seri özelliğe sahip olması gerekmektedir [18]. Bunlar:

1. Bitkilerle uygun etkileşim
2. Kolaylıkla emilim
3. Bitkilerde taşınırken bozulmadan hareket bölgesine ulaşması
4. Hareket bölgesinde yeterli toksite seviyelerine ulaşması

Uygulama yapılacak her herbisit için uygun zamanın tespit edilmesi de oldukça önemlidir. Örneğin asifluorfen veya paraquat gibi hücre membranında serbest kalan herbisitler, bitkiler yaprak dokusunu oluştururken uygulanması gerekmektedir [18].

Trifluralin veya alachlor gibi tohum çimlenme inhibitörleri, çimlenme başlamadan önce toprakta uygulanması gereklidir. Bunun yanı sıra çevresel faktörler herbisit performansını etkilemektedir [15, 18, 19].

### **Herbisit uygulama zamanları**

**1- Çimlenmeden önce (Preemergens):** Preemergens uygulama çimlenme öncesi uygulama ya da çıkış öncesi uygulama anlamına gelmektedir. Bu uygulamada herbisit çimlenme gerçekleşmeden önce uygulanmaktadır [18, 20-22].

**2- Çimlenmeden sonra (Postemergens):** Postemergens uygulama çimlenme sonrası ya da çıkış sonrası uygulama anlamına gelmektedir. Bu uygulama şeklinde herbisit mısır bitkilerine püskürtme yöntemiyle uygulanmaktadır [18, 20-22].

Herbisitler hedef olarak kullanıldıkları bitkiye zarar verdiklerinden dolayı bitki üzerinden beslenen ve barınan tüm canlıları olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle herbisitler, kullanılan pestisitler içerisinde doğaya en fazla zarar veren grup olarak nitelendirilmektedir. Herbisitlerin canlı organizmalar üzerinde toksik etki yaptığı bilinmektedir. Bu nedenle son yıllarda herbisitlerin etkileri ve bunlara karşı hücrelerin verdiği cevaplar hakkında yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bu çevre kirleticilerine maruz bırakılma sonucu canlı hücrelerde bulunan detoksifikasyon enzim sistemleri ve proteinler çeşitli şekillerde etkilenmektedir. Aynı zamanda herbisitler dolaylı olarak serbest oksijen radikallerinin üretimine neden olmaktadır. Oluşan bu radikallerde hücrenin proteinlerine, nükleik asitlerine, karbonhidratlarına ve lipidlerine atakta bulunarak savunma sistemini harekete geçirmektedir [21,22]. Herbisitler genellikle bitkilere özgün, örneğin fotosentez gibi biyokimyasal yolları da etkilemektedir. Bunun dışında değişik etki mekanizmaları olan farklı grup herbisitler mevcuttur [18].

#### **1.1.5.1. Herbisitlerin bitkiler üzerinde önemli etkileri**

Herbisitler bitkilerde farklı biyokimyasal parametreler ve bitki gelişimi üzerinde değişik etkilere sahiptirler. Bunlar:

#### **1. Hormonlar (Büyüme regülatörleri)**

Hormon herbisitleri geniş yapraklı yabancı otları yok etmek için seçilmektedirler. Bu gruptaki herbisitler hem ksilem hem de floemde taşınır. Sonuç olarak bu gruptaki birçok herbisit çok yıllık ve tek yıllık geniş yapraklı yabancı otlar üzerinde etkili olurlar. Hormonlara etki eden herbisitler [21, 22];

- Fenoksi asetik asitler
- Benzoik asitler
- Pyridinler

#### **2. Lipid sentezi**

Bu herbisitlerin bitki lipidlerinin üretiminde gerekli olan yağ asitlerinin oluşumunu önlediği belirtilmektedir. Lipidler yeni gelişmekte olan bitki ve hücre membranlarının bütünlüğü için hayati önem taşımaktadır. Lipid inhibitör herbisitlerinin yağ asidinin biyosentezinde gerekli olan anahtar bir enzimi inhibe ettiği ifade edilmektedir. Geniş



yapraklı bitkilerin bu herbisitleri tolere ettikleri, bununla birlikte hemen hemen bütün daimi ve yıllık otsu bitkiler için de hassas oldukları belirtilmektedir. Bu herbisitler yapraklı bitkiler tarafından alınır ve yeni gelişmekte olan kısımlara gitmek üzere floemde taşınmaktadırlar [21, 22].

Lipid sentezini inhibe eden herbisitler şunlardır:

- Sikloheksandionlar (Cyclohexanediones)
- Ariloksifenoksipropionatlar (Aryloxyphenoxypropionates)

### **3. Amino asit sentezi**

Amino asit inhibitör herbisitleri, normal bitki gelişimi ve büyümesi için anahtar olan spesifik amino asitlerin üretimini önlemek için özel bir enzim olarak hareket ederler. Başka bir anahtar bitki enziminin inhibisyonuyla, üç gerekli aromatik amino asitin üretimini inhibe etmektedirler. İmidazolinon, sülfonilürea, sülfonamid sınıfındaki herbisitler hem floem hem de ksilemde taşınırlar. Bu herbisitler bitki yaprakları ve köklerle alınmaktadırlar. Bu herbisitler yıllık ve daimi geniş yapraklı yabancı otlar veya otsu yabancı otlar üzerinde aktivite gösterirler. Amino asit türevli herbisitler ise bitkinin bütün bölgelerine floem aracılığı ile taşınmaktadırlar. Bunlar yıllık yabancı otlarda olduğu gibi daimi yabancı otları kontrol altına almada da son derece etkili herbisitlerdir [21, 22].

Amino asitleri inhibe eden herbisitler şunlardır:

- İmidazolinler (İmidazolinones)
- Sülfonilürealar
- Sülfonamidler
- Amino asit türevleri

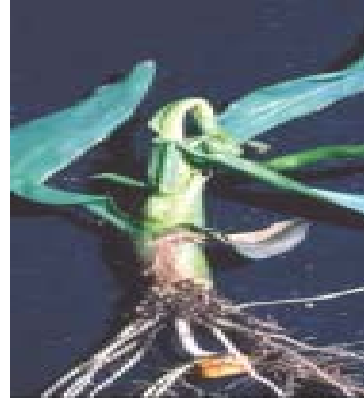
### **4. Fide gelişimi**

Gunsolus ve ark. (1999) ile Baumann ve ark. (1999) fide gelişimini inhibe eden herbisitlerin araştırmacılar tarafından, yeni gelişen bitkinin gelişimini engellediği ve toprakta normal olarak büyüyen fidelerin gelişim kabiliyetlerini azalttığı belirtilmektedir. Bu familyadaki herbisitlerin toprağa uygulanması önerilmektedir. Bu durumda herbisitler çimlenmeden sonra topraktan alınmaktadır. Bu yüzden de bu herbisitlerin sadece yıllık ve daimi yabancı otların fideleri üzerinde etkili oldukları belirtilmektedir. Fide gelişimi inhibitörleri kök ve sürgün gelişiminde önemi olan iki

temel bölgede hareket etmektedir. Kök inhibitörlerinin hücre bölünmesini durdurduğu aynı zamanda sürgün uzamasını inhibe ettiği bildirilmektedir. Sürgün gelişimi inhibe eden herbisitler büyümekte olan kök ve sürgünler tarafından alınır. Ksilem ve floem aracılığı ile büyümekte olan bölgelere taşınırlar [21, 22].

Fide gelişimini inhibe eden herbisitler şunlardır:

1. Kök gelişimini inhibe edenler;
  - Dinitroaninler (Dinitroanilines)
2. Sürgün gelişimini inhibe edenler;
  - Acetanilidler
  - Thiocarbamatlar



**Şekil 1.2** Herbisitlerin fide gelişimine etkisi

## 5. Fotosentez

Fotosentez inhibitörleri bitkinin kloroplastlarındaki spesifik bölgelere bağlanarak hassas bitkilerde fotosentetik süreçleri baskılamaktadır. Fotosentezin inhibisyonu bitkinin yavaş bir şekilde ölmesiyle sonuçlanabilir. Öncelikle yaprak dokusunun sararmasıyla (klorozis) başlamakta ve dokunun ölümüyle (nekrozis) sonuçlanmaktadır. Herbisitler kök veya yapraklı kısımlar aracılığı ile bitkinin içine alınmakta ve ksilem sayesinde bitki yapraklarına taşınmaktadır. Fotosenteik inhibitörler yıllık ve daimi otsu yabancı otları veya geniş yapraklı yabancı otları kontrol altına alabilir [21, 22].

Fotosentez üzerinde inhibitör etkisi olan herbisitler şunlardır:

1. Hareketli herbisitler;
  - Triazinler
  - Fenilürealar

- Urasiller

## 2. Hareketsiz herbisitler

- Benzothiadiazoles
- Nitriller

## 6. Pigment

Pigmentler üzerinde inhibitör etkisi olan herbisitler şunlardır:

- Isoxazolidinonlar
- Pyridazinonlar

Toprağa uygulanan bu herbisitler kök ve sürgünler tarafından alınır ve ksilem aracılığı ile bitkinin yapraklarına taşınır. Pigment inhibitörlerinin bitkilerde fotosentetik pigmentlerin oluşumuna engel oldukları ve buna bağlı olarak bu herbisitlerden etkilenen bitki kısımlarının yarı saydam halden beyaza dönüştüğü belirtilmektedir [21, 22].

## 7. Hücre membranı

Bu herbisitler postemergens etki gösteren herbisitlerdir ve hidrojen peroksit gibi oksijen bileşiklerini oluşturmak için güneş ışığına maruz kalarak aktive olurlar. Bu oksijen bileşikleri bitki hücre membranlarının parçalanmasıyla bitki dokusunu tahrip ederler. Hücre membranlarının yıkımı bitki dokusunun hızlı bir şekilde nekrozis olmasıyla sonuçlanır. Güneşli ve havanın açık olduğu bir günde herbisitlerin yaralanma semptomlarının 1 ile 2 saat arasında meydana geldiği belirtilmektedir. Bu herbisitler tek yıllık yabancı otların postemergens kontrolünde son derece mükemmel herbisitlerdir. Hücre membranı inhibitör herbisitleri toprakta çok az bir aktiviteye sahiptirler [21, 22].

Hücre membranı üzerinde inhibitör etkisi olan herbisitler şunlardır:

- Bipiridiliumlar  
- Difenileterler

## 8. Serbest Oksijen radikalleri

Herbisitler dolaylı olarak serbest oksijen radikallerinin üretimine neden olmaktadır. Oluşan bu radikallerde hücrenin proteinlerine, nükleik asitlerine, karbohidratlarına ve lipidlerine atakta bulunarak antioksidan savunma sistemini harekete geçirmektedir [21, 22].

### 1.1.5.2. CALLISTO

Litrede 480 gr mesotrione

LD50 mesotrione > 5000 mg/kg

Callisto, sadece mısırdaki kullanılmak üzere geliştirilen bir herbisittir [23-28]. Callisto'nun mısır tarlalarında tek yıllık geniş yapraklı yabancı otları başarıyla kontrol eden, yeni geliştirilmiş 'mesotrione' etkili maddesini süspansiyon konsantre formülasyonda içeren seçici bir herbisit olduğu bilinmektedir. Preemergens ve postemergens olarak kullanılan bir herbisittir [29-30]. Çimlenme sonrası ilaçlamalarda herbisit etkisini 5-7 gün içerisinde gösterdiği ve 14 gün sonra da yabancı otların öldüğü belirtilmektedir [23].

Callisto herbisiti (EPA Reg.No.100-1131) mısır alanında, tohumluk mısır üretiminde ve yeşillik için mısır yetiştirmede yıllık geniş yapraklı otların kontrolü için preemergens ve postemergens herbisit olarak tanımlanmaktadır [24-28].

Callisto, 1999'da United States Environmental Protection Agency (USEPA) tarafından riski azaltan bir pestisit olarak tanımlanmıştır. Metabolitler MNBA (4-(metilsülfonil)-2-nitrobenzoik asit) ve AMBA (2-amino-4-(metilsülfonil) benzoik asit)' dir. Mesotrion triketonlar diye adlandırılan kimyasalların bir sınıfına dahildir ve daha önceden kayıtlı olan geniş yapraklı herbisitlerden daha farklı bir hareket moduna sahiptir[24].

Callisto, esas itibarıyla yaprak, gövde ve çıkış öncesi uygulamalarda köklerden alınır, bitkilerin iletim dokularında (hem ksilem hem de floemde) süratle taşınır. Mesotrion amino asit konversiyonunu ve karotenoid biyosentezini ihibe etmektedir. Callistonun etkili maddesi mesotrione; yabancı otlarda direkt olarak karotenoid biyosentezini durdurur ve bitkileri ölüme götüren klorofil maddesinin parçalanmasını sağlamaktadır [23-24]. Mesotrion triazin, sülfonilüreaya dirençli yabancı otlarda etkili bir kontrol sağlar. Bir herbisit olarak mesotrionun hareket şekli, klorofili günışığındaki bozulmadan koruyan karotenoid pigment sentezinde gerekli olan p-hidroksifenilpürüvat dioksigenaz (HPPD) enziminin inhibisyonu şeklinde olmaktadır [24]. Postemergens uygulamalarda, yabancı otlarda ilk belirtiler 5-7 gün içinde ortaya çıkar, yaklaşık 14 gün sonra yabancı otlar tamamen yok olur [23]. Maksimum uygulama oranının her mevsim her dönüme 0,15 kg mesotrion olduğu bildirilmektedir [24]. Tavsiyelere uygun olarak kullanıldığında, mısır tarafından iyi tolere edilir. Tohumluk üretilen mısırlarda ve

kendileme hatlarda kullanılabilir. Tatlı mısır ve patlamalık mısır çeşitlerinde kullanıldığı bildirilmektedir.

Herhangi bir nedenle mısır çıkışı olmazsa, mısır tekrar ekilebilir. Münavebe bitkisi olarak toprak işlemeden sonra kışlık buğday, kolza ve ayçiçeği ekilebilir.

Şekerpancarı, bezelye ve bakla ekimi, Callisto uygulamasından 18 ay sonra ve toprak işlemeden sonra yapılabilmektedir. Mısır ekimini takiben münavebe bitkisi olarak şekerpancarı ve sebzeler ekilemez. Yabancı otlar ve mısır ıslakken, ilaçlama yapılmamalıdır [23].

## 1.6 Serbest Oksijen Radikalleri ve Antioksidanlar

Moleküler oksijen, aerobik yaşam için hem gereklidir hem de reaktif oksijen türlerinin oluşumundan dolayı bütün canlılar için yüksek oranda tehlikelidir [31]. Moleküler oksijenin canlılardaki toksik etkisinin gerçek nedeni oksijenin aktif türleri olan serbest oksijen radikalleridir. Serbest radikaller, ortaklanmamış elektrona sahip moleküller olarak tanımlanmaktadır. Bu radikallerin başlıcaları: süperoksit anyon radikali ( $O_2^-$ ), hidroksil radikali ( $^{\cdot}OH$ ), singlet (tekil) oksijen ( $^1O_2$ ), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ), hidroperoksit ( $HO_2^{\cdot}$ ) ve peroksit ( $O_2^{2-}$ ) radikalleridir [32].

Serbest oksijen radikalleri, hem çevresel etkenlere yani eksojen kaynaklı, hem de organizmadaki enzimatik ve enzimatik olmayan endojen kaynaklı tepkimelerle oluşmaktadır [32].

Serbest radikaller ile antioksidanlar arasında çok hassas bir denge vardır. Bu dengedeki düzensizlikler sonucu reaktif oksijen türlerinin birikimi oksidatif strese yol açmaktadır. Oksijen radikalleri (süperoksit anyon radikali, hidroksil radikali ve peroksi radikaller), hidrojen peroksit ve tekil oksijen gibi reaktif radikal olmayan oksijen türler, karbon, nitrojen ve sülfür radikalleri gibi çeşitli reaktif moleküllerin hücrel ve çevresel oluşumu oksidatif strese yol açmaktadır. Serbest oksijen radikallerinin meydana getirdiği bu etkilerin giderilmesi için organizmalar tarafından geliştirilen bir savunma sistemi mevcuttur. Antioksidan savunma sistemi adı verilen savunma sistemi, fizyolojik veya çevresel olarak meydana getirilen serbest oksijen radikallerini ortadan kaldırmaktadır.

Antioksidan savunma sistemi süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon redüktaz (GR), glutatyon-S-transferaz (GST), glutatyon peroksidaz (GPx) ve katalaz (CAT) gibi

antioksidan enzimleri ve glutatyon, vitaminler (A, C, E), melatonin ve bazı eser elementleri kapsayan enzim olmayan antioksidanları içermektedir [31].

Genel olarak enzimatik antioksidanlar hücre içinde, enzimatik olmayan antioksidanlar ise hücre dışında daha fazla etkilidir. Glutatyon (GSH) bir istisnadır. Çünkü glutatyon (GSH) hücre içi güçlü antioksidandır [32].

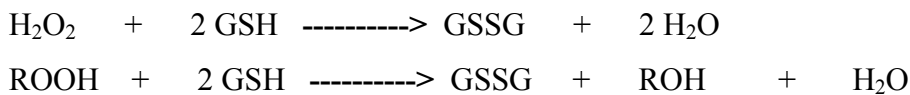
Antioksidanlar etkilerini iki şekilde gösterirler:

1. Serbest radikal oluşumunun önlenmesi;
  - Başlatıcı reaktif türevleri uzaklaştırıcı etki
  - Oksijeni uzaklaştırıcı veya konsantrasyonu azaltıcı etki
  - Katatlitik metal iyonları uzaklaştırıcı etki
2. Oluşan serbest radikallerin etkisiz hale getirilmesi
  - Toplayıcı etki: Reaktif oksijen türlerini (ROT) etkileyerek onları tutma veya çok daha az reaktif başka bir moleküle çevirme (örneğin: Enzimler)
  - Bastırıcı etki: Reaktif oksijen türleri (ROT) ile etkilenip onlara bir proton ekleyerek aktiviteye neden olma (örneğin: Vitaminler)
  - Onarıcı etki
  - Zincir kırıcı etki: Reaktif oksijen türlerini ve zincirleme reaksiyonları başlatacak diğer maddeleri kendilerine bağlayıp zincirlerini kırarak fonksiyonlarını önleyici etki (örneğin: Mineraller)

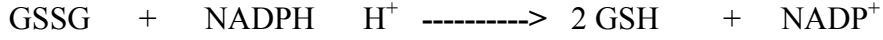
### 1.6.1 Antioksidan Enzimler

#### 1.6.1.2 Glutatyon Peroksidaz (GSH-Px)

Glutatyon peroksidaz (GSH-Px), hidrojen peroksit ve büyük moleküllü lipid hidroperoksitlerinin indirgenmesinden sorumludur. Sitozolda yerleşmiş, 4 selenyum atomu içeren tetramerik yapıda bir enzimdir. GSH-Px aşağıdaki reaksiyonları katalizleyerek, hidrojen peroksitin ve organik hidroperositlerin (ROOH) indirgenmesini sağlamaktadır.



GSH-Px'in iki substratı vardır. Substratlardan biri olan peroksitler alkole indirgenirken, diğer substrat olan glutatyon (GSH) yükseltgenir. Oluşan yükseltgenmiş glutatyon (GSSG), glutatyon redüktaz enziminin katalizlediği bir başka reaksiyon ile tekrar indirgenmiş glutatyona dönüşür [33].



GSH-Px'ler, lipid peroksidasyon ürünlerini detoksifiye edici bir role sahiptirler. Selenoprotein glutatyon peroksidaz (GSH-Px), hayvan dokularında hidrojen peroksiti detoksifiye eder fakat bitkilerde hidrojen peroksitin GSH'a bağlı redüksiyonunu katalizlemezler, yani bitkilerde böyle bir reaksiyon yoktur. [34].

### 1.6.1.2 Glutatyon Redüktaz (GSH-R)

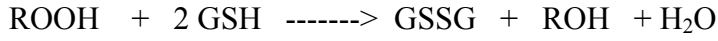
Dimer yapıları bir enzim olan GSH-R, hücrede indirgenmiş bir durumda glutatyon havuzu oluşturmak için, okside glutatyonu redükte glutatyona NADPH'a bağımlı olarak katalizleyen bir flavoproteindir.



Bu enzimin varlığında, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'in arttığı durumlarda, glutatyon havuzu indirgenme olayında çok etkili olmaktadır. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'i suya indirgemek için de NADPH'ı kullanır [31,32]. Birçok peroksitin detoksifiye edilmesinde indirgeyici güç kaynağı sağlayan NADPH, Pentoz Fosfat Yolu'ndan ve diğer sitoplazmik kaynaklardan elde edilmektedir [31]. Redükte glutatyon molekülü, antioksidan enzimler için elektron ve hidrojen kaynağı olarak kofaktör görevini tamamladıktan sonra okside glutatyon (GSSG) formuna dönüşür [32].

### 1.6.1.3 Glutatyon-S-Transferaz (GST)

GST'ler iki protein alt birimden oluşan bir enzim grubudur. GST'ler genel olarak üç sitozolik ve bir de mikrozomal olmak üzere dört ana gruba ayrılırlar. Böceklerde, bakterilerde ve birçok bitkide tanımlanmışlardır. GST'ler alfa, pi, mu, sigma ve teta olmak üzere beş sınıf altında incelenen dimerik enzimlerdir. Organizmaya giren ksenobiyotiklerin biyotransformasyonunda önemli rol oynamaktadırlar. Başta araşidonik asit ve linoleat hidroperoksitleri olmak üzere lipid hidroperoksitlere (ROOH) karşı GST'ler Se-bağımsız glutatyon peroksidaz aktivitesi gösterirler:



Bitkilerdeki GST'ler mısır, buğday, tütün, soya fasulyesi, arpa, cüce çam, karanfil, nohut, kadife yapraklı bitkiler, patates, süpürgearası, *Arabidopsis thaliana* ve şeker kamışında bulunmuştur. Bitkilerdeki GST'ler tip I, tip II, ve tip III olmak üzere üç tipte bulunur. Tip I, üç ekzon ve iki intron içerir; tip II, on ekzon ve dokuz intron içerir ve tip III, iki ekzon ve bir intron içermektedir. Mısırdaki GST, yüksek amino asit dizilerinin olduğu küçük bir bölgeye sahiptir [35].

Hayvan ve bitkilerin çeşitli dokularında GST'nin bol miktardaki varlığı ve her alana yayılması onların önemini vurgulamada belirleyici olmaktadır. Bitkilerde GST genleri birçok büyüme regülatörü, ağır metallerler, klorokarbonlar, oksidatif stres gibi faktörlerce teşvik edilmektedir [36]. Bitkilerdeki GST'nin doğal fonksiyonları arasında lipid hidroperoksitlerin ve fungal toksinlerin detoksifikasyonu, kuraklık toleransının artması, patojenlere karşı antioksidatif savunma ile ilgili bazı mekanizmalar bulunmaktadır [36].

### 1.6.2 Glutasyon (GSH $\gamma$ -L-glutamil-L-sisteini-glisin)

Glutasyon, glutamik asit, sistein ve glisin aminoasitlerinden meydana gelmiş bir tripeptittir (Şekil 1.3 ve Şekil 1.4) [35, 37-40]. GSH'a antioksidan özelliğini sisteinin tiyol grubu kazandırır. GSH'ın benzersiz yapısı, bu moleküle kararlılık, yüksek su çözünürlüğü ve savunmada önemli bir üstünlük sağlamaktadır. Glutasyon, redükte glutasyon (GSH) ve okside glutasyon (GSSG veya glutasyon disülfid) olmak üzere iki fomda bulunur [41,42].

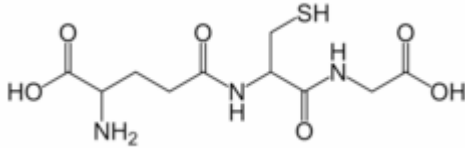
Glutasyon (GSH), aktif oksijen türlerine (AOT) karşı savunmada önemli bir intrasellüler antioksidandır ve ekstrasellüler mesafede çok düşük konsantrasyonlarda bulunur. GSH, mitokondri, nukleus ve sitoplazmada bol bulunan (milimolar düzeyde) ve hücre kompartmanlarında çözünebilen önemli bir antioksidandır [43]. Bitki hücrelerinde de en çok bulunan non-proteindir ve milimolar konsantrasyonlarda mevcuttur [44].

GSH, Se-GSH-Px enzimi ile H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'i ortadan kaldırılması sırasında disülfite (GSSG) reaktive oksijenin detoksifiye edilmesinde alternatif bir yol olarak görev yapmaktadır. Diğer enzimler oksidan olan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'den daha çok lipid peroksitleri kullanarak da glutasyonu okside edebilirler. Böylece GSH hem çözünebilir hem de lipid

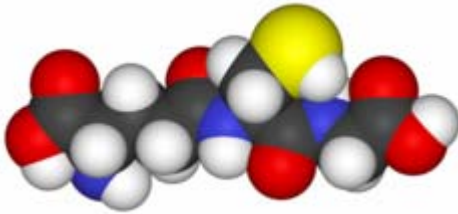


peroksitleri detoksifiye edebilir. GSSG daha sonra NADPH'ı kullanarak glutatyon redüktaz (GR) tarafından indirgenir [45].

Glutatyon (GSH), HO<sup>-</sup> ve singlet oksijen gibi reaktif oksijen türlerinin temizleyicisidir. Serbest radikal ve peroksitlerle reaksiyona girerek hücreleri oksidatif hasara karşı korumaktadır. Bunun dışında protein yapısındaki -SH gruplarını indirgenmiş halde tutarak ve demirin ferröz (Fe<sup>2+</sup>) halde tutulmasını sağlayarak pek çok proteinin ve enzimin inaktivasyonunu engeller hatta rejenere olmalarını sağlar [31,34,36]. Amino asitlerin transportunu sağlar. GSH, aynı zamanda elektrofilik bileşiklerin detoksifikasyonunda GST aracılığında bir kofaktör görevi görmektedir [46-48].



**Şekil 1.3** Glutatyonun açık formülü

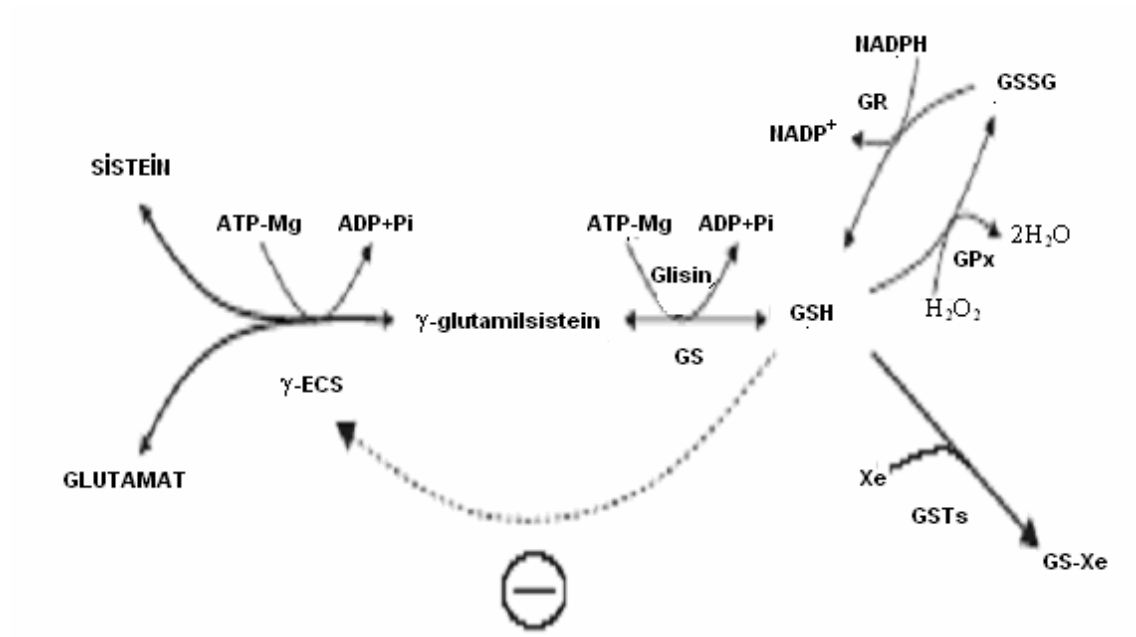


**Şekil 1.4** Glutatyonun 3D modeli

GSH; glutamat, sistein ve glisinden ATP'ye bağlı iki reaksiyon ile sentezlenen enzimatik özellikte bir proteindir. İlk reaksiyon oldukça sınırlıdır ve GSH1 tarafından kodlanan  $\gamma$ -EC sentetaz ( $\gamma$ -ECS) enzimi ile glutamat ve sisteinden  $\gamma$ -glutamilsisteinil oluşturmaktadır. Daha sonra GSH, GSH2 tarafından kodlanan GSH sentetaz enzimi ile katalize olan reaksiyonda glisinin ve  $\gamma$ -EC'nin bağlanması ile sentezlenir.

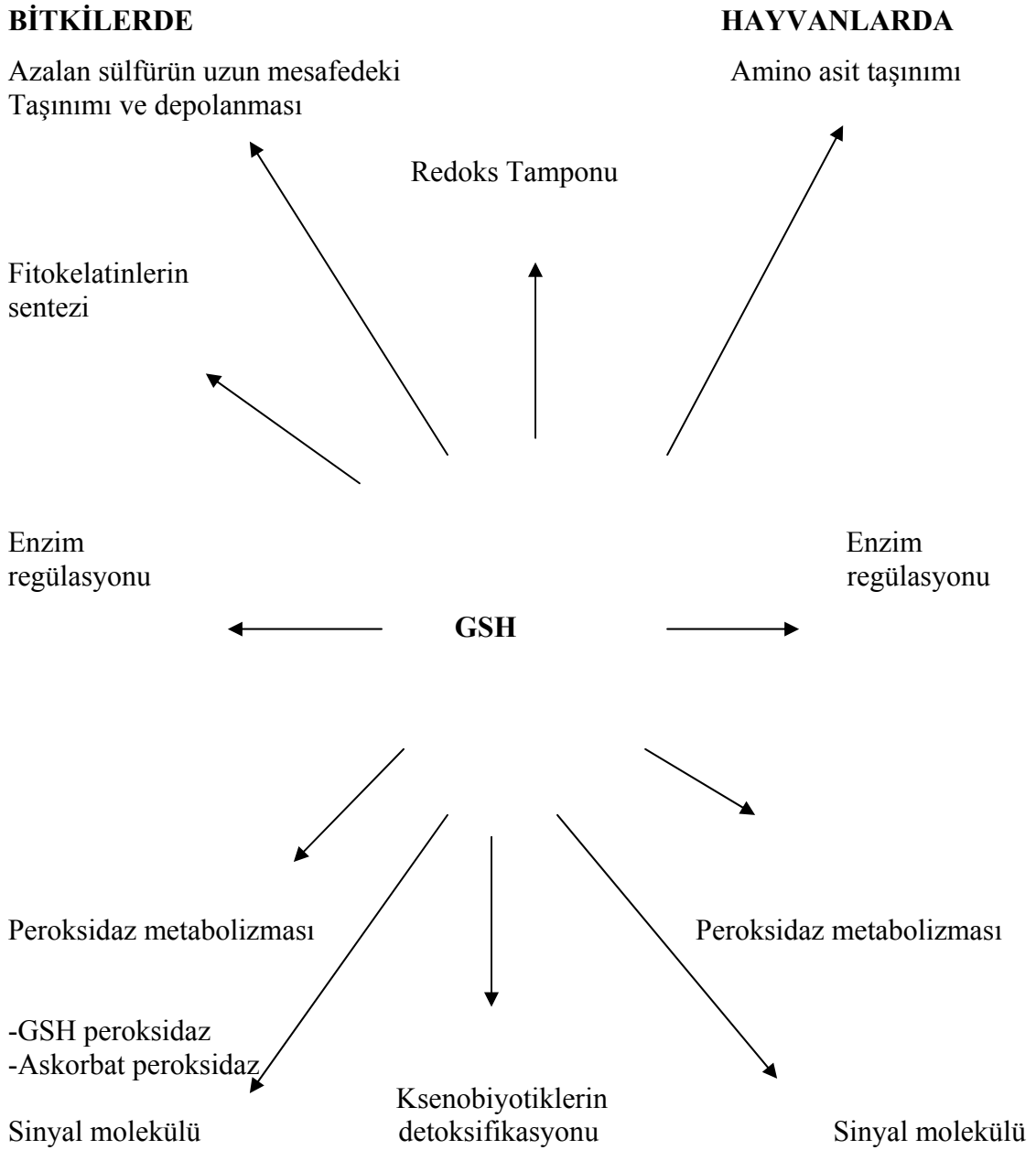
Hücrel GSH seviyesi sabit bir durumda metaboliksel olarak kontrol edilebilin diye oran sınırlayan  $\gamma$ -ECS enziminin feedback inhibisyonuna uğradığı düşünülmektedir. GSH antioksidan aktivitesinin bir bölümüyle okside olurken, GSH disülfid (GSSG) oluşur ve önemli bir hücrel redoks tamponu meydana gelir. GSH'ın okside olmuş formu olan GSSG, GR1 ve GR2 tarafından kodlanan GSH redüktazlar ile

nikotinamid-adenin dinükleotid fosfat (NADPH)'ın eşit olarak indirgenmesi ile yeniden GSH'a indirgenir (Şekil 1.5) [49].



Şekil 1.5 GSH metabolizması

Bitki ve hayvalarda glutatyonun fonksiyonları geniş bir spektruma sahiptir (Şekil 1.6) [50].



Şekil 1.6 Glutatyonun hayvan ve bitkilerdeki fonksiyonları [50]

## 1.7 Pigmentler

Pigmentler polar ya da nonpolar olabilir. Polar pigmentler suda çözünür, nonpolar pigmentler organik çözücülerde çözünürler. Polar pigmentler çoğunlukla merkezi vakuolde; nonpolar pigmentler ise plastid membranında bulunurlar. Kromoplast ve lökoplastlar kloroplastlardan gelişirler ya da protoplastidler olarak adlandırılan öncüllerden gelişirler.

Bütün yüksek bitkilerin kloroplastları fotosentezde ışık enerjisini etkin şekilde absorblayan iki temel pigmente sahiptir. Bunlar yeşil renkli klorofiller (a,b,c,d) ve kırmızı, sarı ya da portakal renkli karotenoidlerdir. Klorofil moleküllerinden en yaygın olanları klorofil a ve b molekülleridir. Klorofiller; fotosentez için gerekli güneş ışınlarını toplayan pigmentlerdir. Klorofil molekülü, porfirin ve fitol yan zinciri olmak üzere iki kısımdan oluşur. Porfirin, azot (N) içeren dört pirol halkasının N (azot) atomları yardımı ile ortada  $Mg^{2+}$  ile şelat oluşturacak şekilde birbirleri ile bağlanması sonucu oluşmuş bir yapıdır. Porfirinin dördüncü halkası 20 karbon atomu içeren bir alkol (fitol) ile esterleşmiştir. Klorofil molekülünden  $Mg^{2+}$  iyonu uzaklaşmasıyla, fotosistemde elektron alıcısı olarak görev alan feofitin oluşur. Klorofil a ve b arasındaki tek farklılık ikinci pirol halkası üzerindedir. Klorofil a bu pozisyonda (3. karbon atomu üzerinde) bir metil ( $-CH_3$ ) grubuna sahipken, klorofil b bir aldehid grubu ( $-CHO$ ) taşır. Bu küçük farklılık; ışığın farklı dalga boylarındaki düşük miktarlarının absorblanmasına ve onların birbirinden ayrılmasına yardımcı olmaktadır [51]. Molekül yapısındaki bu küçük farklılığa karşın klorofil a ve b hem mavi hem de kırmızı ışık spektrumu bölgelerinde farklı dalga boylarında ışık absorpsiyonu yaparlar. Mavi-mor bölgede klorofil a 429 nm, klorofil b ise 453 nm; kırmızı bölgede klorofil a 660 nm, klorofil b ise 642 nm dalga boyunda en yüksek absorpsiyon göstermektedirler. Ayrıca klorofil a ve b moleküllerinin çözünürlükleri de farklıdır. Klorofil a petrol eterinde, klorofil b ise en iyi metil alkolde çözünür [52].

Klorofil pigmentleri gibi karotenoidler de kloroplastlarda yerleşmişlerdir. Karotenoidler bir bitkide farklı şekilde bulunabilirler. İki esas tipi vardır: karotenler ve oksijenlenmiş karotenler (= ksantofiller). Karotenoidler 40 karbon (C) atomundan oluşan saf hidrokarbonlardır. Karotenin 3 temel alt grubu bulunur;  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  karotenoidlerin başlıcası, turuncu renkli olan  $\beta$ -karotendir. Sarı renkli karotenoidler olan ksantofillerin terminal halkasında oksijen bulunur. Yeşil yapraklarda bulunan bazı ksantofillere örnek olarak kriptoksantin, lutein, zeaksantin, violaksantin ve neoksantin

verilebilir. Karotenoid pigmentlerinin renkleri sarıdan mora kadar değişen lipid yapısındaki bileşiklerdir [52]. Aksesuar pigment olarak da adlandırılan bu pigmentlerin iki önemli görevi vardır. Birincisi, klorofilin ışık absorpsiyonu yapmadığı dalga boylarında ışık absorpsiyonu yapmaktır. İkincisi güneş ışığı altında klorofil moleküllerini oksijenin zararlı etkilerinden korumaktır [51].

## 1.8 Mısır (*Zea mays* L.) Hakkında Genel Bilgi

### Fam: POACEAE (Gramineae, Buğdaygiller)

Cins sayısı: 650

Tür sayısı : Yaklaşık 9.000

Kutuplardan ekvatora, deniz kenarlarından kar ve buzul sınırlarına kadar Dünya'nın her yerinde bulunur. Dünya vejetasyonunun % 20'sini oluşturur. Çok az ekolojik formasyonda bulunmaz. Ormanlar ve çöllerin dışında tüm vejetasyonların baskın bitki grubudur.

Saçak köklü tek yıllık ya da çoğunlukla toprak yüzeyinde dallanarak yastık oluşturan çok yıllık otsu bitkilerdir. Bazıları rizomlarla toprak altında, bazıları toprak yüzeyinde stolonlarla gelişirler. Dikey gelişen gövdeler silindriktir ve genellikle nodyumlar hariç içi boştur. Yapraklar aya ve kılıf olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır.

Buğdaygillerin morfolojisinde kılıfın özel bir önemi vardır. Gövdeyi sıkıca saran kılıf nodyumların üst kısmında, interkalar meristem bulunan kısma mekanik destek sağlar. Nodyumların üst kısmındaki bu meristem buğdaygiller için önemlidir. Yağmur, sel, çığnenme vb. gibi etkenlerle gövde yatarsa, tekrar dik duruma gelmesini sağlar. Paralel damarlı ayanın tabanında da meristem vardır [53].

Mısır; un, nişasta, mısır gevreği, mısır özü yağı, glikoz şurubu, taze tüketim ürünü olarak insan beslenmesinde aynı zamanda kesif yem, yeşil ve kuru ot olarak da hayvan beslenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [54]. Ayrıca mısır baklagiller, serin iklim tahılları ve diğer kültür bitkileri ile rotasyonda yer alması gereken önemli bir bitkidir [11,13]. Mısır C<sub>4</sub> tipi bir bitkidir. Yüksek ışık yoğunluğu olan ortamlarda ve 30–35 °C günlük sıcaklığa sahip olan bölgelerde yetişirler. Bu bitkiler yüksek bir fotosentez hızına sahiptir [52,55-58]. Mısır bitkisinin ortaya konmuş yabani formu bulunmadığından orjini henüz tam olarak saptanamamıştır.

Günümüzde üretimi yapılan hibrit çeşitler ilk olarak Amerika’da yapılan ıslah çalışmaları sonucunda elde edilmiş ve 1800’lü yıllarda Avrupa’ya, Güney Amerika’ya, Afrika’ya ve Avustralya’ya götürülmüştür [13,58–60].

Mısır çeşitleri, her biri içinde farklı tipleri içeren, yedi grup (çeşitler grubu ) altında toplanırlar. Bunlar aşağıda gösterilmiştir [13].

BİLİMSEL ADI	İNGİLİZCE ADI	TÜRKÇE ADI
<i>Zea mays indentata</i> Sturt.	dent corn	At dişi mısır
<i>Zea mays indurata</i> Sturt.	flint corn	Sert mısır
<i>Zea mays amylaceae</i> Sturt.	flour corn	Unlu mısır
<i>Zea mays sacharata</i> Sturt.	sweet corn	Şeker mısır
<i>Zea mays everta</i> Sturt.	pop corn	Patlak (cin) mısır
<i>Zea mays ceratina</i> Kulesch	waxy corn	Mumlu mısır
<i>Zea mays tunicata</i> Sturt	pop corn	Kavuzlu mısır

Mısır bitkisi yılın en sıcak döneminde yetişen bir bitki olduğundan su tüketimi fazladır. Ancak bunun yanında mısır tarla bitkileri arasında suyu en etkili kullanan, yani birim su ile en fazla kuru madde üreten bir bitkidir. Mısır bitkisi için faydalı su, yetişme döneminde yağın yağış miktarından toplam evaporasyon, yüzey akışı ve sızan su miktarı çıktıktan sonra kalan su miktarıdır. Mısır yetiştiriciliğinde makro veya ana besin elementleri olarak adlandırılan azot, fosfor ve potasyuma genellikle tüm topraklarda ihtiyaç duyulmaktadır. Sekonder mikro-besin elementlerinde (kalsiyum, magnezyum vd.) ise durum farklıdır. Bunların ancak bitkinin gereksinmesine ve toprağın durumuna göre uygulanması gerekir [13, 59-61]. Mısır bitkisinde sulama, gübreleme, hastalık ve zararlılarla mücadele dışında önemli diğer bir bakım işlemi yabancı ot kontrolüdür. Yabancı otlar hem doğal alanların hem de işlenen tarım alanlarının doğal bitkileridir [61, 62]. Kimyasal mücadele ise, yabancı ot tohumlarının çimlenmesini engelleyen, kontakt etkiyle yabancı otları öldüren veya fizyolojik olarak hormon sistemini bozarak gelişmesini durduran çok farklı yapıdaki herbisitlerin kullanılmalarıyla yapılmaktadır. Yabancı ot türlerinin hepsini kontrol edebilecek tek bir herbisit bulunmamaktadır. Bu nedenle farklı herbisitler kombine edilerek karışım halinde veya ayrı ayrı ve farklı zamanlarda uygulanmaktadır. Bilindiği üzere pestisitler çevre kirletici etmenler içerisinde canlı organizmaları direk olarak etkileyen kimyasallardır.

Bu araştırmada; mesotrion içeren Callisto ticari adı ile satışa sunulan ve *Zea mays* L. (mısır) üretiminde güvenli olduğu belirtilen herbisit, *Zea mays* cv. Martha F1

üzerinde farklı kriterler üzerinde etkilerini saptamak amaçlanmıştır. Öncelikle toksisite denemeleri yapılmış ve bunun sonucunda belirlenen konsantrasyonlarda preemergens ve postemergens olarak uygulama yapılmıştır. Uygulama gruplarında, bitkiler için önemi kaçınılmaz olan pigment sistemi ile antioksidan savunma sistemi üzerine etkileri araştırılmıştır.

### 1.9. Perlit Hakkında Genel Bilgi

Perlit, inci taşı anlamına gelen, grinin tonlarından siyaha kadar değişik renklerde doğal olarak oluşan silis esaslı camsı volkanik bir kayadır. Bu haliyle perlit'e ham perlit denmektedir. Ham perlitin 0.0–2.5 mm. aralıklarda kırılıp, değişik aralıklı eleklerden geçirilerek boyutlandırılmasına tasnif edilmiş perlit denmektedir [63]. Tasnif edilmiş perlitin 850–1150 °C'deki alev şokunda bünye suyunu kaybederek, patlaması sonucunda tane hacminin 35 misline kadar büyümesi haline genişletilmiş perlit denmektedir.



**Şekil 1.7** Perlit [63]

Perlitin kimyasal özellikleri; özel dokulu, iç yapısında belli oranda su içeren, asit bileşimli esas itibariyle volkanik camdır. Fibrik yapılı değildir. Nitrat sülfat, fosfor, ağır metal, radyoaktif element ve organik madde içermez. Dolayısıyla kimyasal olarak oldukça saftır. Perlit birçok alanda kullanılmaktadır [64].

Genleşmiş perlite ticari değer kazandıran en önemli özellik; az hacimdeki düşük yoğunluğu, fiziksel esnekliği, kimyasal sabitliği, düşük ses geçirgenliği, ateşe karşı dayanıklılığıdır [65].

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Mitchell ve ark. (2001) tarafından mesotrionun, mısırdaki (*Zea mays*) geniş yapraklı ve otsu yabancı otların preemergens ve postemergens kontrolü için geliştirilmiş olan yeni bir herbisit olduğu belirtilmektedir. Mesotrion içerikli Callisto'nun, Kaliforniya atkuyruğu bitkisi, *Callistemon citrinus*'dan elde edilen benzosikloheksan-1,3-dion herbisit ailesinin bir üyesi olduğu bildirilmektedir. Mesotrion *Arabidopsis thaliana*'dan HPPD'nin (*p*-hidroksifenilpürüvat dioksigenaz) son derece etkili bir inhibitörüdür. Mesotrion yapraklara uygulandıktan sonra yabancı otlar tarafından hızlı bir şekilde alındığı ve bitkilerin içinde hem akropetal hemde bazipetal taşınma yoluyla dağıldığı ve mısırın mesotrion'a toleranslı olduğu rapor edilmiştir [66].

Gutton ve ark. (2002) tarafından mesotrionun, mısırdaki yabancı otları baskılamada kullanılan ve HPPD enzimini inhibe eden yeni bir herbisit olduğu belirtilmektedir. Mesotrion önemli geniş yapraklı yabancı otların kontrolünü sağlamaktadır. Mesotrion, *Xanthium strumarium* L., *Amaranthus spp* ve *Sonchus spp.* türlerinde olduğu gibi asetolaktaz sentez (ALS) inhibitörlerine karşı direnç gösteren yabancı ot türleri gibi *Chenopodium album* L., *Amaranthus species* ve *Solanum nigrum* L. türleri gibi triazin direnci (TR) gösteren anahtar türlerine doğal seçici kontrol sağladığı ifade edilmektedir. Verilen bilgilerde atrazin, simazin, terbütiazin ve metribuzin gibi triazin herbisitlerine karşı veya mesotriona karşı duyarlı olan imazethopyr gibi ALS inhibitör herbisitlere karşı dirençli bu türlerin biyotiplerine dirençli ve hassas olduğu saptanmıştır[67].

Creech ve ark. (2004)'de yaptıkları çalışmada dört yabancı ot türü olan *Setaria viridis* (L) Beauv, *Echinochloa crus-galli* (L) Beauv, *Abutilon theophrasti* Medic ve *Amaranthus retroflexus* L.'un yapraklarına atrazin, mesotrion veya atrazin ile mesotrionun bir kombinasyonunun uygulanmasından sonra *Zea mays* L ve bu yabancı ot türlerinin büyümesi ve fotosentez üzerine etkilerini çalışmışlardır. Üç herbisit uygulanmasına karşı bitki tepkileri kontrol gruplarıyla karşılaştırılmıştır. Herbisit uygulanan gruplarda fotosentez ve kuru ağırlık üzerinde azalma olmadığı saptanmıştır. Atrazin ve mesotrion ayrı ayrı veya bir arada kullanılması durumunda *E. crus-galli*, *A retroflexus* ve *A. theophrasti*'nin kuru ağırlığının ve fotosentezde önemli oranda azalma olduğu bildirilmiştir. Herbisitlerin ayrı ayrı veya birlikte uygulanmasından 14 gün sonra *S. viridis* bitkilerinin kuru ağırlığını ve fotosentezi etkilemediği rapor edilmiştir. Bu üç



herbisit uygulamasının hepsi geniş yapraklı yabancı otların yoğunluğunu, mesotrionun tek başına uygulandığı *A. retroflexus* hariç önemli oranda azalttığı belirtilmiştir [68].

Callisto'nun mısır tarlalarında tek yıllık geniş yapraklı yabancı otları başarıyla kontrol eden, yeni geliştirilmiş 'mesotrion' etkili maddesini süspansiyon konsantrasyonunda içeren seçici bir herbisit olduğu belirtilmektedir [69]. Handwerk ve ark. (1998) tarafından herbisitinin etkin maddesinin pigment sistemi üzerine etkin olduğu ve çimlenme sonrası ilaçlamalarda herbisidin etkisini 5–7 gün içerisinde gösterdiği ve 14 gün sonra da yabancı otların öldüğü bildirilmiştir [70].

Edwards ve Owen (1986), *Zea mays* fideleri ve hücre kültür süspansiyonlarında atrazin herbisitinin detoksifikasyonunu karşılaştırmışlardır. Bitkinin bütün sürgünlerinde hızlı bir detoksifikasyonun olduğu diğer taraftan hücre kültüründe böyle bir durum olmadığı ifade edilmiştir. Metabolizmadaki bu farklılık, bitki sürgünlerindeki ve hücrelerdeki glutatyon-S-transferaz izoenzimlerinin çeşitli substrat özelliklerinden kaynaklandığı belirtilmektedir. Yaprak dokusundan izole edilen enzimin tek bir formu, hem atrazin hem de kloroasetanilid herbisitini birleştirmiştir. Bununla birlikte metoalaklara karşı aktivite göstermesine fakat atrazin karşı hiçbir aktivite göstermemesine rağmen, süspansiyon hücre kültürlerinde iki izoenzimin mevcut olduğu belirtilmiştir [71].

2000 ve 2001 yılları arasında Doğan ve arkadaşları tarafından yürütülen çalışmalarda mısır ekim alanlarında optimum yabancı ot mücadelesi zamanının belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemeler yazlık kültürlerde en sık rastlanan önemli yabancı ot türleri olan topalak (*Cyperus rotundus* L.), horoz ibiği (*Amaranthus retroflexus* L.), semizotu (*Portulaca olearacea* L.) ve kazayağı (*Chebopodium album* L.) ile doğal olarak yabancı otların geliştiği alanlarda yürütülmüştür. Yabancı ot mücadelesi için gerekli olan kritik periyodun mısırın 3 ile 10 yapraklı dönemleri arasındaki periyot olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar mısır bitkisinde yabancı ot rekabetinden dolayı ortaya çıkan verim kayıplarının engellenmesi için uzun süreli yabancı ot kontrolü yerine yalnızca kültür bitkisinin 3 ile 7-10 yaprak dönemi arasında yapılan bir yabancı ot mücadelesinin kabul edilebilir bir verim seviyesini sağladığı bildirilmiştir. Böylelikle yabancı ot mücadelesinin üretim maliyeti içerisindeki payının ve yoğun mücadele önlemleri sonucunda ortaya çıkan bazı risklerin azaltılmasının mümkün olacağı ifade edilmiştir [72].

Coşkun ve ark. (2002) buğday (*Triticum aestivum* L. cv. Cumhuriyet-75), arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. Kaya), nohut (*Cicer arietinum* L. cv. İspanyol) ve mercimeğe

(*Lens culinaris* Medik. cv. kışlık-kırmızı-51) herbisitlerden 2,4-D ve linuron ile insektisitlerden paratyon metil ve malatyon uygulamışlardır. Uygulama sonrasında, kök ve filizlerdeki glutatyon-S-transferaz aktivitesinde bir artış olduğu bildirilmiştir. Benzer bir artışın bitkilerin GSH seviyesinde de meydana geldiği rapor edilmiştir [73].

Cataneo ve ark. (2002) mısır (*Zea mays* L.), süpürgearası (*Sorghum bicolor* L.) ve buğday (*Triticum aestivum* L) (Poaceae) bitkilerinde asetoklor, atrazin ve oxyfluorfen herbisitleri ile glutatyon S-transferaz (GST) aktivitesi arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Uygulama işlemlerinden 24, 48 ve 72 saat sonra GST aktiviteleri araştırılmıştır. Deneydeki bitkilere su (kontrol), asetoklor (3 L.ha<sup>-1</sup>), atrazin (4 L.ha<sup>-1</sup>) ve oxyfluorfenin (1 L.ha<sup>-1</sup>) püskürtülmüştür. En yüksek GST aktivitesinin asetoklor'un uygulanmasından 48 saat sonra belirlendiği rapor edilmiştir. Mısır, süpürgearası ve buğdayın kontrol grupları ile karşılaştırıldığı zaman sırasıyla artışların % 105, % 148 ve % 118 olduğu tespit edilmiştir. Araştırmaların sonucunda, herbisitlerin bu ürünlerde seçici olduğu bildirilmiştir [74].

Hagood ve ark. (2001) bir dizi çalışma yapmışlardır. Bu çalışmalarda mesotrionu, imazethapyr'lı kombinasyonları ve imazethapyr + imazaphyr'lı karışımları değerlendirmek açısından tarlada çalışmalar yapılmıştır. İmazethapyr'lı ve imazethapyr+imazaphyr'li mesotrion kombinasyonlarının, *Ambrosia artemisiifolia* L., *Chenopodium album* L. ve *Ipomoea spp.*'de tek başına imazethapyr veya imazethapyr+imazaphyr'li karışımlardan daha fazla kontrol altına aldığı belirtilmiştir. Benzer şekilde imidazolin herbisitli mesotrion karışımlarının, dev tilkikuyruğunu (*Setaria faberi* Herrm.) tek başına mesotrion kullanılmasından daha fazla kontrol altına aldığı saptanmıştır. Bütün bu çalışmalar neticesinde ürün kaybının % 11'den daha az olduğu belirtilmiştir [75].

Delvin ve ark. (1979), 1-(m-trifluorometilfenil)-3-kloro-4-klormetil-2-pyrolidone (R-40244) herbisitini kullanarak buğday (*Triticum aestivum* L. 'Mericopa') ve mısırdaki (*Zea mays* L. Merit) klorofil üretimini araştırmışlardır. 320 µmol/l R-40244 herbisitinin buğdaya uygulanması sonucu buğday filizlerinin klorofil içeriğinde % 96'lık bir azalma olduğu rapor edilmiştir. 320 µmol/l R-40244 herbisitinin mısıra uygulanması sonucunda ise mısırın klorofil içeriğinde %44'lük bir azalma olduğu bildirilmiştir. 320 µmol/l R-40244 herbisitinin uygulanması neticesinde hem buğday hem de mısırdaki karotenoid üretiminin inhibe edildiği vurgulanmıştır. Herbisit karotenoid üretiminde buğdayda % 97'lik bir azalma ve mısırdaki % 44'lük bir azalmaya sebep olduğu

belirtilmiştir. Araştırmacılar, karotenoid üretiminin inhibisyonunun R-40244 herbisitinin hareket şeklini tayin edebileceğini öne sürmüşlerdir [76].

Gregory ve ark. (2003) mısıra preemergens veya postemergens uygulanan mesotrionun etkinliğini belirlemek amacıyla tarla çalışmaları yapmışlardır. Aynı zamanda paraquat ve 2,4-D glifosatın (glifosfat- TMS) trimetilsülfonyum tuzu ile oluşturulan kombinasyonlarda, mesotrion-asetoklor karışımları da araştırılmıştır. Mesotrionun 235 g ai/ha veya daha fazla miktarda preemergens olarak uygulanmasının yabancı otları en az % 80 kontrol altına aldığı bildirilmiştir [77].

Pastori ve ark., (2000), mısır yapraklarının mezofil hücreleri ve demet kını arasındaki antioksidanların dağılımını, 15 °C, 18 °C ve 20 °C’de yetişen mısır bitkilerinde analiz etmişlerdir. 15 °C’de yetişen bitkilerin demet kını hücrelerinde, askorbat peroksidaz, CuZn-süperoksit dismutaz (CuZn-SOD) ve monodehidroaskorbat redüktaz aktivitelerinin arttığı ve mezofil hücrelerinde ise glutatyon redüktaz (GR), dehidroaskorbat redüktaz ve monodehidroaskorbat redüktaz aktivitelerinin arttığı bildirilmiştir. 20 °C’de yetişen bitkilerin askorbat ve glutatyon içerikleri mezofil hücrelerinde, demet kını hücrelerindekiinden daha fazla olduğu belirtilmiştir. Yaprak demet kını ve mezofil dokuları arasındaki antioksidanların farklı dağılımının 20 °C ‘de olduğu rapor edilmiştir[78].

Gandul-Rojas ve ark. (2004) bir çalışmada, zeytinde (*Olea europaea* cv. Hojiblanca) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 2,4-diklorofenol’ün (DCP) varlığında klorofil pigmentlerinin azalmasını katalizleyen çözünmüş tilakoid membranında bir peroksidatif aktivite olduğunu ifade etmişlerdir. Bu azalmanın ara ürünleri, HPCL kullanılarak analiz edilmiştir. Sonuçta 13<sup>2</sup>-OH-klorofil a ve 13<sup>2</sup>-OH-klorofil b’nin birincil katabolitleri olduğu rapor edilmiştir. Peroksidatif aktivitenin sadece klorofil a ve klorofil b ile değil aynı zamanda fotosentetik süreçlerde aksesuar olan karotenoidler gibi diğer pigmentlerde de tilakoid membranlarda ortaklaşa davrandığı bildirilmiştir. Araştırmacılar klorofil a/b ve toplam klorofil a+b / karotenoid oranlarının azalmasının, klorofil a’nın klorofil b’den daha fazla olduğu ve klorofil a + b’nin karotenoidlerden daha fazla azaldığı için olduğunu rapor etmişlerdir [79].

Scarponi ve ark. (1992) mısır (*Zea mays*) ve soya (*Glycn max.L.*) bitkilerine herbisit uygulamaları neticesinde GST aktivitesinde bir artış ve klorofil pigmenti içeriğinde ise bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Mısırdaki GST aktivitesinin soyadakinden daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Glutatyonun herbisitler ve insektisitlerle konjugasyonu, bitkilerin detoksifikasyon mekanizmalarının en

önemlilerinden biri olduğunu vurgulamışlardır. Bu konjugasyonun, glutatyon-S-transferazlar olarak bilinen multifonksiyonel bir enzim ailesi tarafından katalizlendiğini belirtmişlerdir [80].

Arnold ve ark. 2002 ve 2003’de *Amaranthus retroflexus* L., *Amaranthus blitoides* S. Wats., *Solanum nigrum* L., *Chenopodium album* L. ve *Salsola iberica* kontrolünde postemergens herbisitleri değerlendirmek ve bu yabancı otların mısırdaki ürün kaybı ile verimine olan etkilerini araştırmak için bir çalışma yapmışlardır. Araştırma sonuçlarında herbisit uygulanmasının ürün kaybı olmaksızın hem yabancı otları kontrol altına aldığını hem de ürün verimini önemli oranda arttırdığı belirtilmiştir [81].

Alla ve Hassan (2006), iki mısır türüne (*Zea mays* L. Hibrid 351 ve Gizza 2) önerilen tarla dozunda 20 gün boyunca sürekli atrazin uygulamışlar ve bu grupta mısır sürgünlerinin gelişimini ve antioksidan seviyelerini incelemişlerdir. Atrazinin, Gizza 2’de bütün çalışma boyunca kuru ve yağ ağırlığının önemli oranda azalttığı, buna karşılık H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, lipid peroksidaz ve karbonil gruplarının önemli oranda biriktiği bildirilmiştir. Aradaki zaman boyunca, süperoksit dismutaz, katalaz, askorbat peroksidaz, guaiakol peroksidaz ve glutatyon-S-transferazın aktivitelerindeki önemli inhibisyonlarla beraber, askorbik asit ve glutatyon (GSH) içeriklerinde de önemli oranda azalma olduğu rapor edilmiştir. Benzer tepkilerin ilk 12 gün boyunca Hibrid 351’de meydana geldiği bildirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, mısıra sürekli olarak atrazin uygulanmasının oksidatif stresi teşvik ettiği rapor edilmiştir [82].

Garcia ve ark. (2001), bitkilerde patojen direncinin gelişiminde oksidatif sürecin rolünü belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Tütün bitkilerinde (*Nicotiana tabacum* L. cv. Tennessee 86) süperoksit dismutaz (SOD), guaiakol peroksidaz (GPX), katalaz (CAT), ve askorbat peroksidaz (APX) aktiviteleri ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seviyeleri üzerinde bor (B) ve fungusitin kombine etkilerini araştırmışlardır. Fungusit olarak 2.6 mM konsantrasyonunda karbendazim’in (carb) ve bor’un (B) ise 1.6 mM (B<sub>1</sub>), 4 mM (B<sub>2</sub>), 8 mM (B<sub>3</sub>), 16 mM (B<sub>4</sub>), 32 mM (B<sub>5</sub>), ve 64 mM (B<sub>6</sub>) H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> olarak uygulandığı bildirilmiştir. Sonuçta, tek başına karbendazim’in yaprakta SOD, GPX, CAT veya APX aktivitelerini arttırmadığı ya da H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>’de birikiminin olmadığı belirtilmiştir. Bor ve karbendazim’in kombine uygulanmasının özellikle carb-B<sub>3</sub> ve carb-B<sub>4</sub>’de SOD, GPX, CAT veya APX aktivitelerini arttırdığı rapor edilmiştir [83].

Glutatyon (GSH), oksidatif hasara karşı bitkileri savunmada oldukça önemlidir. Ogawa (2005), bitkilerde stres durumlarında bitkinin gelişimi ve strese tepkilerin

ayarlanmasında glutasyonun işbirliğini araştırmıştır. Bununla birlikte yüksek redoks potansiyelli askorbat yüksek konsantrasyonlarda mevcuttur ve bir elektron donörü olarak hidrojen peroksiti temizlemek için kullanılmıştır. Bu çalışmada bitkilerdeki glutatyona bağlı olaylar özellikle hücre farklılaşmasını içeren büyüme ve gelişme, hücre ölümü ve senesens, patojen direnci ve enzimatik regülasyon üzerindeki etkiler çalışılmıştır. Bu çalışmanın neticesinde stres koşullarında, glutasyon miktarının önemli oranda arttığı bildirilmiştir [84].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada *Zea mays*'ın Martha F<sub>1</sub> kültür formu seçilmiştir. Araştırmada kullanılan tohumlar May Tohumculuk'tan, kullanılan herbisit (Callisto) ise Sygenta Firması'ndan temin edilmiştir.

Deneyler preemergens ve postemergens uygulama olmak üzere iki aşamada yürütüldü. Uygulamadan sonra farklı zamanlarda alınan kontrol ve uygulama gruplarında pigment analizi (klorofil a [Kla], klorofil b [Klb], karotenoid ve toplam klorofil) De Kok ve Graham (1989) [85] ile Lichtenthaler ve Welburn (1983)'e göre [86] yapıldı.

Ayrıca, aynı gruplarda Total Glutasyon miktar tayini Akerboom ve Sies (1981)'e göre [87]; Glutasyon Redüktaz aktivite tayini Cribb, A.E. ve ark. (1989)'e göre [88]; Glutasyon-S-transferaz tayini de Habig vd. (1974)'e göre [89] yapıldı.

#### 3.1. Preemergens Uygulama

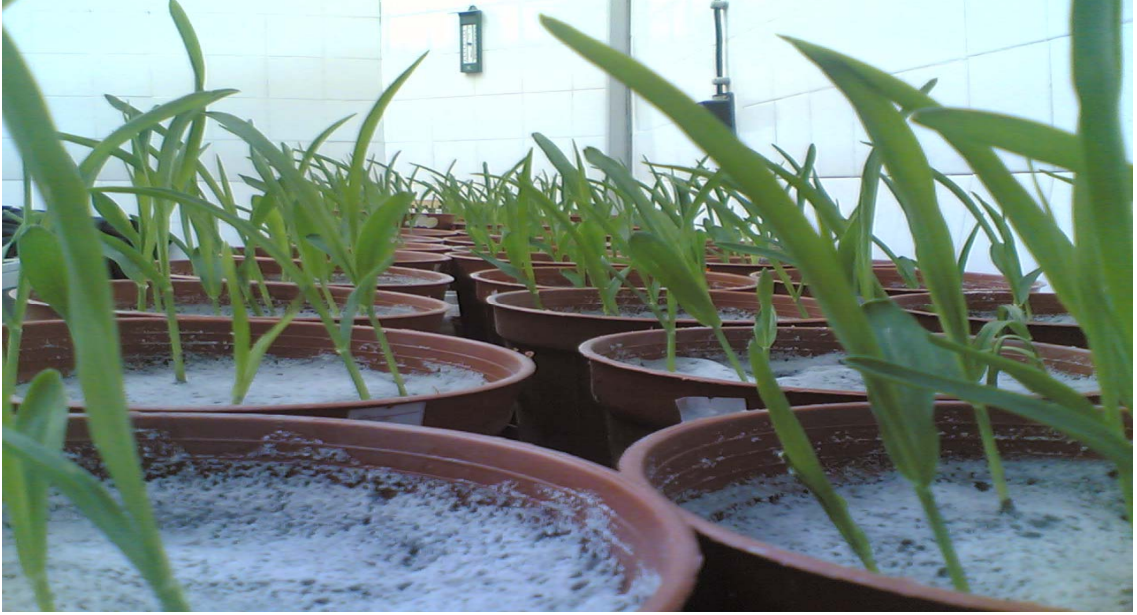
Bu araştırmada preemergens uygulama ile toksite denemeleri yapıldı. Bu uygulamada herbisit çimlenme gerçekleşmeden önce uygulandı.



Şekil 3.1 *Zea mays*'da preemergens uygulama

### 3.2. Postemergens Uygulama

Bu uygulama şeklinde herbisit mısır bitkilerine püskürtme yöntemiyle uygulandı. Püskürtme işlemi mısır bitkilerinin boyu yaklaşık olarak 18-20 cm arasındayken yapıldı.



**Şekil 3.2** Postemergens uygulama için hazırlanmış mısır bitkileri

Bu yöntemde de mısır tohumlarını preemergens uygulamadaki gibi bir dizi işlemden geçirildi:

1. Mısır tohumları 10 dakika çamaşır suyunda bekletildi
2. Tohumlar süzüldü
3. Musluk suyundan birkaç defa geçirildi
4. Tohumlar distile suda 5 dakika arayla 3 defa bekletildi
5. Tohumlar 24 saat boyunca Hoagland çözeltisinde bekletildi
6. Daha sonra saksılara ekim yapıldı

*Zea mays*'ın Martha F<sub>1</sub> kültür formu perlite yerleştirildi ve bitkiler bu sürede Hoagland çözeltisiyle sulandı. Bu çalışmalar iklim odasında yürütüldü. İklim odasının sıcaklığı 23 °C ± 2 °C' ye ayarlanmış, ortamın neminin ise yaklaşık olarak % 60 olması sağlandı.



**Şekil 3.3** Herbisit uygulamasından sonraki günlerde bitkilerin alınması

Deneyin kurulmasından 18 gün sonra mısır bitkilerinin boyu 17 cm ile 20 cm arasındayken 13, 18, 25, 35, 49, 69, 96, 134, 188, 264, 369 ppm'lik konsantrasyonlarda hazırlanan çözeltiler, bitkinin yapraklarına püskürtme yöntemiyle uygulandı.

Püskürtmeden sonraki 1, 5, 10. ve 15. günlerde yaprak örnekleri alınarak folyo ile sarıldı ve derhal sıvı azotta şoklandıktan sonra -40 °C'de derin dondurucuya alındı. Bu örneklerde pigment analizi ve glutatyon redüktaz, glutatyon-S-transferaz ve glutatyon analizi yapıldı.

### **3.3 Pigmentlerin Ekstraksiyonu ve Saflaştırılması**

Pigmentlerin ekstraksiyonu De Kok ve Graham'a göre yapılmıştır [85]. Pigment çalışması; örneklerin öğütülmesi, 1/5 oranında sulandırma, santrifüj ve spektrofotometrede okuma olmak üzere 4 aşamada yürütüldü.

Bu çalışmada kullanılan örnekler 1.gün, 5. gün, 10. gün ve 15. gün olmak üzere dört gruba ayrılmıştır ve bu dört grup için yukarıda sıralanan işlemlerin hepsi ayrı ayrı yapılmıştır.

Öğütme işleminde her bir örnek için 3 tekrarlı olmak üzere 0.40 gram tartılıp cam havanda 20 ml aseton ( % 100'lük- Merck) içerisine konulmuştur. 6 dakika boyunca iyice ezilerek homojenize edilmiştir. Daha sonra ışık görmeyecek şekilde



aliminyum folyo ile kapatılmış erlenlere konularak erlenlerin ağızı parafilm ile kapatılmıştır. Çalkalamalı etüvde 30 dakika homojenize edilmiştir. Daha sonra bu örnekler 4 °C'ye ayarlı buzdolabında 24 saat süreyle bekletilmiştir.

Sulandırma işleminde buzdolabında 24 saat bekletilen örnekler buzdolabından çıkartılmıştır ve süzülmüştür. Süzülen bu örnekler 1/5 oranında sulandırılmıştır. Bu örnekler çalkalamalı etüvde 15 dakika tekrar homojenize edildikten sonra tekrar buzdolabında 24 saat bekletilmiştir.

Santrifüj işleminde örnekler buzdolabından alınıp 3000 devir/dk'da 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra süpernatantlar folyo ile sarılmış ışık görmeyen cam tüplere aktarılıp ağızları parafilm ile kapatılmıştır ve örnekler okunmaya hazır hale getirilmiştir.

Spektrofotometrede okuma işleminde ise santrifüj edilen örneklerin absorbans değerleri Lichtenthaler ve Welburn (1983)'a göre 470, 645 ve 662 nm'de okunmuştur ve klorofil a, klorofil b, karotenoid ve toplam klorofil miktarları aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır [86].

$$K_{la} = 11.75.A_{662} - 2.35.A_{645}$$

$$K_{lb} = 18.61.A_{645} - 3.96.A_{662}$$

$$Karotenoid = \frac{1000.A_{470} - 2.27.K_{la} - 81.4.K_{lb}}{}$$

227

$$\text{Toplam Klorofil} = K_{la} + K_{lb}$$

A = Absorbans değeri

K<sub>la</sub> = Klorofil a

K<sub>lb</sub> = Klorofil b

### 3.4. Enzim Ekstraksiyonu

Püskürtme işleminden sonraki 1. gün, 5. gün, 10. gün ve 15. günlerde kontrol ve diğer örnek gruplarından yaprak ekstratları alınmıştır. Bu yaprak ekstratları 0.5 g olacak şekilde tartılmıştır. Ekstratlara 2,5 ml 0.1 M Tris-HCl (pH 7.5) tamponu, 2,5 ml 0.1 mM EDTA ve 0,5 ml %1'lik PVP ilave edilerek homojenize edilmiştir. Homojenat ependorflara konulup santrifüj yapılmak için hazırlanmıştır. Homojenizasyon işleminden sonra ependorflara konulan ekstratlar, 4°C'de 18.000 rpm devirde 30 dk santrifüj edilmiştir [90]. Süpernatantlar alındıktan sonra okunma yapılıncaya kadar -40 °C'de derin dondurucuda saklanmıştır.

### 3.5 Enzim Aktivitelerinin Tayini

#### 3.5.1 Glutasyon Redüktaz Aktivitesinin Tayini

Glutasyon redüktaz aktivite tayini, Cribb, A.E ve ark. (1989)'na göre yapıldı ve bunun için sırasıyla aşağıda belirtilen çözeltiler hazırlandı [88].

pH : 7,5'lik 0,2 M potasyum fosfat tamponu ( $K_2HPO_4$ -  $KH_2PO_4$ ) (1mM EDTA içinde), 12mM NADPH, 0,1mM DTNB ve 3,25mM GSSG (EDTA'lı tampon içinde) enzim aktivitesi ölçülürken taze olarak hazırlandı.

Mikroplate'e sırasıyla 20µl örnek, 150µl DTNB, 20µl NADPH ve son olarak 20µl GSSG konuldu ve 405 nm'de 3 dakika süresince absorbans okundu.

$C (\mu\text{mol/ml}) = OD \times \text{Toplam hacim (ml)} \times 1000 / 6,22 \text{ mM}^{-1} \times \text{ml süpernatant} \times \text{ışık yolu formülülüyle}$  Unit aktivite hesaplandı. Unit aktivitenin Total proteine oranlanmasıyla spesifik aktivite bulundu.

$$\text{Spesifik aktivite } (\mu\text{mol/dakika/mgprotein}) = C (\mu\text{mol/ml}) / \text{Total protein}$$

#### 3.5.2 Glutasyon S-Transferaz Aktivite Tayini

Glutasyon S-transferaz aktivite tayini, Habig vd. 1974'e göre yapıldı [89]. Glutasyon S-transferaz aktivite tayini için Tris-HCl tamponu (pH: 7,4) içerisinde hazırlandı 0,002 M redükte glutasyon, etanol içerisinde hazırlandı 0,15M CDNB (1-chloro,2,4-dinitrobenzen) ve 0,1 M potasyum fosfat tamponu hazırlandı.

Enzim aktivitesinin saptanması için 1ml'lik küvete sırasıyla 400 µl potasyum fosfat tamponu, 400 µl redükte glutatyon, 75µl süpernatan ve 50 µl CDNB pipetlendi. Daha sonra 344 nm'de 3 dakika süresince absorbansları okundu. Kör olarak etanol kullanıldı. Örneklerin absorbansları okunduktan sonra mililitredeki enzimin ünite sayısı aşağıdaki formülle hesaplandı.

$$C = A / \text{dakika} \times \text{toplam hacim} \times 10^6 / 9,6 \times 10^3 \times \text{ml süpernatan} \times l$$
$$\text{Spesifik aktivite} = C / \text{toplam protein}$$

### 3.5.3 Total Glutatyon (GSH) Miktar Tayini

Redükte glutatyon miktar tayini, Akerboom ve Sies (1981)'e göre yapıldı [87]. Redükte glutatyon miktar tayini için 6,3 mM EDTA içeren 125 mM'lık sodyumdisülfat tamponu (Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>- NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) hazırlandı. Tampon redükte glutatyon tayini yapılacağı zaman mililitresinde 0,248 mg NADPH olacak şekilde taze olarak hazırlandı (pH: 7,5). Ayrıca mililitresinde 2,378 mg DTNB olacak şekilde taze olarak hazırlandı.

Taze olarak hazırlanmış NADPH içeren tampondan 700 µl ve DTNB'den 100 µl olacak şekilde etiketlenmiş deney tüplerine aktarıldı ve karıştırıldıktan sonra 10-12 dakika beklendi. Bu deney tüpleri 30 °C'deki sıcak su banyosunda tutularak, kör tüp için 200 µl, örnek tüpler için de 185 µl distile su eklendi. Daha sonra 700 µl NADPH, 100 µl DTNB, 185 µl distile su, 5 µl glutatyon redüktaz, 15 µl süpernatan sırasıyla 1 ml'lik küvete alınarak karıştırıldıktan sonra 412 nm'de 1 dakika süresince absorbansları okunmuştur. Örneklerin absorbansları okunduktan sonra redükte glutatyon tayini yapmak için çizilen standart grafikten süpernatanlardaki toplam glutatyon miktarı dikkate alınarak redükte glutatyon (GSH) cinsinden hesaplanmıştır. Bulunan değerler süpernatanın mililitresindeki miligram proteine bölünmüştür.

### 3.5.4 Total Protein Tayini

Total protein tayini Bradford vd. (1976)'e göre yapıldı [91]. 5 µl supernatan mikropalakalara pipetlenip ve üzerine 250 µl Bradfoard reaktifi eklendi. Reaksiyon karışımı oda sıcaklığında 15 dakika karanlıkta inkübe edildi. Renk değişimine bağlı olarak 595 nm dalga boyunda mikropalaka okuyucu sistemi kullanılarak absorbans ölçüldü. Örneklerdeki total protein miktarlarının saptanmasında BSA standart olarak kullanıldı.

### **3.6 İstatistiki Analizler**

Elde edilen sonuçların istatistiksel değeriendirilmeleri bilgisayarında SPSS 10.0 programında yapılmıştır. Bu programda önem kontrolü için Duncan testi uygulanmıştır [92].

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1 Pigment Analiz Sonuçları

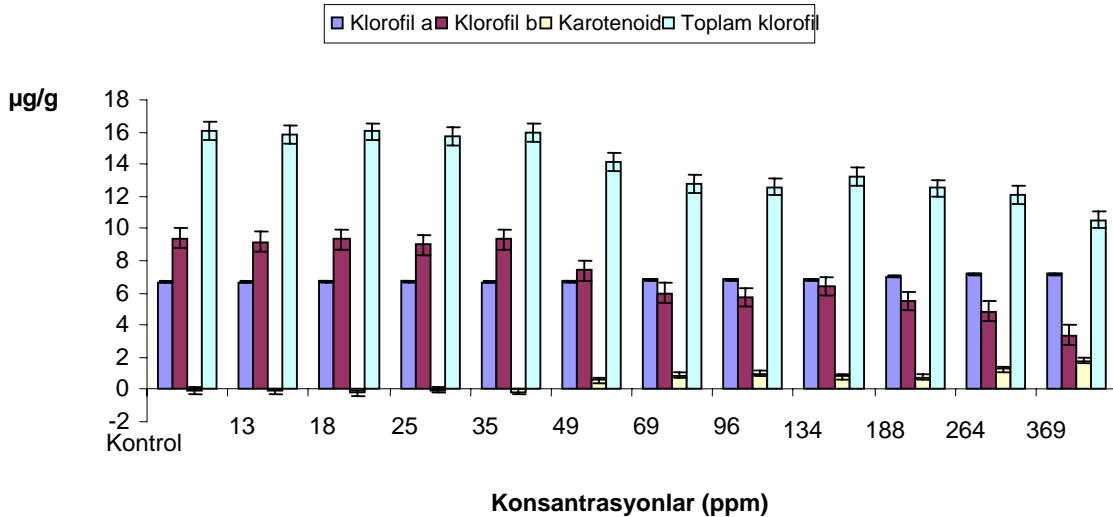
#### 4.1.1 Mesotrion Uygulanan Bitki Gruplarında Pigmentasyon

Mesotrionun pigment sistemi üzerine etkisini incelediğimizde mesotrionun uygulanmasından sonraki 1. gün örneklerinde Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de görüldüğü gibi K<sub>la</sub> değerinin konsantrasyon artışıyla birlikte (35 ve 49 ppm) arttığı saptanmıştır ve gruplar arasındaki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). 264 ppm ve 369 ppm’deki K<sub>la</sub> değeri 7,18 µg/g’dir ve en yüksek değerdir. En düşük K<sub>la</sub> değeri ise 6,64 µg/g ile 35 ppm’de bulunmuştur. K<sub>lb</sub> değerleri ise kontrole kıyasla (18, 35 ve 134 ppm konsantrasyonları hariç) azalış göstermiştir. Bu da istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). En yüksek K<sub>lb</sub> değeri 9,41 µg/g ile kontrolde; en düşük K<sub>lb</sub> değeri ise 3,37 µg/g ile 369 ppm’de belirlenmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1). Karotenoid değeri ise kontrol ve 25 ppm arasındaki konsantrasyonlarda belirgin bir şekilde azalmıştır. 35 ppm’den sonraki konsantrasyonlarda karotenoid değerleri artış göstermiştir. En düşük karotenoid değeri -0,20 µg/g ile 18 ppm’de; en yüksek karotenoid değeri ise 1,80 µg/g ile 369 ppm’de görülmüştür (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1). Toplam klorofil değerine bakıldığında ise kontrol ile kıyaslandığında herbisit uygulanan konsantrasyonlarda (18, 35 ve 134 ppm hariç) azaldığı görülmektedir. En düşük toplam klorofil değeri 10,55 µg/g ile 369 ppm’de saptanmıştır. En yüksek toplam klorofil değeri ise 16,07 µg/g ile kontrol’de saptanmıştır. Toplam klorofil içeriğindeki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1).

**Çizelge 4.1** Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan bitki gruplarında 1. gün K<sub>a</sub>, K<sub>b</sub>, karotenoid ve toplam klorofil miktarlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )]

Konsantrasyonlar	1.GÜN			
	Klorofil a (µg/g)	Klorofil b (µg/g)	Karotenoid (µg/g)	Toplam klorofil (µg/g)
Kontrol	6,66 ± 0,04 <sup>f</sup>	9,41 ± 0,34 <sup>a</sup>	-0,07 ± 0,07 <sup>e</sup>	16,07 ± 0,30 <sup>a</sup>
13 ppm	6,69 ± 0,04 <sup>ef</sup>	9,16 ± 0,12 <sup>a</sup>	-0,09 ± 0,04 <sup>e</sup>	15,86 ± 0,07 <sup>a</sup>
18 ppm	6,71 ± 0,003 <sup>def</sup>	9,31 ± 0,19 <sup>a</sup>	-0,20 ± 0,01 <sup>e</sup>	16,02 ± 0,18 <sup>a</sup>
25 ppm	6,74 ± 0,03 <sup>cdef</sup>	8,98 ± 0,25 <sup>a</sup>	-0,02 ± 0,07 <sup>e</sup>	15,72 ± 0,22 <sup>a</sup>
35 ppm	6,64 ± 0,05 <sup>f</sup>	9,31 ± 0,28 <sup>a</sup>	-0,14 ± 0,06 <sup>e</sup>	15,95 ± 0,23 <sup>a</sup>
49 ppm	6,72 ± 0,07 <sup>def</sup>	7,40 ± 0,14 <sup>b</sup>	0,56 ± 0,09 <sup>d</sup>	14,12 ± 0,09 <sup>b</sup>
69 ppm	6,81 ± 0,05 <sup>cde</sup>	5,99 ± 0,23 <sup>cd</sup>	0,87 ± 0,08 <sup>cd</sup>	12,80 ± 0,20 <sup>cd</sup>
96 ppm	6,86 ± 0,01 <sup>bcd</sup>	5,73 ± 0,49 <sup>cd</sup>	1,0 ± 0,15 <sup>bc</sup>	12,59 ± 0,48 <sup>cde</sup>
134 ppm	6,86 ± 0,006 <sup>bc</sup>	6,40 ± 0,00 <sup>c</sup>	0,80 ± 0,00 <sup>cd</sup>	13,26 ± 0,006 <sup>c</sup>
188 ppm	6,98 ± 0,07 <sup>b</sup>	5,50 ± 0,16 <sup>de</sup>	0,76 ± 0,33 <sup>cd</sup>	12,49 ± 0,09 <sup>de</sup>
264 ppm	7,18 ± 0,03 <sup>a</sup>	4,87 ± 0,29 <sup>e</sup>	1,26 ± 0,09 <sup>b</sup>	12,05 ± 0,27 <sup>e</sup>
369 ppm	7,18 ± 0,04 <sup>a</sup>	3,37 ± 0,005 <sup>f</sup>	1,80 ± 0,05 <sup>a</sup>	10,55 ± 0,04 <sup>f</sup>

n=3



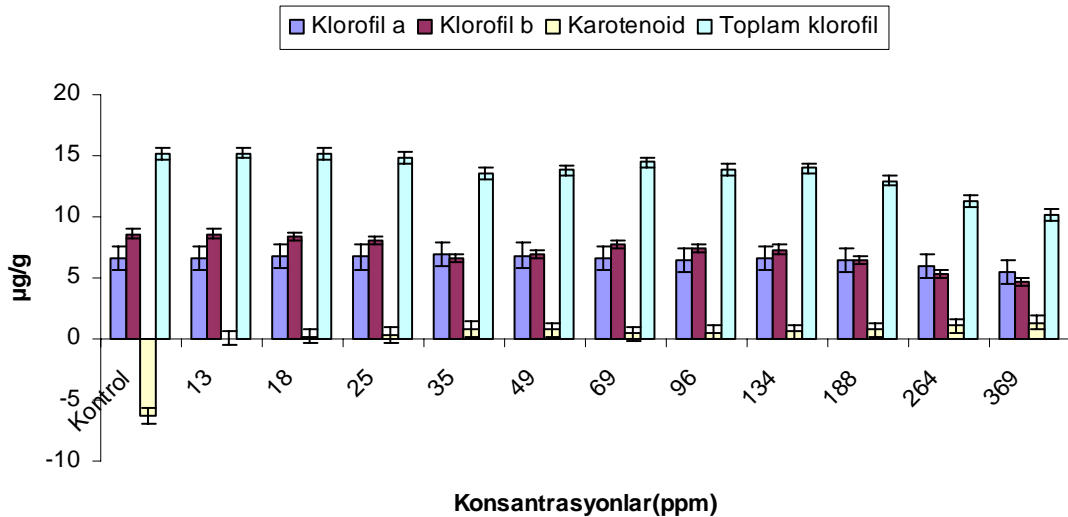
**Şekil 4.1** Zea mays türüne farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulaması sonrasında elde edilen 1. gün K<sub>a</sub>, K<sub>b</sub>, karotenoid ve toplam klorofil içeriği

Mesotrionun uygulanmasından sonraki 5. gün örnekleri incelendiğinde Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2’de görüldüğü gibi K<sub>la</sub> değerleri 35 ppm’e kadar (25 ppm hariç) artış gösterirken 35 ppm’den sonra (134 ppm hariç) konsantrasyon artışıyla birlikte azaldığı saptanmıştır ve gruplar arasındaki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). 35 ppm’deki K<sub>la</sub> değeri 6,91 µg/g’dır ve en yüksek değerdir. En düşük K<sub>la</sub> değeri ise 5,53 µg/g ile 369 ppm’de bulunmuştur. Herbisit uygulanmasından sonra 1. gündeki K<sub>la</sub> değerleri (Çizelge 4.1) ile 5. gündeki K<sub>la</sub> değerleri (Çizelge 4.2) kendi aralarında kıyaslandığında herbisite daha fazla maruz kalan 5. gün örneklerindeki K<sub>la</sub> değerleri konsantrasyon artışıyla birlikte azalış göstermiştir. Mesotrion uygulanmasından sonra 5. gündeki K<sub>lb</sub> değerlerine bakıldığında ise kontrole kıyasla (13 ppm konsantrasyonu hariç) belirgin bir azalış göstermiştir. Bu azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). En yüksek K<sub>lb</sub> değeri 8,61 µg/g ile 13 ppm’de; en düşük K<sub>lb</sub> değeri ise 4,68 µg/g ile 369 ppm’de belirlenmiştir. Karotenoid değeri ise kontrol ile kıyaslandığında (35 ve 49 ppm hariç) artış göstermiştir. En düşük karotenoid değeri -6,29 µg/g ile kontrol’de; en yüksek karotenoid değeri ise 1,36 µg/g ile 369 ppm’de görülmüştür. Toplam klorofil değerine bakıldığında ise kontrol ile kıyaslandığında (13 ppm konsantrasyonu hariç) herbisit uygulanan konsantrasyonlarda azalma görülmektedir. En düşük toplam klorofil değeri 10,21 µg/g ile 369 ppm’de saptanmıştır. En yüksek toplam klorofil değeri ise 15,24 µg/g ile kontrol’de belirlenmiştir. Toplam klorofil içeriğindeki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.2). Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 baktığımızda K<sub>lb</sub>, karotenoid ve toplam klorofil değerlerindeki azalış birbirlerine paralellik göstermektedir.

**Çizelge 4.2** Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan bitki gruplarında 5. gün K<sub>la</sub>, K<sub>lb</sub>, karotenoid ve toplam klorofil miktarlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f.g.h: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )]

Konsantrasyonlar	5.GÜN			
	Klorofil a (µg/g)	Klorofil b (µg/g)	Karotenoid (µg/g)	Toplam klorofil(µg/g)
Kontrol	6,60 ± 0,05 <sup>cd</sup>	8,60 ± 0,08 <sup>a</sup>	-6,29 ± 6,35 <sup>b</sup>	15,21 ± 0,03 <sup>a</sup>
13 ppm	6,63 ± 0,11 <sup>cd</sup>	8,61 ± 0,20 <sup>a</sup>	0,06 ± 0,05 <sup>a</sup>	15,24 ± 0,09 <sup>a</sup>
18 ppm	6,74 ± 0,02 <sup>abc</sup>	8,40 ± 0,04 <sup>ab</sup>	0,19 ± 0,03 <sup>a</sup>	15,14 ± 0,03 <sup>a</sup>
25 ppm	6,72 ± 0,04 <sup>abc</sup>	8,07 ± 0,16 <sup>bc</sup>	0,34 ± 0,04 <sup>a</sup>	14,79 ± 0,11 <sup>b</sup>
35 ppm	6,91 ± 0,04 <sup>a</sup>	6,60 ± 0,008 <sup>fg</sup>	0,81 ± 0,03 <sup>a</sup>	13,51 ± 0,04 <sup>e</sup>
49 ppm	6,84 ± 0,06 <sup>ab</sup>	6,96 ± 0,14 <sup>ef</sup>	0,75 ± 0,04 <sup>a</sup>	13,81 ± 0,09 <sup>de</sup>
69 ppm	6,66 ± 0,01 <sup>bcd</sup>	7,78 ± 0,24 <sup>cd</sup>	0,45 ± 0,08 <sup>a</sup>	14,44 ± 0,23 <sup>c</sup>
96 ppm	6,48 ± 0,11 <sup>d</sup>	7,40 ± 0,12 <sup>de</sup>	0,53 ± 0,06 <sup>a</sup>	13,89 ± 0,09 <sup>d</sup>
134 ppm	6,64 ± 0,01 <sup>bcd</sup>	7,32 ± 0,04 <sup>e</sup>	0,62 ± 0,01 <sup>a</sup>	13,97 ± 0,03 <sup>d</sup>
188 ppm	6,47 ± 0,01 <sup>d</sup>	6,49 ± 0,01 <sup>g</sup>	0,77 ± 0,003 <sup>a</sup>	12,97 ± 0,01 <sup>f</sup>
264 ppm	5,96 ± 0,09 <sup>e</sup>	5,31 ± 0,05 <sup>h</sup>	1,07 ± 0,06 <sup>a</sup>	11,28 ± 0,04 <sup>g</sup>
369 ppm	5,53 ± 0,04 <sup>f</sup>	4,68 ± 0,25 <sup>i</sup>	1,36 ± 0,10 <sup>a</sup>	10,21 ± 0,22 <sup>h</sup>

n=3



**Şekil 4.2** *Zea mays* türüne farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulaması sonrasında elde edilen 5. gün K<sub>la</sub>, K<sub>lb</sub>, karotenoid ve toplam klorofil içeriği

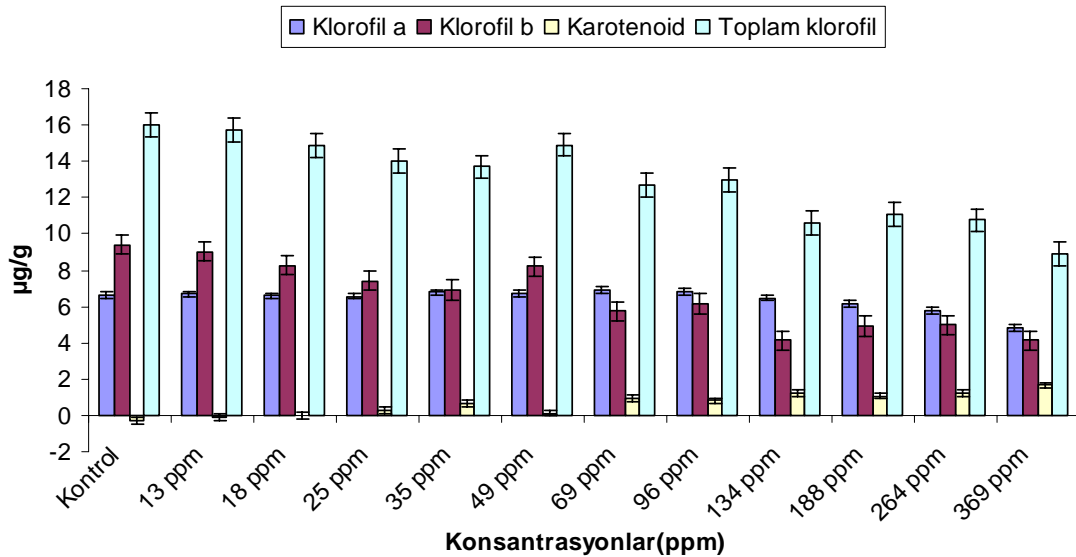


Mesotrionun uygulanmasından sonraki 10. gün örneklerini incelediğimizde ise Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3’de görüldüğü gibi Kla değerinin kontrol ile kıyaslandığında herbisit konsantrasyonunun (13 ppm hariç) artışına paralel olarak azaldığı saptanmıştır ve gruplar arasındaki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). 69 ppm’deki Kla değeri 6,92 µg/g’dir ve en yüksek değerdir. En düşük Kla değeri ise 4,80 µg/g ile 369 ppm’de bulunmuştur (Çizelge 4.3, Şekil 4.3). Klb değerleri ise kontrole kıyasla (49, 96, 188 ve 264 ppm hariç) azalış göstermiştir. Bu da istatistiksel olarak anlamlı görülmektedir ( $p<0.05$ ). En yüksek Klb değeri 9,42 µg/g ile kontrol’de; en düşük Klb değeri ise 4,12 µg/g ile 369 ppm’de belirlenmiştir (Çizelge 4.3, Şekil 4.3). Karotenoid değeri ise kontrol ile kıyaslandığında (49, 96 ve 188 ppm hariç) artış göstermiştir. En düşük karotenoid değeri -0,26 µg/g ile kontrol’de; en yüksek karotenoid değeri ise 1,66 µg/g ile 369 ppm’de görülmüştür (Çizelge 4.3, Şekil 4.3). Toplam klorofil değerine bakıldığında ise kontrol ile kıyaslandığında herbisit uygulanan konsantrasyonlarda (49, 96 ve 134 ppm hariç) azaldığı görülmektedir. En düşük toplam klorofil değeri 8,93 µg/g ile 369 ppm’de saptanmıştır. En yüksek toplam klorofil değeri ise 16,03 µg/g ile kontrol’de saptanmıştır. Toplam klorofil içeriğindeki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.3, Şekil 4.3). Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3 incelendiğinde herbisit uygulanmasından sonraki maruz kalma süresi arttıkça (1. gün, 5. gün ve 10. gün) Kla, Klb ve toplam klorofil değerlerinde de azalma görülmüştür. Karotenoid değerlerinde ise artış görülmüştür.

**Çizelge 4.3** Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan bitki gruplarında 10. gün K<sub>a</sub>, K<sub>b</sub>, karotenoid ve toplam klorofil miktarlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f.g: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )]

Konsantrasyonlar	10.GÜN			
	Klorofil a (µg/g)	Klorofil b (µg/g)	Karotenoid (µg/g)	Toplam klorofil (µg/g)
Kontrol	6,60 ± 0,02 <sup>a</sup>	9,42 ± 0,04 <sup>a</sup>	-0,26 ± 0,02 <sup>f</sup>	16,03 ± 0,03 <sup>a</sup>
13 ppm	6,68 ± 0,02 <sup>a</sup>	9,02 ± 0,32 <sup>a</sup>	-0,13 ± 0,10 <sup>ef</sup>	15,70 ± 0,30 <sup>a</sup>
18 ppm	6,59 ± 0,01 <sup>a</sup>	8,27 ± 0,28 <sup>b</sup>	-0,01 ± 0,09 <sup>ef</sup>	14,86 ± 0,28 <sup>b</sup>
25 ppm	6,57 ± 0,24 <sup>a</sup>	7,42 ± 0,20 <sup>c</sup>	0,27 ± 0,21 <sup>de</sup>	14,00 ± 0,12 <sup>c</sup>
35 ppm	6,78 ± 0,09 <sup>a</sup>	6,91 ± 0,06 <sup>c</sup>	0,63 ± 0,03 <sup>cd</sup>	13,69 ± 0,05 <sup>cd</sup>
49 ppm	6,70 ± 0,02 <sup>a</sup>	8,21 ± 0,08 <sup>b</sup>	0,13 ± 0,008 <sup>ef</sup>	14,91 ± 0,11 <sup>b</sup>
69 ppm	6,92 ± 0,09 <sup>a</sup>	5,75 ± 0,36 <sup>d</sup>	0,91 ± 0,16 <sup>bc</sup>	12,67 ± 0,38 <sup>e</sup>
96 ppm	6,82 ± 0,008 <sup>a</sup>	6,14 ± 0,003 <sup>d</sup>	0,80 ± 0,005 <sup>bc</sup>	12,96 ± 0,006 <sup>de</sup>
134 ppm	6,47 ± 0,01 <sup>ab</sup>	4,14 ± 0,005 <sup>f</sup>	1,19 ± 0,01 <sup>b</sup>	10,61 ± 0,02 <sup>f</sup>
188 ppm	6,16 ± 0,81 <sup>ab</sup>	4,91 ± 0,36 <sup>e</sup>	1,08 ± 0,32 <sup>b</sup>	11,07 ± 0,46 <sup>f</sup>
264 ppm	5,76 ± 0,11 <sup>b</sup>	4,99 ± 0,21 <sup>e</sup>	1,24 ± 0,13 <sup>b</sup>	10,75 ± 0,12 <sup>f</sup>
369 ppm	4,80 ± 0,08 <sup>c</sup>	4,12 ± 0,36 <sup>f</sup>	1,66 ± 0,09 <sup>a</sup>	8,93 ± 0,39 <sup>g</sup>

n=3



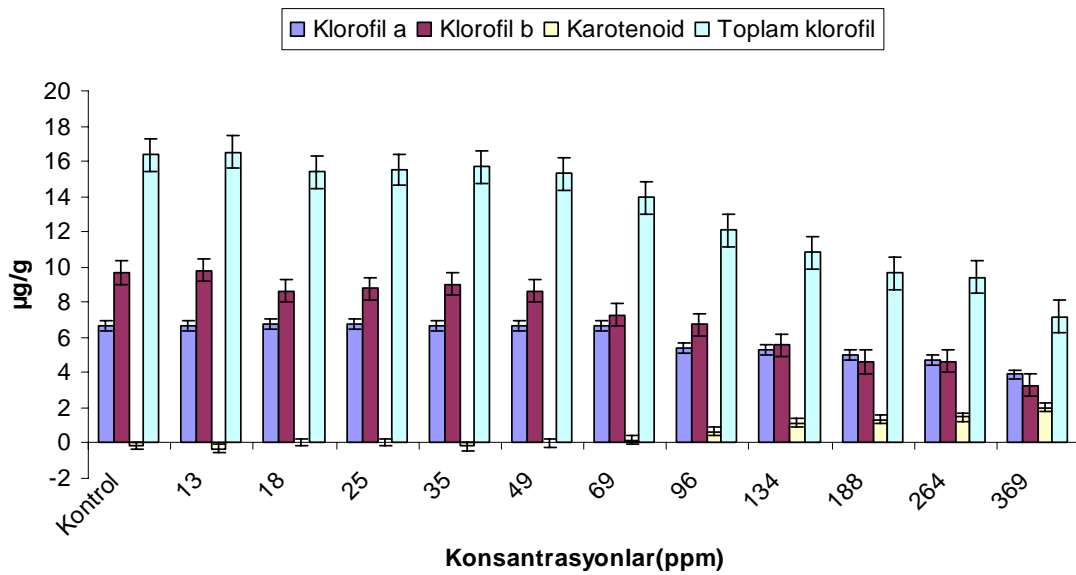
**Şekil 4.3** *Zea mays* türüne farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulaması sonrasında elde edilen 10. gün K<sub>a</sub>, K<sub>b</sub>, karotenoid ve toplam klorofil içeriği

Mesotrionun uygulanmasından sonraki 15. gün örneklerini incelediğimizde ise Çizelge 4. 4 ve Şekil 4.4'de görüldüğü gibi K<sub>la</sub> değerinin kontrol ile kıyaslandığında 13, 18, 25 ve 35 ppm herbisit konsantrasyonları hariç diğer gruplarda azalma göstermiş ve gruplar arasındaki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). 18 ppm'deki K<sub>la</sub> değeri 6,75 µg/g'dır ve en yüksek değerdir. En düşük K<sub>la</sub> değeri ise 3,89 µg/g ile 369 ppm'de bulunmuştur. K<sub>lb</sub> değerleri 13 ppm'de sonra (18, 35 ve 264 ppm hariç) azalış göstermiştir. Bu da istatistiksel olarak anlamlı görülmektedir ( $p < 0.05$ ). En yüksek K<sub>lb</sub> değeri 9,80 µg/g ile 13 ppm'de; en düşük K<sub>lb</sub> değeri ise 3,28 µg/g ile 369 ppm'de belirlenmiştir (Çizelge 4. 4, Şekil 4.4). Karotenoid değeri ise kontrol ile kıyaslandığında herbisit uygulanan konsantrasyonlarda (13 ve 35 ppm hariç) artış göstermiştir. En düşük karotenoid değeri -0,32 µg/g ile 13 ppm'de; en yüksek karotenoid değeri ise 2,01 µg/g ile 369 ppm'de görülmüştür (Çizelge 4. 4, Şekil 4.4). Toplam klorofil değerine bakıldığında 35 ppm'den sonra konsantrasyon artışına bağlı olarak belirgin bir şekilde azaldığı görülmektedir. En düşük toplam klorofil değeri 7,17 µg/g ile 369 ppm'de saptanmıştır. En yüksek toplam klorofil değeri ise 16,51 µg/g ile 13 ppm'de saptanmıştır. Toplam klorofil içeriğindeki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 4. 4, Şekil 4.4). Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 incelendiğinde herbisit uygulanmasından sonraki maruz kalma süresi arttıkça (1. gün, 5. gün, 10. gün ve 15. gün) K<sub>la</sub>, K<sub>lb</sub> ve toplam klorofil değerlerinde de belirgin bir azalma görülmüştür. Karotenoid değerlerinde ise belirgin bir artış görülmüştür.

**Çizelge 4. 4:** Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan bitki gruplarında 15. gün K<sub>la</sub>, K<sub>lb</sub>, karotenoid ve toplam klorofil miktarlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f.g: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )]

Konsantrasyonlar	15.GÜN			
	Klorofil a ( $\mu\text{g/g}$ )	Klorofil b ( $\mu\text{g/g}$ )	Karotenoid ( $\mu\text{g/g}$ )	Toplam klorofil( $\mu\text{g/g}$ )
Kontrol	6,66 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	9,69 $\pm$ 0,14 <sup>ab</sup>	-0,14 $\pm$ 0,07 <sup>de</sup>	16,35 $\pm$ 0,13 <sup>a</sup>
13 ppm	6,70 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	9,80 $\pm$ 0,12 <sup>a</sup>	-0,32 $\pm$ 0,04 <sup>e</sup>	16,51 $\pm$ 0,10 <sup>a</sup>
18 ppm	6,75 $\pm$ 0,06 <sup>a</sup>	8,64 $\pm$ 0,44 <sup>c</sup>	0,03 $\pm$ 0,15 <sup>de</sup>	15,40 $\pm$ 0,38 <sup>b</sup>
25 ppm	6,72 $\pm$ 0,003 <sup>a</sup>	8,79 $\pm$ 0,06 <sup>bc</sup>	0,04 $\pm$ 0,02 <sup>de</sup>	15,52 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
35 ppm	6,66 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	9,04 $\pm$ 0,25 <sup>abc</sup>	-0,19 $\pm$ 0,09 <sup>de</sup>	15,71 $\pm$ 0,23 <sup>ab</sup>
49 ppm	6,64 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup>	8,63 $\pm$ 0,01 <sup>c</sup>	0,06 $\pm$ 0,007 <sup>de</sup>	15,28 $\pm$ 0,05 <sup>b</sup>
69 ppm	6,65 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	7,29 $\pm$ 0,38 <sup>d</sup>	0,16 $\pm$ 0,18 <sup>d</sup>	13,94 $\pm$ 0,37 <sup>c</sup>
96 ppm	5,37 $\pm$ 0,14 <sup>b</sup>	6,73 $\pm$ 0,17 <sup>d</sup>	0,66 $\pm$ 0,08 <sup>c</sup>	12,11 $\pm$ 0,03 <sup>d</sup>
134 ppm	5,26 $\pm$ 0,24 <sup>bc</sup>	5,57 $\pm$ 0,65 <sup>e</sup>	1,14 $\pm$ 0,24 <sup>b</sup>	10,83 $\pm$ 0,40 <sup>e</sup>
188 ppm	5,03 $\pm$ 0,10 <sup>cd</sup>	4,62 $\pm$ 0,05 <sup>e</sup>	1,35 $\pm$ 0,08 <sup>b</sup>	9,65 $\pm$ 0,05 <sup>f</sup>
264 ppm	4,76 $\pm$ 0,04 <sup>d</sup>	4,65 $\pm$ 0,29 <sup>e</sup>	1,47 $\pm$ 0,12 <sup>b</sup>	9,42 $\pm$ 0,33 <sup>f</sup>
369 ppm	3,89 $\pm$ 0,16 <sup>e</sup>	3,28 $\pm$ 0,41 <sup>f</sup>	2,01 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>	7,17 $\pm$ 0,43 <sup>g</sup>

n=3



**Şekil 4.4** Zea mays türüne farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulaması sonrasında elde edilen 15. gün K<sub>la</sub>, K<sub>lb</sub>, karotenoid ve toplam klorofil içeriği

## 4.2 Enzim Analiz Sonuçları

### 4.2.1. Mesotrion Uygulanan Bitki gruplarında Enzim Aktivitelerinin Değerlendirilmesi

Mesotrionun GR aktivitesi üzerine farklı konsantrasyonlarda etkisini saptamak amacıyla yapılan bu çalışmada Çizelge 4.5, Şekil 4.5’de de görüldüğü gibi kontrol grubunda günlere bağlı olarak GR aktivitesinde bir azalma olduğu saptanmıştır Çizelge 4.5’e bakıldığında 1. ve 5. günde kontrolde GR aktivitesi 0,11  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$  iken 10. ve 15. günlerde 0,08  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$  olarak saptanmıştır. 35 ppm’de 1. günde 0,35  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$ ; 5. günde 0,10  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$ ; 10. günde 0,09  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$  ve 15. günde ise 0,03  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$  olarak saptanmıştır. 134 ppm’de 1. günde GR aktivitesi 0,37  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$ ; 5. günde 0,23  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$ ; 10. günde 0,09  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$  ve 15. günde ise 0,06  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$  olarak bulunmuştur. 369 ppm’de 1. günde GR aktivitesi 0,26  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$ ; 5. günde 0,20  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$ ; 10. günde 0,13  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$  ve 15. günde ise 0,09  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$  olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5). Herbisite maruz kalma süresi arttıkça ( 1., 5., 10 ve 15. gün) bitki üzerinde oksidatif stres oluşturmasından dolayı GR aktivitesinde bir azalma görülmüştür. Bitkinin bu günlerde (10. ve 15. gün) herbisite daha fazla maruz kaldığı düşünülürse GR aktivitesinin de buna paralel olarak baskılandığı söylenebilir.

Her uygulama grubu kendi arasında incelendiğinde ise 15. günde enzim aktivitesinin düştüğü görülmüştür. 15. günde bitki mesotriona daha fazla maruz kaldığı için GR aktivitesindeki bu azalma istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.5, Şekil 4.5).

Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5 incelendiğinde 1. günde kontrol ile kıyaslandığında 264 ppm hariç diğer konsantrasyonlarda GR aktivitesinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir. En yüksek GR aktivitesi 134 ppm’de 0,37  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$  iken en düşük değer 264 ppm’de 0,10  $\mu\text{mol}/\text{dakika}/\text{mgprotein}$  olarak görülmüştür. Konsantrasyona bağlı olarak gelişen bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). GR aktivitesindeki konsantrasyona bağlı bu artış herbisite maruz kalan bitkinin, savunma sistemini harekete geçirdiğini göstermektedir.

5. günde de konsantrasyon artışına bağlı olarak GR aktivitesinin arttığı görülmektedir (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5). Kontrolde 0,11  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olup; 13 ve 25 ppm'de 0,15  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 96 ve 134 ppm'de 0,23  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 369 ppm'de 0,20  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; olarak saptanmıştır. GR aktivitesindeki bu değişim istatistiksel olarak önemli görülmüştür ( $p<0.05$ ).

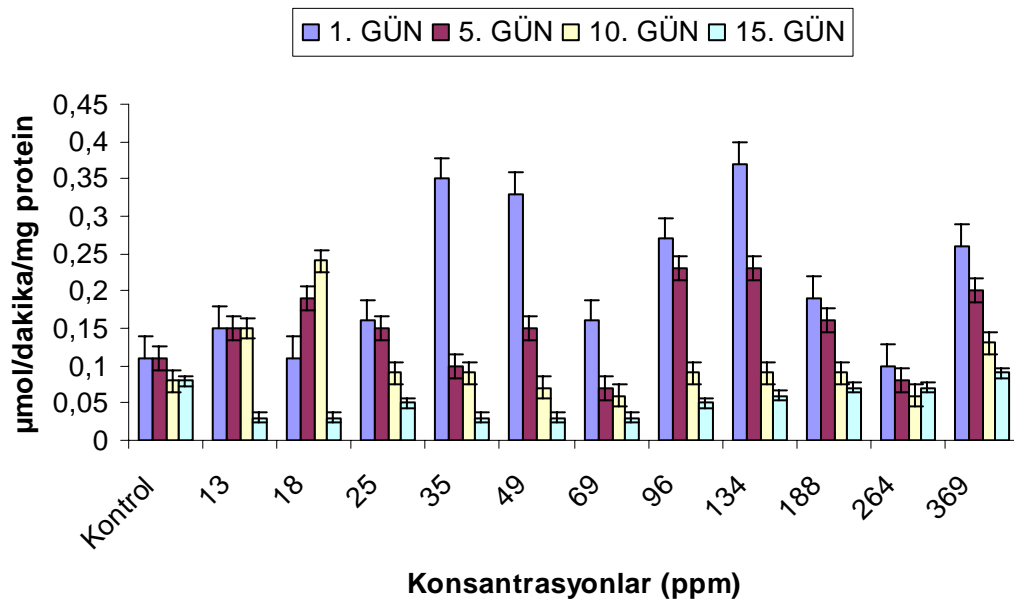
Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5'ten 10. güne bakıldığında kontrol ile kıyaslandığında konsantrasyona bağlı olarak genel anlamda bir artış olduğu görülmektedir. Bu değişim istatistiksel olarak da önemli görülmüştür ( $p<0.05$ ). Buna karşın günlere bağlı olarak 1. ve 5. gün ile kıyaslandığında 10. günde azalma olduğu görülmektedir. GR aktivitesi kontrolde 0,08  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 25, 35, 96, 134 ve 188 ppm'de 0,09  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 69 ve 264 ppm'de 0,06  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 369 ppm'de 0,13  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  ve 10. gündeki en yüksek GR aktivitesi 18 ppm'de 0,24  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; en düşük GR aktivitesi 69 ve 264 ppm'de 0,06  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak saptanmıştır. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

15. güne bakıldığında ise (Çizelge 4.5, Şekil 4.5) 13 ppm'den sonra (25 ppm hariç) artış olduğu görülmektedir. En düşük GR aktivitesi 13, 18, 35, 49 ve 69 ppm'de 0,03  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  iken; 369 ppm'de en yüksek değer 0,09  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; olarak saptanmıştır. GR aktivitesindeki azalma istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). 15. günde herbisit *Zea mays* üzerinde yoğun bir stres oluşturduğu için GR aktivitesinin de buna bağlı olarak baskılandığı söylenebilir.

**Çizelge 4.5** Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan *Zea mays* 'da glutatyon redüktaz (GR) aktivitesinin günlere bağlı olarak istatistiksel değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f.: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )]

Enzim	Gruplar	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
GR ( $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ )	Kontrol	0,11 $\pm$ 0,005 <sup>d</sup>	0,11 $\pm$ 0,003 <sup>cde</sup>	0,08 $\pm$ 0,003 <sup>de</sup>	0,08 $\pm$ 0,003 <sup>ab</sup>
	13 ppm	0,15 $\pm$ 0,02 <sup>cd</sup>	0,15 $\pm$ 0,005 <sup>bcd</sup>	0,15 $\pm$ 0,006 <sup>b</sup>	0,03 $\pm$ 0,003 <sup>f</sup>
	18 ppm	0,11 $\pm$ 0,008 <sup>d</sup>	0,19 $\pm$ 0,01 <sup>ab</sup>	0,24 $\pm$ 0,005 <sup>a</sup>	0,03 $\pm$ 0,000 <sup>f</sup>
	25 ppm	0,16 $\pm$ 0,04 <sup>cd</sup>	0,15 $\pm$ 0,003 <sup>bcd</sup>	0,09 $\pm$ 0,005 <sup>d</sup>	0,05 $\pm$ 0,000 <sup>e</sup>
	35 ppm	0,35 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	0,10 $\pm$ 0,005 <sup>de</sup>	0,09 $\pm$ 0,008 <sup>d</sup>	0,03 $\pm$ 0,003 <sup>f</sup>
	49 ppm	0,33 $\pm$ 0,06 <sup>ab</sup>	0,15 $\pm$ 0,01 <sup>bcd</sup>	0,07 $\pm$ 0,000 <sup>ef</sup>	0,03 $\pm$ 0,003 <sup>f</sup>
	69 ppm	0,16 $\pm$ 0,006 <sup>cd</sup>	0,07 $\pm$ 0,00 <sup>e</sup>	0,06 $\pm$ 0,003 <sup>f</sup>	0,03 $\pm$ 0,003 <sup>f</sup>
	96 ppm	0,27 $\pm$ 0,02 <sup>abc</sup>	0,23 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,09 $\pm$ 0,003 <sup>d</sup>	0,05 $\pm$ 0,003 <sup>de</sup>
	134 ppm	0,37 $\pm$ 0,05 <sup>a</sup>	0,23 $\pm$ 0,02 <sup>a</sup>	0,09 $\pm$ 0,005 <sup>d</sup>	0,06 $\pm$ 0,003 <sup>cd</sup>
	188 ppm	0,19 $\pm$ 0,01 <sup>bcd</sup>	0,16 $\pm$ 0,01 <sup>bc</sup>	0,09 $\pm$ 0,003 <sup>d</sup>	0,07 $\pm$ 0,003 <sup>bc</sup>
	264 ppm	0,10 $\pm$ 0,006 <sup>d</sup>	0,08 $\pm$ 0,003 <sup>e</sup>	0,06 $\pm$ 0,003 <sup>f</sup>	0,07 $\pm$ 0,003 <sup>b</sup>
	369 ppm	0,26 $\pm$ 0,08 <sup>abc</sup>	0,20 $\pm$ 0,04 <sup>ab</sup>	0,13 $\pm$ 0,003 <sup>c</sup>	0,09 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>

n=3



**Şekil 4.5** Mesotrion uygulanan bitki gruplarında glutatyon redüktaz (GR) aktivitesi

Mesotrion herbisitinin farklı konsantrasyonlarda GST aktivitesi üzerindeki etkisine bakıldığında (Çizelge 4.6, Şekil 4.6) kontrol gruplarında günlere bağlı olarak bir artış gözlemlenmiştir. 1. günde GST aktivitesi 0,04 µmol/dakika/mgprotein olarak saptanmıştır ve en düşük değerdir. Diğer taraftan 15. günde ise bu aktivite 0,19 µmol/dakika/mgprotein olarak saptanmıştır ve kontrol grubunda en yüksek değerdir. Yüksek konsantrasyonlarda da günlere bağlı olarak yine bir artış olduğu görülmüştür. 1. günde 188 ppm'de GST aktivitesi 0,13 µmol/dakika/mgprotein iken; 15. günde 0,23 µmol/dakika/mgprotein; olarak gözlemlenmiştir.

Uygulama gruplarındaki GST aktivitesi kendi arasında değerlendirildiğinde hem konsantrasyon artışıyla hem de günlere bağlı olarak genel bir artış saptanmıştır. 1. günde kontrol grubunda GST aktivitesi 0,04 µmol/dakika/mgprotein olarak saptanmıştır. GST aktivitesinin en düşük değeri 0,03 µmol/dakika/mgprotein ile 49, 69 ve 96 ppm'de görülmüştür. En yüksek değer ise 0,14 µmol/dakika/mgprotein ile 369 ppm'de görülmüştür. GST aktivitesindeki bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.6, Şekil 4.6).

Çizelge 4.6'ya bakıldığında 5. gündeki GST aktivitesi kontrolde 0,05 µmol/dakika/mgprotein olarak görülmüştür. Konsantrasyon artışıyla beraber (69, 134 ve 369 ppm hariç) GST aktivitesinde artış görülmektedir. Bu artış istatistiksel olarak önemli görülmüştür ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.6, Şekil 4.6). GST aktivitesi 13, 18, 25 ve 69 ppm'de 0,06 µmol/dakika/mgprotein iken; 35, 49 ppm'de 0,07 µmol/dakika/mgprotein; 96 ppm'de 0,08 µmol/dakika/mgprotein; 188 ppm'de 0,11 µmol/dakika/mgprotein ve 264 ppm'de ise 0,19 µmol/dakika/mgprotein olarak görülmüştür. GST aktivitesinde görülen bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.6, Şekil 4.6).

10. gündeki GST aktivitesine bakıldığında diğer günlerle kıyaslandığında en yüksek aktivitenin bu günde olduğu görülmektedir. Oksidatif strese maruz kalan bitki 10. günde herbisit etkisine bağlı olarak GST aktivitesinde artış göstermiştir. Bitki herbisite daha çok maruz kaldığı için bu durum Çizelge 4.6, Şekil 4.6'dan da bakıldığında GST aktivitesini indüklediği söylenebilir. 10. günde GST aktivitesindeki en yüksek aktivite 49 ppm'de 0,54 µmol/dakika/mgprotein olarak saptanmıştır. 35 ppm'de 0,36 µmol/dakika/mgprotein; 18, 69 ppm'de 0,24 µmol/dakika/mgprotein olarak görülmüştür ve bir artış olduğu görülmektedir. GST aktivitesinde görülen bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.6, Şekil 4.6).

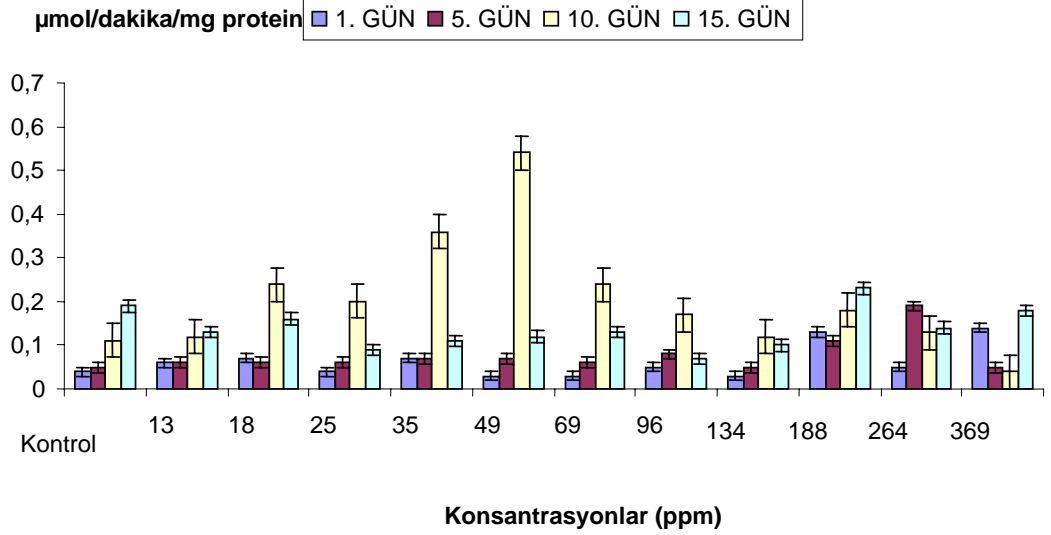


15. günde kontrolde GST aktivitesi 0,19  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak saptanmıştır. En düşük GST aktivitesi 96 ppm’de 0,07  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  iken en yüksek aktivite 188 ppm’de 0,23  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak saptanmıştır. GST aktivitesinde görülen bu değişim istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur ( $p < 0.05$ ) (Çizelge 4.6, Şekil 4.6).

**Çizelge 4.6** Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan *Zea mays*’da glutatyon-S-transferaz (GST) aktivitesinin günlere bağlı olarak istatistiksel değerlendirilmesi [a.b.c.d.e.f.g.h: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p < 0.05$ )]

ENZİM	GRUPLAR	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
GST ( $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ )	Kontrol	0,04 $\pm$ 0,003 <sup>cde</sup>	0,05 $\pm$ 0,005 <sup>e</sup>	0,11 $\pm$ 0,01 <sup>f</sup>	0,19 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>
	13 ppm	0,06 $\pm$ 0,000 <sup>bc</sup>	0,06 $\pm$ 0,006 <sup>cde</sup>	0,12 $\pm$ 0,003 <sup>ef</sup>	0,13 $\pm$ 0,01 <sup>de</sup>
	18 ppm	0,07 $\pm$ 0,005 <sup>b</sup>	0,06 $\pm$ 0,008 <sup>cde</sup>	0,24 $\pm$ 0,03 <sup>c</sup>	0,16 $\pm$ 0,01 <sup>cd</sup>
	25 ppm	0,04 $\pm$ 0,003 <sup>cde</sup>	0,06 $\pm$ 0,006 <sup>cde</sup>	0,20 $\pm$ 0,01 <sup>cd</sup>	0,09 $\pm$ 0,003 <sup>gh</sup>
	35 ppm	0,07 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,07 $\pm$ 0,008 <sup>cd</sup>	0,36 $\pm$ 0,01 <sup>b</sup>	0,11 $\pm$ 0,005 <sup>efg</sup>
	49 ppm	0,03 $\pm$ 0,006 <sup>de</sup>	0,07 $\pm$ 0,003 <sup>cd</sup>	0,54 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup>	0,12 $\pm$ 0,01 <sup>efg</sup>
	69 ppm	0,03 $\pm$ 0,000 <sup>e</sup>	0,06 $\pm$ 0,01 <sup>cde</sup>	0,24 $\pm$ 0,005 <sup>c</sup>	0,13 $\pm$ 0,005 <sup>def</sup>
	96 ppm	0,05 $\pm$ 0,003 <sup>bcd</sup>	0,08 $\pm$ 0,005 <sup>c</sup>	0,17 $\pm$ 0,005 <sup>def</sup>	0,07 $\pm$ 0,01 <sup>h</sup>
	134 ppm	0,03 $\pm$ 0,003 <sup>de</sup>	0,05 $\pm$ 0,003 <sup>de</sup>	0,12 $\pm$ 0,01 <sup>ef</sup>	0,10 $\pm$ 0,005 <sup>fgh</sup>
	188 ppm	0,13 $\pm$ 0,006 <sup>a</sup>	0,11 $\pm$ 0,006 <sup>b</sup>	0,18 $\pm$ 0,01 <sup>cde</sup>	0,23 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>
	264 ppm	0,05 $\pm$ 0,005 <sup>bcdde</sup>	0,19 $\pm$ 0,003 <sup>a</sup>	0,13 $\pm$ 0,01 <sup>ef</sup>	0,14 $\pm$ 0,005 <sup>de</sup>
	369 ppm	0,14 $\pm$ 0,01 <sup>a</sup>	0,05 $\pm$ 0,00 <sup>e</sup>	0,04 $\pm$ 0,008 <sup>g</sup>	0,18 $\pm$ 0,006 <sup>bc</sup>

n =3



**Şekil 4.6** Mesotrion uygulanan *Zea mays*'da glutatyon-S-transferaz (GST ) aktivitesi

Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7'den mesotrion herbisitinin farklı konsantrasyonlarda GSH miktarı üzerindeki etkisi incelendiğinde uygulama gruplarında GSH miktarında hem günlere bağlı hem de konsantrasyona bağlı bir artış gözlemlenmiştir. Uygulama grupları kontrol gruplarıyla karşılaştırıldığında bütün günlerde konsantrasyonun artışıyla birlikte GSH miktarında artış saptanmıştır. Kontrol gruplarında 1. günde GSH miktarı 0,66  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  iken 5. günde 0,80  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 10. günde 0,56  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  ve 15. günde 0,66  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak saptanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda kontrol gruplarında herbisit oluşturduğu stres durumunu ortadan kaldırmak için GSH'ın 1. ve 5. günlerde indüklendiği; 10. günde baskılandığı ve 15. günde tekrar indüklendiği sonucuna varılabilir. 264 ppm'de GSH miktarı 1. günde 1,60  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 5. günde 2,45  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 10. günde 2,57  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  ve 15. günde 1,10  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak gözlemlenmiştir. En yüksek konsantrasyon olan 369 ppm'de ise GSH miktarı 1. günde 5,43  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ 'dir ve en yüksek değerdir. 5. günde 1,43  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 10. günde 1,03  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak azalış göstermiştir ve 15. günde GSH indüklenerek 1,54  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak saptanmıştır. Oksidatif strese maruz kalan *Zea mays* bitkilerinin herbisit olumsuz etkisini ortadan kaldırmak için antioksidan savunma mekanizmasını harekete geçirdiği Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7'ye bakılarak söylenebilir.

Uygulama grupları kendi içinde değerlendirildiğinde ise GSH miktarı 1. günde kontrolde 0,66  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak saptanmıştır. 35 ppm'de 0,83  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 96 ppm'de 1,06  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  ve 264 ppm'de 1,60  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  ve en yüksek değer 369 ppm'de 5,43  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak gözlemlenmiştir. Konsantrasyon artışına paralel olarak kontrol, 35, 96, 264 ve 369 ppm'de GSH miktarında görülen bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.7, Şekil 4.7). 1. günde GSH'ın herbisitinin bitki üzerindeki toksik etkisini kaldırmak için indüklendiği sonucuna varılabilir.

Çizelge 4.7, Şekil 4.7'ye bakıldığında 5. günde GSH miktarında en düşük değer 0,80  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  ile kontrol ve 35 ppm'de; en yüksek değer ise 2,45  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  ile 264 ppm'de görülmüştür. GSH miktarı 13 ppm'de 1,14  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 25 ppm'de 1,22  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 188 ppm'de 1,49  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak saptanmıştır. GSH miktarında görülen bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.7, Şekil 4.7).

10. günde GSH miktarının en düşük değeri 0,56  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  ile kontrolde; en yüksek değer ise 2,57  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  ile 264 ppm'de görülmüştür. Bu değişim istatistiksel olarak önemli görülmüştür ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.7, Şekil 4.7). 10. gündeki GSH miktarı 18 ppm'de 0,86  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 35 ppm'de 1,35  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 49 ppm'de 1,40  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak saptanmıştır. GSH miktarında genel anlamda görülen bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu belirtilmiştir ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.7, Şekil 4.7).

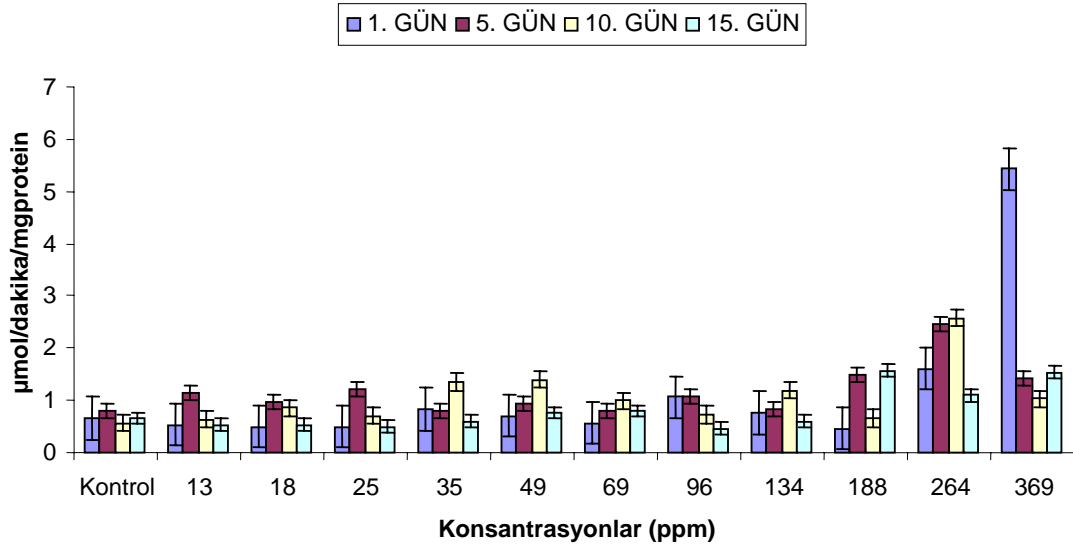
15. gündeki GSH miktarına bakıldığında ise (Çizelge 4.7, Şekil 4.7), kontrolde 0,66  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 369 ppm'de 1,54  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak gözlemlenmiştir. GSH miktarı 35 ppm'de 0,60  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 49 ppm'de 0,76  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 69 ppm'de 0,80  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ ; 188 ppm'de ise 1,57  $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$  olarak saptanmıştır. GSH miktarında konsantrasyon artışına bağlı olarak görülen bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ) (Çizelge 4.7, Şekil 4.7).

Uygulama gruplarında gerek günler arası gerekse gün içinde konsantrasyon artışıyla birlikte GSH miktarında görülen bu değişimler, mesotrionun mısır bitkisi üzerinde oksidatif stres oluşturmasından dolayı GSH'ın indüklendiği bazı durumlarda baskılandığı şeklinde yorumlanabilir.

**Çizelge 4.7** Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uygulanan *Zea mays*'da glutatyon (GSH) içeriğinin günlere bağlı olarak istatistiksel değerlendirilmesi [ a.b.c.d.e.f.g.h: Her sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar istatistiksel olarak birbirinden farklıdır ( $p<0.05$ ) ]

ENZİM	GRUPLAR	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
GSH ( $\mu\text{mol/dakika/mgprotein}$ )	Kontrol	0,66±0,03 <sup>def</sup>	0,80±0,00 <sup>e</sup>	0,56±0,03 <sup>g</sup>	0,66±0,03 <sup>de</sup>
	13 ppm	0,53±0,03 <sup>ef</sup>	1,14±0,006 <sup>bcde</sup>	0,63±0,03 <sup>ef</sup>	0,53±0,03 <sup>ef</sup>
	18 ppm	0,50±0,00 <sup>f</sup>	0,98±0,04 <sup>de</sup>	0,86±0,06 <sup>de</sup>	0,53±0,03 <sup>ef</sup>
	25 ppm	0,50±0,05 <sup>f</sup>	1,22±0,03 <sup>bcd</sup>	0,70±0,05 <sup>ef</sup>	0,50±0,00 <sup>f</sup>
	35 ppm	0,83±0,14 <sup>d</sup>	0,80±0,05 <sup>e</sup>	1,35±0,08 <sup>b</sup>	0,60±0,00 <sup>ef</sup>
	49 ppm	0,70±0,05 <sup>def</sup>	0,93±0,03 <sup>de</sup>	1,40±0,15 <sup>b</sup>	0,76±0,08 <sup>cd</sup>
	69 ppm	0,56±0,03 <sup>ef</sup>	0,80±0,05 <sup>e</sup>	0,99±0,09 <sup>cd</sup>	0,80±0,05 <sup>c</sup>
	96 ppm	1,06±0,06 <sup>c</sup>	1,08±0,10 <sup>cde</sup>	0,73±0,08 <sup>ef</sup>	0,46±0,03 <sup>f</sup>
	134 ppm	0,76±0,03 <sup>de</sup>	0,83±0,08 <sup>e</sup>	1,19±0,03 <sup>ef</sup>	0,60±0,00 <sup>ef</sup>
	188 ppm	0,46±0,03 <sup>f</sup>	1,49±0,12 <sup>b</sup>	0,66±0,12 <sup>bc</sup>	1,57±0,06 <sup>a</sup>
	264 ppm	1,60±0,05 <sup>b</sup>	2,45±0,31 <sup>a</sup>	2,57±0,03 <sup>ef</sup>	1,10±0,02 <sup>b</sup>
	369 ppm	5,43±0,17 <sup>a</sup>	1,43±0,08 <sup>bc</sup>	1,03±0,01 <sup>a</sup>	1,54±0,02 <sup>a</sup>

n=3



**Şekil 4.7** Mesotrion uygulanan *Zea mays*'da glutatyon (GSH) seviyesindeki değişimler

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çevre yasasında çevre; “bütün insanların ortak varlığı olup, hava, su, toprak, bitki ve hayvan varlığı ile doğal ve tarihsel zenginlikleri” ifade etmektedir.

Çevre sorunları çevreyi oluşturan canlı ve cansız unsurlar üzerinde, insanın çeşitli faaliyetlerine bağlı olarak ortaya çıkan ve yaşamı olumsuz yönde etkileyen, bozulmaların ve sorunların tümüdür.

Çevre kirliliği sanayi devriminden sonra gelişmiş ülkelerin sanayileşmeleri ve üçüncü dünya ülkelerinin doğal kaynaklarını hızla tüketmelerinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Özellikle 1950’lerden sonra gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde kısa vadede ekonomik büyüme ve gelişme (kalkınma) hedefine ulaşılmasına yönelik olarak hızlı sanayileşme, yoğun turizm, tarımsal üretimin artırılması, daha fazla üretme ve tüketme eğilimleri, plansız şehirleşme, çevreye duyarsız yöntemlerle üretimin yapılması, çevre örgütlenmesi ve çevre duyarlılığının yeterince gelişmemiş olması gibi nedenler kirliliğin boyutunu arttırmaktadır.

Çevreyi oluşturan temel unsurlardan hava, su ve toprakta, doğal koşullarda ekolojik bir denge ve biyosferde çok yönlü karşılıklı bir etkileşim bulunmaktadır. Yani kirlenme sınır tanımamakta, sadece kullanıldığı alanda değil kilometrelerce uzaktaki yaşamı da etkilemektedir [1].

Tarımsal ekosistemler, doğal ekosistemlerin aksine insanların üretimi artırma çabaları nedeniyle çeşitli biçimlerde gübre, pestisit gibi birçok ek enerji katkısı ile bir anlamda yapaylaştırılmış ekosistemlerdir [5]. Ekolojik açıdan bakıldığında tarımsal ekosistemler çoğunlukla tek bir bitki türüyle sınırlanmış yapıları yüzünden genelde istikrarsız ve zayıf olarak kabul edilmektedir. İşte böyle bir ekosistemde ürün kaybına neden olan zararlı, hastalık ve yabancı otlara karşı yapılan ilaçlamalarda atılan ilacın % 0.015-% 6.0’sı hedef alınan canlı üzerine ulaşmakta ve yeterli etki alınmakta, geri kalan % 94–99.9’luk kısım ise agroekosistemde hedef olmayan organizmalara ve toprağa ulaşmakta yada çevredeki doğal ekosistemlere sürüklenme ve akıntı nedeniyle kimyasal kirleticiler olarak karışmaktadır [5]. Pestisitlerin püskürtülerek uygulanması sırasında bir kısmı evaporasyon ve dağılma nedeniyle kaybolurken, diğer kısmı bitki üzerinde ve toprak yüzeyinde kalmaktadır. Havaya karışan pestisit rüzgârla taşınabilir; yağmur, sis veya kar yağışıyla tekrar yeryüzüne dönebilir. Bu yolla hedef olmayan diğer organizma ve bitkilere ulaşan pestisit, bunlarda kalıntı ve toksisiteye neden olabilir. Bitkinin direkt yolla veya toprakta kalan pestisiti kendi bünyesine alması ve bu bitkilerin insan gıdası

veya hayvan yemi olarak kullanılması sonucunda pestisitler insanların gıda zincirine girmektedirler [7]

Bu çalışmada bir pestisit olan mesotrion içerikli callisto herbisidinin *Zea mays* (mısır) bitkisinin Martha F1 kültür formunda farklı konsantrasyonlarda etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla herbisidin mısırdaki total glutatyon (GSH), glutatyon redüktaz (GR), glutatyon-s-transferaz (GST) ve pigment (klorofil a, klorofil b, karotenoid, total klorofil) içeriği üzerine etkileri araştırılmıştır.

Syngenta'dan elde edilen genel bilgiler doğrultusunda yapılan çalışmalar Callisto'nun (mesotrion) mısır tarlalarında tek yıllık geniş yapraklı yabancı otları başarıyla kontrol eden, yeni geliştirilmiş 'mesotrione' etkili maddesini süspansiyon konsantre formülasyonda içeren seçici bir herbisit olduğu belirtilmektedir [69]. Herbisitinin etkin maddesinin pigment sistemi üzerine etkin olduğu belirtilmektedir. Çimlenme sonrası ilaçlamalarda herbisidin etkisini 5-7 gün içerisinde gösterdiği ve 14 gün sonra da yabancı otların öldüğü belirtilmektedir [23]. Yapılan çalışmamızda buna benzer bulgular elde edilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre 1. günde en yüksek toplam klorofil miktarı kontrol'de 16,07 µg/g (Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1); 5. günde kontrol'e yakın bir konsantrasyon olan 13 ppm'de 15,24 µg/g (Şekil 4.2 ve Çizelge 4.2); 10. günde kontrol'de 16,03 µg/g (Şekil 4.3 ve Çizelge 4.3) ve 15. günde yine 13 ppm'de ve 16,51 µg/g (Şekil 4.4 ve Çizelge 4.4) olarak belirlenmiştir. Görüldüğü üzere kontrol gruplarında ve 13 ppm gibi düşük konsantrasyonlarda toplam klorofil içeriğinin fazla olduğu tespit edilmiştir. Toplam klorofilin en düşük değerleri ise 1, 5, 10 ve 15. günlerdeki 369 ppm konsantrasyonlarında görülmüştür (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1; Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2; Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3; Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4). Buradan yola çıkarak mesotrionun pigment sistemi üzerinde oldukça etkili olduğu sonucuna varılabilir.

Mitchell ve ark., Sutton ve ark., Hagoog ve ark. yaptıkları çalışmalarda benzer şekilde kullanılan herbisitlerin pigment sistemi üzerine etkili olduğunu saptanmıştır. Bizim çalışmamızdaki bulgularımız paralellik göstermiştir [66, 67, 75].

Farklı konsantrasyonlarda herbisit uygulanmasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde alınan örneklerde pigment sistemi incelendiğinde mesotrionun bu parametrelerde etkili olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1; Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2; Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3; Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4). İstatistiksel sonuçlar da bunu desteklemektedir. Yapılan bu çalışmada klorofil a ve b, toplam klorofil ve karotenoid içeriğinde önemli değişimler olmuştur. Bu değişimler istatistiksel olarak

anlamli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Herbisit uygulanmasından sonraki 1. günde konsantrasyon artışına paralel olarak klorofil a miktarında da önemli ölçüde artış olduğu gözlemlenmiştir. Düşük bir konsantrasyon olan 35 ppm'de klorofil a değeri 6,64 µg/g iken yüksek konsantrasyon olan 264 ve 369 ppm'deki klorofil a değeri ise 7,18 µg/g olarak saptanmıştır. Klorofil a'daki bu artış herbisitin 1. günde klorofil a üzerinde yoğun bir etki oluşturmadığını göstermektedir ve bu durum istatistiksel olarak da anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). 5., 10. ve 15. günlerde ise klorofil a değeri önemli oranda azalmıştır. İstatistiksel sonuçlardan elde edilen veriler ışığında mesotriyonun klorofil a üzerinde, 5. günden sonra etkili olduğu sonucuna varılabilir. Klorofil b'de ise herbisitin klorofil b üzerinde 1. günden başlayarak önemli ölçüde etki oluşturduğu gözlemlenmiştir. 5., 10. ve 15. günlerde de klorofil b'de devam eden belirgin bir azalış saptanmıştır. Toplam klorofil miktarında da paralel bir durum gözlemlenmiştir.

Antioksidan özelliği olan karotenoid içeriğinde, herbisit uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde ilerleyen oranda bir artış belirlenmiştir. Herbisite maruz kalan mısır bitkilerinin konsantrasyon artışına ve maruz kalma süresine paralel olarak karotenoid miktarında önemli ölçüde artış görülmesi istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). 1.günde 18 ppm gibi düşük bir konsantrasyonda -0,20 µg/g iken, 15. günde 369 ppm gibi yüksek bir konsantrasyonda 2,01 µg/g olarak tespit edilmesi önemli görülmektedir. Antioksidan özelliği olan karotenoidlerin herbisitin yarattığı stres durumuna tepki olarak arttığı düşünülmektedir.

Grandul-Rojas ve ark. (2004) yaptıkları bir çalışmada, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 2,4-diklorofenol'ün (DCP) varlığında klorofil pigmentlerinin azalmasını katalizleyen zeytinlerin (*Olea europaea*) cv. Hojiblanca'nın çözünmüş tilakoid membranında peroksidatif bir aktivite bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu azalmanın ara ürünleri, HPCL kullanılarak analiz edilmiştir ve sonuçların 13<sup>2</sup>-OH-klorofil a ve 13<sup>2</sup>-OH-klorofil b'nin birincil katabolitlerin olduğu ifade edilmiştir. Peroksidatif aktivitenin sadece klorofil a ve klorofil b ile değil aynı zamanda fotosentetik süreçlerde aksesuar olan karotenoidler gibi diğer pigmentlerde de tilakoid membranlarda ortaklaşa davrandığı belirtilmiştir. Araştırmacılar klorofil a/b ve toplam klorofil a+b / karotenoid oranlarının azalmasını, klorofil a'nın klorofil b'den daha fazla olduğu ve klorofil a+b'nin karotenoidlerden daha fazla azaldığı için olduğunu ifade etmişlerdir [79]. Bizim yaptığımız çalışmalardaki sonuçlarımızla bu çalışmadaki bulgular örtüşmektedir. 1. günde klorofil a'nın artış gösterirken klorofil b'nin azalış göstermesi yukarıdaki çalışmayla bütünleştirildiğinde

anlamli bir sonuç teşkil etmektedir ve istatistiksel olarak da önemli bulunmuştur. Bu araştırmada klorofil a miktarının klorofil b miktarından fazla olduğu saptanmıştır.

Delvin ve arkadaşları (1979), 1-(m-trifluorometilfenil)-3-kloro-4-klormetil-2-pyrolidone (R-40244) herbisitini kullanarak buğday (*Triticum aestivum* L. 'Mericopa') ve mısırdaki (*Zea mays* L. Merit) klorofil üretimini araştırmışlardır. 320 μmol/l R-40244 herbisitinin buğdaya uygulanması sonucu buğday filizlerinin klorofil içeriğinde %96'lık bir azalma olduğu belirlenmiştir. 320 μmol/l R-40244 herbisitinin mısıra uygulanması sonucunda ise mısırın klorofil içeriğinde %44'lk bir azalma olduğu ifade edilmiştir. 320 μmol/l R-40244 herbisitinin uygulanması neticesinde hem buğday hem de mısırdaki karotenoid üretiminin inhibe edildiği rapor edilmiştir. Herbisitin karotenoid üretiminde buğdayda %97'lik bir azalma ve mısırdaki %44'lk bir azalmaya sebep olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar karotenoid üretiminin inhibisyonunun R-40244 herbisitinin hareket şeklini tayin edebileceğini ne sürmüşlerdir [76]. Bu araştırmacıların yaptıkları çalışmada herbisit uygulanmasıyla hem mısırdaki hem de buğdayda klorofil içeriğinde de karotenoid içeriğinde de azalma olduğu belirtilmiştir. Bizim alışmamızda klorofil içeriği bu araştırmada olduğu gibi benzer şekilde azalış göstermiştir fakat karotenoid içeriği tam tersine artış göstermiştir. Karotenoidler, flavinler ve porfirinler gibi triplet uyarıcıların zararlı etkilerini baskılayarak, singlet oksijeni baskılayarak ve peroksit radikalleri temizleyerek oksidasyona karşı bitkileri korurlar. Karotenoid miktarındaki artış bu durum ile ilişkilendirilebilir.

Creech ve ark. (2004)'de yaptıkları çalışmada dört yabancı ot türü olan *Setaria viridis* (L) Beauv, *Echinochloa crus-galli* (L) Beauv, *Abutilon theophrasti* Medic ve *Amaranthus retroflexus* L.'un yapraklarına atrazin, mesotrion veya atrazin ile mesotrionun bir kombinasyonunun uygulanmasından sonra *Zea mays* L ve bu yabancı ot trlerinin büyümesi ve fotosentez üzerine etkilerini çalışmışlardır.  herbisit uygulanmasına karşı bitki tepkileri kontrol gruplarıyla karşılaştırılmıştır. Herbisit uygulanan gruplarda fotosentez ve kuru ağırlık üzerinde azalma olmadığı saptanmıştır. Atrazin ve mesotrion ayrı ayrı veya bir arada kullanılması durumunda *E. crus-galli*, *A. retroflexus* ve *A. theophrasti*'nin kuru ağırlığının ve fotosentezde önemli oranda azalma olduğu bildirilmiştir. Herbisitlerin ayrı ayrı veya birlikte uygulanmasından 14 gün sonra *S. viridis* bitkilerinin kuru ağırlığını ve fotosentezi etkilemediği rapor edilmiştir. Bu üç herbisit uygulamasının hepsi geniş yapraklı yabancı otların yoğunluğunu, mesotrionun tek başına uygulandığı *A. retroflexus* hariç önemli oranda azalttığı belirtilmiştir [68]. Bu alışmamızda mesotrionun pigment içeriği üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır.



Fotosentezde önemli rolü olan klorofil pigmentlerinin miktarı, mesotrionun uygulanmasıyla beraber azalmıştır. Bu da klorofil pigment miktarının hem artan konsantrasyona hem de herbisite maruz kalma süresine bağlı olarak azaldığını göstermektedir. Şekil 5.1’de de görüldüğü üzere morfolojik yönden 1. günden 15. güne doğru gidildiğinde mısır yapraklarında belirgin bir sararma olduğu ve dolayısıyla bu da klorofil oranında azalma meydana geldiğini göstermektedir. Daha öncede belirtildiği gibi mesotrion pigment sistemi üzerinde etkili olan bir herbisittir [23-24]. Yaptığımız çalışmada pigmentasyonla ilgili sonuçlar (Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1) Creech ve ark.’nın sonuçlarıyla paralellik göstermektedir [68].



1. GÜN



5. GÜN



10. GÜN



15. GÜN

**Şekil 5.1** Mesotrionun uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde *Zea mays*'ın genel görünümü

Çeşitli dokularda ve hücrelerde sürekli olarak oluşan serbest radikaller temel makromoleküllere (lipitler, proteinler, karbonhidratlar ve nükleik asitler) hasar verirler. Serbest radikallerin zararlı etkilerine karşı son derece etkili ve güçlü bir savunma sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistemin sağlıklı işlemesi ve zararlı bileşiklerle antioksidanlar arasındaki hassas dengenin korunması, organizmanın canlılığını sürdürmesi açısından çok önemlidir. Oksidan stresin *in vivo* olarak belirlenmesine yönelik yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bununla ilgili olarak Cataneo ve arkadaşları (2002) yaptıkları çalışmada *Zea mays* (mısır)'da asetoklor, atrazin ve oxyfluorfen herbisitlerinin uygulanması sonucu GST aktivitesini araştırmışlardır. GST aktivitesinde asetoklorun uygulanmasından 48 saat sonra önemli bir artış gösterdiği belirtilmiştir (% 105'lik bir artış). Atrazin herbisitinin uygulanmasından 24 ve 48 saat sonra ise sırasıyla % 31 ve % 38'lik bir artış olduğu bildirilmiştir. Diğer taraftan oxyfluorfen uygulanmasından ancak 48 saat sonra GST aktivitesinin % 57'lik bir artış gösterdiği rapor edilmiştir. Bu sonuçlar Jablonki ve Hatzios (1991)'in bulgularıyla paralellik göstermektedir [74]. Bizim çalışmamızdaki bulgulara göre ise mesotrionun uygulanmasından sonra hem uygulama gruplarındaki GST aktivitesinin hem herbisit dozunun artışıyla hem de günlere bağlı olarak arttığı görülmüştür. Kontrol grubunda 1. günde GST aktivitesi minimum iken 10. günde GST aktivitesi maksimuma ulaşmıştır. Herbisite maruz kalan mısır bitkilerinin oluşan stres durumundaki etkileri, antioksidan savunma enzimleriyle ortadan kaldırdığı ve bu doğrultuda da GST aktivitesinde artış olduğu düşünülmektedir.

Antioksidan enzimler, yüksek esneklik göstererek ksenobiyotik bağlarının ayrılması ve parçalanması için iyi gelişmiş metabolik bir yolun başlangıç noktasını oluşturmaktadırlar. Genomik ve proteomik çalışmalar, bitkilerde GST'lerin aktivitesini ve GSH miktarını ve daha da önemlisi stres koşulları altında onların doğal fonksiyonlarının ve modülasyonunun daha fazla anlaşılmasını sağlamaktadır. Böylece ksenobiyotik ve agrokimyasallarda glutatyon (GSH) ve glutatyon ara metabolizması, çevresel koşullara ve insanların sebebiyet verdiği hava kirliliğine karşı bitkilerin adaptasyonunda önemli bir rol oynamaktadır. Bununla ilgili olarak Schöder ve arkadaşlarının yaptıkları araştırmalar sonucunda glutatyon-S-transferaz (GST) ve glutatyonun (GSH), bitkileri elektrofilik ksenobiyotikler ve endojen toksik bileşiklerden korumak için tamamen birbirlerini etkiledikleri belirtilmiştir. GST ve GSH'ın aynı zamanda hormon metabolizması ve içsel sinyal artışı için gerekli olduğunu da belirtmişlerdir [36]. Bizim yaptığımız çalışmada GST ve GSH'ın buna benzer bulgular

elde edilmiştir. Mesotrion uygulanması ile meydana gelen stres durumundan etkilenmemek için *Zea mays*'ın antioksidan savunma ile tepki verdiği düşünülmektedir ve bundan dolayı uygulama gruplarında hem GST aktivitesinde hem de GSH miktarında artış olması bu stres durumu ile ilişkilendirilmektedir. Bizim yaptığımız çalışmada GST aktivitesi, GSH miktarı ile paralel sonuçlar göstermiştir.

Glutasyonun herbisitler ve insektisitlerle konjugasyonu, bitkilerin detoksifikasyon mekanizmalarının en önemlilerinden biridir. Bu konjugasyon, glutasyon-S-transferazlar olarak bilinen multifonksiyonel enzimler tarafından katalizlenir. Bununla ilgili olarak Coşkun ve Zühnioğlu (2002) yaptıkları bir çalışmada buğday (*Triticum aestivum* L.cv. Cumhuriyet-75), arpa (*Hordeum vulgare* L.cv. Kaya), nohut (*Cicer arietinum* L.cv. Üspanyol) ve mercimek (*Lens culinaris* Medik. cv.kışlık-kırmızı-51); 2,4-D (2,4-dikloro fenoksiasetik asit), linuron (N-(3,4-diklorofenil)-N'-metoksi-N'-metil üre) gibi herbisitler ile ve paratyon metil (o,o-dimetil o-(4-nitrofenil)fosforotiyoat), malatyon (S-1,2-bis(etoksibikarbonil)etil o,o-dimetil fosforditiyoat) gibi insektisitler ile muamelesi sonucunda köklerde ve filizlerdeki GST aktivitesinde bir artış olduğunu belirtmişlerdir [73]. Bizim çalışmamızda bu doğrultuda paralellik göstermiştir (Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6) Mesotrion herbisiti uyguladığımız *Zea mays*'da uygulama gruplarındaki GST aktivitesi hem herbisit dozunun artışıyla hem de günlere bağlı olarak artış göstermiştir.

Pestisit özellikli ksenobiyotiklerin detoksifikasyonunda görev alan GST enziminin aktivitesinin bitkilerde yüksek olduğu belirtilmektedir. Bununla ilgili olarak yapılan bir çalışmada Scarponi ve arkadaşları (1992), mısır (*Zea mays*) ve soya (*Glycine max.* L.) bitkilerine herbisit uygulamışlardır. Herbisit uygulamaları neticesinde GST aktivitesinde bir artış ve klorofil pigmenti içeriğinde ise bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Mısırdaki GST aktivitesinin soyadakinden daha fazla olduğunu belirlemişlerdir [80]. Bizim yürüttüğümüz çalışmada da benzer bulgular görülmüştür. GST aktivitesinin herbisit etkisiyle artış gösterdiği düşünülmektedir. Oksidatif strese maruz kalan *Zea mays* bitkilerinin herbisit olumsuz etkisini ortadan kaldırmak için antioksidan savunma mekanizmasını harekete geçirdiği düşünülmektedir.

Çeşitli ksenobiyotik faktörlerin antioksidan savunma enzimlerini indüklediği bilinmektedir. Bununla ilgili Kocsy ve ark. (2004) yaptıkları benzer bir çalışmada, abiyotik stres koşulları altında *Zea mays*'da GSH içeriğinin ve GR aktivitesinin önemli ölçüde arttığını rapor etmişlerdir. Sürgünlerde GSH ve GSSG içeriğinin kontrol koşulları altında % 133 ile % 66 oranında arttığı bildirilmiştir. 5 °C'deki soğuklama

işlemine maruz kalan bitkilerde GSH miktarının % 52 ile % 33 oranında arttığı ifade edilmiştir. 40 °C'deki sıcak stresinde GSH içeriğinin çok yükseldiği belirtilmiştir (%178). Soğuklama işleminde sonra GSSG içeriği de önemli oranda artış olduğu rapor edilmiştir. GR aktivitesinin sürgünlerde daha yüksek olduğu ve sıcak stresinde GSSG içeriğinin azaldığı bildirilmiştir. Soğuk ve sıcak koşullardan sonra GSH/GSSG oranının soğuk stresinde % 128; sıcak stresinde % 121 oranında arttığı rapor edilmiştir [93].

Glutasyon redüktaz aktivitesi ile redükte glutasyon miktarındaki değişimler birbiriyle paralel değildir. Bu da bize hücrelerde redükte glutasyon azlığına bağlı olarak, glutasyon redüktaz aktivitesinin GSH'ı oluşturmak için artacağını göstermektedir. Farklı konsantrasyonlarda mesotrion uyguladığımız *Zea mays*'da GR aktivitesinde kontrol grubunda günlere bağlı olarak azalma olduğu saptanmıştır. 1. ve 5. günde kontrolde GR aktivitesi 0,11 µmol /dakika/mgprotein iken 10. ve 15. günlerde 0,08 µmol /dakika/mgprotein olarak saptanmıştır. 369 ppm'de 1. günde GR aktivitesi 0,26 µmol/dakika/mgprotein; 5.günde 0,20 µmol/dakika/mgprotein; 10. günde 0,13 µmol/dakika/mgprotein ve 15. günde ise 0,09 µmol/dakika/mgprotein olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5). Ksenobiyotiklerin baskılayıcı olduğu ve endojen antioksidanların yetersiz kaldığı durumlarda ise organizmada istenmeyen durumlar görülebilir. Burada üzerinde çalıştığımız mısır bitkilerinin herbisite maruz kalma süresi arttıkça ( 1., 5., 10 ve 15. gün) oksidatif stres oluşturulduğundan GR aktivitesinde bir baskılanma olduğu ve bu sebepten aktivitede azalma görüldüğü düşünülmektedir.

Ksenobiyotiklerin mısır üzerinde yarattığı etkilerle ilgili çalışmalar yapılmıştır [61, 94]. Mısır yapraklarındaki total klorofilin yaklaşık olarak % 40'ı mezofil tilakoidlerinde lokalize olduğu belirtilmektedir. Buna benzer çalışmalardan biri Pastori ve ark. (2000) tarafından yapılmıştır. 15 °C ve 20 °C'de yetiştirdikleri bütün mısır bitkilerinde GSH içeriğinin arttığı bildirilmiştir. GSH ve GSSG'in hem mezofil hem de demet kını dokularında bulunduğu ifade edilmiştir. 20 °C, 18 °C ve 15 °C'de mezofillerdeki GSH içeriğinin, demet kını dokularında GSH içerinden daha fazla olduğu bildirilmiştir [78].

Ksenobiyotiklere karşı savunmada önemli rolü olan antioksidanlar, stres durumudaki olumsuz etkileri baskılamak için indüklenirler. Bu yönde yapılan pek çok çalışma mevcuttur [95-102]. Xinde ve arkadaşları (2004) yaptıkları çalışmada As (arsenik)'e maruz kalan Çin brake eğreltiotunda (*Pteris vittata* L.) bitkinin gelişimi, arsenik birikimi ve antioksidan aktiviteleri araştırılmıştır. Arseniğe düşük seviyelerde

maruz kalan Çin brake eğreltiotunda enzimatik antioksidanların (SOD, CAT, APX ve GPX) aktivitelerinin arttığı bildirilmiştir. Buna karşılık enzimatik olmayan antioksidanların (GSH ve -SH) içeriği Çin brake eğreltiotunun arseniğe yüksek oranda maruz kalması neticesinde önemli oranda artış gösterdiği ifade edilmiştir [103]. Bizim çalışmalarımızda da herbisit konsantrasyonu arttıkça GSH içeriğinin arttığı gözlemlenmiştir. Strese maruz kalan *Zea mays*, herbisit bu olumsuz etkisini ortadan kaldırmak için önemli bir antioksidan olan GSH 'ı kullanarak tüketilmiş olacağı düşünülmektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada kullandığımız Callisto'nun (mesotrion), farklı yoğunluklarda gerek bitki gelişimi ve gerekse pigment sistemi ile GST, GR aktivitesi ve GSH miktarı üzerindeki etkilerinde belirgin değişimlere neden olduğu saptanmıştır. Mesotrionun pigment sistemi antioksidan sistemi üzerindeki bu etkileri dikkate alındığında, tarımsal alanlarda yabancı ot kontrolü için kullanılan herbisitlerin kontrolsüz kullanılması halinde olumsuz etkilere neden olabileceğini göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] K. Yıldız, Ş. Sipahioğlu ve M. Yılmaz, *Çevre Bilimi*, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara (2000), 131
- [2] R. Keleş, C. Hamamcı, *Çevre Bilim*, İmge Kitabevi Yayınları 4. Baskı (2002), 91-92
- [3] M. N. Şişli, *Ekoloji*, Hacetepe Üniversitesi Yayınları A31 Ankara (1980), 197-204-205
- [4] A. Boşgelmez, S. Savaşçı, N. Paslı, S. Kaynaş, *Ekoloji I*, Ispartalılar Eğitim Kültür Sağlık Turizm Yardımlaşma ve Dayanışma Vakfı (ISVAK) II. Baskı No: 6 Ankara (2000)
- [5] M. Yıldız, M. O. Gürkan, C. Turgut, Ü. Kaya, G. Ünal, *Tarımsal Savaşmada Kullanılan Pestisitlerin Yol Açtığı Çevre Sorunları*, (2000)
- [6] O. Ketenoğlu, H. Evren, L. Kurt, S. Düzenli, *Çevre Kirliliği (Çevre Biyolojisi)*, Palme Yayıncılık : 166 Birinci Baskı Ankara (2000), 145-155
- [7] H. Kaygısız, *Tarımda ilaahlı mücadelenin temel prensipleri*, Hasad Yayıncılık, 2. Baskı (2003)
- [8] Ülku Yücel, *Pestisitlerin İnsan ve Çevre Üzerine Etkileri*, Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Nükleer Kimya Bölümü (2001)
- [9] Berrin Taşkaya, Tarım ve Çevre, Tarımsal Ekonomi Araştırma Enstitüsü, Sayı: 5 Nisan (2004)
- [10] Uygur vd., Özer vd., *Organik tarımda yabancı ot yönetimi*. Adana Ziraat Mücadele Araştırma Enstitüsü, 01321, Adana (1998)
- [11] www.weeds.iastate.edu
- [12] İziko museums of cape town, *Zea mays* (Maize, Corn), (2004)
- [13] Y. Kırtok, *Mısır Üretimi ve Kullanımı*, Kocaoluk Basım ve Yayınevi, (1998)
- [14] D. W. Monks and L. Bass, *Weed Control in Vegetable Gardens*, Horticulture Information Leaflets, (1999)
- [15] K. Grossmann, *Mediation of Herbicide Effects by Hormone Interactions*, Journal of Plant Growth Regulation, 10: (2003) 109
- [16] A. Zajc, T. Neufind, L. Prade, P. Reinemer, R. Huber, B. Bieseler, *Herbicide detoxification by glutathione S- transferases as implicated from X-ray structures*, Volume 55, Issue 3, (1999) Pages 248 – 252
- [17] P. J. Hatton, I. Cummins, D.J. Cole & R. Edwards, *Glutathione transferases involved in herbicide detoxification in the leaves of Setaria faberi (giant foxtail)*, Volume 53, Issue 3, Pages 209 – 216, 1999
- [18] H. P. Singh, D. R. Batish, ve R. K. Kohli, *Allelopathic Interactions and Allelochemicals: New Possibilities for Sustainable Weed Management*, Department of Botany, Panjab University, Chandigarh 160 0140, India; Centre for Environment and Vocational Studies, Panjab University, Chandigarh, India: **Critical Reviews in Plant Sciences**, 22(3&4): (2003) 240
- [19] J. V. Parochetti, M. G. Schnappinger, G. F. Ryan, and H. A. Collins, *Practical Significance and Means of Control of Herbicide-Resistant Weeds*, Weed Sci., 18: (1970) 309-311.
- [20] G. R. Armel, *Weed management in conventional, no-till, and transgenic corn with mesotrione combinations and other herbicides*, (2002)
- [21] Jeffrey L. Gunsolus and Williams S. Curan, *Herbicide Mode of Action and Injury Symptoms*, North Central Regional Publication, 377: (1999).
- [22] Paul A. Baumann, Peter A. Dotray, Eric P. Prostko, *Herbicides (How They Work and the Symptoms They Cause)*, The Texas A&M University System, B6081 (1999)

- [23] <http://www.syngenta.com>
- [24] *Mesotrione (Callisto):Product Callisto Herbicide*, 100-1131 (2006)
- [25] K. L. Smith, *Weed control guide for Ohio field crops, Corn: Soil applied herbicides- preplant or preemergens* (2006)
- [26] L. D. Hoffman, D. D. Lingenfelter and E. L. Welnwr, *Effect of reduced herbicide rates and cultivation for weed control in no-till corn*, 54:34 (2000)
- [27] *Pesticide fact sheet: Mesotrione*, June 4, (2001)
- [28] *Balance and Callisto performance*, PSU Weed Management Research Project, (1999)
- [29] W. S. Curren, J. A. Shaffer and R. R. Schnabel, *Switchgrass tolerance to several pre and pos applied corn herbicides*, (1998)
- [30] [www.cine-tarim.com.tr](http://www.cine-tarim.com.tr): Ülkemizde Mısır-dergi/arşiv29/04(58).htm
- [31] H. Geçkil, *Biyokimya*, Eylül (2006) 137
- [32] D. Asma, *Biyolojik sistemlerde Radikaller ve Antioksidanlar*, Yüksek Lisans Ders Notları
- [33] A. S. Yalçın, *Antioksidanlar*, Klinik Gelişim 11 (342-346) 1998
- [34] F. Drog, *Plant Glutathione S-Transferases, a Tale of Theta and Tau*, **J. Plant Growth Regul.** (1997) 16:95-107
- [35] D. Karam, *Glutathione S-transferase: an enzyme for chemical defense in plants*, (1996)
- [36] P. Schröder, *The role of glutathione and glutathione s- transferases in plant reaction and adaption to xenobiotics*, 155-168 (2001)
- [37] "<http://en.wikipedia.org/wiki/Glutathione>"
- [38] K. Ogawa, D.Sc, *Glutathione-Associated Regulation of Plant Growth and Stress Responses*, **Antioxidants & Redox Signaling** Jul (2005) Vol. 7, No. 7-8 : 973 -981
- [39] C. Xiang, B. L. Werner, E. M. Christensen, and D. J. Oliver, *The Biological Functions of Glutathione Revisited in Arabidopsis Transgenic Plants with Altered Glutathione Levels*, **Plant Physiol**, June (2001) Vol. 126, pp. 564-574
- [40] C. Herschbach and H. Rennenberg, *Influence of glutathione (GSH) on net uptake of sulphate and sulphate transport in tobacco plants*, Pp. 1069-1076, (1994)
- [41] Parris M. Kidd, Ph.D. *Glutathione: Systemic Protectant Against Oxidative and Free Radical Damage*, (1999)
- [42] Oxygen Society Annual Meeting, New Orleans, LA Nov 19-21, (1999)
- [43] R. G. Alcher, *Biosynthesis and antioxidant function of glutathione in plants*, **Physiol Plant** 77:457-464 (1989)
- [44] C. H. Foyer, *The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplast: A proposed role in ascorbic acid metabolism*, **Planta** 133:21-25 (1976)
- [45] D. Asma, *Bazı fungus ve bakterilerde detoksifikasyon sistemi ve sistem üzerine pestisitlerin etkisi*, Doktora tezi, 19-20 (1998)
- [46] O. Blokhina, E. Virolinen and K. V. Fagerstedt, *Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: a Review*, **Annals of Botany** 91: 179-194, (2002)
- [47] P. C. García, R. M. Rivero, Luis R. López-Lefebre, E. Sánchez, J. M. Ruiz and L. Romero, *Response of oxidative metabolism to the application of karbendazim plus boron in tobacco*, **Australian Journal of Plant Physiology** 28(8)10.1071/PP00098 (2001) 801-806
- [48] A. S. Yalçın, *Antioksidanlar*, Klinik Gelişim 11 (342-346) (1998)
- [49] D. G. Mendoza-Cozatl, R. Moreno-Sanchez, *Control of glutathione and phytochelatin synthesis under cadmium stress. Pathway modeling for plants*, **Journal of Theoretical Biology** 238 (2006) 919-936



- [50] C. H. Foyer and G. Noctor, *The Molecular Biology and Metabolism of Glutathione, Plant Physiol*, 27-56 (2001)
- [51] C. Sundqvist ve C. Dahlin, *With chlorophyll pigments from prolamellar bodies to light-harvesting complexes. Physiologia Plantarum* 100:4, (1997) 748-759
- [52] A. Kadioğlu, *Bitki Fizyolojisi*, 148-150 Trabzon (1999)
- [53] B. Yıldız, *Sistematik Botanik II –Vasküler bitkiler* (1996) syf 197-198
- [54] A. Öktem, A.C. Ülger ve Y. Coşkun, *Harran ovası koşullarında bazı yabancı ot kontrol yöntemlerinin mısır bitkisinde (Zea mays L.) tane verimi ve verim unsurlarına etkisi*, HR.Ü.Z.F.Dergisi, (2004) 8(1):51-57
- [55] C. C. Darie, L. D. Pascalis, B. Mutschler, W. Haehnel, *Studies of the Ndh complex and photosystem II from mesophyll and bundle sheath chloroplasts of the C4-type plant Zea mays*, **Journal of Plant Physiology** 163 (2006) 800—808
- [56] J.D. Sauer, *Historical geography of crop plants - a select roster*. CRC Press, Boca Raton, Florida. (1993)
- [57] <http://www.museums.org.za/bio/plat/angiospermae-classif.htm>
- [58] *How a Corn Plant Develops*, Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service Ames, Iowa Special Report No. 48 Reprinted June (1993)
- [59] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Corn>
- [60] Environmental Protection Agency (EPA), *Mesotrione; Pesticide Tolerance*, (2001)
- [61] C. Türe, Y. B. Köse, *Eskisehir ve Çevresindeki Bazı Tarım Alanlarında Yayılış Gösteren Yabancı Ot Florası Üzerine Bir Arastırma*, **Turk J Agric For** 24 (2000) 327–331
- [62] Karadeniz Tarım Araştırma Enstitüsü, (2006)
- [63] <http://www.perlit.htm>
- [64] Per-Taş Metal Limited Şirketi, (2005)
- [65] Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik ÖİK Raporu Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Yapı Malzemeleri III (Pomza-Perlit-Vermikülit-Flogopit Genleşen Killer) Çalışma Grubu Raporu, sayfa 35,36-42 (2001) <http://ekutup.dpt.gov.tr/madencil/sanayiha/oik628.pdf> 25
- [66] G. Mitchell, D.W.Bartlett, T.E.M. Fraser, T.R.Hawkes, D.C. Holt, J.K. Townson, Wichert R.A., *Mesotrione: a new selective herbicide for use in maize*, **Pest Management Science**, Volume 57, Number 2, February (2001) pp. 120-128(9)
- [67] P. Sutton, C.Richards, L. Buren, L. Glasgow, *Activity of mesotrione on resistant weeds in maize*, **Pest Management Science**, Volume 58, Number 9, September (2002) pp. 981-984(4)
- [68] J. E. Creech; T.A. Monaco; J.O. Evans, *Photosynthetic and growth responses of Zea mays L and four weed species following postemergens treatments with mesotrione and atrazin*, **Pest Management Science**, Volume 60, Number 11, November (2004) pp. 1079-1084(6)
- [69] [www.herbicide.com.tr: Callisto-Herbisit ilaçlar.asp](http://www.herbicide.com.tr: Callisto-Herbisit ilaçlar.asp)
- [70] K. Handwerk, *Isoxaflutole vs. mesotrione: the battle of the bleachers*, 52:115 (1998)
- [71] R. Edwards and W. J. Owen, *Comparison of glutathione S-transferases of Zea mays responsible for herbicide detoxification in plants and suspension-cultured cells*, (2000), 208-215
- [72] M. N.Doğan, A. Nay, Ö. Boz, F. Albay, *Determination of Optimum Weed Control Timing in Maize ( Zea maysL.)*, Turk J Agric For 28 (2004) 349-354
- [73] G. Coşkun, F. Zühnioğlu, *Effect of Some Biocides on Glutathione-s-transferase in Barley, Wheat, Lentil and Chickpea Plants*, **Turk J Biol**,

- 26 (2002) 89-94
- [74] A. C. Cataneo, K. L. Chamma, L. C. Ferreira, G. F. G. Déstro, J. C. Carvalho and E. L. Barbosa Novelli, *Glutathione S-transferase activity in asetonitrile, atrazine and oxyfluorfen metabolization in maize (Zea mays L.), sorghum (Sorghum bicolor L.) and wheat (Triticum aestivum L.) (Poaceae)*, (2002) 619-623
- [75] E. S. Hagood, C. W. Swann, H. P. Wilson, R. L. Ritter, B. A. Majek, W. S. Curran and R. Chandran. Pest Management Guide: Field Crops. Grain crops, soybeans and forages. Virginia Coops. Ext. Serv. Publ. 456-016. Blacksburg: Virginia Polytech. Ins. And State Univ. (2001)
- [76] R. M. Delvin, M. J. Kisiel and A. S. Kostuslak, *Influence of R-40244 on pigment content of wheat and corn*, **Weed Research**, Volume 19, Page 59 (1979)
- [77] A. Gregory and et al., *Mesotrione Combinations in No-Till Corn (Zea mays)*, **Weed Technology** Issn: 0890-037X Volume: 17 Issue: 1 Pages: 111-116 (2003)
- [78] G. Pastori, C. H. Foyer and P. Mullineaux, *Low temperature-induced changes in the distribution of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and antioxidants between the bundle sheath and mesophyll cells of maize leaves*, **Journal of Experimental Botany**, Vol. 51, No. 342, pp. 107-113, January (2000)
- [79] B. Gandul-Rojas, M. Roca, M. I. Minguez-Mosquera, *Chlorophyll and carotenoid degradation mediated by thylakoid-associated peroxidative activity in olives (Olea europea) cv. Hojiblanca*, **J. Plant Physiol.** 161. 499-502 (2004)
- [80] L. Scarponi, M. N. Alla, and L. Martinetti, *Metolachlor in Corn (Zea mays) and Soybean (Glycine max): Persistence and Biochemical Signs of Stress during Its Detoxification*, **J. Agric. Food Chem.** (1992) 40, 884-889
- [81] R. N. Arnold. [riarnold@nmsu.edu](mailto:riarnold@nmsu.edu), Arnold, R. N., Smeal, D., and O'Neill, M. K. *Broadleaf weed control in field corn with postemergence herbicides*. Online. Crop Management doi:10.1094/CM (2005) 0224-01-RS
- [82] M. M. Nemat Alla, N. M. Hassan, *Changes of antioxidants level in two maize lines following atrazine treatments*, **Plant Physiology and Biochemistry** 44 (2006) 202-210
- [83] P. C. García, R. M. Rivero et al., *Response of oxidative metabolism to the application of karbendazim plus boron in tobacco*, **Australian Journal of Plant Physiology** 28(8) 801 – 806 (2001)
- [84] K. Ogawa, D. Sc., *Glutathione-Associated Regulation of Plant Growth and Stress Responses*, **The Leading Publisher in Biotechnology**, Jul (2005) Vol. 7, No. 7-8 : 973 -981
- [85] L. De Kok and M. Graham, *Levels of pigments, soluble proteins, amino acids and sulfhydryl compounds in foliar tissue Arabidopsis thaliana during dark induced and natural senescence*, **Plant Physiol. Biochem.**, 27: (1989) 203-209
- [86] K. Lichtenhaler and A. R. Welburn *Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents*, Botanisches Institut der Universität, Kaiserstrasse 12, Postfach (1983)
- [87] T. Akerboom, P. M., Sies, H., *Assay of Glutathione, Glutathione Disulfide and Glutathione Mixed Disulfides in Biological Samples. Methods in Enzymology*, 373-382, (1981)
- [88] A. Cribb, E. et al. **Anal. Biochem.** 183, pp.195-196, (1989)
- [89] W. Habig, H. Pabst, M. J. Jakoby, *The First Enzymatic Step In Mercapturic Acid Formation Glutathione S- Transferases*. **J. Bio. Chem.**, 249, 7130-7139, (1974).

- [90] C. J. Andrews et al., *Purification and characterisation of a family of glutathione transferases with roles in herbicide detoxification in soybean (*Glycine max* L.); selective enhancement by herbicides and herbicide safeners*, **Pesticide Biochemistry and Physiology** 82 (2005) 205–219
- [91] M. M. Bradford, *A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding*, **Anal Biochem**, 72: 248-254 (1976)
- [92] D. B. Duncan, *Multiple Range and multiple F Tests Biometrics*, 11: (1995) 1-14
- [93] G. Kocsy, et al., *Abiotic stress-induced changes in glutathione and thioredoxin h levels in maize*, **Environmental and Experimental Botany** 52 (2004) 101–112
- [94] T. Matola, I. Jablonkai, *Safening efficacy of halogenated acetals, ketals and amides and relationship between the structure and effect on glutathione and glutathione S-transferases in maize*, (2005)
- [95] M.J. May, T. Vernoux, C. J. Leaver, M. V. Montagu, D. Inze, *Glutathione Homeostasis: implications for environmental sensing and plant development*, **J. Expt Bot.** 49:649-667, (1998)
- [96] M.J. May, T. Vernoux, R. S. Fernandez, M. V. Montagu, D. Inze, *Evidence for posttranscriptional activation of  $\gamma$ -glutamylcysteine synthetase during plant stress responses*, **Proc. Natl. Acad. Sci. USA** 95:12049-12054, (1998)
- [97] C. Xiang, D.J. Oliver, *Glutathione metabolic genes coordinately respond to heavy metals and jasmonic acid in *Arabidopsis**, **Plant Cell** 10:1539-1550, (1998)
- [98] C. Xiang and D. J. Oliver, *Multilevel Regulation of Glutathione Homeostasis in Higher Plants*, (2001), 562
- [99] M. James, H. Gordon; *Woolly cupgrass (*Eriochloa villosa*) management in corn (*Zea mays*) by sequential herbicide applications and cultivation*, Department of Agronomy, University of Wisconsin-Madison, 1575 Linden Drive, Madison, WI 53706, ETATS-UNIS (2001)
- [100] S. Farago and C. Brunold, *Regulation of Assimilatory Sulfate Reduction by Herbicide Safeners in *Zea mays* L.* Pflanzenphysiologisches Institut der Universität Bern, Bern, Switzerland Supported in part by Ciba-Geigy AG, Basel, Switzerland (1999)
- [101] P. Bilodeau, M. Luo, E. S. Dennis, W. J. Peacock, and A. M. Chaudhury, *Cloning Of A cDNA Encoding A Putative Glutathione Peroxidase Protein From *Arabidopsis thaliana* (Accession No. AF030132)*, **Plant Physiol.** 116: 1193 (1998)
- [102] L-H. Fu, X-F Wang, Y. Eyal, Y-M. She, L. J. Donald, Kenneth G. Standing and Gozal Ben-Hayyim, *Mass Spectrometry confirms that an opal codon (UGA) encodes selenocysteine in *Chlamydomonas reinhardtii* Glutathione peroxidase*, **The Journal of Biological Chemistry** Vol. 277, No. 29, Issue of July 19, pp. 25983–25991, (2002)
- [103] X. Cao, L. Q. Ma, C. Tu, *Antioxidative responses to arsenic in the arsenic-hyperaccumulator Chinese brake fern (*Pteris vittata* L.)*, **Environmental Pollution** 128 (2004) 317–325

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı soyadı : Aslı GİRAY KURT

Doğum Tarihi : 01.09.1978

Doğum yeri : Doğanşehir- Malatya

### ÖĞRENİM DURUMU:

1. İlköğretim : Atatürk İlköğretim Okulu (Doğanşehir)
2. Ortaöğretim : Doğanşehir Ortaokulu
3. Lise : Doğanşehir Lisesi
4. Lisans : İ.Ü. Fen-Edb. Fak. Biyoloji Bölümü (1997-2001)
5. Tezsiz Yüksek Lisans : İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (2001-2003)
6. Yüksek Lisans : İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü (2003- )

### EĞİTİM- ÖĞRETİM ETKİNLİKLERİ:

1. Allelopati ve Bitkiler, İnönü Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü Malatya, Seminer Çalışması (2006)