

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

**QUİZALOFOP-P-ETHYL UYGULANAN *Helianthus annuus* L. BİTKİSİNDE
SALİSİLİK ASİDİN BAZI BİYOKİMYASAL PARAMETRELER ÜZERİNE
ETKİSİ**

DİLEK BAYRAM

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**MALATYA
TEMMUZ-2011**

Tezin Başlığı: Quizalofop-p-ethyl Uygulanan *Helianthus annuus* L. Bitkisinde Salisilik Asidin Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi


Tezi Hazırlayan: **Dilek BAYRAM**

Sınav Tarihi: 08.07.2011


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

Sınav Jürisi Üyeleri


Doç. Dr. Dilek ASMA

........ İnönü Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT

........ İnönü Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Turan ARABACI

........ İnönü Üniversitesi

İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Asım KÜNKÜL
Enstitü Müdürü

Canim aileme...

Onur Sözü

Yüksek Tezi olarak sunduğum “**Quizalofop-p-ethyl Uygulanan *Helianthus annuus* L. Bitkisinde Salisilik Asidin Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Dilek BAYRAM

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

QUIZALOFOP-P-ETHYL UYGULANAN *Helianthus annuus* L. BİTKİSİNDE
SALİSİLİK ASİDİN BAZI BİYOKİMYASAL PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ

Dilek BAYRAM

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

77+ x sayfa

2011

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT

Bu çalışmada, *Helianthus annuus* L. üzerine quizalofop-p-etil herbisidi çimlenme sonrası 0.3-3.1 mM konsantrasyon aralığında uygulanmıştır. Bu herbisitinin peroksidaz, askorbat peroksidaz, lipid peroksidasyonu, fotosentetik pigment sistemi ve toplam fenolik içeriği üzerindeki etkileri 1., 5., 10. ve 15. günlerde araştırıldı.

Ayrıca bitkiye çimlenme öncesi 0.5 mM salisilik asit (SA) ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil herbisidi 0.3-3.1 mM aralığında uygulandı. bu gruplarda uygulamayı takiben bu herbisitinin peroksidaz, askorbat peroksidaz, lipid peroksidasyonu, fotosentetik pigment sistemi, ve toplam fenolik içeriği üzerindeki etkileri 1., 5., 10. ve 15. günlerde araştırıldı.

Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan gruplarda peroksidaz aktivitesi 1.,5., 10. ve 15. günlerde artış gösterdi. Genelde peroksidaz aktivitesi, SA ve quizalofop-p-etil uygulanan gruplarda 1., 5., 10. ve 15. günlerde artış gösterdi. Askorbat peroksidaz aktivitesi 5. günde artış gösterirken 10. ve 15. günde azalış gösterdi. Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan gruplarda askorbat peroksidaz aktivitesi genel olarak 15. güne kadar artış gösterdi. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan gruplarda, malondialdehid (MDA) içeriği genel olarak 1., 5. ve 10. ve 15. günlerde 1.6-3.1 mM uygulama yapılan gruplar dışında artış gösterdi. Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan gruplarda MDA içeriği çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan gruplara göre artış gösterdi.

Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil ile çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus*'da klorofil a, klorofil b, karotenoid ve toplam klorofil ve toplam fenolik içeriğinin de önemli ölçüde değişimler saptandı.

Ayçiçeğinde MDA seviyesi, pigment içeriği ve antioksidan aktivitesinde artış ve azalışın olması quizalofop-p-etilin toksisitesinden dolayı bir sitotoksikite semptomu olarak saptandı. Bulgularımız quizalofop-p-etilin ayçiçeğinde oksidatif strese neden olduğunu göstermektedir.

ANAHTAR KELİMELER: *Helianthus annuus*, Quizalofop-p-etil, Asetilsalisilik asit Peroksidaz, Askorbat peroksidaz, Malondialdehid (MDA), Pigment, Total Fenolik

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECT OF SALICYLIC ACID ON SOME BIOCHEMICAL PARAMETERS IN
Helianthus annuus L. TREATED WITH QUIZALOFOP-P-ETHYL

Dilek BAYRAM

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

77+ x pages

2011

Supervisor: Assist.Prof. Dr. Emel YİĞİT

In this study, the quizalofop-p-ethyl herbicide on *Helianthus annuus* L. was treated as post-emergence in a concentration range between 0.3-3.1 mM. The effects upon peroxidase, ascorbate peroxidase, lipid peroxidation, photosynthetic pigment system and total phenolic content of this herbicide were investigated on the 1st, 5th, 10th and 15th days following the treatment.

Furthermore, 0.5 mM salicylic acid (SA) was treated as pre-emergence and 0,3-3,1 mM quizalofop-p-ethyl herbicide was treated as post-emergence to same groups. In these groups, effects upon peroxidase, ascorbate peroxidase, lipid peroxidation, photosynthetic pigment system and total phenolic content were investigated on the 1st, 5th, 10th and 15th days following the treatment.

The peroxidase activity was increased on the 1st, 5th, 10th and 15th days in the groups that treated with quizalofop-p-ethyl as post-emergence. In general, increasing in the peroxidase activity was observed in treatment groups with SA and quizalofop-p-ethyl on the 1st, 5th, 10th ve 15th days. In the quizalofop-p-ethyl treated groups as post-emergence were determined that ascorbate peroxidase activity increased in 5th day, and decreased in 10th and 15th days. In the pre-emergence 0.5 mM SA and post-emergence quizalofop-p-ethyl treatment groups, ascorbate peroxidase activity generally enhanced until 15th. Malondialdehyde (MDA) content in the post-emergence quizalofop-p-ethyl

treatment groups was generally enhanced except 1.6-3.1 mM in 1st, 5th, 10th and 15th days. In the pre-emergence treatment of 0.5 mM SA and post-emergence quizalofop-p-ethyl treatment groups, MDA content was observed to increase against post-emergence quizalofop-p-ethyl application groups.

In the post-emergence quizalofop-p-ethyl treatment groups and in the pre-emergence 0.5 mM SA plus post-emergence quizalofop-p-ethyl treatment groups chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, total chlorophyll and total phenolic contents were found to be important in a time-dependent fashion.

It was showed that MDA levels, pigment content and antioxidant activities were increased and decreased as a symptom of cytotoxicity because of quizalofop-p-ethyl toxicity in sunflower. Our findings indicate that quizalofop-p-ethyl herbicide leads to oxidative stress in sunflower.

KEYWORDS: *Helianthus annuus*, Quizalofop-p-ethyl, Acetylsalicylic acid, Peroxidase
Ascorbate peroxidase, Malondialdehyde (MDA), Pigmentation,
Total Phenolic

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında yardım, öneri ve sağlamış olduğu destek için danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT'e,

Bu çalışmayı maddi olarak destekleyen İnönü Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Projeler Birimine (Proje no 2010/99),

Çalışmalarımın her aşamasında yanımda olan ve bana yol gösteren hocam Sayın Arş. Grv. Dr. Gülçin BEKER AKBULUT'a,

Tezimin yürütülmesinde labarotuvuar imkanlarından yararlanmamı sağlayan Sayın Doç. Dr. Burhan ATEŞ ile Sayın Yrd. Doç. Dr. Didem GÖKÇE'ye,

Laboratuvar çalışmalarımda bana yardımcı olan Arş. Grv. Armağan KAYA ile Arş. Grv. Duygu TURHAN'a ve Arş. Grv. Filiz KURU BORAN' a,

Tüm hayatım boyunca hep yanımda olan ve desteklerini, bana olan güvenlerini hep üzerimde hissettiğim annem, babam ve canım kardeşlerime,

en içten duygularıyla teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Pestisitler.....	5
1.2. Herbisitlerin Sınıflandırılması.....	6
1.2.1. Aktivitelerine göre herbisitler.....	7
1.2.2. Kullanımlarına göre herbisitler.....	7
1.3. Oksidatif stres.....	8
1.4. Salisilik Asit.....	9
1.5. Peroksidazlar.....	11
1.6. Askorbat peroksidaz.....	11
1.7. Lipid peroksidasyonu.....	12
1.8. Fenolik Bileşikler.....	12
1.9. Fotosentetik Pigmentler.....	13
1.10. Quizalofop-p-etil.....	14
1.11. <i>Helianthus annuus</i> L.....	15
1.11.1. <i>Helianthus annuus</i> L. Bitkisinin Yetiştirilmesi.....	16
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	25
3.1. Perlitin Özellikleri.....	26
3.2. Peroksidaz Aktivitesi Tayini.....	27
3.3. Askorbat Peroksidaz Tayini.....	27
3.4. Lipid peroksidasyonu (MDA) Analizi.....	28
3.5. Fotosentetik Pigment Analizi.....	28
3.6. Toplam Fenolik Analizi.....	29
3.7. Toplam Çözünabilir Protein Tayini.....	29
3.8. İstatistik Analizler.....	29
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	30
4.1. Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Peroksidaz Aktivitesi Değişimleri.....	30
4.2. Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Peroksidaz Aktivitesi Değişimleri.....	31
4.3. Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında APX Aktivitesi Değişimleri.....	33
4.4. Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında APX Değişimleri.....	34
4.5. Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. Annuus</i> Yapraklarında MDA Değişimi.....	36
4.6. Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında MDA Değişimi.....	37
4.7. Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Kl a Değişimi.....	39

4.8.	Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Kl a Değişimi.....	40
4.9.	Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Kl b Değişimi.....	42
4.10.	Çimlenme öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Kl b Değişimi.....	43
4.11.	Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Karotenoid Değişimi.....	45
4.12.	Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında Karotenoid Değişimi.....	46
4.13.	Çimlenme sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Toplam Klorofil Miktarı.....	48
4.14.	Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Toplam Klorofil Değişimi.....	49
4.15.	Çimlenme sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. Annuus</i> Yapraklarında Toplam Fenolik Madde Miktarı Değişimi.....	51
4.16.	Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Toplam Fenolik Madde Miktarı Değişimi.....	52
5.	TARTIŞMA VE SONUÇ.....	54
6.	KAYNAKLAR.....	65
	ÖZGEÇMİŞ.....	77

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 4.1.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı peroksidaz aktivitesi (U/mg protein)..	31
Şekil 4.2.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında peroksidaz aktivitesi değişimi.....	32
Şekil 4.3.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı AP aktivitesi (U/mg protein).....	34
Şekil 4.4.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında askorbat peroksidaz aktivitesi değişimi.....	35
Şekil 4.5.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı MDA miktarı değişimleri (µmol MDA/g yaş ağırlık).....	37
Şekil 4.6.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı MDA miktarlarının değişimi (µmol MDA/g yaş ağırlık).....	38
Şekil 4.7.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi.....	40
Şekil 4.8.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi.....	41
Şekil 4.9.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi.....	43
Şekil 4.10.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi.....	44
Şekil 4.11.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi.....	46
Şekil 4.12.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası Quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi.....	47
Şekil 4.13.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi.	49
Şekil 4.14.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi.....	50
Şekil 4.15.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı toplam fenolik miktarlarının değişimi.	52
Şekil 4.16.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı toplam fenolik madde miktarlarının değişimi.....	53
Şekil 5.1.	Quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> 'da 15.gün.....	64
Şekil 5.2.	SA+Quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> 'da 15.gün.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	Hoagland kültür çözeltilisinin bileşimi.....	26
Çizelge 4.1.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı peroksidaz aktivitesi (U/mg protein)	30
Çizelge 4.2.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında peroksidaz aktivitesi değişimi.....	32
Çizelge 4.3.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı AP aktivitesi (U/mg protein).....	33
Çizelge 4.4.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında askorbat peroksidaz aktivitesi değişimi.....	35
Çizelge 4.5.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı MDA miktarlarının değişimi (µmol MDA/g yaş ağırlık).....	36
Çizelge 4.6.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı MDA miktarlarının değişimi (µmol MDA/g yaş ağırlık).....	38
Çizelge 4.7.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi.....	39
Çizelge 4.8.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi.....	41
Çizelge 4.9.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi.....	42
Çizelge 4.10.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi.....	44
Çizelge 4.11.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi....	45
Çizelge 4.12.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi.....	47
Çizelge 4.13.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi.....	48
Çizelge 4.14.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi.....	50
Çizelge 4.15.	Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı toplam fenolik miktarlarının değişimi.....	51
Çizelge 4.16.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında günlere bağlı toplam fenolik madde miktarlarının değişimi.....	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

ROT	Reaktif oksijen türleri
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
PR	Peroksidaz
MDA	Malondialdehid
APX	Askorbat peroksidaz
SA	Salisilik asit
ASA	Asetil salisilik asit
HR	Aşırı duyarlı reaksiyon
SKD	Sistemik kazanılmış direnç
mM	Milimolar
µg	Mikrogram
µM	Mikromolar
mL	Mililitre
nm	Nanometre
Kl a	Klorofil a
Kl b	Klorofil b
TCA	Triklor asetik asit
TBA	Thiobarbutirik asit
U/mg protein	Ünite/miligram protein
rpm	Dakikadaki dönme hızı
PVP	Polivinilpirolidon
SOD	Süperoksit dismutaz
CAT	Katalaz
PPO	Polifenol oksidaz
HR	Hipersensitif cevap

1.GİRİŞ

Çevre, belirli bir alanda canlı ve özellikle insan faaliyeti üzerine doğrudan ve dolaylı etki eden sosyal faktörlerle biyolojik, fiziksel ve kimyasal koşulların bütünüdür [1]. Bütün canlılar buldukları ortamın çok değişken nitelikte olan iklimsel (klimatik), edafik (toprak), fiziksel ve kimyasal faktörlerin aynı andaki etkilerine maruz kalırlar. Başka bir deyişle canlılar direkt veya indirekt olarak devamlı bir şekilde çevresel faktörlerin etkisi altındadırlar. İşte canlıları hayat evrelerinin en az bir döneminde direkt olarak etkileyen ortamın her elemanına ekolojik faktör adı verilir [2]. Ekolojik anlamda toprak, hava ve su etkenlerini en iyi şekilde değerlendiren organizmalarla, bitkisel ve hayvansal organik maddeleri üretme bilim ve tekniği olarak tanımlayacağımız tarım, insanlığın var oluşundan günümüze kadar uzanan ve yoğunlaşarak devam etmekte olan bir uğraştır. Tarımda yetişme ortamı, canlıların yaşamı ve gelişimi için uygun koşulları olabildiğince sağlayan çevredir [3].

Çevre kirliliği veya kirlenmesi bütün canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyen, cansız çevre öğeleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin; hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışması olayıdır. Çevre kirliliği, ekosistemlerde doğal dengeyi bozan ve insanlardan kaynaklanan ekolojik zararlar olarak da tanımlanmaktadır [4].

İnsanların doğal kaynakları aşırı derecede tüketmesi ve böylece doğal dengeleri bozması sonucunda çok önemli sorunlar ortaya çıkmıştır. Bunlara “Çevre Sorunları” veya “İnsanlığın Ekolojik Sorunları” denmektedir [4].

Ekosistemde meydana gelen ve canlı-cansız varlıkların sağlığını, çevresel değerleri, ekolojik dengeyi bozabilecek her türlü etkiyi çevre kirliliği olarak tanımlayabiliriz. Hava, su, toprak gürültü ve radyoaktif kirlilik çevre kirliliklerine örnek verilebilir. Çevre kirliliği çok eski çağlardan itibaren olmakla birlikte, çevre biliminin ve ciddi bir ekolojik bilincin oluşması yenidir. Çevre kirliliği özellikle endüstri devrimi ile birlikte çok hızlı bir artış göstermiştir. İlk tarımın başladığından günümüze kadar olan gelişmelere bakıldığında Avrupa’da endüstri devrimi, ülkemizde ise 1950’li yılların başlarına değin tarımın doğanın bir parçası, ona zenginlik ve çeşitlilik katan bir faaliyet biçimi olduğu görülür. Fakat, bu dengeli ilişki, toplumun kendine yeterli üretimden pazar için üretime geçmesiyle bozulmaya başlamıştır. Binlerce yıl doğal ortam koşullarında, doğayla uyumlu bir biçimde yapılan tarımsal faaliyetler çevreye zarar vermemiş ve çevre sorunlarına neden olmamıştır. Ancak hızla artan nüfusun gıda

ihtiyacını karşılayabilmek için tarıma dışarıdan giren yapay unsurlar, doğal ortamı bozan ve çevre sorunlarını yaratan bir sektör haline gelmiştir. Ayrıca, artan nüfusun gıda ihtiyaçlarını karşılamak için geliştirilen bazı yeni üretim modelleri asla doğa ile bütünleşmeyecek inorganik maddelerin ortaya çıkışına neden olmaktadır. Üretim sürecinde ve bu süreç sonunda ortaya çıkan atık maddeler, çok yoğun bir biçimde çevre kirliliğine neden olmakta ve canlı varlıkların hayatlarını sürdürmesini tehdit etmektedir [5-7].

Tarımsal ekosistemler, doğal ekosistemlerin aksine insanların üretimi artırma çabaları nedeniyle çeşitli biçimlerde gübre, pestisit gibi birçok ek enerji katkısı ile bir anlamda yapaylaştırılmış ekosistemlerdir. Ekolojik açıdan bakıldığında tarımsal ekosistemler çoğunlukla tek bir bitki türüyle sınırlanmış yapıları yüzünden genelde kararsız 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 ulaşarak ekosistemde kimyasal kirliliğe neden olmaktadır [8].

Tarımsal çevre kirliliğinde önemli iki etken, hızlı nüfus artışı ve tüketim dengesizliğidir. Bu iki sorun tarıma, üretimi daha da artırma görevini yüklemektedir. Bunu sağlamak için de bitki ve hayvan ıslahı ile üretim kapasiteleri yüksek canlılar seçilmektedir. Bunların yüksek verimliliğini devamlı kılmak içinde gübreleme gibi çoğu çevreyi kirletebilen bazı tarımsal yöntemleri uygulama zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Halen yeryüzünde tarım alanı olarak kullanılan toprakların ancak %40'ı (ABD ve Avrupa Ülkeleri) modern tarımsal yöntemlerle işlenmektedir. Uygulanan sistemlerle kimi zaman mera ve ormanlar tahrip edilmekte, yanlış ve amaç dışı arazi kullanımı ile de her yıl 1 milyon hektara yakın tarım alanı elden çıkmaktadır. Modern tarımda, istemeyerek de olsa doğayı tahrip eden ve çevreyi kirleten aşağıdaki ilkelere uyulma zorunluluğu bulunmaktadır [3].

- Bazı bitki besin maddeleri toprağın mineral dengeleri gözetilmeksizin gübre şeklinde ve aşırı miktarda uygulanmaktadır.

- Toprak hazırlığı ile kültür bitkileri için daha iyi yetişme ortamı oluşturulmakta, yeterli hava ve su sağlama kolaylığı geliştirilmekte; ancak yerleşik bitkilerle ortamdaki bazı canlılar ortamdaki uzaklaştırılmakta, hatta bazıları da yok edilmektedir.

- Yetiştirilen ürünlerin zararlılarına karşı pestisit uygulama zorunluluğu bulunmaktadır,

- Yüksek verim için zamansız ve aşırı sulama söz konusu olabilmektedir.

Bu tür tarımda bilinçsiz, zamansız, gereğinden fazla miktarda kimyevi gübre, pestisit uygulamaları, ağır ve hatalı iş makineleri ile çalışma, bilinçsiz sulama tarımsal çevre kirliliğini doğuran temel tarımsal yöntemlerdir. Tarımsal sanayi kuruluşlarında meydana gelen atıklar (et kombinaları, şeker, yağ ve yem fabrikaları, tekstil ve konserve fabrikaları vb.) da çevre kirliliğine neden olmaktadır [3].

Çağımızdaki hızlı nüfus artışı, insanlığın karşılaştığı en büyük sorunlardan biri olan beslenme problemini de beraberinde getirmektedir. Bu problemi çözmek amacıyla öncelikli olarak tarım alanlarından maksimum düzeyde ürün alınımının sağlanabilmesi yönündeki çalışmalar hız kazanmaktadır. Yıllardır insanların tarımsal zararlılar ve bitki hastalıklarıyla mücadele edebilmek için başvurdukları bu tarımsal savaşım yöntemleri arasında kültürel, biyoteknik ve karantina önlemleri ile mekaniksel, fiziksel, biyolojik ve kimyasal savaş yer almaktadır. Ancak ülkemizde uygulama kolaylığı ve iyi sonuç alınması nedeniyle daha çok kimyasal savaşa başvurulmaktadır. Dolayısıyla da ülkemizdeki tarım ilaçları (pestisit) kullanımı çok yaygındır. Çeşitli tarım ilaçlarının kullanımının artması ile birlikte gerek bu maddelerin uygulamadaki yanlılıkları gerekse ileri aşamadaki zararları oldukça büyük boyutlara ulaşmış durumdadır [9-11].

Dünyada tarım ürünlerinin, üretimini artırma çabaları yanında insan, hayvan ve çevreye olumsuz etkileri çok daha az olan tarım ilaçlarının kullanım, çalışma ve araştırmaları hızla gelişmektedir. Özellikle 1970'li yıllardan sonra tarım ilaçları kullanımının kontrollü yapıldığı güvenilirlik araştırmalarına çok daha fazla ve geniş önem verildiği görülmektedir. Dünyada bu gelişmelere paralel olarak Türkiye'de de ülke menfaatleri dikkate alınarak ruhsatlı pestisitler araştırma sonuçları ışığı altında değerlendirmeye tabi tutulmaktadır [10, 12]. Bu değerlendirmeye göre tarım ilaçları;

- Biyolojik olarak aktif olmalı,
- Etkili olmalı,
- Güvenilir olmalı,
- Yeteri kadar stabil olmalı,
- Kullanıcılar açısından güvenilir olmalı,
- Üçüncü şahıslar açısından güvenilir olmalı,
- Tüketiciler açısından güvenilir olmalı,
- Besi hayvanları açısından güvenilir olmalı,
- Yabani hayata zararlı olmamalı,

- Faydalı organizmalara zararlı olmamalı,
- Çevre için kabul edilebilir olmalı,
- Ticarete probleme sebep olmamalıdır.

Bilindiği gibi enerjinin esas kaynak olan bitkilerden başlayarak daha üst düzeye iletilmesi besin zinciri vasıtasıyla olur. Bu zincirin ilk halkasını bitkiler, sonraki halkalarını otçul ve etçil hayvanlar oluşturur. Bir ekosistemde yaşayan tüm canlılar arasında denge vardır. Herhangi bir düzeyde meydana gelen değişme farklı kademelerde dalgalanmalar oluşturarak varolan dengenin bozulmasına neden olur. Bu dengenin korunması diğer önlemler yanında tarım ilaçlarının uygun kullanımı ile mümkündür [8].

Yapılan araştırmalarda fizikokimyasal özellikleri nedeniyle kalıcı özelliğe sahip bu kimyasallar çok sayıda kuş ve balık ölümlerine neden olmuş, besin zincirinin en sonunda bulunan insanoğluna daha da yoğunlaşmış olarak ulaşmıştır. Sonraki yıllarda ise bazı ülkelerde kullanımlarına kısıtlamalar getirmiş, bazı ülkelerde tamamen yasaklanmıştır. Ülkemizde ise Dieldrin 1971, Aldrin, Klordan ve Heptaklor, 1979 yılında tamamen yasaklanmış, DDT ve BHC'nin kullanımına 1978 yılında kısıtlama getirilmiş ve 1985 yılında ise tamamen yasaklanmıştır [8].

Pestisitler, hedef organizmalara karşı kullanımları sırasında ve sonrasında ekolojik çevreye çeşitli etkenlerle taşınmaktadır. Atmosfere, suya ve toprağa karışan tarım ilaçları besin zincirine girerek kullanıldıkları zararlı dışındaki türlere de etki etmektedir. Tarım ilaçlarının püskürtülerek uygulanması sırasında bir kısmı evaporasyon ve dağılma nedeniyle kaybolurken, diğer kısmı bitki üzerinde ve toprak yüzeyinde kalmaktadır. Havaya karışan tarım ilaçları rüzgarla taşınabilir; yağmur, sis veya kar yağışıyla tekrar yeryüzüne dönebilir. Bu yolla hedef olmayan diğer organizma ve bitkilere ulaşan tarım ilaçları, kalıntı ve toksisiteye neden olabilir. Çevreye bırakılan kimyasallar, ekosistemin normal fonksiyonlarını kısa veya uzun süreli olarak ve geçici ya da kalıcı şekilde değiştirebilirler. Sonuçta ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplara neden olurlar. Burada asıl riskli olan bazı tarım ilaçlarının kolaylıkla biyolojik ayrışmaya uğramayıp, uygulandıkları ve taşındıkları çevrede dirençli olarak kalmalarıdır. Bu özellik bazı hastalıkları kontrol etmede avantaj olabilirse de, kimyasal maddelerin çevrenin diğer kısımlarına hareketleri yönünden de bir dezavantajdır. Bu durum kimyasal maddelerin hedef olarak seçildiği zararlı ve hastalık etkeni organizmaların dışındaki diğer canlıların ve çevrenin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Sonuçta; tarım ilaçları bilinçsiz ve gereğinden fazla kullanılırsa çevreyi ve bu çevrede yaşayan tüm canlıları olumsuz etkiler [10].

Tarımsal savaşım, bitkilerin hastalık, zararlı ve yabancı otların etkilerinden ekonomik ölçüler içinde korunması, ürünün ve kalitenin arttırılmasıdır. Bu basit tanımdan da anlaşılacağı gibi, tarımsal savaşım, bir yandan ürünü ve kalitesini arttırmak, bir yandan da ekonomiklik hedeflenmektedir. Bu amaca ulaşabilmek için, tarımsal savaşımın entegre savaş (entegre zararlı yönetimi) görüşüne uygun olarak yürütülmesi gerekmektedir. Entegre zararlı yönetimi dendiğinde ise; tarımsal savaşımda bilinen tüm yöntemlerden yararlanan, insan ve çevre sağlığına olumsuz etkileri en az olanların uygulanmasına yönelik çalışmalar anlaşılmaktadır [13].

Tarımsal savaşım değişik yöntemleri içermektedir. Bu yöntemlerden birisi de tarım ilaçlarının (pestisitlerin) kullanıldığı kimyasal savaşımdır. Her ne kadar kimyasal savaşım tarımsal savaşımda bir yöntem ise de, tüm savaşım yöntemleri arasında en fazla kullanılanıdır. Çünkü, kimyasal savaşım yüksek etkililiğe sahiptir, hızlı sonuç verir, bilinçli ve kontrollü kullanıldığında ekonomiktir ve ürünü toksin salgılayan organizmalardan da koruyabilir [14-16].

1.1. Pestisitler

Pestisitler, tarım ürünlerini zararlı böceklerden, patojenlerden ve yabancı otlardan korumak ve üretimi arttırmak için kullanılan kimyasal maddelerdir [17, 18]. Pestisitler insektisit (böcek öldürücü), herbisit (yabancı ot öldürücü), fungusit (küf-mantar öldürücü), rodentisit (kemirgen öldürücü), akarisit (akar öldürücü) vb. şeklinde sınıflandırılan kimyasal maddelerin tümünü kapsamaktadır [19-21]. Pestisitlerin toprağa, bitkiye veya tohuma uygulanması esnasında etkili maddenin kimyasal özelliklerine bağlı olarak çeşitli taşınım sonucunda su, hava ve toprağa ulaşarak önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Kullanılan pestisitlerin bir bölümü buharlaşarak atmosferde çevre sorunlarına neden olurken, bir bölümü de fotokimyasal yollarla parçalanarak toksik maddelere dönüşmektedir. Bir grup pestisit de toprakta tutulmakta, toprak içerisinde kimyasal ve mikrobiyolojik faaliyetler sonucu parçalanmakta ve toprağı kirletmektedir. Bir kısmı ise yağmur sel ve kar suları ile toprak yüzeyinden sürüklenerek nehir, göl ve yer altı sularını kirletmektedir. Hiç pestisit uygulaması yapılmayan kutuplarda yaşayan canlılarda bile DDT'nin saptanması, pestisitlerin dünyadaki sirkülasyonunun etkinliğini göstermektedir [22].

Pestisitlerin, insanlar tarafından ekonomik bir şekilde imal edilebilmeleri sayesinde, günümüzde 900 çeşit kimyasal madde ve bunların 60.000 tür değişik formülasyonu geliştirilmiştir [23]. Ülkemizde pestisit kullanımı Avrupa ülkelerine

göre çok düşük seviyede olduğu görülse de, özellikle geleneksel tarımın yoğun yapıldığı bölgelerde kullanım miktarı Avrupa ülkeleri ile aynı düzeydedir. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı (T.K.B.) verilerine göre ülkemizde yıllık pestisit tüketimi 30-35 bin ton arasında olup, hektara kullanım miktarı 400-700 gr civarındadır. Türkiye’de kullanılan kimyasalların gruplara dağılımında %47 kullanım oranı ile ilk sırayı insektisitler alırken, bunu %24 ile herbisitler, %16 ile fungusitler takip etmektedir [22].

Pestisit kirliliklerinin başlıca nedenleri arasında; yetersiz ve hatalı uygulamalar, kazayla oluşan dökülmeler, uygulama araçlarının yıkanması, ambalajların çevrede bırakılması gibi nedenler sayılabilir. Yaygın kirlilik, hedef organizmalara karşı kullanımdan kaynaklanmaktadır. Genellikle kullanılan miktarın % 0.015-% 6’sı hedef canlıya ulaşırken diğer kısmı ekosisteme karışmaktadır. Özellikle sıkça kullanılan organoklorlu pestisitler çevrede mevcut olan organik kirleticilerin en önemlileridir [22].

Pestisit kullanımında dikkat edilmesi gereken kurallar;

- 1) Doğal düşmanlara etkisi en az olanlar,
- 2) Dar hatta spesifik spektrumlular,
- 3) Sistemik etkililer,
- 4) Toprağa uygulananlar tercih edilmeli.

Ayrıca uygulanma ilkelerinde dikkat edilmesi gereken kurallar;

- 1) Önerilen doz aşılmamalı,
- 2) Çiçeklenme döneminde ilaçlanma yapılmamalı,
- 3) Zararlıların zarar derecesi ile ilişkilerinin değerlendirilmesi,
- 4) Doğal denge olabildiğince bozulmamalı [24].

Kültür bitkilerinin yetiştirildiği alanlarda yabancı otların kontrolünü sağlamak amacıyla kullanılan herbisitler, doğal ortamların uzun sürede geri dönüşümü zor olacak şekilde bozulmasına neden olabilmektedir. Bu konu ile ilgili yapılan birçok araştırma herbisit toksisitesinin sadece ortamda yetişen bitkiler üzerinde değil ortamda yaşayan diğer organizmalar açısından da oldukça riskli olduğunu göstermektedir [25-28]. Herbisitler yabancı ot kontrolü için modern tarım metodlarında yoğun olarak kullanılmaktadır [29].

1.2. Herbisitlerin Sınıflandırılması

Herbisitler selektif (seçici) ürüne zarar vermeksizin yabancı ot üzerine etkili olanlar ya da selektif olmayan (seçici olmayan) bütün vejetasyon üzerine etkili olanlar

şeklinde sınıflandırılabilirler. Selektif ve selektif olmayan herbisitler hareket şekline bağlı olarak yabancı otun yaprağına ya da yabancı otun tohumları ve fidelerini içeren toprağa uygulanabilir.

Ayrıca zamanlama, alan, kimyasal sınıflandırma ile kontakt taşınımına bağlı olarak çok fazla sınıflandırma şekilleri de bulunmaktadır [30-33].

Ayrıca herbisitler;

1.2.1. Aktivitelerine göre herbisitler

Aktivitelerine göre herbisitler iki grupta incelenirler;

Kontakt herbisitler: Sadece kimyasalın temas oluşturduğu bitki dokularında hasara neden olur. Genel olarak en hızlı hareket eden herbisitlerdir. Çok yıllık bitkilerde az etkilidirler.

Sistemik herbisitler: Yapraklardan köke ya da topraktan yapraklara bitki boyunca hareket ederler. Çok yıllık bitkileri kontrol edebilme yeteneğindedirler ve daha yavaş etki ederler fakat kontakt herbisitlerden daha etkilidirler [34].

1.2.2. Kullanımlarına göre herbisitler

Kullanımlarına göre herbisitler dört gruba ayrılır;

Toprağa uygulama: Bu uygulamada herbisitler toprağa uygulanır ve köklerden hedef hücrelere doğru alınır.

Ekim öncesi uygulama (Preplanting): Tek yıllık, yabancı otları kontrol etmek için ürün ekilmeden önce alana uygulanır.

Çimlenme öncesi uygulama (Preemergens): Ürün ya da yabancı ot ekildikten sonra uygulanır.

Çimlenme sonrası uygulama (Postemergens): Ürün ya da yabancı ot topraktan çıktıktan sonra uygulanır [30, 34].

Herbisitler çalıştıkları ve hasar semptomlarına neden oldukları hareket yönüne göre de sınıflandırılırlar.

Topraktaki herbisitlerin kimyasal ve mikrobiyal reaksiyonlar ile parçalanabilmesi için toprağın nemli olması gerekir. Kuru sezonlardan sonra herbisit kullanımı, herbisitlerin toprakta kalma riskini artırmaktadır. Çok fazla herbisit kullanılması yine bu durumu artıran etmenlerdendir [35].

Alternatif bir şekilde herbisitler yabancı ot kontrolü için modern tarım metodlarında kullanılır. Oxadiazon, chloroxuron ve prometryne gibi herbisitler tarımda yabancı ot kontrolü için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte konvensiyonel tarımda kimyasalların yaygın kullanımı ciddi ve devamlı çevresel kirliliğe neden olmaktadır. Bu

nedenle araştırmacıların ürün ve çevredeki herbisit kalıntıları üzerindeki ilgileri son 10 yılda artmıştır [29].

Tarım ilaçları çeşitli yollarla su ekosistemine bulaşır. Tarımsal mücadele sırasında su içindeki veya kenarındaki bitkiler veya böceklerin doğrudan ilaçla teması, ilaçlanmış bitki ve toprak yüzeyinden ilaçların yağmur suları ile yıkanması, ilaç endüstrisi atıklarının akar ve durgun sulara boşaltılması, boş ambalaj kaplarının su kaynaklarında yıkanması ile tarım ilaçları sulara bulaşmaktadır. Su ekosistemine giren bir pestisit su flora ve faunasını olumsuz yönde etkilemektedir [36].

Toprak fauna ve florası da tarım ilaçlarından etkilenmektedir. Toprakta biriken ilaçların aktif maddeleri toprakta yetişen ürünlere ve dolayısıyla bunlarla beslenen canlılara geçebilmektedir. Tarım ilaçları hava yoluyla da çevreyi kirletmektedir. Etkili maddenin buharlaşabilir olması yoğun ilaç kullanılan alanların çevresindeki yerleşim yerlerindeki tüm canlılar üzerinde zararlı etkilere neden olmaktadır. Bunlarla birlikte yoğun şekilde bilinçsiz kullanılan tarım ilaçları mikroorganizmaların ilaçlara karşı duyarlılığını da azaltmaktadır [36].

1.3. Oksidatif stres

Bitkiler farklı stres faktörlerine karşı aynı veya benzer savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bitkiler stresi ya tolere etmekte ya da ondan kaçınmaktadırlar. Stres faktörleri yapısal ve metabolik hasarlara neden olmaktadır. Bu hasarlar tersinir ya da geri dönüşümsüz olabilirler. Bu yüzden bitkiler sekonder metabolitlerin yanısıra başka savunma yolları geliştirmişlerdir. Bunlar dehidrin veya patojene direnç proteinleri gibi spesifik proteinler, fenilpropanoid yolunun aktivasyonu, reaktif oksijen türlerin oluşumu, antioksidanların aktivasyonu, thionin, thaumatin, kitinaz, glukanaaz, fitoaleksinler, düşük molekül ağırlıklı fenolikler, savunma enzimleri ve düşük sıcaklık, ağır metaller, ozmotik stres, ozon ve patojen gibi stres faktörlerine karşı sentezlenen diğer savunma faktörleri, programlanmış hücre ölümü olan HR, SKD vs.'dir [37].

Organik kirleticiler ve ağır metaller gibi çevresel kontaminantlar bitkide oksidatif stres veya fizyolojik değişimlere neden olabilir [38-41]. Stres altındaki bitkilerin genel semptomu büyüme inhibisyonudur [42-44].

Serbest radikaller (hidroksil radikali, süperoksit radikalleri vs.) oksidatif fosforilasyon sonucu meydana gelirler ve oksidatif hasarlara neden olmaktadır. Serbest radikaller yaşam için gereklidir. Elektron transferi, enerji üretimi ve pek çok diğer metabolik işlevde temel oluşturur. Ama zincir reaksiyonu kontrolsüz bir davranış gösterirse hücrede hasarlara neden olmaktadır. Normal koşullar altında bu serbest

radikallerin yıkımı ve üretimi bitki hücresi içinde düzenlenmektedir. Buna rağmen çevresel stresler (yüksek ışık yoğunluğu, herbisitler, patojen saldırılar, kuraklık, tuzluluk, hava kirliliği vs.) sonucunda serbest radikaller ile antioksidan sistemin aktivitesi arasında denge bozulmakta ve protein denaturasyonu, lipid peroksidasyonu, DNA mutasyonlarını içine alan oksidatif hasarlar meydana gelmektedir [45, 46]. Serbest radikal, atomik ya da moleküler yapılarda çiftlenmemiş bir veya daha fazla tek elektron taşıyan moleküllere verilen isimdir. Başka moleküller ile çok kolayca elektron alışverişine giren bu moleküllere oksidan moleküller veya reaktif oksijen türleri (ROT) denilmektedir [47].

Stresli çevre koşullarında bitkide oksidatif strese neden olan hidroksil radikalleri ($\cdot\text{OH}$), hidrojen peroksit (H_2O_2), süperoksit radikali (O_2^-) gibi ROT'un üretimi artar [48-50]. Stres koşulları altında hücreleri korumak ve ROT düzeylerini kontrol altında tutabilmek için bitki dokuları ROT'u ortadan kaldıran süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), peroksidaz (PR), askorbat peroksidaz (APX) gibi çeşitli enzimleri ve düşük moleküler ağırlığına sahip antioksidanları (askorbat, glutatyon, fenolik bileşikler, tokoferoller vs.) içermektedirler [51].

Bitkilerin normal biyokimyasal/fizyolojik metabolizmaları ekosisteme çeşitli herbisitlerin girmesiyle bozulur [52, 53]. Bununla birlikte, bitkiler herbisit toksisitesine çeşitli koruyucu stratejiler geliştirmişlerdir. Koruyucu mekanizmalardan biri antioksidan sistemdir ki bu SOD, PR, glutatyon-s-transferaz (GST), APX ve CAT ile düzenlenmektedir [54-57].

1.4. Salisilik Asit

Latince *Salix* (söğüt) sözcüğünden gelen salisilik asit (SA) adı ilk olarak 1838 yılında Rafacle Piria isimli araştırmacı tarafından kullanılmıştır. Sentetik SA'nın ilk ticari üretimi 1874 yılında Almanya'da yapılmıştır. Doğal bitkisel ürün olmayan asetil salisilik asitin (ASA) ticari ismi olan aspirin, ilk olarak 1898 yılında Almanya'da Bayer şirketi tarafından üretilmiş ve kısa sürede dünyanın en çok satan ilacı haline gelmiştir [58].

SA, hidroksil grubuyla aromatik bir halkaya sahip iç kaynaklı fenolik bir bitki büyüme regülatörüdür. Serbest durumda pH'sı 2.4 ve 157-159C°'lik bir erime noktasına sahip olan SA kristalize durumda bulunur [59]. SA'nın bitki büyüme ve gelişiminin düzenlenmesinde, diğer organizmalarla etkileşiminde ve çevresel streslere karşı cevapta anahtar bir rol oynadığı bulunmuştur [59-62]. Bundan dolayı 1992'den itibaren SA bitki

büyüme hormonu olarak kabul edilmektedir [58, 59, 63, 64]. Ayrıca SA'nın tohum çimlenmesinde, meyve üretilmesinde, glikolizisde, termojenik bitkilerin çimlenmesinde [65], iyon taşınım ve emiliminde [66], fotosentezde, stomal geçirgenlik ve transpirasyonda rol oynadığı bilinmektedir [67]. Ayrıca bitkilerde hastalık direncini sağlayan SA, oksidatif stresin geniş bir kısmına cevapta önemli rol oynar [68, 69].

Bitkisel hormon olarak da kabul edilen SA, fenolik maddelerin bir grubunu oluşturmaktadır. SA ve SA'nın analogu olan aspirinin en bilinen etkisi, etilen biyosentezini engellemek ve yaşlanmayı geciktirmektir. Ayrıca, SA termojenik ve koku üreten bitkilerin çiçeklenmesinde de düzenleyici bir role sahiptir. Bunlardan başka, bitkilerde dışsal SA uygulamaları, patojen bağımlı proteinlerin sentezini uyararak, hastalıklara karşı direncin oluşumunu sağlamaktadır [58].

SA'nın, abiyotik stres (UV, ışık radyasyon ve ozon kontaminasyonu gibi) ve biyotik strese (patojen enfeksiyonu) karşı cevapta da önemli olduğu saptanmıştır [70, 71].

Eksojen uygulanan SA'nın, gen ekspresyonunu ve fitoaleksinler ile aralarında PR proteinlerinin de yer aldığı birçok proteinin sentezini uyardığı bildirilmiştir [72]. SA birikimi, bitki dokularında patojene karşı hem lokal savunma tepkilerinin oluşturulmasında, hem de sistemik kazanılmış direnç (SKD)'nin kurulmasında gereklidir [73]. Uzun mesafe taşınabilen (lipid türevli sinyaller) sinyallerin algılanması, enfekte olmamış dokularda SA birikimine neden olur; bunun sonucu olarak da aralarında PR genlerinin de yer aldığı savunma genlerinin aktivasyonu gerçekleşir [74, 75]. SA uyarımıyla oluşan PR genleri aktivasyonunun yanı sıra, SKD aynı zamanda hızlı bir biçimde hücrel savunma tepkilerini uyarma yeteneği ile de ortaya çıkar [76]. Bu süreç, bir kez patojen enfeksiyonun gerçekleşmesi durumunda, savunma ile ilgili genlerin artan ifadesine neden olur [77]. SA aynı zamanda, tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklık, su, ağır metal, don ve kuraklık stresi gibi abiyotik stres şartlarında bitkilerin toleransını artırmaktadır. Yapılan çalışmalar, buğdayda tuz [78] ve su stresine [79, 80] çeltikte ağır metal stresi [81, 82], fasulye ve domatesde kuraklık ve don [62] stresine karşı SA uygulamalarının bitkilerde toleransı arttırdığı bildirilmiştir.

Bitkilerde ROT seviyesinin artması, redoks dengesinin değişmesinden dolayı nükleik asit, protein, lipit gibi biyomoleküllerin oksidatif zarar görmesine neden olur [83, 84]. SA'nın uygun konsantrasyonlarda dışarıdan uygulanması durumunda bitkideki antioksidan sistemin etkilerini artırdığı rapor edilmiştir [69].

1.5. Peroksidazlar

Peroksidaz (PR) yüksek bitkilerde oksidatif stresin göstergesidir. Zincirleme ve katalizör özelliklerine göre, bitki peroksidazları konveksiyonel olarak 3 gruba ayrılan bir familyayı oluşturur [85]. İlk grup, hem yüksek bitkilerde ve hem de alglerde detoksifikasyon işlemlerinde önemli bir rol oynayan askorbat peroksidazlardır ki bunlar, hidrojen peroksidin giderimini sağlayan prokaryotik orjinli peroksidazları kapsar; ikinci grup peroksidazlar, esas olarak ligninin yıkımına neden olan ekstraselüler fungal enzimlerdir; ve üçüncü grup peroksidazlar klasik salgı bitki peroksidazları olarak bilinir ki birkaç büyük izoenzimatik formları mevcuttur ve hücre duvarının sertleşmesi ve matriks polisakaritlerinin çapraz bağlanması [86], lignin ve suberin birikimini teşvik ederken [87, 88], patojene maruz kalma, yaralanma ve diğer abiyotik streslere karşı savunmada sorumludur [50, 89].

Peroksidazlar, bivalent hem demiri trivalent duruma oksidize ettiklerinde ya da NADH gibi indirgeyici ajanlardan elektronları oksijene transfer ettiklerinde oksidanlar olarak iş görebilirler. Böylece peroksidaz aktivitesi H_2O_2 ve O_2^- üretimiyle sonuçlanır. Peroksidazlara bağlı reaksiyonların bir diğer tipi ise süperoksit varlığında H_2O_2 'den en tehlikeli tür olan hidroksil radikallerinin üretimidir [90].

1.6. Askorbat peroksidaz

Askorbat en önemli antioksidanlardan biridir ve doğrudan hidroksil radikalleri, süperoksit ve singlet oksijen ile reaksiyona girmektedir. Fotosentezin düzenlenmesinde, ışığa karşı korumada önemli olmasının yanısıra prostetik grup olarak metal iyonu bulunduran enzimlerin aktivitelerinin korunmasında da önemli bir role sahiptir. askorbat peroksidaz enzimi H_2O_2 'nin temizlenmesinde görev almaktadır [91-93].

Askorbat peroksidaz enzimi (APX) yüksek bitkilerde keşfedilmiştir. Vakuol, hücre duvarı, sitozol de bulunan guaikol peroksidaz gibi birçok enzimden farklı olarak organellerde lokalize olmuştur. APX izoenzimleri dört farklı hücresel kompartımanda bulunmaktadır. Kloroplastlarda stromatal APX (sAPX), tilakoid membrana bağlı APX (tAPX), peroksizom membranına bağlı APX (mAPX) ve sitozolik APX (cAPX). Beşinci bir APX izoenzimi mitokondri membranına bağlı olarak (mitAPX) bulunmuştur [91, 94].

1.7. Lipid peroksidasyonu

Lipid peroksidasyonunun en önemli ürünü malondialdehid (MDA)'dir. Üç ya da daha fazla çift bağ içeren yağ asitlerinin peroksidasyonunda MDA meydana gelir. Oluşan MDA, hücre membranlarından iyon alışverişine etki ederek membrandaki bileşiklerin çapraz bağlanmasına yol açar ve iyon geçirgenliğinin ve enzim aktivitesinin değişimi gibi olumsuz sonuçlara neden olur. MDA bu özelliği nedeniyle, DNA'nın nitrojen bazları ile reaksiyona girebilir ve bundan dolayı mutajenik, hücre kültürleri için genotoksik ve karsinojeniktir [95-99].

Bununla birlikte lipid peroksidasyonunun sadece zararlı olduğu fikri son 10 yılda değişmiştir. Lipid yıkımının oksitlenmiş ürünleri ve lipid peroksidazların aynı zamanda sinyal iletim zincirinde rol oynadığı görülmüştür. Yapılan çalışmalar peroksidaz enziminin lipid peroksidasyonuna karşı koruma sağladığını göstermiştir. Peroksidazlar reaktif oksijen türlerini ayrıştırabilir ve lipid peroksidasyonunun başlamasını ve hücre yapının zarar görmesini engelleyebilir [100].

1.8. Fenolik Bileşikler

Bitkiler aromatik bir halka üzerinde bir hidroksil grubu ihtiva eden fenol grubuna sahip çok sayıda sekonder bileşik ihtiva ederler. Bu bileşikler fenolik maddeler olarak adlandırılırlar. Bitkisel fenolikler kimyasal olarak heterojen bir gruptur [101]. Fenolik bileşikler bitkilerde aromatik sekonder bileşiklerin birçok farklı familyasını kapsayan büyük ve çeşitli moleküllerdir. Bu fenolikler bitkilerde oldukça bol bulunan sekonder metabolitlerdir ve kondense taninler, ligninler, hücre duvarı sınır hidroksisinnamik asitler gibi çözünmeyen bileşikler ve fenolik asitler, fenilpraponoidler, kinonlar gibi çözünür bileşikler olarak sınıflandırılabilirler. Bütün bu grupların hepsi bitki ve hayvanlarda birçok işlemlerde görev alır. Flavonoidler bitkilerde çok yönlü rollerinden dolayı ilgi çeker ve insan sağlığı üzerine etkilidirler [102, 103]. Bir grup fenolik birleşik sadece organik çözücülerde çözünürken, diğerleri karboksilik asit ve glikozitleri sayesinde suda çözünürler. Ancak bazı fenolik bileşikler ise büyük, çözünmez polimerlerdir. Kimyasal çeşitliliklerine uyacak şekilde, fenolikler bitkilerde çok farklı roller üstlenirler [104]. Bitkilerde, flavonoidler çiçek ve bitki verimliliği ve çoğalmada, avcı ve patojen saldırıları gibi biyotik stresler veya UV ışığı gibi abiyotik streslere karşı çeşitli savunma reaksiyonlarında önemli rol oynar [105-107].

Bitkideki kütikula, hücre çeperinin yapısı, fenolik bileşiklere ya da hastalık etmeni tarafından uyarılabilecek bir savunma sistemine sahip olması, bitkinin hastalığa karşı dayanıklı olmasını sağlamaktadır [108]. Polifenoller serbest radikalleri ortadan kaldırmada etkisiz hale getirmede güçlü ve ideal bir kimyaya sahiptirler, *in vitro* ortamda tokoferol ve askorbatdan daha etkili antioksidanlar olarak gösterilmektedirler. Polifenollerin antioksidan özellikleri hidrojen ve elektron donörleri olarak ve zincir kırıcı olarak görev yapmalarıdır. Yapılan araştırmalar fenoliklerin bitki hücrelerinde H_2O_2 'yi etkisiz hale getirmekte etkili olduğunu göstermiştir [109].

1.9. Fotosentetik Pigmentler

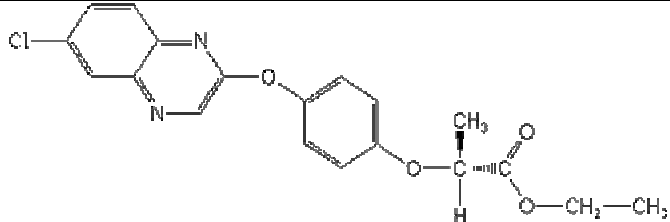
Bütün yüksek bitkilerin kloroplastları fotosentezde ışık enerjisini etkin şekilde absorblayan iki temel pigmente sahiptir. Bunlar yeşil renkli klorofiller (a,b,c,d) ve kırmızı, sarı ya da portakal renkli karotenoidlerdir. Klorofil moleküllerinden en yaygın olanları klorofil a ve b molekülleridir. Klorofiller; 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 (-CH₃) grubuna sahipken, klorofil b bir aldehid grubu (-CHO) taşır. Bu küçük farklılık; ışığın farklı dalga boylarındaki düşük miktarlarının absorblanmasına ve onların birbirinden ayrılmasına yardımcı olur [110]. 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 gösterirler [101].

Karotenoid pigmentlerinin renkleri sarıdan mora kadar değişen lipid yapısındaki bileşiklerdir. Hemen hemen yüksek bitkilerin tümünde, alglerin çoğunda ve birçok mikroorganizmada bulunurlar. Karotenoidler fotosentezde rol oynamalarına karşın başka görevlerde yaparlar [101].

Karotenoidler, klorofil pigmentleri ile birlikte kloroplastlarda veya kromoplastlarda yerleşmiş olup, suda çözünmeyen bir protein kompleksi halinde bulunurlar. Böylece klorofil ve karotenoidlerin, kloroplastlardaki granalarda aynı protein molekülü ile fotosintin adı verilen bir kompleks oluşturdukları bildirilmiştir. Karotenoidlerin fotosentezdeki rolleri dolaylıdır. Çünkü karotenoidler bakımından zengin dokular, eğer klorofil ihtiva etmiyorsa fotosentez yapamazlar. Karotenoidlerin absorbe ettikleri ışık enerjisi, sonuç olarak klorofil a'ya aktarılır. Diğer taraftan karotenoidler fotodinamik (ışık tarafından canlılarda meydana getirilen arızalar) hasara karşı canlı organizmaları korur [101]. Aksesuar pigment olarak da adlandırılan bu pigmentlerin iki önemli görevi vardır. Birincisi, klorofilin ışık absorpsiyonu yapmadığı dalga boylarında ışık absorpsiyonu yapmak. İkincisi güneş ışığı altında klorofil moleküllerini oksijenin zararlı etkilerinden korumaktır [101].

1.10. Quizalofop-p-etil

Quizalofop-p-etil seçici ve çıkış sonrası bir herbisittir. Monokotil bitkiler üzerinde etkili olan bir herbisit olarak tanımlanmaktadır. Aryloxyphenoxypropionic herbisit grubu içerisinde yer alan quizalofop-p-etilin toprakta yarılanma ömrü 60 gün olarak rapor edilmiştir. Dolayısıyla bu süreçte ortamda yaşayan organizmalar ve ekimi yapılacak kültür bitkileri üzerinde zararlara neden olması kaçınılmazdır [111-113]. İlaç yabancı otların 3-6 yapraklı olduğu ve hızlı gelişme gösterdikleri genç dönemlerde (Kanyaş için bu dönem yabancı otların 30 cm oldukları devredir) otların üstüne püskürtülmek sureti ile yapılır. İlaçlamada iyi bir kaplama-ilaçlama sağlanmalıdır. Yabancı otların gelişmelerinin çok yavaş olduğu kurak şartlarda ve düşük sıcaklıkta uygulama yapılmamalıdır [114]. Quizalofop-p-etil'in genel özellikleri [115];

STATÜ	ISO 1750 modifiye edildi
IUPAC	ethyl (2R)-2-[4-(6-chloroquinoxalin-2-yloxy)phenoxy]propionate
CAS	ethyl (2R)-2-[4-[(6-chloro-2-quinoxalinyloxy]phenoxy]propanoate
REG.NO.	100646-51-3
FORMULA	C ₁₉ H ₁₇ ClN ₂ O ₄
AKTİVİTE	Herbisit (aryloxyphenoxypropionic herbicides)
YAPISI	

Quizalofop-p-etil'in kullanıldığı bitkiler ve yabancı otlar [114]

Bitki Adı	Yabancı Otlar
Mercimek	Adi Ayrık (<i>Agropyron repens</i>), Yabani Yulaf (<i>Avena spp.</i>)
Pamuk	Kanyaş (<i>Sorghum halepense</i>)
Soya Fasülyesi	Darıcan, cinek otu (<i>Echinochloa crus-galli</i>), Karadarı (<i>Panicum spp.</i>) Kanyaş (<i>Sorghum halepense</i>), Köpek Dişi Ayrığı (<i>Cynodon dactylon</i>) Tilki Kuyruğu (<i>Alopecurus spp.</i>), Yabani Kuş Yemi (<i>Phalaris spp.</i>)
Domates	Köpek Dişi Ayrığı (<i>Cynodon dactylon</i>), Kanyaş (<i>Sorghum halepense</i>) Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>), Karadarı (<i>Panicum spp.</i>)
Ayçiçeği	Köpek Dişi Ayrığı (<i>Cynodon dactylon</i>), Kanyaş (<i>Sorghum halepense</i>) Yapışkan Darı (<i>Setaria spp.</i>), Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Tilki Kuyruğu (<i>Alopecurus spp.</i>), Çayır Püskülü (<i>Poa spp.</i>) Brom (<i>Bromus spp.</i>), Yabani Arpa (<i>Hordeum spp.</i>), Karadarı (<i>Panicum spp.</i>)
Bağ	Köpek Dişi Ayrığı (<i>Cynodon dactylon</i>), Kanyaş (<i>Sorghum halepense</i>)
Şeker Pancarı	Yabani Yulaf (<i>Avena fatua</i>), Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Hububat Halazası, Tilki Kuyruğu (<i>Alopecurus spp.</i>), Brom (<i>Bromus spp.</i>)
Soğan	Kanyaş (<i>Sorghum halepense</i>), Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>) Yapışkan Darı (<i>Setaria spp.</i>)

1.11. *Helianthus annuus* L. (Ayçiçeği)

Bir tarım bitkisi olan ayçiçeği bütün dünyada olduğu gibi yurdumuzda da önemli besin maddeleri arasında sayılmakta ve geniş alanlarda tarımı yapılmaktadır. Ayçiçeği veriminin artırılması diğer bazı faktörlerle birlikte toprak ve suyun kalitesine bağlıdır [116].

Regnum: Plantae

Divisio: Spermatophyta

Subdivisio: Angiospermae

Class: Dicotyledones

Ordo: Asterales

Familia: Compositae Giseke

Tribus: Heliantheae Cass.

Genus: *Helianthus* L.

Species: *Helianthus annuus* L. [117]

Ayçiçeği, bitkisel yağ sanayinin hammaddesini veren bitkilerin başında gelmektedir. Ayçiçeği yağı en kaliteli ve lezzetli yağlardandır. Bu yağ yemeklerde, salata, kızartma ve balık konservelerinde; sanayide ise boya ve sabun yapımında kullanılır. Ayçiçeği küspesinde önemli oranda (%20) protein ve bir miktar yağ (%1-7)

bulunduğu için çok besleyici bir hayvan yemidir. Bilhassa sığır ve süt inekleri için değerli bir besindir.

Öğütülmüş ayçiçeği tablaları küçükbaş ve kümes hayvanları için yem olarak kullanılmaktadır. Ayçiçeği tohumunun kabuğu; mayaların hazırlanmasında, alkol ve furfurool elde edilmesinde hammadde olarak kullanılır. Ayçiçeği tohumları ülkemizde yaygın bir şekilde çerez olarak tüketilmektedir. Ayçiçekleri arılar için önemli bir bal kaynağıdır.

Ayçiçeği kalıntılarının yakılmasıyla elde edilen kül toprağa verilerek toprakların potashlı gübre ihtiyacı karşılanmış olur. Ayçiçeğinin en önemli düşmanı canavar otudur. Bugün ise bu problem büyük ölçüde halledilmiş olup, canavar otuna dayanıklı çeşitler geliştirilmiştir.

Halen memleketimizde en fazla ayçiçeği, Trakya-Marmara bölgesinde ekilmekte ve üretilmektedir. Ayçiçeği ekim alanlarının üçte ikisi bu bölgemize aittir. Trakya-Marmara bölgesini, Ege, Orta Anadolu ve Orta Karadeniz bölgeleri takip etmektedir. Halen ülkemizde 500-600 bin hektar alanda ayçiçeği tarımı yapılmaktadır. Yıllık üretim miktarı ortalama 600 bin ton ve dönümdeki verim ise 120-130 kilogramdır. Son yıllarda Doğu Anadolu bölgesinin bazı illeri de ayçiçeği ekimi açısından önemli gelişmeler göstermiştir. Ülkemizdeki yemeklik yağ ihtiyacını karşılamak için, başta ayçiçeği olmak üzere yağlı tohumlu bitkilerin üretim ve verimini artıracak tedbirlerin alınması gerekmektedir [118].

1.11.1. *Helianthus annuus* Bitkisinin Yetiştirilmesi

İklim isteği: Ayçiçeği, güneşli ortamı seven bir bitkidir. Işığı sevdiği için bulutlu havalardan çok etkilenir. Çiçeklenme ve tohum bağlama dönemlerinde havanın bir ay süreyle kapalı olması tane verimini %30 düşürmektedir. Tohumlarının çimlenmesi için uygun sıcaklık 8-10°C'dir. Hava sıcaklığı 15°C'ye çıkarsa çimlenme hızlanır. Çiçeklenme için en uygun sıcaklıklar 21-24°C'dir. Daha düşük sıcaklıklarda tane verimi düşer. Tane bağlama dönemindeki çok yüksek sıcaklıklar da yağ oranını düşürüp ürünün niteliğini bozmaktadır.

Toprak isteği: Ayçiçeği bitkisi, iyi nem tutan humuslu toprakları sever. Çünkü iyi çimlenmesi için toprakta yeterince nem bulunmalıdır. Bitki, asiditesi yüksek olan topraklardan hoşlanmaz. Ayrıca bitkinin ekileceği toprakta, üst üste birkaç yıl ayçiçeği ekimi yapılmamış olmalıdır. Çünkü yüksek boylu bitki, topraktan önemli miktarlarda besin maddesi tüketmektedir. Ayçiçeği ekimi yapılacak toprakta uygulanacak ekim

nöbetinde bakla bitkisi ya da diğer baklagiller yer alabilir. Böylece ayçiçeği bitkisinin tane verimi ve niteliğinin düşmesinin önlenmesi önlenir.

Hastalık ve zararlılarıyla mücadele: Ayçiçeği bitkisinin köklerine yapışıp bitkinin beslenmesine ortak olarak büyük zarar veren canavarotuyla mücadele eden bir sinek türü, Trakya bölgemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu zararlı ota dayanıklı tohum kullanmak da doğru bir yöntemdir. Çünkü bu ota karşı kullanılacak bir ilaç mevcut değildir. Ayçiçeği bitkisine dadanacak diğer zararlı ve hastalıklarla, uzmanlara danışılarak ve uygun tarım koruma ilaçları kullanılarak zamanında, eksiksiz ve aksatılmadan mücadele sürdürülmelidir [118].

Quizalofop-p-etil herbisidi ayçiçeği tarlalarının ıslahı amacı ile de kullanılmakta olup, toprakta yarılanma ömrü 60 gün olan bu herbisidin ayçiçeği tohumları ekildikten sonra da bitkiye geçmesi olasıdır. Bu nedenle önemli kültür bitkilerimizden ayçiçeği bitkisi üzerindeki olası zararlarını saptamak ve strese toleransın artırılmasında SA gibi önemli kimyasallar ile yapılacak ön muamele ile zararlı etkilerin en az düzeye çekilip çekilemeyeceğini araştırmak planlanmıştır. Bu amaçla antioksidan sistemde önemli olduğu bilinen peroksidaz, askorbat peroksidaz, MDA ile fotosentezde önemli olan pigment sistemlerindeki değişimler ve toplam fenolik içeriğindeki değişimler SA uygulanan ve uygulanmayan gruplarda karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Tarıma elverişli arazilerde herbisit uygulanması modern tarımda yabancı ot kontrolü için çok önemli uygulamalardan biridir. Bununla birlikte, son yıllarda herbisitlerin aşırı kullanımından dolayı toprakta herbisitlerin aşırı birikime neden olduğu belirtilmiştir [50, 119].

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, herbisitler ve diğer toksik organik kirleticilerin bitkilerde hücre zararına neden olarak, reaktif oksijen türlerinin hücrelerde aşırı üretimine neden olduğu rapor edilmiştir [29, 120-122].

Jiang ve Yang (2009) tarafından yapılan bir çalışmada prometrin herbisidinin 4-24 mg kg⁻¹ konsantrasyonunda buğday bitkisinin gelişiminin etkilendiği gözlenmiştir. Gelişim parametrelerine göre, fizyolojik ve moleküler cevapların daha hassas olduğu ve prometrin ile önemli ölçüde etkilendiği görülmüştür. Prometrinle uyarılmış oksidatif stresin, buğday bitkilerinde, reaktif oksijen türlerinin azalmasını sağlayan süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), askorbat peroksidaz (APX) ve peroksidaz (PR) gibi antioksidatif enzimleri aktive ettiği saptanmıştır. Prometrin düşük seviyedeysen, bu enzimlerin aktivitelerinin (kökteki CAT hariç) uyarıldığı; prometrin yüksek konsantrasyondaysen bu enzimlerin aktivitelerinin engellendiği saptanmıştır [29].

Su altında yaşayan 3 makrofit üzerine (*Ceratophyllum demersum*, *Vallisneria spiralis* ve *Elodea nuttallii*) dört herbisit (butachlor, quinclorac, bensulfuron-methyl ve atrazin) fizyolojik etkileri laboratuvarında test edilmiştir. Klorofil a içeriğindeki azalma çoğu uygulama grubunda herbisitlerin dozlarıyla pozitif bir şekilde ilişkilidir. Su bünyesinde herbisitlerin akuatik makrofitlerin gelişimini önemli ölçüde etkilediğini göstermektedir. Çünkü su altı makrofitlerinin klorofil a içeriği direkt bir şekilde ve duyarlı olarak herbisit stresine cevap verir. Bu çevresel izlemede veya herbisit kirlenmesinin ekolojik olarak risk değerlendirilmesinde kullanılabilmesi belirtilmiştir [123].

Daha yüksek bitkilerin fotosentetik pigmentleri klorofil a (Kl a), klorofil b (Kl b) ve karotenoidlerdir (Kar). *C. demersum*, *V. natans* ve *E. nuttallii*'nin Kl a içeriği artan herbisit konsantrasyonlarına bağlı olarak belli bir şekilde azalmıştır. Kl a içeriğindeki azalma 2. günde gözlenmiştir. Deney periyodunun sonunda bütün uygulama gruplarında bitkinin Kl a içeriğinin kontrolden önemli ölçüde daha düşük olduğu belirtilmiştir (p<0.05). Kl a içeriğindeki azalışın 2 günlük uygulama gruplarının bazılarında herbisitlerin dozuyla pozitif ilişkili olduğu bulunmuştur. Bitkilerin Kl b ve Kar

içeriğinde önemli farklılık olmadığı belirtilmiştir. Yüksek bitkilerin fotosentetik pigmentleri fotosentez için temel materyaldir. Klorofil içeriği bitkinin fotosentetik yeteneğini ve gelişim durumunu gösterebilir [123, 124].

Bitkilerde etkili bir uyarıcı molekül olan SA, biyotik ve abiyotik strese karşı spesifik cevap sağlamada görevlidir. Bu göstermiştir ki SA, mısır [82] ve kışlık buğday bitkilerinde [124] düşük sıcaklık stresine karşı koruma sağlar, hardal fidelerinde [125, 126] termotoleransı uyarır veya herbisit [127], kuraklık [128], ozon ve UV ışığına [129], karşı bitki cevabını düzenler. Ayrıca, SA'nın ağır metallere karşı bitki korumasında görevli olduğu bilinir. SA'nın ön uygulaması pirinçte [81] Pb ve Hg uyarımlı membran zararını ve arpa [130], mısır [82] ve soyafasülyesinde [131] Cd toksisitesini azalttığı belirtilmiştir [64].

Chlorotoluron, meyve, pamuk ve hububat üretim arazisinde yabancı otların kontrolü için yaygın bir şekilde kullanılan phenylurea bir herbisittir. Song vd. 2007 yılında bitkilerde chlorotoluron uyarımlı toksisiteyi değerlendirmek için, chlorotoluron uyarımlı oksidatif strese karşı buğday bitkilerinin (*Triticum aestivum*) metabolik adaptasyonlarını çalıştıkları bir araştırmada buğday bitkileri 0-25 mg/kg konsantrasyonunda chlorotoluronlu toprakta yetiştirilmiştir. Chlorotoluronla uygulamasının, yapraklarda H₂O₂ ve O₂⁻ birikimini indüklediği ve bitkilerde plazma membran lipitlerinin peroksidasyonuna neden olduğu rapor edilmiştir. Herbisitlere karşı biyokimyasal cevapları anlamak için SOD, PR, CAT ve APX gibi antioksidan enzimlerin aktiviteleri analiz edilmiştir. Köklerde peroksidazın aktivitesinde önemli ölçüde artışa neden olduğu belirtilmiştir. Chlorotoluron stresi altında, APX aktivitesinin hem yaprakta hem de kökte önemli ölçüde uyarıldığı saptanmıştır. En yüksek aktivitenin 10 mg/kg chlorotoluronda olduğu ve chlorotoluronun artan konsantrasyonlarında aktivitenin baskılandığı belirtilmiştir [50].

Chlorimuron-etil Kuzeydoğu Çin'de yabancı ot mücadelesine karşı soyafasülyesi üretiminde yaygın şekilde kullanılan önemli bir herbisittir [132]. Chlorimuron-etil stresi altındaki *Triticum aestivum* bitkisinde, çözünür protein (ÇP), malondialdehit (MDA), klorofil içeriği (Kl), SOD, PR değişimleri araştırılmıştır. Yapılan çalışmada chlorimuron-etil stresine maruz kalan *T. aestivum* bitkisinde MDA içeriğinin ve PR aktivitesinin 1 günlük maruz kalmadan sonra kök ve yapraklarda yükseldiği saptanmıştır. Buğdayda 300-mg/kg chlorimuron-etil uygulamasının klorofil birikiminde önemli zarara neden olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte 5-150 mg/kg chlorimuron-etile maruz kalmasından 3-4 gün sonrasında yapraklarda ÇP içeriğindeki artış gösterdiği

saptanmıştır. Artan PR aktivitesi, önceden var olan apoproteinlerin reaktivasyonundan ziyade *de novo* sentezinin doğru uyarımında olduğu belirtilmiştir [133].

Bazı herbisitlerin mısır karşı yabancı ot etkinliği ve seçiciliğini değerlendirmek için, İtalya merkezinde 2002'den 2004'e kadar *Helianthus annuus*'un üzerinde 3 tarla denemesi yürütülmüştür. Bu herbisitler farklı karışım ve dozlarda pre ve postemergens uygulamalarda kullanılmıştır. Bütün herbisitler mısır karşı iyi bir seçicilik göstermiştir, bununla birlikte preemergensde oxyfluorfen ve postemergensde aclonifende mısır verimine zarar vermemekle birlikte bazı geçici fitotoksik etkiler görülmüştür. Preemergens uygulamalar göz önüne alınırsa, s-metoclachlor ile karışım otların daha iyi kontrol altına alınmasını sağlar takiben flufenacetle karışım. Bütün herbisitler, *Polygonum lapathifolium*'da linuron hariç geniş yapraklılara karşı çok iyi bir etkinlik gösterdi. Postemergens uygulamalar göz önüne alındığında, aclonifen geniş yapraklılara karşı yeterli bir etkinlik göstermiştir ve yabancı ot kontrol spektrumu quizalofop-etil karışımı ile tamamlanmıştır [134].

Soltani vd. (2006) tarafından imazomax ile bentazon, imazamox ile fomesafen, quizalofop-p-ethyl, sethoksidim, fomesafen, bentazonun post emergens uygulamasına karşı fasülyelerin toleransını değerlendirmek için 2 yıllık bir süre içerisinde Ontario'da 6 tarla denemesi yürütülmüştür. Uygulama yapılmamış bütün gruplar büyüme mevsimi için yabancı ottan korunmuştur. Bentazon ve imazamox bentazon uygulamasının hasara neden olduğu ve bitki boyunu %43'e kadar azalttığı, kuru ağırlıkta ise %65'e kadar düştüğü, olgunlaşmayı geciktirdiği ve fasülye verimi %56'ya kadar azalttığı rapor edilmiştir. Sethoksidim, quizalofop-p-etil ve imazamox ile fomesafenin birlikte kullanılması durumunda görsel hasara neden olduğu hasarların bitki ağırlığı, fide kuru ağırlık, tohum nem içeriği ve fasülye verimi üzerine ters etki oluşturmadığı belirtilmiştir. Fomesafen ve imazamox artı fomesafen, sürgün kuru ağırlığı %16'ya kadar azaltmış ve yüksek dozda olgunluğu geciktirmiştir. Bu sonuca göre imazamox ile fomesafen ve quizalofop-p-etil, sethoksidim, fomesafen uygulaması Ontario'da fasülyedeki yabancı ot kontrolü için ürün verimi yeterli bir toleransa sahip olduğu fakat bentazon imazamox ile bentazonunda bunun meydana gelmediği belirtilmiştir [28]. Krantev vd. (2008) kadmiyum toksisitesine karşı fotosentez korumasında SA'nın rolünü araştırmışlardır. Oksidatif stresle ilgili çeşitli önemli parametrelerdeki değişimler, H₂O₂ ve pirolin üretimi, lipid peroksidasyonu, ve antioksidan enzimlerin aktiviteleri, APX, CAT, guaiakol peroksidaz üzerine etkileri değerlendirilmiştir. SA ile ön muamele edilen tohumlar bitki gelişim parametreleri üzerinde kadmiyumun olumsuz etkilerini

azaltmıştır. Benzer sonuç klorofil seviyesi için de gözlenmiştir. SA ile ön muamele enzim aktivitesi üzerine Cd'un baskılayıcı etkisini azaltılmıştır. Cd uygulanan bitkilerde APX aktivitesi azalmış fakat SOD aktivitesinin iki kattan fazla arttığı rapor edilmiştir. SA ile ön muamele APX ve SOD aktivitesinin her ikisinde de artmaya neden olmuştur. Krantev vd. (2008) tarafından yapılan bu araştırmada SA'nın Cd toksisitesine karşı fotosentez ve oksidatif zarara karşı hücreleri koruduğu saptanmıştır [135].

Çeşitli abiyotik stres faktörleri bitkilerde reaktif oksijen türlerinin oluşumuna yol açar ve oksidatif stres sonucu DNA, karbonhidrat, lipit ve proteinlerin zarar görmesine neden olur. ROT hem stres radikalleri (O_2^- süperoksit radikalleri; OH^- hidroksil radikali; HO_2^- perhidroksi radikali ve RO^- alkol radikalleri) hem de radikal olmayan (H_2O_2 ; hidrojen peroksit ve 1O_2 singlet oksijen) formlarını kapsar. Antioksidan savunma sistemi oksidatif strese karşı bitkileri korur. Bitkiler çok farklı antioksidan savunma sistemlerine sahiptirler; enzimatik olanlar SOD, CAT, APX, glutatyon redüktaz (GR), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR), dehidroaskorbat redüktaz (DHAR), glutatyon peroksidaz, (GPX), guaikol peroksidaz (GOPX) ve glutatyon-s-transferaz, (GST) veya enzimatik olmayanlar askorbik asit (ASH), glutatyon (GSH), fenolik bileşenler, alkaloidler, protein olmayan aminoasit ve α -tokoferoldür. ROT, birtakım genlerin ifadesini etkiler ve bu yüzden büyüme, hücre siklusu, programlanmış hücre ölümü, abiyotik stres cevapları, patojen savunma, sistemik uyarı ve gelişim gibi birçok işlemi kontrol eder [136].

Dong vd. (2006) 1–10 μ M Cd'a maruz bırakılan domates fidelerinde antioksidan enzimler ve lipid peroksidasyonu üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada artan kadmiyum konsantrasyonlarına bağlı olarak peroksidaz aktivitesinin ve lipid peroksidasyonunun arttığı belirtilmiştir [137].

Tewari vd. (2002) 50–200 μ M kobaltın *Phaseolus aureus* bitkisinde lipid peroksidasyonu ve pigment içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Yüksek konsantrasyonlarda kobalt uygulanan bitkilerde klorofil içeriğinin ve lipid peroksidasyonunun azaldığı saptamışlardır [138].

Eraslan vd. (2007) tarafından yapılan bir çalışmada tuzluluk ve bor stresi altında yetişen havuçta (*Daucus carota* L. cv. Nantes) dışsal SA (0.5 mM)'nın gelişim, fizyoloji ve antioksidan aktivite üzerine etkisi araştırılmıştır. Eksojen 0.5 mM SA uygulamasının antioksidan enzimlerin aktivitesini düzenlediği ve abiyotik strese karşı bitkilerin toleransını artırdığı saptanmıştır [139].

Senaratna vd. (2000) tarafından yapılan araştırmada, dışsal SA uygulamasının patojenle ilişkili genlerin ifadesini ve sistemik kazanılmış direnci artırdığı saptanmıştır. Fasulye ve domates bitkilerine 0.05 mM, 0.1 mM, 0.5 mM, 1.0 mM ve 5.0 mM ASA uygulamasından sonra 48. saatteki veriler değerlendirildiğinde 0.5 mM SA'nın ısı, soğuk ve kuraklığa karşı toleransı artırdığı saptanmıştır [62].

Wang vd. tarafından (2011) yapılan bir çalışmada, besin element içeriğindeki değerisimler, reaktif oksijen türlerindeki seviye ve antioksidan cevap, SA (SA, 10 ya da 100 μM) veya Pb (50 μM) veya bunların karışımı ile 4 gün muamele görmüş *Vallisneria natans* (Lour.) yapraklarında çalışılmıştır. Ca ve Mn içeriğinde önemsiz değerisimler gözlenirken Cu, Zn, Fe ve P kurşun içeriğinin sadece SA muamelesiyle bitkilerde azaldığı belirtilmiştir. 100 μM SA, 50 μM Pb, 10 μM SA + 50 μM Pb or 100 μM SA+ 50 μM Pb muamelesi bitkilerde klorofilde (a+b) azalma ve malondialdehit, O₂⁻ ve H₂O₂ içeriğinde artmaya neden olduğu belirlenmiştir. SA uygulaması, Pb uyarımlı malondialdehit, O₂⁻ ve H₂O₂ artışını inhibe etmiştir. 100 μM SA karotenoid ve askorbik asit içeriğini azaltmıştır. SA uygulaması, Pb'a maruz kalan *V. natans*'da peroksidaz ve askorbat peroksidaz üzerine önemsiz etki gösterirken katalaz aktivitesini artırmıştır. Sonuç olarak SA'nın Pb alınımının düzenlenmesi, besin dengesi ve oksidatif stresde rol oynadığı belirlenmiştir [140].

Ahmad vd. (2011) Cd stresine maruz kalan *Brassica juncea* (L.) Czern. & Coss. bitkilerinde bazı fizyo-biyokimyasal özellikler, antioksidan enzimlerin aktiviteleri ve gelişim zerine SA etkilerini araştırmak için bir çalışma yürütmüşlerdir. Cd'un artan konsantrasyonları fotosentez azalmaya yol açmıştır. Cd-uyarımlı oksidatif stres prolin, lipit peroksidasyonu ve elektrolit yüklenmesini arttırmış fakat SA ile muamele bu parametreleri azalttığı saptanmıştır. Cd'un düşük konsantrasyonları bitki içine Cd taşınımının artmasına neden olmuştur. Cd mikro ve makro besin maddelerinin alınımını engellemiş fakat eksojen SA uygulaması temel elementlerin birikimi için bitki yeteneğini arttırmıştır. SA hardal bitkilerinin gelişiminde Cd uyarımlı inhibisyonu azaltmıştır. Cd uyarımlı SOD, APX, CAT ve GR gibi bazı anahtar antioksidan enzimlerin aktivitelerinde artma, eksojen SA uygulamasıyla artmıştır. Bu araştırma SA'nın Cd stresi altında hardal bitkilerinde potansiyel bir antioksidan olarak rol oynadığı göstermiştir [141].

Bitkiler çeşitli stres durumları altında fenolik bileşenleri biriktirebilirler [142, 143]. Sıvacı ve Sökmen (2004) tarafından yapılan *Morus alba* ve *Morus nigra*'nın

toplam fenolik içeriği Ekim'de en yüksek ve Haziran'da en düşük olarak saptanmıştır [144].

Fotosentez süresince kloroplastlarda oksijen üretimi fotosistemde elektron geçişine izin vererek O_2^- oluşumuna neden olabilir. Normal durumlar altında, ROT çeşitli antioksidan savunma sistemi tarafından temizlenir [145]. ROT'un üretimi ve temizlenmesi arasındaki denge tuz, UV radyasyon, kuraklık, ağır metaller, ekstrem sıcaklıklar, besin eksikliği, hava kirliliği, herbisidler ve patojen saldırıları gibi biyotik ve abiyotik stres faktörleri tarafından bozulur [136].

Melanin oluşumunda PR'nin olası rolü sebze dokularındaki düşük hidrojen peroksit içeriğinden dolayı araştırılmıştır. Bununla birlikte, polifenol oksidaz (PPO) ile katalizlenen bazı fenoliklerin oksidasyonunda H_2O_2 'nin üretilmesi, kahverengileşme işlemlerinde PR ilişkisini öne süren, hem PR hem de PPO arasındaki olası sinerjistik etkiyi göstermektedir [146].

Cantos vd. (2002) tarafından yapılan bir çalışmada taze patates dokusunda PR reaksiyonunun gelişiminin ne endojen ne de fenolik bileşiklerin reaksiyonu ile sınırlı olmadığı gösterilmiştir. Muhtemelen PR reaksiyonunu sınırlayan substratın H_2O_2 olabileceği, eksojen H_2O_2 ilave edildiğinde PR reaksiyonunun ortaya çıktığı araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir [147].

Beker Akbulut ve Yigit tarafından (2010) yapılan bir çalışmada postemergens atrazin uygulanan mısır bitkisinde, peroksidaz, lipid peroksidasyonu ve askorbat peroksidaz aktivitesi farklı günlerde değerlendirilmiştir. Uygulama gruplarında peroksidaz ve molondialdehid içeriğinin 1. ve 5. günlerde kontrol grubuna karşı artış göstermesine karşın 10. günde azaldığı, askorbat peroksidazın ise 15. günde azalış gösterdiği saptanmıştır [148].

Li vd. (2011) tarafından mısırdaki atrazin toksisitesinin değerlendirildiği bir çalışmada antioksidan sistem üzerine etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Aynı zamanda mısırdaki kök ve sürgünlerde atrazin birikimine paralel olarak absisik asit içeriğinde artış gösterdiğini saptamışlardır [149].

Sundoram vd. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada, Siyanobakter, Nostoc muscorum ve Synechococcus PCC7942, fizyolojik strese yolaçan benzen, ksilen, toluen ve para-nitrofenol gibi organik bileşenlerin suda çözünmesiyle oluşan endüstriyel kirlilikleri ayrıştırma yeteneğine sahip olan organizmalarda osmoprotektanlar ve diğer antioksidatif mekanizmalar çalışılmıştır. Pigment miktarı stresin artan konsantrasyonlarında azalmaya başlamıştır. Organik bileşiklerin daha yüksek

konsantrasyonlarda uygulanması fotosistem üzerine baskılayıcı etki gösterirken, para-nitrofenolün kontrol gruplarına kıyasla her iki türde de gelişimi teşvik ettiği saptanmıştır. Oksidanlar ve antioksidanların hepsinin seviyesininin kontrolden daha yüksek çıktığı gösterilmiştir [150].

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırmada yabancı otlarla mücadelede kullanılan quizalofop-p-etil Safa Tarım firmasından *Helianthus annuus* cv. “Oliva CL” tohumları ise May Tohumculuk’tan sağlanmıştır. Bitkilerde hem çimlenme öncesi hem de çimlenme sonrası uygulamalarla kullanılan herbisitın savunma sisteminde önemli olduğu bilinen detoksifikasyon sistem ve pigment sistemi üzerindeki etkileri saptanmaya çalışılmıştır.

H. annuus cv. “Oliva CL”nin genel zellikleri: Erkenci, 54-64 günde %50 ieklenme. Hasat olgunluğu 105-110 gündür. Yüksek yağ oranı, %43-52. Kaliteli yağ içeriği, oleic oranı %89, kabuk oranı %30.82. Stres ve olumsuz koşullara karşı yüksek toleranslıdır. Tane ağırlığı 47-52 gr. Bitki boyu 150-160 cm. Tavsiye edilen ekim aralığı 50.000-55.000 bitki/hektardır [151].

Bu araştırmada rnekler Hoagland kültür zltisi kullanılarak perlit içeren saksılarda yetiştirildi (izelge 3.1). Çalışma iklim odasında yürütüldü. Odanın sıcaklığı $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ ’e ayarlandı. Ortam neminin yaklaşık olarak %60 olması sağlandı. Örnekler 3 tekrarlı olarak çalışıldı. Hoagland kültür zltisi Hoagland ve Arnon (1938)’a göre hazırlandı [152]. Uygun büyüklüğe gelen *H. annuus* (21 günlük) fidelerine 0.3 mM, 0.4 mM, 0.6 mM, 0.8 mM, 1.2 mM, 2.3 mM ve 3.1 mM dozlarda püskürtme yoluyla çimlenme sonrası (postemergens) quizalofop-p-etil uygulandı. Uygulama yapılan gruplardan 1., 5., 10. ve 15. günlerde örnekler alınarak analizler yapıldı. Bunun yanı sıra araştırmamızda çimlenme öncesi uygulamalarla (preemergens) ilgili çalışmalar da yürütüldü. Ayrıca bitkilerde SKD’nin artırılmasında önemli olduğu bilinen SA’nın herbiside karşı direnç oluşturmadaki etkilerinin değerlendirilmesi için 6 saat süreyle 0.5 mM SA’da bekletilen ayçiçeği tohumları saksılara alındıktan sonra çimlenmeyi takiben 21. günde daha önce belirtilen konsantrasyonlarda (0.3-3.1 mM) quizalofop-p-etil ile muamele edilerek 1., 5., 10. ve 15. günlerde uygulama gruplarından alınan örneklerde aynı parametreler değerlendirilmiştir.

Herbisitin olası etkilerini çalışmak amacıyla;

- Toksisite denemeleri,
- Çimlenme ncesi (preemergens) ve çimlenme sonrası (postemergens) uygulamalar,
- Peroksidaz aktivitesi,
- Askorbat peroksidaz aktivitesi,

- Membranda olası hasarın saptanması için lipid peroksidasyonunun göstergesi olan MDA düzeyi,
- Fotosentezde önemli rolü olan pigment içeriği,
- Toplam fenolik içeriğine bakılmıştır.

Çizelge 3.1. Hoagland kültür çözeltilisinin bileşimi

Makro elementler	g/L
Ca(NO ₃).4H ₂ O	0.821
KNO ₃	0.506
KH ₂ PO ₄	0.136
MgSO ₄ .7H ₂ O	0.120
Mikro elementler	mg/L
C ₆ H ₅ FeO ₇ .5.H ₂ O	50.00
MnCl ₂ .2.H ₂ O	1.47
H ₃ BO ₃	2.90
ZnCl ₂	0.12
CuCl	0.03

3.1. Perlitin Özellikleri

Süngerimsi bir yapıya sahip olan perlit, volkanik orijinli bir maddedir. Hafif yapılı ve bol gözeneklidir. Bitki yetiştirme ortamlarındaki karışım harçlarında kullanıldığı zaman, bitkiye uygulanan besin maddelerini bünyesinde tutarak bitki için kullanıma hazır halde bekletir. Kendi bünyesinde besin maddesi yoktur. Perlit kimyasal olarak nötrdür ve steril bir malzemedir. Özellikle iri perlitin drenaj ve havalanması çok iyidir. Uzun yıllar kullanılabilir. Türkiye’de çok geniş perlit yatakları vardır. Bu nedenle temin edilmesi kolay ve ucuzdur. Saf olarak veya torf ve diğer harç karışım malzemeleri ile birlikte özellikle çelik köklendirmede başarıyla kullanılır.

Perlit radyoaktif içermeyen bir madendir. Perlit anorganik bir maddedir. Bu özelliği ile yüksek ısıda özelliğini kaybetmez, yangının yayılmasını önler. Perlit bünyesinde, bol miktarda hava boşluğu bulundurmaktadır. Bu özelliği ile etkin bir ısı yalıtım, izolasyon malzemesidir. Perlitin kimyasal yapısı kararlıdır. Nötr bir malzemedir. Suda erimez, çürümez, kimyasal reaksiyona girmez. Bu özelliği ile tarımda her türlü bitkinin üretiminde kullanılmakta, bitkilerin hastalıklarından korunmasında

etkili olmaktadır. Tarım sektöründe perlit bünyesindeki gözenekler sayesinde filtrasyonu artırır, buharlaşmayı azaltır. Sulama ihtiyacını azaltarak tasarruf sağlar. İnorganiktir. Hastalık taşımaz, barındırmaz. Çözünebilir iyonların çok az olması sebebiyle tuz ve alkalilik açısından sorun yaratmaz. Nötr (pH=6.5-7.5) oluşu ve düşük kimyasal tamponluğu ile ortam pH'sını kolayca düzenler.

Ömrü uzundur. Steril üretimde yapısı bozulmadığından topraksız tarımda 6 yıla kadar kullanım ömrü olduğu gibi, üretim ortamının iyileşmesi sebebiyle erken ürün elde etme imkanı sağlar. Yapısı itibariyle fide köklerinde yıpranma ve hasarları önler [153].

3.2. Peroksidaz Aktivitesi Tayini

- Peroksidaz aktivitesi tayininde Peters vd. (1988) [154] ile Adam vd. (1992) [155]'nin kullandıkları yöntemler modifiye edilerek uygulandı.
- 0.5 gr taze yaprak dokusu; 0.5 gr Polivinilpirolidon (PVP), 3 mL 66 mM potasyum tamponu ve 3 mL 100 mM KCl içinde homojenize edildi.
- Homojenat 10.000 g'de 10 dakika 4 °C'de santrifüj edildi.
- 3 mL 0.1 M'lık potasyum fosfat tamponu (pH 6.0), 0.04 mL 0.03 M H₂O₂ ve 0.05 mL 0.2 M guaikol vortekslenerek bir solüsyon hazırlandı.
- Hazırlanan solüsyonun 0.9 mL'sine 0.1 mL ekstrakt ilave edilerek 436 nm'de 2 dakikada enzim aktivitesindeki değişim spektrofotometrede (Shimadzu UV-1201V) ölçüldü.

3.3. Askorbat Peroksidaz Tayini

- Askorbat peroksidaz tayini Nakano ve Asada (1981) [156] ve Çakmak (1994) [157]'a göre yapıldı.
- 0.5 gr taze yaprak dokusu 10 mL 50 mM potasyum fosfat tamponunda (pH 7,6) homojenize edildi.
- Homojenat 15.000 g'de 20 dakika santrifüj edildi.
- Reaksiyon karışımı 550 µL fosfat tamponu (pH 7.6), 100 µL 10 mM EDTA ve 12 mM H₂O₂ karışımı, 250 µL ekstrakt ve 100 µL 0.25 mM askorbik asit olarak hazırlandı.
- Enzim aktivitesi 290 nm dalga boyuna ayarlanmış spektrofotometrede (Shimadzu–UV–1601, UV/Visible) 2 dakikada elde edilen absorbans değişimi olarak belirlendi.

- Askorbat peroksidaz aktivitesi $2.8 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ekstinksiyon katsayısıyla hesaplandı.

3.4. Lipid peroksidasyonu (MDA) Analizi

- Yöntem Heath ve Packer (1968)'a göre yapıldı [158].
- 0.5 gr taze yaprak dokusu 5 mL %0.1'lik TCA içinde homojenize edildi.
- Homojenat 10.000 g'de 10 dakika santrifüj edildi. Bu solüsyonun 2 mL'si 2 mL %0.5'lik TBA (%20'lik TCA içinde hazırlanan) ile 30 dakika 95°C 'de su banyosunda bekletildi.
- Süre bitiminde örnekler buza alındı. Daha sonra 10.000 g'de 15 dakika santrifüj edildi.
- Süpernatanın absorbansı 532 nm ve 600 nm'de ölçülerek, 600 nm'de yapılan ölçümler 532 nm'de yapılan ölçümlerden çıkarılarak doğrulandı.
- MDA miktarı $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ekstinksiyon katsayısıyla hesaplandı.

3.5. Fotosentetik Pigment Analizi

Pigmetlerin ekstraksiyonu işlemlerinde De Kok ve Graham (1980) yöntemi kullanıldı [159]. Ekstraksiyon işlemleri için blendırda öğütülen taze yaprak örneklerinden her bir örnek için 3 tekrarlı olmak üzere 1'er gram alınıp cam havanda 50 mL aseton (%100'lük–Merck) içerisine konularak homojenize edildi. Daha sonra ışık görmeyecek şekilde alüminyum folyo ile kapatılmış erlenlere konularak erlenlerin ağzı parafilmle kapatıldı. Çalkalamalı etüvde 30 dk homojenize edildi. Daha sonra bu örnekler 4°C 'ye ayarlı buzdolabında 24 saat süreyle bekletildi. Buzdolabından çıkartılan örnekler süzülerek 1/5 oranında su ilave edildi. Bu örnekler çalkalamalı etüvde 15 dk tekrar homojenize edildikten sonra tekrar buzdolabında 24 saat bekletildi. Örnekler 24 saat sonra 3000 devir/dk'da 10 dk santrifüj edildi. Santrifüj edilen örneklerin absorbans değerleri Lichtenthaler ve Welburn (1983)'a göre 662, 645, 470 nm'de okunarak klorofil a, klorofil b, karotenoid ve toplam klorofil miktarları hesaplandı [160].

$$\text{Kl a} = 11,75 \cdot A_{662} - 2,35 \cdot A_{645}$$

$$\text{Kl b} = 18,61 \cdot A_{645} - 3,96 \cdot A_{662}$$

$$\text{Karotenoid} = \frac{1000 \cdot A_{470} - 2,27 \cdot \text{Kl a} - 81,4 \cdot \text{Kl b}}{}$$

227

$$\text{Toplam klorofil} = \text{Kl a} + \text{Kl b}$$

3.6. Toplam Fenolik Analizi

0.05 gr. *Helianthus annuus* yaprak dokusu üzerine 2.5 mL etanol eklenerek homojenize edildi ve -80°C ' de 24 saat bekletildi. Örnekler ertesi gün çalkalamalı etüvde 1 gün boyunca bekletildikten sonra santrifüj edilerek 1ml süpernatant üzerine 1 ml etanol, 5 ml distile su ve 1 ml folin eklenerek 3 dk çalkalamalı etüvde bırakıldı. Karışım üzerine 3 ml % 2'lik Na_2CO_3 eklenerek 2 saat karanlıkta bırakılıp daha sonra 760 nm'de okuma yapıldı. Aynı yöntem gallik asit solüsyonuyla tekrar edilerek standart eğri hazırlandı [161, 162].

3.7. Toplam Çözünabilir Protein Tayini

Toplam çözünabilir protein miktarı Bradford (1976) yöntemiyle, mikropilaka okuyucu sistemi (Molecular Devices Corp., Versamax) kullanılarak saptandı. Mikropilakanın her kuyucuğuna yapraktan hazırlanan homojenattan 5 μL ve 250 μL Bradford ayırıcı eklendi ve 15 dakika oda sıcaklığında (25°C) karanlıkta bekletildi. Daha sonra renk değişimine bağlı olarak oluşan absorbans değişimi 595 nm dalga boyunda ölçüldü. Elde edilen OD değerleri, sığır serum albumini (BSA) kullanılarak çizilmiş standart grafik değerleri ile karşılaştırılarak örneklerdeki toplam protein miktarları paket program (Slide) kullanılarak hesaplandı. Ölçümler üç tekrarlı olarak yapıldı [163].

3.8. İstatistik Analizler

Elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmeleri bilgisayarda SPSS 15.0 programında yapılmıştır. Bu programda varyans analizi yapılarak önem kontrolü için Duncan testi uygulanmıştır ($p < 0.05$) [164].

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Peroksidaz Aktivitesi Değişimleri

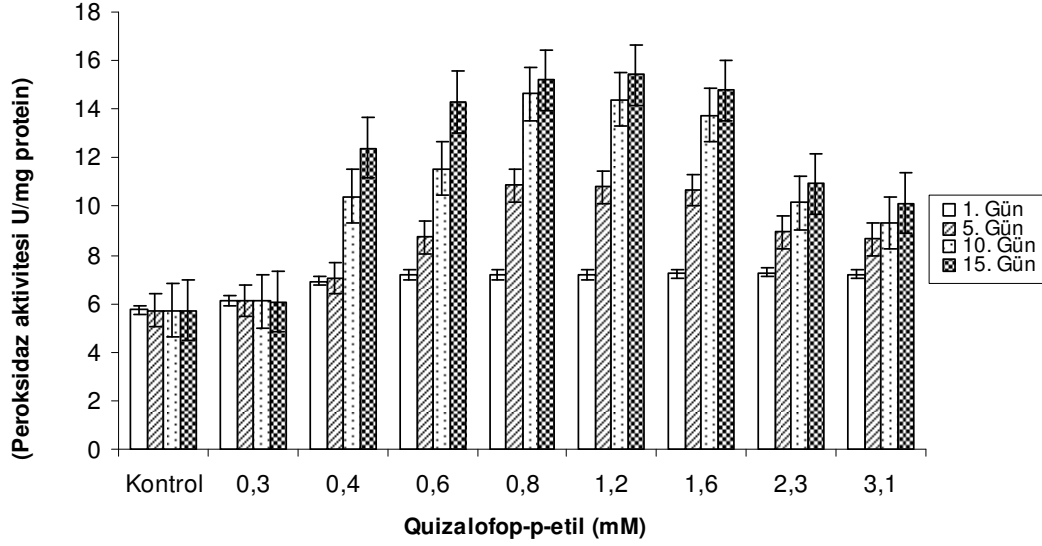
Quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı PR aktivitesinin değişimi incelendiğinde en düşük peroksidaz aktivitesi kontrol grubunda 5.71-5.73 U/mg protein olarak belirlendi. En yüksek peroksidaz aktivitesinin 5. ve 10. günde 0.8 mM uygulama yapılan grupta olduğu, en düşük peroksidaz aktivitesinin ise yine kontrol grubunda olduğu bulundu. Peroksidaz aktivitesi 15. günde 0.3-1.2 mM uygulama yapılan gruplarda artış gösterirken 1.6-3.1 mM uygulama yapılan gruplarda azalış olduğu belirlendi. Peroksidaz aktivitesinin 0.4-3.1 mM uygulama yapılan gruplarda günlere bağlı olarak artışın istatistiksel olarak önemli olduğu saptandı ($p<0.05$) (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1).

Çizelge 4.1. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı peroksidaz aktivitesi değişimi (U/mg protein)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Peroksidaz Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol	d5.73±0.04a	d5.72±0.03a	f5.72±0.04a	g5.71±0.02a
0.3	c6.12±0.04a	d6.13±0.06a	f6.10±0.05a	g6.06±0.05a
0.4	b6.92±0.11c	c7.03±0.06c	d10.41±0.24b	d12.40±0.15a
0.6	a7.19±0.03d	b8.72±0.09c	c11.56±0.13b	c14.29±0.04a
0.8	a7.19±0.03c	a10.86±0.38b	a14.64±0.06a	a15.21±0.03a
1.2	a7.19±0.04d	a10.79±0.12c	a14.40±0.30b	a15.42±0.28a
1.6	a7.24±0.03d	a10.68±0.11c	b13.75±0.26b	b14.77±0.14a
2.3	a7.27±0.04d	b8.94±0.01c	d10.16±0.07b	e10.93±0.10a
3.1	a7.20±0.01d	b8.66±0.06c	e9.32±0.11b	f10.13±0.05a

n=3



Şekil 4.1. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı peroksidaz aktivitesi değişimi (U/mg protein)

4.2. Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Peroksidaz Aktivitesi Değişimleri

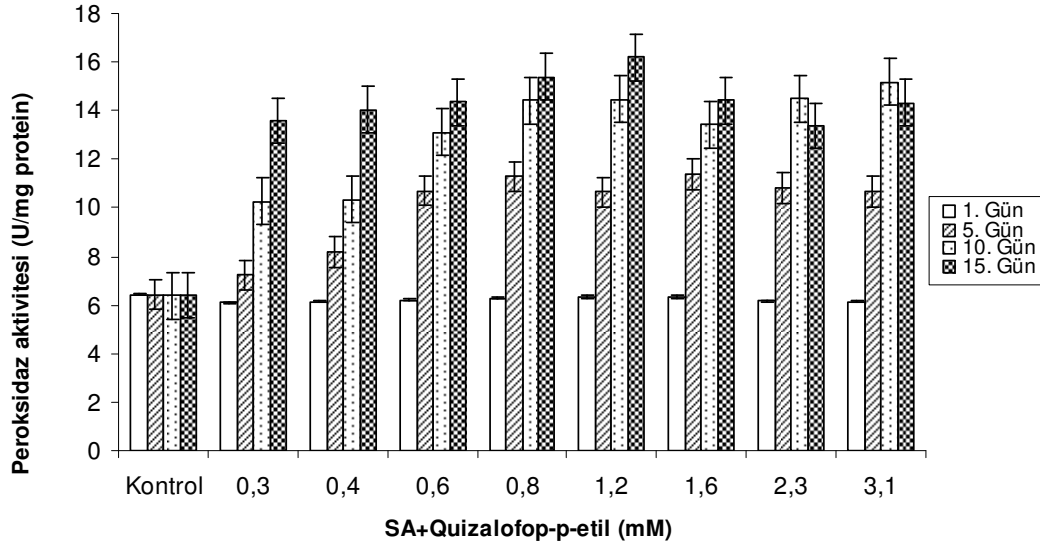
Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı peroksidaz aktivitesinin değişimi incelendiğinde 1. günde en yüksek peroksidaz aktivitesinin kontrol grubunda olduğu bulundu. En düşük peroksidaz aktivitesinin ise 0.3 mM uygulama yapılan grupta olduğu saptandı. Peroksidaz aktivitesi 5. günde 1.6 mM uygulama yapılan grupta en yüksek bulunurken, 10. günde 3.1 mM uygulama yapılan grupta belirlendi. En düşük peroksidaz aktivitesi 15. günde kontrol grubunda 6.40 U/mg protein olarak bulunurken, en yüksek peroksidaz aktivitesi 1.2 mM uygulama yapılan grupta 16.19 U/mg protein olarak saptandı. Kontrol grubu dışındaki uygulama gruplarında 1., 5., 10. ve 15. günlerde PR aktivitesindeki artış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p < 0.05$) (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2).

Çizelge 4.2. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı peroksidaz aktivitesi değişimi (U/mg protein)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Peroksidaz Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol (SA)	a6.43±0.01a	e6.43±0.02a	f6.40±0.01a	f6.40±0.01a
0.3	f6.09±0.03d	d7.23±0.04c	e10.26±0.05b	e13.60±0.21a
0.4	de6.13±0.01d	c8.18±0.01c	e10.33±0.03b	d14.04±0.03a
0.6	c6.21±0.03d	b10.70±0.03c	d13.12±0.01b	c14.35±0.06a
0.8	b6.29±0.01d	a11.28±0.01c	b14.41±0.14a	b15.39±0.03a
1.2	b6.33±0.01d	b10.64±0.17c	b14.47±0.08b	a16.19±0.03a
1.6	b6.33±0.03d	a11.38±0.02c	c13.42±0.08b	c14.42±0.06a
2.3	cd6.17±0.01d	b10.80±0.08c	b14.51±0.05a	e13.38±0.04b
3.1	de6.14±0.01d	b10.65±0.06c	a15.16±0.05a	c14.33±0.01b

n=3



Şekil 4.2. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı peroksidaz aktivitesi değişimi (U/mg protein)

4.3. Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında APX Aktivitesi Değişimleri

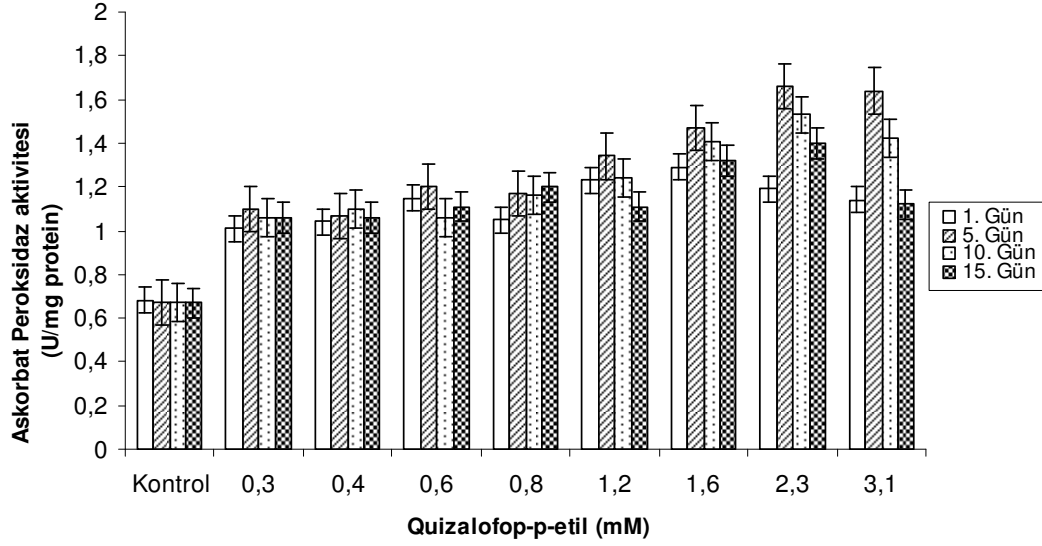
Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı askorbat peroksidaz aktivitesinin değişimi incelendiğinde 1. günde en yüksek askorbat peroksidaz aktivitesi 1.6 mM uygulama yapılan grupta 1.29 U/mg protein, en düşük peroksidaz aktivitesi kontrol grubunda 0.68 U/mg protein olarak saptandı. Askorbat peroksidaz aktivitesi 1.2-3.1 mM uygulama yapılan gruplarda 5. günde 1. güne göre artış gösterirken 10. ve 15. günlerde askorbat peroksidaz aktivitesinde bir azalma olduğu saptandı. Askorbat peroksidaz aktivitesi 15. günde 2.3 mM uygulama yapılan grupta en yüksek bulundu. En düşük askorbat peroksidaz aktivitesi uygulama yapılan tüm gruplara göre kontrol gruplarında en düşük bulundu. Bu değişim istatistiksel olarak önemli bulundu ($p < 0.05$) (Çizelge 4.3 ve Şekil 4.3).

Çizelge 4.3. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı APX aktivitesi değişimi (U/mg protein)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Askorbat Peroksidaz Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol	e0.68±0.01a	f0.67±0.02a	g0.67±0.01a	f0.67±0.01a
0.3	d1.01±0.01b	e1.10±0.01a	f1.06±0.01b	e1.06±0.02b
0.4	d1.04±0.01c	e1.07±0.02ab	e1.10±0.01a	e1.06±0.01bc
0.6	c1.15±0.03ab	d1.20±0.01a	ef1.06±0.01c	d1.11±0.01bc
0.8	d1.05±0.01b	d1.17±0.01a	d1.16±0.01a	c1.20±0.03a
1.2	b1.23±0.03b	c1.34±0.02a	c1.24±0.02b	d1.11±0.01c
1.6	a1.29±0.01b	b1.47±0.02a	b1.41±0.02a	b1.32±0.01b
2.3	bc1.19±0.03d	a1.66±0.01a	a1.53±0.01b	a1.40±0.02c
3.1	c1.14±0.02c	a1.64±0.01a	b1.42±0.01b	d1.12±0.02c

n=3



Şekil 4.3. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı APX aktivitesi değişimi (U/mg protein)

4.4. Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında APX Değişimleri

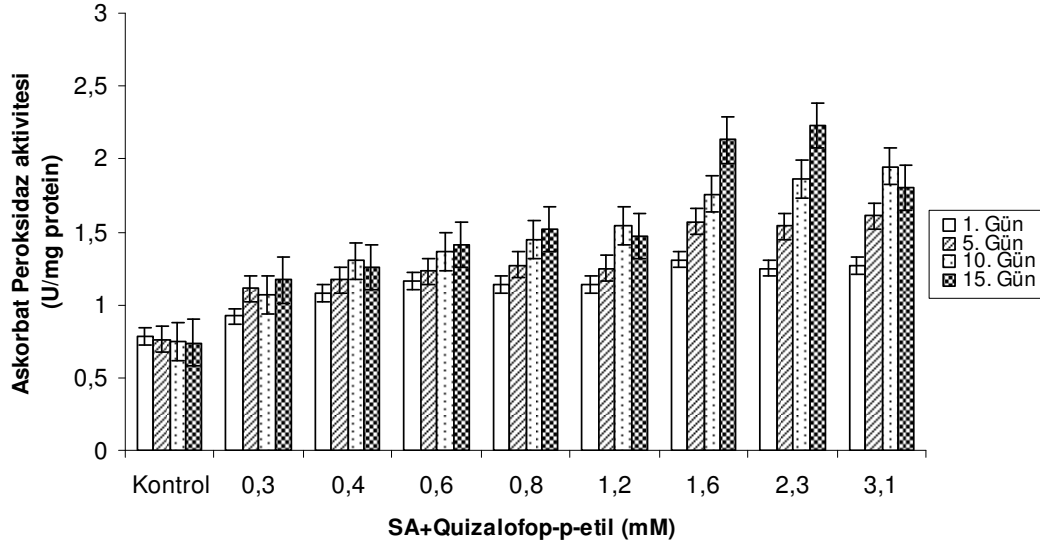
Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı askorbat peroksidaz aktivitesinin değişimi incelendiğinde en yüksek askorbat peroksidaz aktivitesi 1. günde 1.6 mM uygulama yapılan grupta 1.31 U/mg protein, 5. ve 10. günde 3.1 mM uygulama yapılan grupta sırasıyla 1.61 U/mg protein ve 1.95 U/mg protein olarak ve 15. günde 2.3 mM uygulama yapılan grupta 2.23 U/mg protein olarak belirlendi. Askorbat peroksidaz aktivitesi tüm uygulama yapılan gruplarda 1. 5. 10. ve 15. günlerde en düşük kontrol grubunda belirlendi. Askorbat peroksidaz aktivitesinin 0.6 mM, 0.8 mM, 1.6 mM ve 2.3 mM uygulama yapılan gruplarda günlere bağlı olarak artış göstermesi istatistiksel olarak önemli bulundu ($p < 0.05$) (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4). Aynı şekilde 1., 5., 10. ve 15. günlerde gün içerisinde APX aktivitesindeki artışlar da istatistiksel olarak önemli bulundu ($p < 0.05$) (Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4).

Çizelge 4.4. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı askorbat peroksidaz aktivitesi değişimi (U/mg protein)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Askorbat Peroksidaz Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol (SA)	e0.78±0.02a	f0.76±0.02a	i0.75±0.01a	h0.74±0.01a
0.3	d0.92±0.04b	e1.11±0.02a	h1.07±0.03a	g1.17±0.03a
0.4	c1.08±0.04c	d1.17±0.02b	g1.30±0.01a	f1.26±0.01a
0.6	b1.16±0.02d	c1.23±0.01c	f1.36±0.01b	e1.41±0.01a
0.8	bc1.14±0.01d	c1.27±0.01c	e1.45±0.01b	d1.52±0.02a
1.2	bc1.14±0.01d	c1.25±0.01c	d1.54±0.02a	de1.47±0.03b
1.6	a1.31±0.03d	ab1.57±0.02c	c1.76±0.01b	b2.13±0.03a
2.3	a1.25±0.01d	b1.54±0.01c	b1.86±0.02b	a2.23±0.03a
3.1	a1.27±0.01d	a1.61±0.01c	a1.95±0.01a	c1.80±0.03b

n=3



Şekil 4.4. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı askorbat peroksidaz aktivitesi değişimi (U/mg protein)

4.5. Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında MDA Değişimi

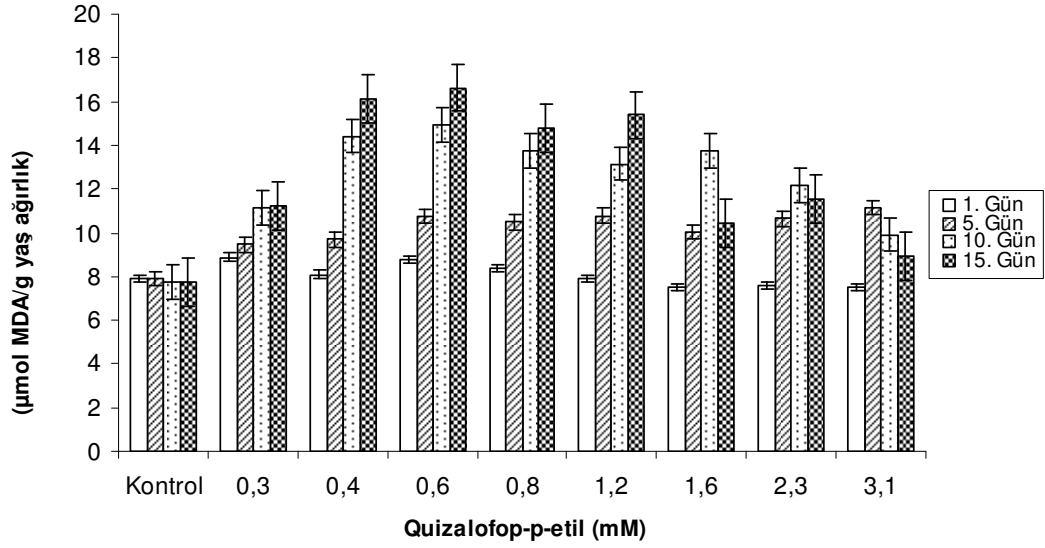
Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı MDA miktarlarının değişimi incelendiğinde en düşük MDA miktarı 1. günde 1.6 mM uygulama yapılan grupta 7.51 µmol MDA/g yaş ağırlık, en yüksek MDA miktarı 0.3 mM uygulama yapılan grupta 8.88 µmol MDA/g yaş ağırlık olarak bulundu. Quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içerisinde ve günlere bağlı MDA içeriğindeki değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$). Özellikle 5. gün ve sonrasında MDA içeriğindeki değişimler herbisidin toksisitesinin artan günlerde bitki üzerinde daha etkili olduğunu gösterdi. Kontrol grubunun tüm uygulama gruplarına göre daha düşük MDA içeriğine sahip olduğu gözlemlendi (7.90 µmol/g yaş ağırlık). En yüksek MDA içeriği ise 0.4 mM ve 0.6 mM quizalofop-p-etil uygulanan gruplarda 15. günde olduğu gözlemlendi (16.13 µmol/g yaş ağırlık ve 16.64 µmol/g yaş ağırlık). Bu değişimler istatistiksel olarak da önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5).

Çizelge 4.5. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı MDA miktarlarının değişimi (µmol MDA/g yaş ağırlık)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	MDA (µmol MDA/g yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol	cd7.90±0.09a	f7.90±0.07a	e7.77±0.08a	e7.73±0.06a
0.3	a8.88±0.11a	de9.45±0.41a	cd11.16±0.72a	c11.22±1.17a
0.4	bc8.09±0.11b	cd9.69±0.41b	a14.42±1.20a	ab16.13±0.52a
0.6	a8.76±0.05d	ab10.73±0.10c	a14.93±0.48b	a16.64±0.29a
0.8	b8.38±0.22c	abc10.48±0.31b	ab13.77±0.54a	b14.80±0.60a
1.2	cd7.91±0.01d	ab10.79±0.06c	ab13.16±0.16b	ab15.38±0.18a
1.6	d7.51±0.20c	bcd10.03±0.27b	ab13.77±0.37a	cd10.43±0.30b
2.3	d7.57±0.12b	ab10.64±0.04b	bc12.16±0.55a	c11.53±0.48a
3.1	d7.53±0.04d	a11.12±0.31a	d9.92±0.16b	de8.93±0.08c

n=3



Şekil 4.5. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı MDA miktarı değişimleri (µmol MDA/g yaş ağırlık)

4.6. Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında MDA Değişimi

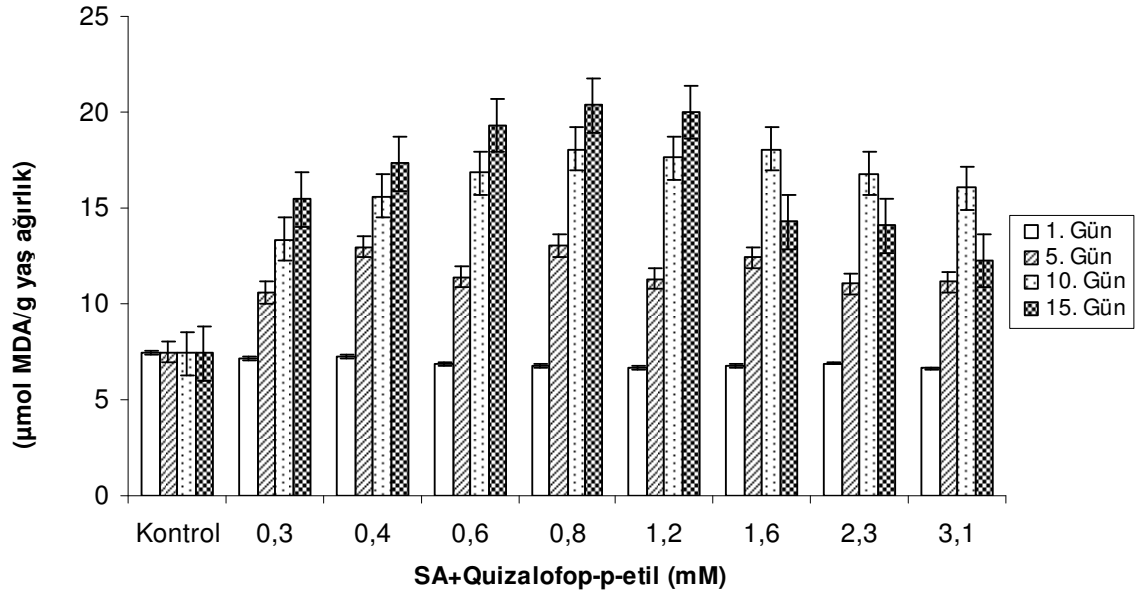
Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı MDA miktarlarının değişimi incelendiğinde 1. günde en düşük MDA miktarı 3.1 mM uygulama yapılan grupta 6.62 µmol MDA/g yaş ağırlık olarak, en yüksek MDA miktarı kontrol grubunda 7.49 µmol MDA/g yaş ağırlık olarak tespit edildi. MDA miktarı 0.6 mM, 0.8 mM, 1.6 mM ve 2.3 mM uygulama yapılan gruplarda 1. günde istatistiksel olarak birbirine yakın bulundu ($p < 0.05$). En yüksek MDA miktarının 10. günde 0.8 mM, 1.2 mM ve 1.6 mM uygulama yapılan gruplarda, 15. günde 0.4-1.2 mM uygulama yapılan gruplarda diğer gruplardan daha yüksek olduğu saptandı (17.31 µmol MDA/g yaş ağırlık-20.35 µmol MDA/g yaş ağırlık). Bu değişimler istatistiksel olarak da önemli bulundu. ($p < 0.05$) (Çizelge 4.6 ve Şekil 4.6).

Çizelge 4.6. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı MDA miktarlarının değişimi (µmol MDA/g yaş ağırlık)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	MDA (µmol MDA/g yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol (SA)	a7.49±0.02a	e7.47±0.03a	e7.42±0.05a	g7.42±0.04a
0.3	abc7.12±0.09d	c10.60±0.22c	d13.36±0.12b	d15.46±0.27a
0.4	ab7.21±0.35d	a12.97±0.22c	c15.59±0.06b	c17.31±0.23a
0.6	bcd6.89±0.08d	b11.42±0.31c	b16.85±0.21b	b19.33±0.08a
0.8	bcd6.76±0.13d	a13.05±0.46c	a18.08±0.28b	a20.35±0.04a
1.2	cd6.70±0.11d	d11.32±0.10c	a17.60±0.20b	a20.02±0.09a
1.6	bcd6.75±0.07d	a12.41±0.25c	a18.08±0.31a	e14.28±0.04b
2.3	bcd6.91±0.07d	bc11.04±0.09c	b16.78±0.30a	e14.08±0.33b
3.1	d6.62±0.03d	bc11.13±0.10c	c16.03±0.11a	f12.25±0.07b

n=3



Şekil 4.6. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı MDA miktarlarının değişimi (µmol MDA/g yaş ağırlık)

4.7.Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Kl a Değişimi

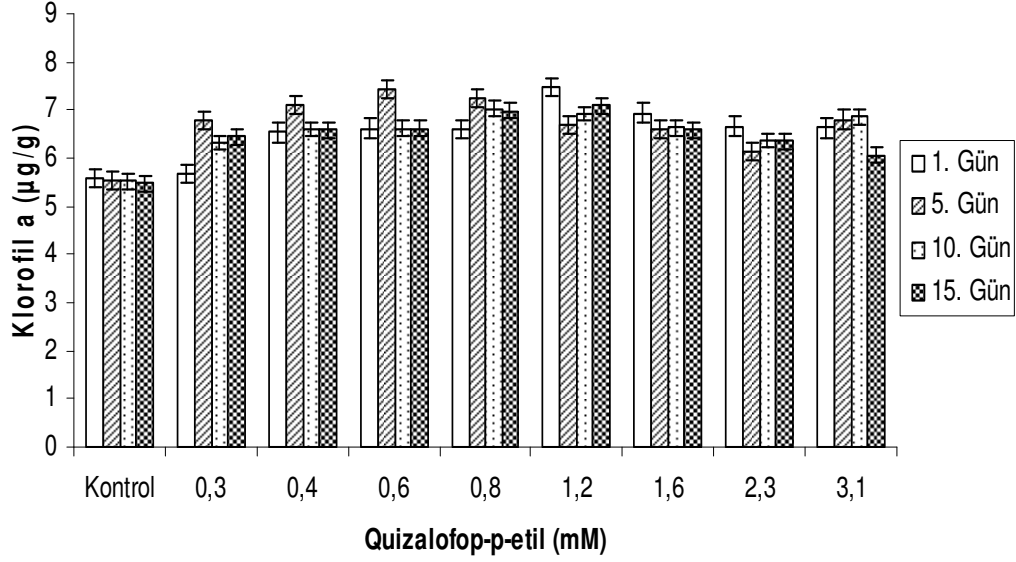
Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi incelendiğinde 1. günde en yüksek Kl a miktarı 1.2 mM uygulanan grupta 7.47 µg/g en düşük Kl a miktarının ise kontrol grubunda 5.58 µg/g olduğu belirlendi. Kontrol gruplarında Kl a miktarının 1., 5., 10. ve 15. günlerde uygulanan tüm herbisit konsantrasyonlarına karşı diğerlerinden daha düşük olduğu görüldü. En yüksek Kl a miktarının 5. günde 0.6 mM, 10. günde 0.8 mM ve 15. günde 1.2 mM uygulama yapılan grupta olduğu saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu. ($p<0.05$) (Çizelge 4.7, Şekil 4.7).

Çizelge 4.7. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi (µg/g)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Klorofil a (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol	d5.58±0.04a	f5.54±0.03ab	d5.52±0.03 ab	d5.47±0.02b
0.3	d5.68±0.11b	cd6.77±0.07a	c6.33±0.26 ab	b6.45±0.28a
0.4	c6.54±0.10b	b7.12±0.07a	bc 6.61±0.05b	b6.58±0.04b
0.6	bc6.62±0.15b	a7.42±0.03a	bc6.62±0.03b	b6.61±0.04b
0.8	bc6.60±0.10c	b7.25±0.07a	a7.03±0.05 ab	a6.99±0.05b
1.2	a7.47±0.20a	cd6.68±0.09c	ab6.92±0.04bc	a7.09±0.04ab
1.6	b6.94±0.06a	d6.61±0.03b	bc6.63±0.09b	b6.58±0.10b
2.3	bc6.66±0.08a	e6.14±0.04b	c6.37±0.10b	bc6.35±0.10b
3.1	bc6.63±0.03b	c6.79±0,01a	ab6.86±0.04a	c6.06±0.04 c

n=3



Şekil 4.7. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi

4.8. Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Kl a Değişimi

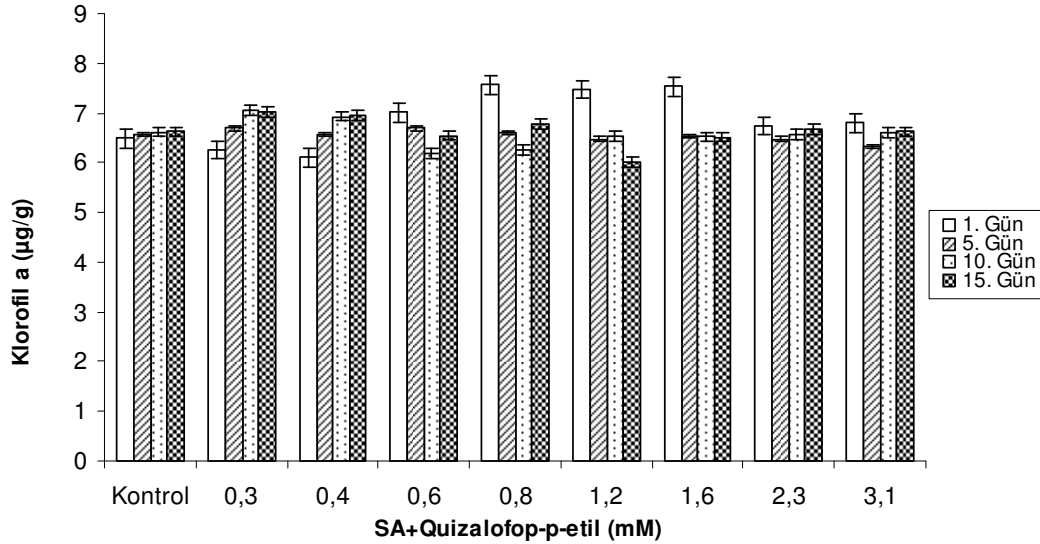
Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi incelendiğinde 1. günde en düşük Kl a miktarı 0.4 mM herbisit uygulanan grupta 6.10 µg/g, en yüksek Kl a miktarı 0.8 mM herbisit uygulanan grupta 7.56 µg/g olarak belirlendi. Kl a miktarının 5. günde 3.1 mM herbisit uygulanan grupta en düşük olduğu görüldü. Günlere bağlı bu değişimin istatistiksel olarak önemli olduğu saptandı ($p < 0.05$) (Çizelge 4.8, Şekil 4.8).

Çizelge 4.8. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi (µg/g)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Klorofil a (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol (SA)	c 6.49±0.15a	a 6.57±0.16a	b 6.61±0.07a	c 6.62±0.06a
0.3	d 6.26±0.02c	a 6.69±0.02b	a 7.05±0.19a	a 7.01±0.03a
0.4	d 6.10±0.02c	a 6.57±0.10b	a 6.93±0.06a	ab 6.96±0.17a
0.6	b 7.01±0.05a	a 6.69±0.02b	c 6.18±0.06c	c 6.55±0.16b
0.8	a 7.56±0.05a	a 6.59±0.07b	c 6.26±0.03c	abc 6.77±0.07b
1.2	a 7.47±0.05a	ab 6.48±0.03b	b 6.53±0.04b	d 6.01±0.11c
1.6	a 7.53±0.02a	ab 6.53±0.01b	b 6.52±0.02b	c 6.51±0.01b
2.3	b 6.74±0.06a	ab 6.48±0.03c	b 6.57±0.04bc	bc 6.67±0.04ab
3.1	b 6.80±0.07a	b 6.33±0.03c	b 6.60±0.01b	c 6.62±0.02b

n=3



Şekil 4.8. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi (µg/g)

4.9. Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Kl b Değişimi

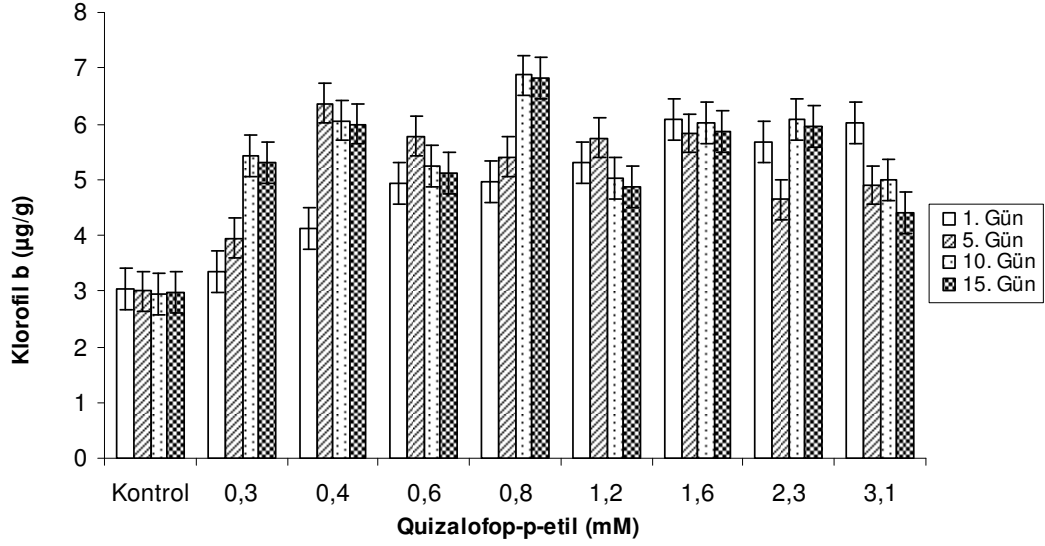
Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında Kl b miktarlarının günlere bağlı değişimi incelendiğinde Kl b miktarının tüm günlerde kontrol gruplarında en düşük miktarda olduğu bulundu. En yüksek Kl b miktarı 1. günde 1.6 mM uygulama yapılan grupta 6.07 µg/g, 5. günde 0.4 mM uygulama yapılan grupta 6.37 µg/g, 10. günde 0.8 mM uygulama yapılan grupta 6.87 µg/g ve 15. günde 0.8 mM uygulama yapılan grupta 6.82 µg/g olduğu gözlemlendi. Kl b miktarındaki değişimler kontrol grubu ile kıyaslandığında quizalofop-p-etil uygulanan gruplarda daha yüksek olduğu gözlemlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak da önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.9 ve Şekil 4.9).

Çizelge 4.9. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi (µg/g)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Klorofil b (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol	e3.03±0.13 a	f3.00±0.12a	d2.95±0.10 a	f2.97±0.11 a
0.3	e3.36±0.02b	e3.94±0.45b	bc5.42±0.42a	cd5.31±0.30a
0.4	d4.12±0.09b	a6.37±0.05a	b6.06±0.36a	b6.00±0.35a
0.6	c4.92±0.44b	b5.78±0.03a	c5.23±0.01ab	d5.13±0.02ab
0.8	c4.96±0.04b	bc5.41±0.17b	a6.87±0.25a	a6.82±0.21a
1.2	bc5.31±0.11b	b5.74±0.14a	c5.03±0.05bc	de4.87±0.07c
1.6	a6.07±0.09a	b5.83±0.11a	b6.02±0.15a	bc5.86±0.14a
2.3	ab5.68±0.13b	d4.65±0.10c	b6.08±0.05a	b5.95±0.01ab
3.1	a6.02±0.11a	cd4.90±0.03b	c4.99±0.01b	e4.41±0.19c

n=3



Şekil 4.9. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi (µg/g)

4.10. Çimlenme öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Kl b Değişimi

Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi incelendiğinde en düşük Kl b miktarı 1. günde 2.3 mM herbisit uygulanan grupta 4.53 µg/g, 5. günde 1.6 mM herbisit uygulanan grupta 3.98 µg/g, 10. ve 15. günde günde 3.1 mM herbisit uygulanan grupta sırasıyla 3.24 µg/g ve 3.18 µg/g olarak tespit edildi. En yüksek Kl b miktarının 1. günde 0.8 mM herbisit uygulan grupta 5. ve 10. günlerde kontrol grubunda, 15. günde 0.4 mM herbisit uygulan grupta istatistiksel olarak saptandı ($p < 0.05$) (Çizelge 4.10 ve Şekil 4.10).

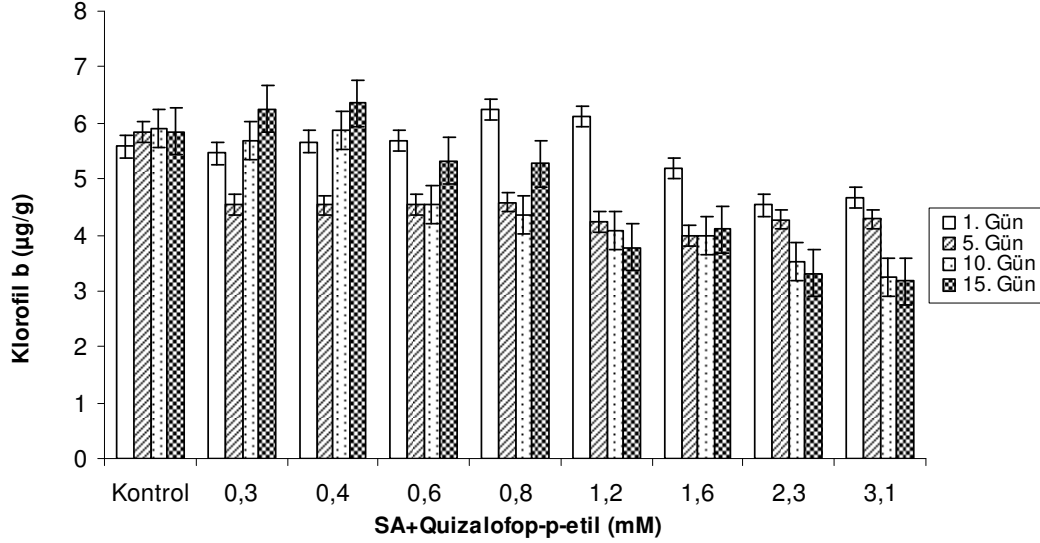
SA uygulanan gruplarla SA uygulanmayan gruplardaki Kl b içeriği kıyaslandığında (Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10) SA uygulanan kontrol grubunda Kl b içeriği belirgin şekilde artış gösterdi.

Çizelge 4.10. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi (µg/g)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Klorofil b (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol (SA)	b5.58±0.08b	a5.84±0.08a	a5.90±0.03a	b5.84±0.04a
0.3	b5.46±0.03c	bc4.54±0.06d	a5.68±0.09b	a6.25±0.04a
0.4	b5.66±0.06b	bc4.53±0.16c	a5.87±0.09b	a6.36±0.06a
0.6	b5.69±0.04a	bc4.54±0.06c	b4.55±0.09c	c5.32±0.06b
0.8	a6.24±0.06a	b4.58±0.04c	bc4.35±0.09d	c5.27±0.04b
1.2	a6.12±0.03a	de4.23±0.11b	cd4.09±0.05b	e3.78±0.10c
1.6	c5.19±0.04a	e3.98±0.06b	d3.98±0.16b	d4.10±0.06b
2.3	d4.53±0.16a	cd4.27±0.08a	e3.52±0.09b	f3.31±0.15b
3.1	d4.67±0.06a	cd4.28±0.01b	f3.24±0.06c	f3.18±0.06c

n=3



Şekil 4.10. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi (µg/g)

4.11. Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Karotenoid Değişimi

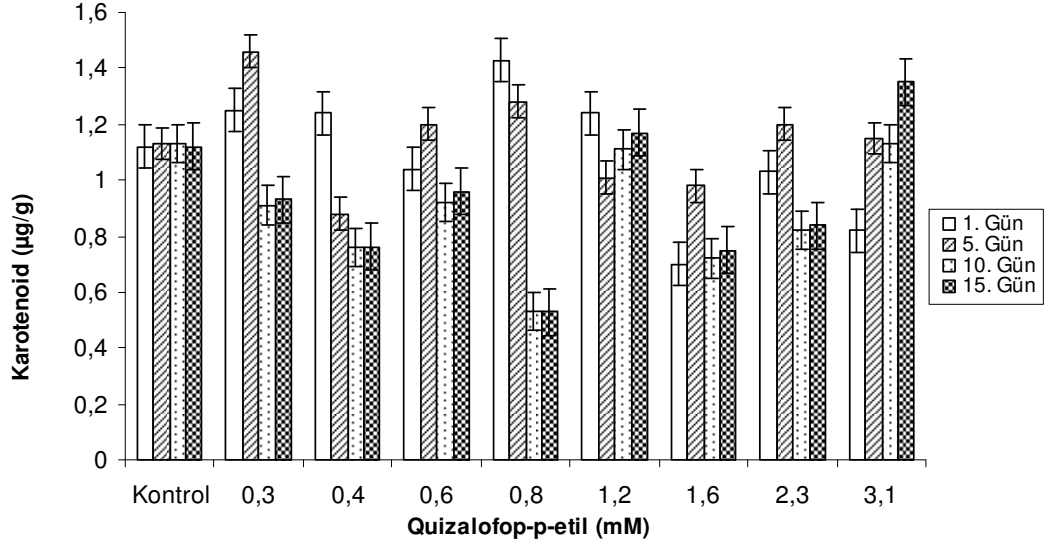
Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında karotenoid miktarlarının günlere bağlı değişimi incelendiğinde 1. günde en düşük karotenoid miktarı 1.6 mM uygulama yapılan grupta 0.70 µg/g olarak en yüksek karotenoid miktarı 0.8 mM uygulama yapılan grupta 1.43 µg/g olarak bulundu. En düşük karotenoid miktarı 5. günde 0.4 mM uygulama yapılan grupta 0.88 µg/g olarak saptandı. En yüksek karotenoid miktarı 15. günde 3.1 mM uygulama yapılan grupda saptanırken günlere bağlı olarak kontrolle kıyaslandığında 1. günde 0.3 mM, 0.4 mM ve 0.8 mM uygulama gruplarındaki artış ile 5. günde 0.6 mM ile 0.8 mM uygulama gruplarındaki artış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.11 ve Şekil 4.11).

Çizelge 4.11. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi (µg/g)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Karotenoid (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol	bc1.12±0.03a	bcd1.13±0.03a	a1.13±0.03a	b1.12±0.03a
0.3	b1.25±0.11a	a1.46±0.09 a	b0.91±0.04b	c0.93±0.03b
0.4	b1.24±0.02a	e0.88±0.02b	bc0.76±0.09b	d0.76±0.09b
0.6	c1.04±0.07ab	b1.20±0.01a	b0.92±0.08b	c0.96±0.06b
0.8	a1.43±0.01a	b1.28±0.05a	d0.53±0.07b	e0.53±0.06b
1.2	b1.24±0.03a	cde1.01±0.06b	a1.11±0.04ab	b1.17±0.03a
1.6	d0.70±0.03b	de0.98±0.06a	c0.72±0.04b	d0.75±0.04b
2.3	c1.03±0.05b	b1.20±0.07a	bc0.82±0.01c	cd0.84±0.02c
3.1	d0.82±0.05c	bc1.15±0.05b	a1.13±0.04b	a1.35±0.04a

n=3



Şekil 4.11. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi (µg/g)

4.12. Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* yapraklarında Karotenoid Değişimi

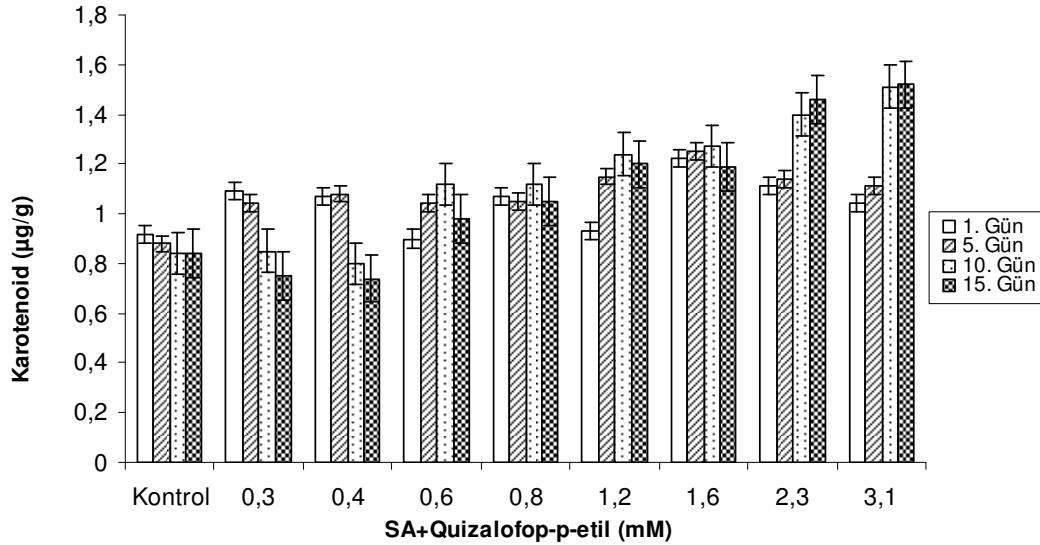
Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi incelendiğinde en düşük karotenoid miktarı 1. Günde kontrol grubunda, 0.6 mM ve 1.2 mM herbisit uygulanan gruplarda istatistiksel olarak yakın bulundu, diğer uygulama gruplarından daha düşük olduğu dikkat çekti ($p < 0.05$) (Çizelge 4.12 ve Şekil 4.12). En düşük karotenoid miktarının 5. günde kontrol grubunda, en yüksek karotenoid miktarının 1.6 mM herbisit uygulanan grupta olduğu bulundu. Karotenoid miktarının 2.3 mM ve 3.1 mM herbisit uygulanan gruplarda 5. güne kıyasla 10. ve 15. günde artış gösterdiği saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p < 0.05$) (Çizelge 4.12 ve Şekil 4.12).

Çizelge 4.12. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi ($\mu\text{g/g}$)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Karotenoid ($\mu\text{g/g}$)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol (SA)	c0.92 \pm 0.02a	c0.88 \pm 0.02ab	e0.84 \pm 0.01b	d0.84 \pm 0.01b
0.3	b1.09 \pm 0.01a	b1.04 \pm 0.03a	e0.85 \pm 0.02b	e0.75 \pm 0.01c
0.4	b1.07 \pm 0.02a	b1.08 \pm 0.06a	e0.80 \pm 0.05b	e0.74 \pm 0.02b
0.6	c0.90 \pm 0.01c	b1.04 \pm 0.03b	d1.12 \pm 0.02a	c0.98 \pm 0.03b
0.8	b1.07 \pm 0.04a	b1.05 \pm 0.01a	d1.12 \pm 0.03a	c1.05 \pm 0.02a
1.2	c0.93 \pm 0.01b	b1.15 \pm 0.04a	c1.24 \pm 0.02a	b1.20 \pm 0.03a
1.6	a1.21 \pm 0.02a	a1.25 \pm 0.03a	c1.27 \pm 0.06a	b1.19 \pm 0.02a
2.3	b1.11 \pm 0.04b	b1.14 \pm 0.02b	b1.40 \pm 0.02a	a1.46 \pm 0.06a
3.1	b1.04 \pm 0.03c	b1.11 \pm 0.02b	a1.51 \pm 0.02a	a1.52 \pm 0.02a

n=3



Şekil 4.12. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi ($\mu\text{g/g}$)

4.13. Çimlenme sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Toplam Klorofil Miktarı

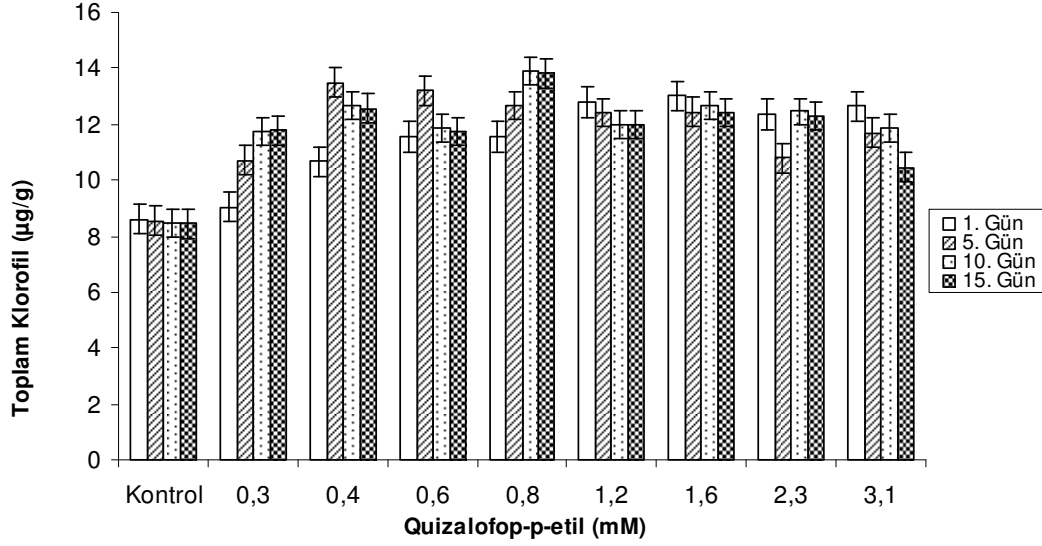
Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında toplam klorofil miktarlarının günlere bağlı değişimi incelendiğinde 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol gruplarında toplam klorofil miktarlarının uygulama yapılan gruplara göre daha düşük miktarda olduğu bulundu. En yüksek toplam klorofil miktarı 1. günde 1.6 mM uygulama yapılan grupta 13.01 µg/g olarak, 5. günde 0.4 mM uygulama yapılan grupta 13.49 µg/g, 10. günde 0.8 mM uygulama yapılan grupta 13.89 µg/g ve 15. günde 0.8 mM uygulama yapılan grupta 13.81 µg/g olarak saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.13 ve Şekil 4.13).

Çizelge 4.13. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi (µg/g)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Toplam Klorofil (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol	d8.61±0.16a	e8.54±0.14a	c8.47±0.11a	d8.44±0.09a
0.3	d9.04±0.13b	d10.71±0.39a	b11.74±0.68a	b11.77±0.57a
0.4	c10.66±0.19b	a13.49±0.07a	b12.68±0.39a	b12.57±0.36a
0.6	b11.54±0.59b	a13.21±0.05a	b11.86±0.02b	b11.73±0.02b
0.8	b11.56±0.08c	b12.67±0.23b	a13.89±0.29a	a13.81±0.27a
1.2	a12.78±0.10a	b12.42±0.23a	b11.96±0.04b	b11.97±0.05b
1.6	a13.01±0.09a	b12.44±0.12a	b12.64±0.23a	b12.43±0.24a
2.3	a12.35±0.21a	d10.79±0.06b	b12.45±0.14a	b12.30±0.10a
3.1	a12.64±0.13a	c11.69±0.03b	b11.85±0.04b	c10.47±0.15c

n=3



Şekil 4.13. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi (µg/g)

4.14. Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Toplam Klorofil Değişimi

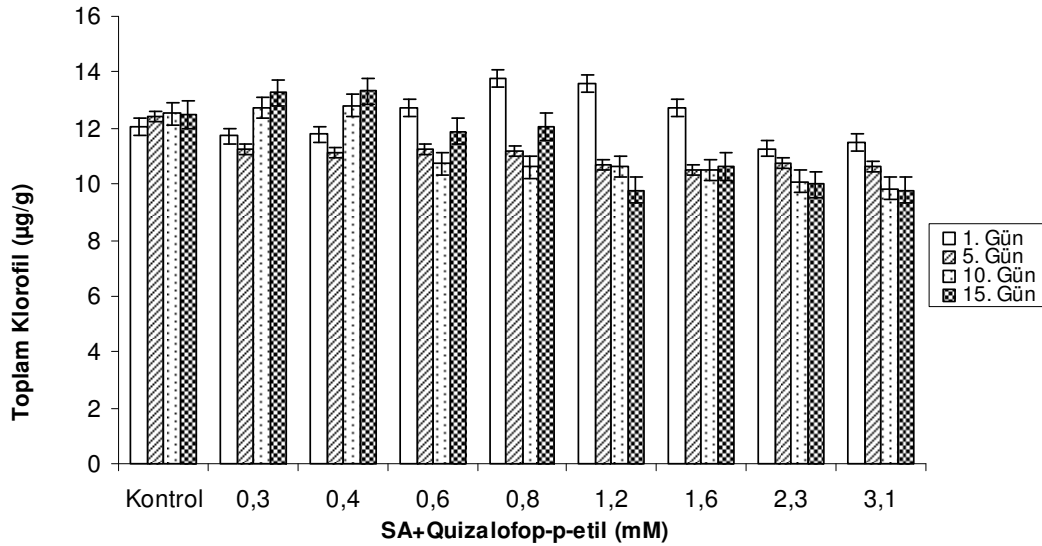
Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi incelendiğinde en düşük toplam klorofil miktarı 1. günde 2.3 mM uygulama yapılan grupta 11.27 µg/g, 5. günde 1.6 mM uygulama yapılan grupta 10.51 µg/g, 10. günde 3.1 mM uygulama yapılan grupta 9.84 µg/g ve 15. günde 1.2 mM ve 3.1 mM uygulama yapılan gruplarda 9.79 µg/g olarak belirlendi. En yüksek toplam klorofil miktarı 1. günde 0.8 mM uygulama yapılan grupta 13.80 µg/g, 5. günde kontrol grubunda 12.42 µg/g, 10. ve 15. günde 0,4 mM uygulama yapılan gruplarda sırasıyla 12.81 µg/g ve 13.32 µg/g olarak tespit edildi. Toplam klorofil miktarının 3.1 mM uygulama yapılan gruplarda günlere bağlı değişiminin istatistiksel olarak 1. günde en yüksek olduğu ve 15. günde en aza indiği görüldü. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p < 0.05$) (Çizelge 4.14 ve Şekil 4.14).

Çizelge 4.14. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi ($\mu\text{g/g}$)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Toplam Klorofil ($\mu\text{g/g}$)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol (SA)	c12.06 \pm 0.23a	a12.42 \pm 0.08a	b12.51 \pm 0.08a	b12.47 \pm 0.10a
0.3	cd11.71 \pm 0.02c	b11.23 \pm 0.06d	ab12.73 \pm 0.11b	a13.26 \pm 0.07a
0.4	cd11.77 \pm 0.06c	b11.10 \pm 0.14d	a12.81 \pm 0.04b	a13.32 \pm 0.21a
0.6	b12.70 \pm 0.03a	b11.23 \pm 0.06c	c10.73 \pm 0.14d	c11.88 \pm 0.20b
0.8	a13.80 \pm 0.08a	b11.17 \pm 0.04c	c10.61 \pm 0.06d	c12.04 \pm 0.09b
1.2	a13.59 \pm 0.05a	cd10.71 \pm 0.08b	c10.63 \pm 0.08b	e9.79 \pm 0.08c
1.6	b12.72 \pm 0.03a	d10.51 \pm 0.05b	c10.50 \pm 0.14b	d10.61 \pm 0.06b
2.3	e11.27 \pm 0.21a	c10.75 \pm 0.05b	d10.09 \pm 0.05c	e9.98 \pm 0.11c
3.1	de11.47 \pm 0.03a	cd10.61 \pm 0.02b	d9.84 \pm 0.06c	e9.79 \pm 0.05c

n=3



Şekil 4.14. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi ($\mu\text{g/g}$)

4.15. Çimlenme sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Toplam Fenolik Madde Miktarı Değişimi

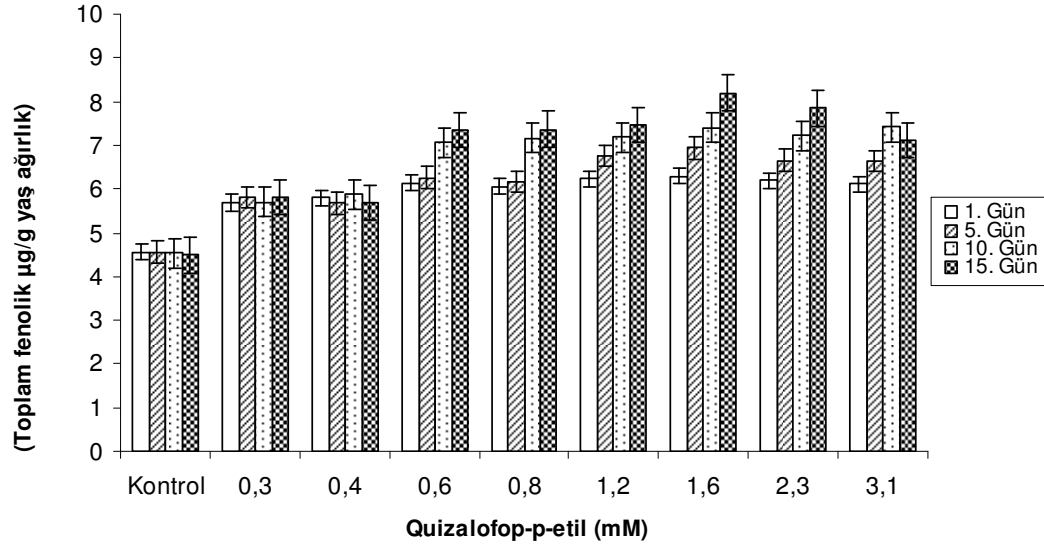
Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı toplam fenolik madde miktarı değişimi incelendiğinde 1. günde en düşük toplam fenolik miktarı kontrol grubunda 4.56 µg/g yaş ağırlık, en yüksek fenolik madde miktarı 6.29 µg/g yaş ağırlık olarak 1.6 mM uygulama yapılan gruplarda belirlendi. Toplam fenolik madde miktarının 0.6-3.1 mM uygulama yapılan gruplarda günlere bağlı olarak arttığı görüldü. Uygulama yapılan tüm konsantrasyonlarda 1., 5, 10. ve 15. günlerde en düşük toplam fenolik miktarlarının kontrol gruplarında olduğu saptandı (Çizelge 4.15 ve Şekil 4.15).

Çizelge 4.15. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı toplam fenolik miktarlarının değişimi (µg/g yaş ağırlık)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Toplam Fenolik Madde Miktarı (µg/g yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol	g4.56±0.05a	g4.56±0.04a	f4.54±0.02a	f4.49±0.04a
0.3	f5.69±0.02b	e5.80±0.01a	e5.71±0.04b	e5.82±0.04a
0.4	e5.80±0.04a	f5.68±0.01b	d5.88±0.01a	e5.70±0.04b
0.6	c6.14±0.02d	d6.26±0.07c	c7.06±0.01b	c7.35±0.03a
0.8	d6.05±0.01d	d6.17±0.01c	b7.16±0.01b	c7.37±0.02a
1.2	ab6.24±0.02d	b6.75±0.01c	b7.19±0.04b	c7.46±0.09a
1.6	a6.29±0.01d	a6.94±0.03c	a7.41±0.02b	a8.20±0.07a
2.3	bc6.19±0.03d	c6.66±0.01c	b7.22±0.01b	b7.85±0.07a
3.1	cd6.12±0.01d	c6.64±0.01c	a7.42±0.01a	d7.12±0.02b

n=3



Şekil 4.15. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı toplam fenolik miktarlarının değişimi ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

4.16. Çimlenme Öncesi SA ve Çimlenme Sonrası Quizalofop-p-etil Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Toplam Fenolik Madde Miktarı Değişimi

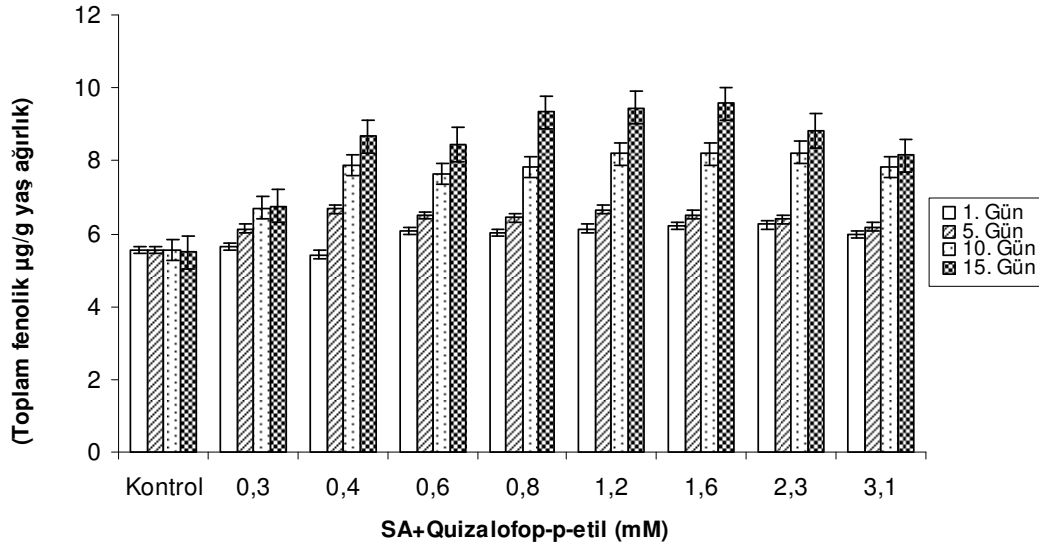
Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı toplam fenolik madde miktarı değişimi incelendiğinde 1. günde en yüksek fenolik miktarı 2.3 mM uygulama yapılan grupta $6.24 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık, 5. günde 0.4 mM uygulama yapılan grupta $6.68 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık, 10. günde 2.3 mM uygulama yapılan grupta $8.22 \mu\text{g/g}$ yaş ağırlık ve 15. günde 1.6 mM uygulama yapılan grupta 9.57 olarak bulundu. Toplam fenolik madde miktarı kontrol grubu hariç günlere bağlı olarak artış gösterdi.

Çizelge 4.16. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı toplam fenolik madde miktarlarının değişimi ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sol kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sağ kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. Her aşama (1., 5., 10. ve 15. günler) kendi içerisinde karşılaştırılmıştır (Duncan Karşılaştırma Testi).

Quizalofop-p-etil Konsantrasyonu (mM)	Toplam Fenolik Madde Miktarı ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) Kontrol (SA)	f5.56 \pm 0.02a	e5.55 \pm 0.04a	e5.54 \pm 0.02a	h5.49 \pm 0.04a
0.3	e5.65 \pm 0.01c	d6.13 \pm 0.03b	d6.71 \pm 0.02a	g6.74 \pm 0.02a
0.4	g5.43 \pm 0.03d	a6.68 \pm 0.01c	b7.88 \pm 0.01b	d8.67 \pm 0.06a
0.6	c6.07 \pm 0.02d	b6.50 \pm 0.01c	c7.63 \pm 0.04b	e8.44 \pm 0.06a
0.8	c6.03 \pm 0.01d	bc6.43 \pm 0.05c	b7.83 \pm 0.04b	b9.34 \pm 0.05a
1.2	b6.14 \pm 0.02d	a6.65 \pm 0.01c	a8.19 \pm 0.04b	ab9.45 \pm 0.03a
1.6	a6.22 \pm 0.06d	b6.52 \pm 0.02c	a8.19 \pm 0.03b	a9.57 \pm 0.03a
2.3	a6.24 \pm 0.02d	c6.39 \pm 0.04c	a8.22 \pm 0.01b	c8.82 \pm 0.03a
3.1	d5.96 \pm 0.03d	d6.17 \pm 0.03c	b7.83 \pm 0.02b	f8.15 \pm 0.01a

n=3



Şekil 4.16. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günlere bağlı toplam fenolik madde miktarlarının değişimi ($\mu\text{g/g}$ yaş ağırlık)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Zirai mücadelede kullanılan ilaçlar, sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan ağır metal içerikli atıklar, radyoaktif atıklar, deniz taşımacılığı, gemi kazaları başlıca kimyasal kirlilik kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır. Fiziksel ve biyolojik kirlenmeye nazaran kimyasal kirlenme daha tehlikelidir. Çünkü, kimyasal kirlenmeye neden olan bir çok faktör ekosistemlerde besin zincirinin en alt halkasındaki canlının bünyesine girdikten sonra besin zincirinde bulunan diğer canlılara birikerek taşınabilmektedir. Örneğin; zirai mücadele ilaçlarının (insektisitler, fungusitler, bakterisitler vb.) kullanıldığı bölgedeki pestisit kalıntıları bu ortamda otlarla beslenen hayvanlar ile insana kadar ulaşmaktadır [165]. Pestisitlerin püskürtülerek uygulanması sırasında bir kısmı evaporasyon ve dağılma nedeniyle kaybolurken, diğer kısmı bitki üzerinde ve toprak yüzeyinde kalmaktadır. Havaya karışan pestisit rüzgarlarla 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 [166, 167].

Bitki hücreleri yaralandıkları veya birtakım düşük moleküler ağırlıklı elisitörlere maruz bırakıldıklarında bu hücreler bir savunma tepkisi oluşturarak hücre çeperinde yüksek konsantrasyonlarda hidrojen peroksit, süperoksit radikalleri ve diğer aktif oksijen türlerini üretirler. Bu oksidatif patlama istilacı patojenlere karşı gösterilen savunma tepkisinin bir parçası gibi görülmektedir. Aktif oksijen türleri doğrudan patojenik organizmalara saldırabilir ve hücre çeperinin fenolik bileşenlerinin hızlı bir şekilde çapraz bağlanmalarına yol açarak patojenik organizmanın daha sonraki istilasını dolaylı olarak engelleyebilir [104].

Eksojen SA uygulaması bitki büyüme ve üretkenliğini artırmaktadır. SA'nın süs bitkilerinin çiçeklenmesini artıran önemli bir fitohormon olduğu da belirtilmektedir. Eksojen SA uygulaması bitkilerde SKD'yi artırır bu yüzden çeşitli biyotik streslere karşı dikkate değer bir koruma sağlar. Ayrıca patojen atakları ve enfeksiyonlara karşı koruma sağlar ve bitkilerde çeşitli abiyotik streslere karşı toleransı artırır. SA çeşitli abiyotik streslere maruz kalmasından dolayı meydana gelen toksik etkileri yavaşlatır (ağır metaller, sıcaklık, ozon ve tuz stresi gibi). SA'nın düşük konsantrasyonlarda eksojen uygulamasının fotosentez, büyüme ve diğer fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerinde faydalı olduğu ifade edilmektedir. Ancak yüksek konsantrasyonlarda SA bitkilerde yüksek düzeyde strese sebep olabilir. Eksojen SA uygulaması antioksidan enzim sisteminin aktivitesi artırır [69].

Yapılan birçok araştırmada, bitkilerde antioksidan sistem ve pigment sistemi üzerine etkileriyle ilgili herbisitlerin fitotoksik etkileri saptanmıştır. Örneğin, mısır bitkisinde paraquatın fitotoksik etkisine karşı benziladenin'in fotosentetik sistem ve antioksidan sistem üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, benziladenin uygulanmasının paraquat toksisitesini azalttığı ve benziladenin uygulanan bitkilerde oksidatif strese karşı daha iyi tolerans gösterdiği belirtilmektedir [168]. *Cucumis sativus* ve *Rehmannia glutinosa*'da paraquat toleransının araştırıldığı başka bir çalışmada da paraquatın lipid peroksidasyonunu ve klorofil sentezini baskıladığı gözlenmiştir [169]. Algerle yapılan bir araştırmada, *Lemna minor*'un (su mercimeği) flumioksazin herbisitine maruz kalmasından 24 saat sonra APX enzimin 6. saatten itibaren artış gösterdiği gözlenmiştir [170]. Guo vd. (2006) *Citrus unshiu* Marc. ve *Citrus sinensis* Osbeck. bitkilerine yüksek sıcaklık (38°C) uyguladıklarında APX aktivitesinde artış saptamışlardır. Aynı araştırmada yüksek sıcaklık stresi yapraklardaki klorofil konsantrasyonlarında azalış oluşturmuştur [171]. İki klorlanmış alifatik bileşiklerden 2,2-dichloropropionic acid ve trichloroacetic acid yaygın olarak kullanılan herbisitlerdendir [172, 173]. Daha çok geniş yapraklı bitkiler üzerinde etkili olmakla birlikte dar yapraklı otlar üzerinde de etkili olan herbisitlerdir. Bu da herbisitlerin fitotoksitesinin geniş bir grup üzerinde etkili olduğunu göstermektedir [174].

Dünya genelinde, toprak ve suların kirleticiler tarafından kontaminasyonu hem insan sağlığı hem de tarım için önemli bir problem olarak ortaya çıkmaktadır. Glufosinat seçici olmayan bir herbisit olup fotosenteze de zararlı yönde etki etmektedir. Suda yüksek çözünürlüğe sahip olan glufosinatın glutamin sentazı inhibe ederek amonyum asimilasyonunu bloke ettiği belirtilmektedir [175].

Önemli kültür bitkilerimizden ayçiçeği bitkisinin üretiminin yapıldığı tarlalarda ışlah amacı ile foliar olarak kullanılan quizalofop-p-etil herbisidinin toprakta 60 günlük bir yarılanma ömrünün olduğu bilinmektedir [112]. Fenoksi herbisid grubundan olan quizalofop-p-etil herbisidi ile ilgili literatür değerlendirmelerimizde, bitkilerde toksik ve sitotoksik etkileri ile ilgili *Allium cepa* L.'da kök büyümesi, mitotik indeks, anafaz-telofaz kromozom aberasyonları ve mikronukleus oluşumu üzerine etkilerinin değerlendirildiği bir araştırmada sitotoksik etkiler rapor edilmiştir [176]. Ayrıca başka bir araştırmada, *Vigna angularis*'te araziye uygulama koşulunda bu herbisitinin uygulanmasından 7, 14 ve 28 gün sonrasındaki ürün kayıpları değerlendirilmiş,

%1.5-2.5 oranında hasara neden olduğu saptanmıştır [28]. Bu herbisidin, antioksidan sistem ve pigment sistemindeki etkileri ile ilgili bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

ROT tarafından oluşturulan hasara karşı antioksidan sistemler etkili olarak cevap verir. Genel olarak fotosentetik organizmalarda antioksidan sistemler enzimatik ve enzimatik olmayan iki koruma mekanizmasından oluşur. Enzimatik mekanizma, PR, APX, SOD, CAT, glutatyon peroksidaz, glutatyon-s-transferaz ve glutatyon redüktaz gibi enzimlerden oluşurken, enzimatik olmayan mekanizma glutatyon, α -tokoferol ve karotenoidler gibi içsel antioksidanlardan oluşmaktadır [177].

Karotenoidler fotodinamik (ışık tarafından canlılarda meydana getirilen arızalar) hasara karşı canlı organizmaları korur, biyotik ve abiyotik stres koşullarında da önemli bir antioksidan olarak görev alır. Aksesuar pigment olarak da adlandırılan bu pigmentlerin iki önemli görevi vardır. Birincisi, klorofilin ışık absorpsiyonu yapmadığı dalga boylarında ışık absorpsiyonu yapmak. İkincisi güneş ışığı altında klorofil moleküllerini oksijenin zararlı etkilerinden korumaktır [101].

Kimyasal çeşitliliklerine uyacak şekilde, fenolikler bitkilerde çok farklı roller üstlenirler [104]. Bitkilerde, flavonoidler çiçek ve bitki verimliliği ve çoğalmada, avcı ve patojen saldırıları gibi biyotik stresler veya UV ışığı gibi abiyotik streslere karşı çeşitli savunma reaksiyonlarında önemli rol oynar [105-107].

Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uyguladığımız *H. annuus* bitkilerinde PR aktivitesi 0.4-3.1 mM uygulama yapılan gruplarda günlere bağlı olarak artış gösterdi. En düşük PR aktivitesinin kontrol gruplarında olduğu belirlendi (Çizelge 4.1, Şekil 4.1). Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* bitkilerinde PR aktivitesi değerlendirildiğinde 0.3-1.6 mM uygulama yapılan gruplarda günlere bağlı olarak artış saptandı (Çizelge 4.2, Şekil 4.2). SA uygulamasının PR aktivitesini uygulama yapılmayan gruplara göre genel olarak daha fazla uyardığı belirlendi. Basantani vd. tarafından 2011 yılında yapılan bir çalışmada, *Vigna radiata* L.'a glifosat uygulaması sonrasında buğday, tütün ve diğer bitki türlerinde herbisit maruziyetinden sonra PR artışı belirlenmiştir. CAT, PR aktivitesinin glifosat uygulamasından sonra arttığı bulunmuştur ve bu artış *V. radiata*'nın iki varyatesinde farklıdır [178]. Gülen ve Eriş tarafından 2004 yılında çilek bitkisinde farklı bir stres faktörü olarak sıcaklığın uygulandığı bir araştırmada da toplam protein içeriği ve peroksidaz aktivitesi üzerine sıcaklık stresinin etkisine bağlı olarak toplam protein içeriğinin azaldığı ve PR aktivitesinin arttığı belirlenmiştir [179]. Bu araştırma sonuçları bulgularımızla paralellik göstermektedir.

Xu vd. (2008) sarımsak (*Allium sativum* L.) fidelerine 10^{-5} ve 10^{-3} M konsantrasyonlarında uygulanan Cd^{2+} 'un büyüme üzerine etkisi ile ilgili yaptıkları bir araştırmada, yapraklardaki PR aktivitesinin Cd^{2+} uygulamasından 3 gün sonra artış gösterirken farklı Cd^{2+} konsantrasyonlarında değişkenlik gösterdiğini saptamışlardır. 10^{-5} M Cd^{2+} uygulanan gruplarda PR aktivitesi kontrolde 3. ve 12. günlerde kontrolden daha yüksek iken 6. ve 9. günlerde kontrolden düşük çıkmıştır. 10^{-4} M Cd^{2+} uygulanan gruplardaki PR aktivitesi de 6. günde kontrolden düşük bulunmuştur [180].

Peroksidazların hücre membran zararının geri dönüşümü ve lignifikasyonla ilişkili olabileceği belirtilmiştir. PR isomerleri, bitkilerde büyüme gelişim ve farklılaşma için gereken çeşitli sekonder metabolitlerin biyosentezini başlatmak için H_2O_2 ve fenolik bileşenleri kullanır [181].

Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* bitkilerinde askorbat peroksidaz aktivitesi değerlendirildiğinde 1. ve 5. günlerde 0.3-3.1 mM aralığında artış görülürken 10. ve 15. günlerde 1.2-3.1 mM uygulama gruplarında azalış belirlendi (Çizelge 4.3, Şekil 4.3). Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* bitkilerinde APX aktivitesi değerlendirildiğinde en düşük APX aktivitesi kontrol gruplarında saptandı. Günlere bağlı olarak APX aktivitesi 0.6 mM, 0.8 mM, 1.6 mM, 2.3 mM uygulama gruplarında 1., 5., 10. ve 15. günlerde artış gösterirken, 0.4 mM, 1.2 mM ve 3.1 mM uygulama yapılan gruplarda 1., 5. ve 10. günde artış gösterirken 15. günde azalış olduğu belirlendi (Çizelge 4.4, Şekil 4.4). SA uygulamasının APX aktivitesini uygulama yapılmayan gruplara göre genel olarak daha fazla uyardığı saptandı. Domates [182], pirinç [183] ve buğday [184] bitkilerinde dışsal SA uygulamasını takiben farklı stres koşullarında PR ve APX aktivitelerinde artış saptanmıştır. Bu sonuçlar bulgularımızla benzerlik göstermektedir.

Sunohara ve Matsumoto tarafından 2004 yılında yapılan bir çalışmada pirinç, *Zea mays* L. cv. Honey Bantam, *E. oryziicola*, *E. crus-galli* Beauv. var. *crus-galli*, ve *E. crus-galli* var. *formosensis* Ohwi'ye, quinclorac uygulaması sonrasında köklerde membran lipid peroksidasyonunda değişim belirlenmiştir. 24 saat boyunca devamlı ışık altında olan *E. oryziicola* köklerinde TBARS oluşumu quinclorac uygulamasıyla ışıkta artmıştır fakat bu artış karanlıkta görülmemiştir ($p < 0.05$). Quinclorac mısır, *E. crus-galli* var. *crus-galli*, *E. crus-galli* var. *formosensis* ve *E. oryziicola* yapraklarında toplam klorofil içeriğini azalttığı saptanmıştır. APX, *E. oryziicola*'da devamlı ışık altında quinclorac uygulamasından sonra 24 saat uyarılmasına karşın karanlıkta bu meydana gelmemiştir ($p < 0.05$) [185].

Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* bitkilerinde askorbat peroksidaz aktivitesi değerlendirildiğinde 1. ve 5. günlerde 0.3-3.1 mM aralığında artış görülürken 10. ve 15. günlerde 1.2-3.1 mM uygulama gruplarında azalış belirlendi (Çizelge 4.3, Şekil 4.3). Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* bitkilerinde APX aktivitesi değerlendirildiğinde en düşük APX aktivitesi kontrol gruplarında saptandı. Günlere bağlı olarak APX aktivitesi 0.6 mM, 0.8 mM, 1.6 mM, 2.3 mM uygulama gruplarında 1., 5. 10. ve 15. günlerde artış gösterirken, 0.4 mM, 1.2 mM ve 3.1 mM uygulama yapılan gruplarda 1., 5. ve 10. günde artış gösterirken 15. günde azalış olduğu belirlendi (Çizelge 4.4, Şekil 4.4). Cd toksisitesi ile ilgili yapılan bir araştırmada ise Cd uygulanan bitkilerde APX aktivitesi azalmış fakat SOD aktivitesinin iki kattan fazla arttığı rapor edilmiştir. SA ile ön muamele APX ve SOD aktivitesinin her ikisinde de artmaya neden olmuştur [135]. Bu sonuçlar strese karşı SA'nın bitkilerde SKD'yi artırdığını göstermektedir. Bizim araştırmamızda da benzer şekilde SA'nın APX aktivitesi üzerindeki etkisi ile SKD'yi arttırdığı desteklenmiştir (Çizelge 4.3, Çizelge 4.4).

Askorbat en önemli antioksidanlardan biridir ve doğrudan hidroksil radikalleri, süperoksit ve singlet oksijen ile reaksiyona girmektedir. Fotosentezin düzenlenmesinde, ışığa karşı korumada önemli olmasının yanısıra strese karşı prostetik grup olarak metal iyonu bulunduran enzimlerin aktivitelerinin korunmasında da önemli bir role sahiptir. Askorbat peroksidaz enzimi H₂O₂'nin temizlenmesinde görev almaktadır [91-93].

Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* bitkilerinde MDA değişimi değerlendirildiğinde 0.3-1.2 mM uygulama yapılan gruplarda 1., 5., 10. ve 15. günlerde artış saptanırken, 1.6-2.3 mM uygulama yapılan gruplarda ise 1., 5. ve 10. günlerde artış görülürken 15. günde azalma bulundu (Çizelge 4.5, Şekil 4.5). Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* bitkilerinde MDA değişimi değerlendirildiğinde 0.3-1.2 mM uygulama yapılan gruplarda 1., 5., 10., ve 15. günlerde artış görüldü. MDA değişimi 1.6 mM-3.1 mM uygulama yapılan gruplarda 1., 5., ve 10. günde artarken 15. günde azalış gösterdi. MDA değişiminin SA uygulanan gruplarda uygulama yapılmayan gruplardan genel olarak 5., 10. ve 15. günlerde daha yüksek iken 1. günde daha düşük olduğu belirlendi (Çizelge 4.6, Şekil 4.6). Hou vd. (2007) yaptıkları bir araştırmada su mercimeği (*Lemna minor*) yapraklarında Cu²⁺ ve Cd²⁺ için 10 mg L⁻¹'den itibaren peroksidaz aktivitesi değerlendirildiğinde azalış saptanmıştır. MDA miktarlarının Cu²⁺ ve Cd²⁺ uygulanan gruplarda artan konsantrasyonlarla birlikte artış gösterdiği saptanmıştır [186].

Kaya (2007) tarafından yapılan bir araştırmada RB5 (reaktif siyah 5) ve RFC (reaktif fitalosiyenin) boyalarının kullanıldığı *Phaseolus vulgaris*'de MDA içeriği ve peroksidaz aktivitesi arasında bir korelasyon olduğunu göstermiştir. RB5 uygulanan bitki gruplarında MDA içeriği genel olarak kontrole kıyasla daha yüksek çıkmıştır. Bu durum RB5'in lipid peroksidasyonunu artırdığını göstermektedir. Buna bağlı olarak da RB5 uygulanan gruplarda kontrole kıyasla peroksidaz aktivitesinin de arttığı saptanmıştır. RFC uygulanan gruplarda ise genel olarak RFC'ye maruz kalan bitki gruplarında kontrole kıyasla MDA içeriğinde bir azalma olduğu belirtilmektedir. Bu durum RFC uygulamasının lipid peroksidasyonunu azalttığını göstermektedir. Azalan lipid peroksidasyonuna bağlı olarak peroksidaz aktivitesi de azalmıştır [187]. Pirinçte SA n uygulamasına karşı Cd toksisitesinin değerlendirildiği bir araştırmada lipid peroksidasyonunun son ürünü olan MDA konsantrasyonunda azalış saptanmıştır [188].

Genel olarak bu sonuçları değerlendirdiğimizde, SA uygulanmayan grupta 1., 5. ve 10. günlerdeki MDA içeriğindeki artışın artan stres koşuluna karşı bitkide önemli bir cevap olarak görülmüştür. MDA içeriğinde 15. gündeki azalış ise yine kontrolden yüksek olarak dikkat çekmektedir. Strese toleransın artırılmasında SA uygulanan gruplardaki etkisi, özellikle 15.günde MDA içeriğindeki değerimler değerlendirildiğinde diğer gruplara göre daha yüksek çıkması SA'nın SKD zerindeki etkisini gösteren önemli sonularımızdandır (izelge 4.5 ve izelge 4.6).

Oksidatif stres peroksidasyon ile membran lipidlerini bozan radikal zincir reaksiyonlarla oluşur. Çoklu doymamış yağ asitleri özellikle ROT tarafından saldırıya uğrar. Lipid peroksidasyonu oksidatif stresi ölçmek için duyarlıdır. Lipid peroksidasyonundaki artış ağır metallere maruz bırakılan havuç, turp, *Medicago sativa* ve kolza tohumunda rapor edilmiştir [189]. Bazı durumlarda oksidatif strese karşı korumadaki azalış lipid peroksidasyonunda ve serbest radikal oluşumunda değerimlere neden olmaktadır. Malondialdehit membran lipidlerinin oksidize ürünleridir ve bitkiler oksidatif strese maruz kaldığında birikirler. Bu nedenle MDA konsantrasyonu lipid peroksidasyonunun genel indikatörü olarak göz önünde tutulur [190-192].

Aktif oksijen türü olarak da bilinen ROT; lipid, protein ve DNA'yı içeren biyomakromolekllerin hasarına öncülük edebilir ve bu hasar hüresel seviyede bitkinin canlılığını tehdit edicidir. Bununla birlikte ROT aynı zamanda fiziksel şartlar ya da stres şartları altındaki biyolojik sistemlerdeki sinyal yollarında yer alan haber molekülleri olarak da rol oynar [193].

Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* bitkilerinde pigment içeriği değerlendirildiğinde Kl a miktarı 0.4-0.8 mM uygulama yapılan gruplarda 1. ve 5. günde artış gösterirken 10. ve 15. günde azalış gösterdi. 1.6 mM ve 2,3 mM uygulanan gruplarda 15. günde azalış bulundu (Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7). Kl b miktarları değerlendirildiğinde 1.2 mM, 1.6 mM ve 3.1 mM uygulama yapılan gruplarda 1. güne kıyasla 15. günde azalış saptandı (Çizelge 4.9 ve Şekil 4.9). Karotenoid verileri değerlendirildiğinde en yüksek karotenoid miktarı 1. günde 0.8 mM uygulama yapılan gruplarda 1.43 µg/g, 5. günde 0.3 mM uygulama yapılan gruplarda 1.46 µg/g, 10. günde kontrol ve 3.1 mM uygulama yapılan gruplarda 1.13 µg/g ve 15. günde 3.1 mM uygulama yapılan gruplarda 1,35 µg/g olarak saptandı (Çizelge 4.11 ve Şekil 4.11). Toplam klorofil miktarı en düşük kontrol grubunda belirlendi (Çizelge 4.13. ve Şekil 4.13).

Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* bitkilerinde Kl a miktarı 1. günde en düşük 0.4 mM uygulama yapılan grupta 6.10 µg/g iken 15. günde 1.2 mM uygulama yapılan gruplarda 6.01 µg/g olarak belirlendi. (Çizelge 4.8 ve Şekil 4.8), Kl b miktarı değerlendirildiğinde günlere bağlı günlere bağlı değişkenlik gösterdiği saptandı. Kl b miktarı 0.6-3.1 mM uygulama yapılan gruplarda 1. günde 4.67-6.24 µg/g iken 15. günde 3.18-5.32 µg/g olarak belirlendi (Çizelge 4.10, Şekil 4.10). SA uygulanan gruptaki örneklerde karotenoid içeriğindeki artışlar SA' nın antioksidan sistem üzerinde etkili bir role sahip olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.12 ve Şekil 4.12). SA uygulanan gruplarda en düşük toplam klorofil miktarı 15. günde 1.2 mM ve 3.1 mM uygulama yapılan gruplarda 9.79 µg/g olarak belirlendi (Çizelge 4.14 ve Şekil 4.14). Birçok araştırmada, çevresel kirleticiler ve kuraklıkla ilgili stres faktörlerine karşı bitkilerde verilen cevaplarda, fotosentetik sistem dolayısıyla da pigment sisteminin önemli ölçüde etkilendiğine dair bulgular dikkat çekmektedir.

Yan vd. (1997) *Anabaena sphaerica* bitkilerinde farklı ışık şartları altında molinat herbisitinin pigment değişimlerini araştırmışlardır. *A. sphaerica*'nın 3000 lux'de yetiştirildiği gruplarda 5 µg/mL⁻¹ molinat uygulamasını takiben Kl a miktarlarının gün artışıyla birlikte azaldığı saptanmıştır. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında 3. ve 6. günde 5 µg/mL⁻¹ molinat uygulanan gruplarda Kl a miktarları kontrolden daha yüksek iken 9. günde Kl a miktarı kontrolden daha düşük saptanmıştır. Benzer şekilde 300 lux'de yetiştirilen bitkilerde 5 µg/mL⁻¹, 25 µg/mL⁻¹ ve 50 µg/mL⁻¹ molinat uygulamasını takiben Kl a miktarlarının en fazla 6. günde olduğu

saptanmıştır. Kl a miktarlarının uygulama yapılan gruplarda 3. ve 6. günde kontrolden daha yüksek olduğu 9. günde $5 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ ve $25 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ molinat uygulanan gruplarda kontrole kıyasla azaldığı, $50 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ uygulanan gruplarda ise artışa neden olduğu gözlenmiştir [194]. Bu sonuçlar, bulgularımızda gözlenen azalış ve artışlarla paralellik göstermektedir.

Ekmekçi ve Terzioğlu (2005) tarafından yapılan bir çalışmada paraquatın yabani ve kültür buğdaylarında oksidatif stres üzerine etkileri araştırılmıştır. Paraquatın yüksek konsantrasyonlarında klorofil (a+b) ve karotenoid içeriğinde azalışa neden olduğu rapor edilmiştir [195]. Ralph (2000) tarafından yapılan bir çalışmada *Halophila ovalis* yapraklarına $10 \mu\text{g L}^{-1}$, $100 \mu\text{g L}^{-1}$ ve 1 mg L^{-1} konsantrasyonlarında atrazin, simazin, ve glifosat uygulamasından 5 saat sonra pigment değişimleri incelenmiştir. Atrazin uygulanan gruplarda artan konsantrasyonlara bağlı olarak Kl a ve Kl b miktarlarının azalış ve artış gösterdiği bulunmuştur. Kl a miktarlarının 1 mg L^{-1} atrazin uygulanan gruplar dışında kontrolden düşük olduğu saptanmıştır. Kl b miktarlarının ise atrazin uygulanan tüm gruplarda kontrolden düşük olduğu belirlenmiştir. Karotenoid miktarlarının da artan atrazin konsantrasyonlarına göre azalış ve artış gösterdiği belirtilmiştir. Atrazin uygulanan gruplardaki karotenoid miktarlarının ise kontrolden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Simazin uygulaması sonrasında en yüksek Kl a miktarı $10 \mu\text{g L}^{-1}$ uygulanan gruplarda bulunmuştur. Diğer gruplardaki Kl a miktarları kontrolden daha düşük saptanmıştır. Aynı zamanda Kl b miktarları da kontrolden daha düşük bulunmuştur. Artan simazin konsantrasyonuna paralel olarak Kl b miktarları da azalmıştır. Karotenoid miktarları kontrole kıyasla daha yüksek bulunmuştur. DCMU uygulanan gruplarda en yüksek Kl a miktarı 1 mg L^{-1} uygulanan gruplarda saptanmıştır. Diğer gruplardaki Kl a ve Kl b miktarları kontrolden daha düşük belirlenmiştir. Artan DCMU konsantrasyonuna paralel olarak Kl b miktarlarının arttığı belirtilmektedir. Karotenoid miktarları ise artan DCMU konsantrasyonuna paralel olarak kontrole kıyasla artış göstermiştir. Glifosat uygulaması sonrasında Kl a ve Kl b miktarları kontrole kıyasla daha düşük bulunmuştur [196]. Herbisit stresine maruz kalan bitkilerde gözlenen bu cevaplarda araştırmamızla paralel sonuçlar göstermektedir.

Kana vd. (2004) çimlenme öncesi uygulanan klomazon herbisitinin arpa (*Hordeum vulgare L.*) yapraklarında fotosentez üzerine etkilerini araştırmışlardır. Artan klomazon konsantrasyonlarının klorofil (a+b) ve karotenoid seviyelerinde azalmaya neden olduğu saptanmıştır [197]. Mesotrion herbisitinin uygulandığı *Z. mays* bitkisinde yapılan bir araştırmada da Kl a, Kl b ve toplam klorofil miktarlarının 5., 10. ve 15. gün

örneklerinde genel olarak düşüş gösterirken, karotenoid miktarlarının artış gösterdiği belirtilmiştir [198].

Jaleel vd. (2008)'nin yaptıkları bir araştırmada tuz stresi uygulanan *Withania somnifera* Dunal bitkilerinde triadimefon uygulaması sonrasında 40 mM NaCl uygulanan gruplardaki Kl a, Kl b ve toplam klorofil miktarlarının kontrole göre azaldığı, 40 mM NaCl ve 5 mg L⁻¹ triadimefon uygulamasının kontrole kıyasla artışa neden olduğu saptanmıştır [199]. Hou vd. (2007) 0,05 mg L⁻¹ Cu²⁺ çözeltisiyle muamele edilen su mercimeği (*Lemna minor*) yapraklarında Kl a ve Kl b miktarlarında çok az bir artış olduğunu gözlemişlerdir. Cu²⁺ 5 mg L⁻¹ uygulandığında ise Kl a'da ve Kl b'de azalış belirlenmiştir. Cd²⁺'un 0.05 mg L⁻¹, 0.5 mg L⁻¹, 5 mg L⁻¹, 10 mg L⁻¹ ve 20 mg L⁻¹ uygulaması sonrasında artan Cd²⁺ konsantrasyonu ile birlikte Kl a ve Kl b miktarlarında azalış saptanmıştır. Cu²⁺ ve Cd²⁺ uygulanan *Lemna* yapraklarındaki Kl a miktarlarının Kl b miktarlarından daha yüksek olduğu rapor edilmiştir [186]. Farklı stres koşullarında ara konsantrasyonlarda farklı günlerde Kl a ve Kl b değerlerinde değişimler bizim bulgularımızda da gözlenmiştir. Flumioxazin (fmx) herbisitinin artan konsantrasyonlarda uygulandığı *Vitis vinifera*'da karotenoid miktarlarının 7. ve 14. günde artış ve 21. günde ise azalış göstermesi bulgularımızla paralellik göstermektedir [200]. Candan ve Tarhan (2003) *Mentha pulegium* yapraklarında Mg²⁺ eksikliğinde 3. ve 17. gün aralığında 6. yaprakta klorofil ve karotenoid içeriğinin azaldığını saptamışlardır [201].

Candan ve Tarhan tarafından (2003) antioksidan savunma mekanizması ve lipid peroksidasyonundaki değişiklikler *Mentha pulegium* L.'da Mg²⁺ yokluğunda ve aşırılığında 14. günde çalışılmıştır. SOD, CAT, APX ve PR her iki stres koşulunda da 6. pozisyondaki yaprakta artmıştır. Lipid peroksidasyonu seviyeleri Mg²⁺ varlığında en yüksek saptanmıştır. Antioksidan enzim aktiviteleri, klorofil-karotenoid içeriği ve lipid peroksidasyon seviyeleri Mg²⁺ eksikliğinde de değişiklik göstermiştir. Mg²⁺ eksikliğinde 3. ve 17. gün aralığında 6. yaprakta klorofil ve karotenoid içeriğinde düşük seviyelere neden olmuştur. Mg²⁺ eksikliğinde 17. gün sonrasında lipid peroksidasyonu seviyesinde önemli artış bulunurken antioksidan enzim aktiviteleri ve klorofil ve karotenoid içeriğinde azalış saptanmıştır [201]. Bu araştırmanın sonuçları PR, APX, MDA ve pigment içeriğinde gözlenen sonuçlarımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.1-4.14).

Elkahoui vd. (2005)'nin yaptığı bir çalışmada tuzluluğun *Catharanthus roseus* süspansiyon kültürlerinde lipid peroksidasyonu ve antioksidan enzimler üzerine etkileri

araştırılmıştır. 50 ve 100 mM NaCl uygulaması MDA seviyelerinde sırasıyla 1,2 ve 1,4 artış göstermiştir. AP aktivitesi en fazla 100 mM tuz uygulamasında belirlenmiştir [202]. Sinha vd. (2005) *Pistia stratiotes* L. Bitkisinde artan kromium konsantrasyonu ve uygulama süresiyle MDA içeriğinin 48. saatte artış gösterdiğini saptamışlardır. MDA içeriğinin 96. saatte 10 µM ve 40 µM'da arttığı, 80 µM ve 160 µM'da azaldığı, 144. saatte ise 10 µM'da arttığı, 40 µM, 80 µM ve 160 µM'da azaldığı saptanmıştır. APX aktivitesi 48. saatte tüm uygulama gruplarında artış göstermiştir. 96. saatte 40 µM'a kadar artış sonraki konsantrasyonlarda azalış saptanmıştır. 144. saatte ise 10 µM'dan sonra artan konsantrasyonlarda azalış belirlenmiştir. Toplam klorofil içeriğinin artan metal konsantrasyonu ve uygulama süresiyle azaldığı saptanmıştır [203].

Fotosentetik pigment ve antioksidan sistem arasındaki ilişkiyi değerlendiren çalışmalarla sonuçlarımızı değerlendirdiğimizde benzer bulgular gözlenmiş olup, lipid peroksidasyonunun artması membranı peroksidasyondan koruyan antioksidan enzimlerden PR ve APX aktivitesinde artışa neden olmuştur. Bitkilerde karotenoidler fotosentetik pigmentlerin önemli bileşenleridir. Protektanlar ve antioksidanlar olarak fonksiyon gösterirler. Absisik asitin biyosentezi için öncül olarak hizmet ederler ve reaktif oksijen türlerine bağlanarak fotosentetik aygıtı korurlar [204]. Bulgularımızda SA uygulanan grupta karotenoid içeriği daha yüksek çıkmış olup, SA'nın strese karşı önemli bir cevap oluşturduğu burada da görülmektedir.

Antioksidanlar, oksidatif yıkım süresince üretilen serbest radikallerin temizlenmesi veya oksidatif zincir reaksiyonlarının ilerlemesi ya da başlamasını engelleyerek diğer moleküllerin ve lipidlerin oksidasyonunu engelleyen moleküllerdir. Bitki kısımlarının antioksidan aktivitesine flavonoid bileşenleri ve fenolik içerikleri de katkıda bulunur [205]. Çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı toplam fenolik madde miktarı değişimi incelendiğinde, toplam fenolik madde miktarının 0.6-3.1 mM uygulama yapılan gruplarda günlere bağlı olarak arttığı görüldü. Uygulama yapılan tüm konsantrasyonlarda en düşük toplam fenolik miktarlarının kontrol gruplarında olduğu saptandı (Çizelge 4.15 ve Şekil 4.15).

Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı toplam fenolik madde miktarı değişimi incelendiğinde toplam fenolik madde miktarı kontrol grubu hariç günlere bağlı olarak artış gösterdi (Çizelge 4.16 ve Şekil 4.16). SA uygulanan gruplarda 10. ve 15. gündeki artışlar diğer gruplara göre daha yüksek saptandı. Polifenoller serbest radikalleri ortadan kaldırmada, etkisiz hale getirmede güçlü ve ideal bir kimyaya sahiptirler, *in vitro*

ortamda tokoferol ve askorbatdan daha etkili antioksidanlar olarak gösterilmektedirler. Polifenollerin antioksidan özellikleri, hidrojen ve elektron donorü olarak ve zincir kırıcı olarak görev yapmalarıdır. Yapılan araştırmalar fenoliklerin bitki hücrelerinde H₂O₂'yi etkisiz hale getirmekte etkili olduğunu göstermiştir [109].

Yapılan birçok araştırmada SA uygulamasının, soğuk, kuraklık, pestisitler, ağır metaller gibi stres koşullarında etkili olduğu bilinmektedir [135, 206-208]. Krantev vd. (2008)'nin yaptıkları bir araştırmada çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve farklı konsantrasyonlarda Cd'un *Z. Mays* bitkilerinde etkileri incelenmiştir. SA miktarlarının 10 µM ve 15 µM Cd uygulanan gruplarda 10 ve 15 µM Cd+SA uygulanan gruplardan daha yüksek olduğunu saptamışlardır. 25 µM Cd uygulanan gruplardaki SA miktarlarının ise (217.5 ng/g) 25 µM Cd+SA uygulanan gruplardan (163.0 ng/g) daha yüksek olduğu belirtilmiştir [135].

Sonuç olarak, bu araştırmada düşük ve yüksek konsantrasyonlarda quizalofop-p-etil'in *H. annuus* bitkisinde, önemli fitotoksisteye neden olduğu, hem antioksidan sistem hem de pigment sistemi üzerinde oluşturdıkları etkiler ile saptanmıştır. SA ön muamesi ile herbisit uygulanan gruplarda bu fitotoksik etkinin kısmen azaltıldığı, antioksidan sistem (PR, APX, karotenoid, fenolik bileşikler) ve pigment sistemi üzerindeki araştırmalarla gözlenmiştir. Sistemik kazanılmış direnci artırmada önemli olduğu bilinen SA ile muamele edilen tohumlardan, daha kaliteli ürünlerin üretiminin sağlanabileceği bulgularımızla da desteklenmektedir.



Şekil 5.1. Quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus*'da 15.gün



Şekil 5.2. SA+ Quizalofop-p-etil uygulanan *H. annuus*'da 15.gün

6. KAYNAKLAR

- [1] Y. Akman, O. Ketenoğlu, H. Evren, L. Kurt ve S. Düzenli, *Çevre Kirliliği-Çevre Biyolojisi*, Palme Yayıncılık, Ankara, 2000, s. 6.
- [2] M. Kılınç ve G. Kutbay, *Bitki Ekolojisi*, Palme Yayıncılık, Ankara, 2004, s. 7.
- [3] http://www.rizetema.org/kutuphane/dosya/tarim_ve_cevre_kirliligi.pdf
- [4] N. Çepel, *Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri*, Tübitak Popüler Bilim Kitapları, Ankara, 2003, s. 24.
- [5] <http://www.eto.org.tr/for-magel.html>
- [6] L. Xiaoyu, Y. Jun and S. Pengfei, *Structure and application of a new comprehensive environmental pollution index*, **Energy Procedia**, 5 (2011) 1049–1054.
- [7] D. Kellenberg, *Consumer waste, backhauling, and pollution havens*, **Journal of Applied Economics**, Vol XIII No. 2 (2010) 283–304.
- [8] <http://www.zmo.org.tr>
- [9] G. Öztürk, N. Tosun, *Famoxadone ve cymoxanil etkili maddeli bir fungusitin domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bitkisi üzerine fizyolojik etkisi*, **Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi**, 41 (2004) 77–87.
- [10] idc.sdu.edu.tr/tammetinler/yonetim/yonetim33.pdf
- [11] N. Delen, *Fungisit kalıntılarının insan sağlığı yönünden önemi*, Tarım İlaçlarının Kullanılması Semineri, 26-27 Kasım 1976, ODTÜ Gaziantep Kampüsü, Yayın No: 1.
- [12] G. H. Baker, *The Ecology, Management and Benefits of Earthworms in Agricultural Soils, with Particular Reference to Southern Australia*, In Clive A. Edward(ed) *Earthworm Ecology*. CRC Press LLC, Boca Raton, USA (1998) p. 229-257.
- [13] www.oocities.com/serdarykl/insektistgenel.pdf
- [14] M. A. De Waard, S. G. Georgopoulos, D. W. Hollaman, H. İşhii, P. Leroux, N. N. Ragsdale and F. J. Schwinin, *Chemical control of plant diseases: problem and prospects*. **Annual Review of Phytopathology**, 31 (1993) 403–421.
- [15] N. N. Ragsdale, *Fungicides*, **Encyclopedia of Agricultural Science**, 2 (1994) 445–453.
- [16] www.oocities.com/serdarykl/insektistgenel
- [17] K. Squibb, *Pesticides*, **Program in Toxicology NURS 678–Applied Toxicology**, (2002) 1–48.
- [18] <http://www.questia.com/library/encyclopedia/pesticide.jsp>
- [19] <http://www.tutunekspor.org.tr/yayin/bulten/bulten77/pestisitler.htm>
- [20] <http://www.epa.gov/opp00001/about/types.htm>
- [21] H. Kaygısız, *Tarımda İlaçlı Mücadelenin Temel Prensipleri*, **Ege Basım** (2003) 65–67.
- [22] <http://www.eto.org.tr/for-magel.html>
- [23] <http://www.ibreliler.com/V2/12935-post4.html>
- [24] <http://www.tema.org.tr/Sayfalar/CevreKutuphanesi/Tarim.html>
- [25] Y. I. Kuk, J. Wu, J. F. Derr and K. K. Hatzios, *Mechanism of fenoxaprop resistance in an accession of smooth crabgrass (*Digitaria ischaemum*)*, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 64 (1999) 112–123.
- [26] J. P. Ralph, *Herbicide toxicity of *Halophila ovalis* assessed by chlorophyll a fluorescence*, **Aquatic Botany**, 66 (2000) 141–152.

- [27] X. Y. Luo, Y. Sunohara and H. Matsumoto, *Fluazifop-butyl causes membrane peroxidation in the herbicide-susceptible broad leaf weed bristly starbur (Acanthospermum hispidum)*, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 78 (2004) 93–102.
- [28] N. Soltani, D. E. Robinson, C Shropshire and P.H. Sikkema, *Adzuki bean (Vigna angularis) responses to post-emergence herbicides*, **Crop Protection**, 25 (2006) 613–617.
- [29] L. Jiang and H. Yang, *Prometryne-induced oxidative stress and impact on antioxidant enzymes in wheat*, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 72 (2009) 1687–1693.
- [30] G. W. Ware and D. M. Whitacre, *An introduction to herbicides* (2nd edition), University of Minnesota, IPM World Textbook, The Pesticide Book 6th ed. (2004) 488.
- [31] <http://el.erdc.usace.army.mil/aqua/apis/herbicides/html/classifi.html>
- [32] R. S. Chandran and K. Semmens, *Choose The Correct Herbicide to Control Weeds in Ponds*, WVU Extension Service, (2002) p. 1–2.
- [33] G. Beker Akbulut, *Atrazin ve asetoklor herbisitlerinin Zea mays L. (mısır) ve Pisum sativum L. (bezelye) bitkilerinde biyokimyasal ve fizyolojik parametreler üzerine etkileri*, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [34] <http://en.wikipedia.org/wiki/Herbicide>
- [35] R. G. Hartzler and M. D. K. Owen, *A Guide for Commercial Pesticide Applicators*. IOWA State University, Agricultural Weed Management Category 1A, CS-9, Revised, January (1995) p. 57.
- [36] <http://www.cevreonline.com/CevreKR/tarimsalkirlilik.htm> çevre ve orman bakanlığı çevre durum raporu
- [37] A. Plazek, K. Hura and I. Zur, *Reaction of winter oilseed rape callus to different concentrations of elicitors: pectinase or chitosan*, **Acta Physiologicae Plantarum**, 25:1 (2003) 83–89.
- [38] S. H. Wang, Z. M. Yang, B. Lu, S. Q. Li, Y. P. Lu, *Copperinduced stress and antioxidative responses in roots of Brassica juncea L.*, **Botanical Bulletin of Academia Sinica**, 45 (2004a) 203–212.
- [39] M. S. Yazgan, A. Tanik, *A new approach for calculating the relative risk level of pesticides*, **Environment International**, 31 (2005) 687–692.
- [40] D. Cargnelutti, L. A. Tabaldi, R. M. Spanevello, de Oliveira Jucoski, G. Battisti, V. Redin, M. Linares, C. E. B. Dressler, V. L. De Moraes Flores, E. M. Nicoloso, F. T. Morsch, V. M. Schetinger, M. R. C. *Mercury toxicity induces oxidative stress in growing cucumber seedlings*, **Chemosphere**, 65 (2006) 999–1006.
- [41] N. H. Song, Z. M. Yang, L. X. Zhou, X. Wu, H. Yang, *Effect of dissolved organic matter on the toxicity of chlorotoluron to Triticum aestivum*, **Journal of Environmental Science**, 17 (2006) 101–108.
- [42] H. Yang, J. W. C. Wong, Z. M. Yang and L. X. Zhou, *The ability of Agrogyron elongatum to accumulate the single metal of cadmium, copper, nickel and lead and root exudation of organic acids*, **Journal of Environmental Science**, 13 (2001) 368–375.
- [43] Y. S. Wang, J. Wang, Z. M. Yang, B. Lu, Q. Y Wang, S. Q. Li, Y. P. Lu, S. H. Wang, X. Sun, *Salicylic acid modulates aluminum induced oxidative stress in roots of Cassia tora L.*, **Acta Botanica Sinica**, 46 (2004b) 819–828.

- [44] Y. S. Wang and Z. M. Yang, *Nitric oxide reduces aluminum toxicity by preventing oxidative stress in the roots of Cassia tora L.*, **Plant Cell Physiol**, 46 (2005) 1915–1923.
- [45] E. Çaylak, *Hayvan ve bitkilerde oksidatif stres ile antioksidanlar*, **Tıp Araştırma Dergisi**, 9 (1) (2011) 73–83.
- [46] H. Poontariga, P. Darinee, R. Kannarat and R. Charoensataporn, **Science Asia**, 29 (2003) 109.
- [47] C. Çavdar, A. Sifil, T. Çamsarı, *Reaktif oksijen türleri ve antioksidan savunma*, **Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi**, 3-4 (1997) 92-95.
- [48] F. Peixoto, D. Alves-Fernandes, D. Santos, A. Fontanhas-Fernandes, *Toxicological Effects of oxyfluorfen on oxidative stress enzymes in Tilapia oreochromisniloticus*, **Pesticide Biochemistry Physiology**, 85 (2006) 91–96.
- [49] D. Malencic, B. Kiproviski, Milan Popovic, D. Prvulovic, J. Miladinovic and V. Djordjevic, *Changes in antioxidant systems in soybean as affected by Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary*, **Plant Physiology and Biochemistry**, 48 (2010) 903–908.
- [50] N. H. Song, X. L. Yin, G. F. Chen and H. Yang, *Biological responses of wheat (Triticum aestivum) plants to the herbicide chlorotoluron in soils*, **Science Direct Chemosphere**, 68 (2007) 1779–1787.
- [51] T. S. Choua, Y. Y. Chaoa, W. D. Huanga, C. Y. Hong and C. H. Kao, *Effect of magnesium deficiency on antioxidant status and cadmium toxicity in rice seedlings*, **Journal of Plant Physiology**, 168 (2011) 1021–1030.
- [52] J. Rouchaud, O. Neus, R. Bulcke, K. Cools, H. Eelen and T. Dekkers, *Soil dissipation of diuron, chlorotoluron, simazine, propyzamide, and diflufenican herbicides after repeated applications in fruit tree orchards*, **Archives Environmental Contamination Toxicology**, 39 (2000) 60–65.
- [53] S. Beulke, C. D. Brown, C. J. Fryer and W. Van Beinum, *Influence of kinetic sorption and diffusion on pesticide movement through aggregated soils*, **Chemosphere**, 57 (2004) 481–490.
- [54] L. C. Ferreira, A. C. Cataneo, L. M. R. Remaeh, N. Corniani, T. D. F. Fumis, Y. A. D. Souza, J. Scavroni and B. J. A. Soares, *Nitric oxide reduces oxidative stress generated by lactofen in soybean plants*, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 97 (2010) 47–54.
- [55] T. S. Choua, Y. Y. Chaoa, W. D. Huanga, C. Y. Hong and C. H. Kao, *Effect of magnesium deficiency on antioxidant status and cadmium toxicity in rice seedlings*, **Journal of Plant Physiology**, 168 (2011) 1021–1030.
- [56] D. Malencic, B. Kiproviski, M. Popovic, D. Prvulovic, J. Miladinovic and V. Djordjevic, *Changes in antioxidant systems in soybean as affected by Sclerotinia sclerotiorum (Lib.) de Bary*, **Plant Physiology and Biochemistry**, 48 (2010) 903–908.
- [57] L. C. Ferreira, A. C. Cataneo, L. M. R. Remaeh, N. Corniani, T. De F. Fumis, Y. A. De Souza, J. Scavroni and B. J. A. Soares, *Nitric oxide reduces oxidative stress generated by lactofen in soybean plants*, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 97 (2010) 47–54.
- [58] E. Özeker, *Salisilik asit ve bitkiler üzerindeki etkileri*, **Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi**, 42:1 (2005) 213–223.
- [59] I. Raskin, *Salicylate, a new pant hormone*, **Plant Physiology**, 99 (1992b) 799–803.

- [60] I. Raskin, *Role of salicylic acid in plants*, **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, 43 (1992a) 439–463.
- [61] N. Yalpani, A. J. Enyedi, J. Leon and I. Raskin, *Ultraviolet light and ozone stimulate accumulation of salicylic acid, pathogenesis-related proteins and virus resistance in tobacco*, **Planta**, 193 (1994) 372–376.
- [62] T. Senaratna, D. Touchell, E. Bunn and K. Dixon, *Acetyl salicylic acid (aspirin) and salicylic acid induce Multiple stress tolerance in bean and tomato plants*. **Plant Growth Regul**, 30 (2000) 157–161.
- [63] Q. Shi and Z. Zhu, *Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber*, **Environmental and Experimental Botany**, 63 (2008) 317–326.
- [64] L. Popova, E. Ananieva, V. Hristova, K. Christov, K. Georgieva and V. Alexieva, *Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress*, **Bulgarian Journal of Plant Physiology**, (2003) 133–152.
- [65] D. F. Klessig and J. Malamy, *The salicylic acid signal in plants*, **Plant Molecular Biology**, 26 (1994) 1439–1458.
- [66] J. R. Harper and N. E. Balke, *Characterization of the inhibition of K⁺ absorption in oats roots by salicylic acid*, **Plant Physiology**, 68 (1981) 1349–1353.
- [67] W. Khan, B. Prithviraj, and D. L. Smith, *Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates*. **Journal of Plant Physiology**, 160 (2003) 485–492.
- [68] K. Shirasu, A. Nakajima, K. Rajshekar, R. A. Dixon and C. Lamb, *Salicylic acid potentiates an agonist-dependent gain control that amplifies pathogen signal in the activation of defence mechanisms*, **Plant Cell**, 9 (1997) 261–270.
- [69] Q. Hayat, S. Hayat, M. Irfan and A. Ahmad, *Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A Review*, **Environmental and Experimental Botany**, 68 (2010) 14–25.
- [70] J. T. Song, *Induction of a salicylic acid glucosyltransferase, AtSGT1, is an early disease response in *Arabidopsis thaliana**, **Molecular Cells**, 22 (2006) 233–238.
- [71] X. X. Guo, X. Q. Yang, R. Y. Yang and Q. P. Zeng, *Salicylic acid and methyl jasmonate but not rose bengal enhance artemisinin production through invoking burst of endogenous singlet oxygen*, **Plant Science**, 178 (2010) 390–397.
- [72] K. E. Hammond-Kosack and J. D. Jones, *Inducible plant defense mechanisms and resistance gene function*, **Plant Cell**, 8 (1996) 1773–1791.
- [73] J. A. Ryals, U. H. Neuenschwander, M. G. Willits, A. Molina, H. Y Steiner and D. Hunt, *Systemic acquired resistance*, **Plant Cell**, 8 (1996) 1809–1819.
- [74] L. Sticher, B. Mauch-Mani and J. P. Mettraux, *Systemic acquired resistance*, **Annual Review of Phytopathology**, 35 (1997), 235–270.
- [75] L. C. Van Loon and E. A. Van Strien, *The families of pathogenesis related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins*, **Physiological and Molecular Plant Pathology**, 55 (1999) 85–97.
- [76] U. Conrath, C.M.J. Pieterse and B. Mauch-Mani, *Priming in plant pathogen interactions*, **Trends Plant Science**, 7 (2002) 210–216.
- [77] L. Y. Aktaş, A. Güven, *Bitki savunma sistemlerinde hormonal sinyal moleküller ve çapraz-İletişimleri*, Çankaya Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, **Journal of Arts and Sciences**, 3 (2005) Mayıs s. 1-12.

- [78] F. M. Shakirova, and M. V. Bezrukova, *Induction of wheat resistance against environmental salinization by salicylic acid*, **Biological Bulletin (Izv. Russ. Acad. Sci.)**, 24 (1997) 109–112.
- [79] B. Singh, and K. Usha, *Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress*, **Plant Growth Regulation**, 39 (2003) 137–141.
- [80] S. Bhupinder and K. Usha, *Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress*, **Plant Growth Regulation**, 39 (2003) 137–141.
- [81] A. Mishra and M. A. Choudhuri, *Effects of salicylic acid on heavy metal-induced membrane deterioration mediated by lipoxygenase in rice*, **Biologia Plantarum**, 42 (1999) 409–415.
- [82] M. Pal, G. Szalai, E. Horvath, T. Janda and E. Paldi, *Effect of salicylic acid during heavy metal stress*, *Proc. 7th Hungarian Congress on plant physiology. Acta Biologica Szegediensis*, 46 (2002) 119–120.
- [83] N. Smirnoff, *The role of active oxygen in response of plants to water deficit and desiccation*, **New Phytologist**, 125 (1993) 27–58.
- [84] G. Gille and K. Singler, *Oxidative stress in living cells*, **Folia Microbiologica**, 40:2 (1995) 131–152.
- [85] L. De Gara, *Class III peroxidases and ascorbate metabolism in plants*, **Phytochemistry Reviews**, 3 (2004) 195–205.
- [86] K. Iiyama, T. B. T. Lam and B. A. Stone, *Covalent cross links in the cell wall*, **Plant Physiology**, 104 (1994) 315–320.
- [87] M. Quiroga, C. Guerrero, M. A. Botella, A. Barcelo, I. Amaya, M. I. Medina, F. J. Alonso, S. M. De Forchetti, H. Tigier and V. Valpuesta, *A tomato peroxidase involved in the synthesis of lignin and suberin*, **Plant Physiology**, 122 (2000) 1119–1128.
- [88] F. Pomar, N. Caballero, M. A. Pedreno and A. Ros Barcelo, *H₂O₂ generation during the auto-oxidation of coniferyl alcohol drives the oxidase activity of a highly conserved class III peroxidase involved in lignin biosynthesis*, **FEBS Letters**, 529 (2002) 198–202.
- [89] S. L uthje, C.N. Meisrimler, D. Hopff and B. M oller, *Phylogeny, topology, structure and functions of membrane-bound class III peroxidases in vascular plants*, **Phytochemistry**, 72 (2011) 1124–1135.
- [90] F. V. Minibaeva and L. Kh. Gordon, *S peroxide production and the activity of extracellular peroxidase in plants tissues under  stress conditions*, **Russian Journal of Physiology**, 50:3 (2003) 411–416.
- [91] E. Ko  ve A. S.  st n, *Patojenlere kar u bitkilerde savunma ve antioksidanlar*, *Erciyes  niversitesi Fen Bilimleri Enstit s  Dergisi*, 24 (1-2) (2008) 82–100 <http://fbe.erciyes.edu.tr/> ISSN 1012-2354.
- [92] J. He, F. Chen, S. Chen, G. Lu, Y. Deng, W. Fang, Z. Liu, Z. Guan, C. He, *Chrysanthemum leaf epidermal surface morphology and antioxidant and defense enzyme activity in response to aphid infestation*, **Journal of Plant Physiology**, 168 (2011) 687–693.
- [93] A. K. Srivastava, S. Srivastava, S. Penna, S. F. D’Souza, *Thiourea orchestrates regulation of redox state and antioxidant responses to reduce the NaCl-induced oxidative damage in Indian mustard (*Brassica juncea* (L.) Czern.)*, **Plant Physiology and Biochemistry**, 49 (2011) 676–686.

- [94] S. Shigeoka, T. Ishikawa, M. Tamoi, V. Miyagawa, T. Takeda, Y. Yabuta and K. Yoshimura, *Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes*, **Journal of Experimental Botany**, 53:372 (2002) 1305–1319.
- [95] S. Kalender, Y. Kalender, A. Ögütçü, M. Uzunhisarcıklı, D. Durak ve F. Açıkgöz, *Endosulfan-induced cardiotoxicity and free radical metabolism in rats: the protective effect of vitamin E*, **Toxicology**, 202 (2002) 227–235.
- [96] E. Niki, *Antioxidant in relation to lipid peroxidation*, **Chemistry Physics of Lipids**, 44 (1987) 227–253.
- [97] C. A. Placer, L. L. Cushman, B. C. Johnson, *Estimation of product of lipid peroxidation (malondialdehyde) in biochemical systems*, **Analytical Biochemistry**, 16 (1990) 259–264.
- [98] N. A. Porter, *Chemistry of lipid peroxidation*, **Methods in Enzymology**, 105 (1984) 273–283.
- [99] U. Mercan, *Toksikolojide serbest radikallerin önemi*, **Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi**, 15 (1-2) (2004) 91–96.
- [100] <http://ethesis.helsinki.fi/julkaisut/mat/bioti/vk/bkokhina/cl.html>
- [101] A. Kadioğlu, *Bitki Fizyolojisi*, Esen Ofset Matbaacılık, Trabzon, 2007, s. 382.
- [102] J. B. Harborne and C.A. Williams, *Advances in flavonoid research since 1992*, **Phytochemistry**, 55 (2000) 481–504.
- [103] N. Rispaill, P. Morris, K. J. Webb, *Phenolic compounds: Extraction and analysis*, A. J. Marquez (Editorial Director) 2005, *Lotus japonicus Handbook*. p. 349–355.
- [104] İ. Türkan, *Bitki Fiyolojisi*, Palme Yayıncılık üçüncü baskıdan çeviri, Ankara, 2008, s. 290, L. Taiz ve E. Zeiger
- [105] B. Weisshaar and G. Jenkins, Phenylpropanoid biosynthesis and its regulation, **Current Opinion Plant Biology**, 1 (1998) 251–257.
- [106] B. Winkel-Shirley, Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics. Biochemistry, cell biology, and biotechnology, **Plant Physiology**, 126 (2001) 485–193.
- [107] G. Forkmann and S. Martens, *Metabolic engineering and applications of flavonoids*, **Current Opinion in Biotechnology**, 12 (2001) 155–160.
- [108] S. Özcan, E. Gürel ve M. Babaoğlu, *M. Genetik mühendisliği ve uygulamaları, Bitki Biyoteknolojisi II*, Bölüm 20 (2001) s. 261.
- [109] U.Takahama and T.Oniki, *A peroxidase/phenolics/ascorbate system can scavenge hydrogen peroxide in plant cells*, **Physiologia Plantarum**, 101 (1997) 845–852 .
- [110] C. Sundqvist and C. Dahlin, *With chlorophyll pigments from prolamellar bodies to light-harvesting complexes*, **Physiologia Plantarum**, 100:4 (1997) 748–759.
- [111] Weed Science Society of America 1994: Herbicide Handbook, Seventh Edition. Campaign, IL, 7–6.
- [112] H. Kidd and D. R. James, Eds. The Agrochemicals Handbook, Third Edition. Royal Society of Chemistry Information Services, Cambridge, UK, (as updated), 1991 4–7.
- [113] <http://extoxnet>
- [114] http://www.safatarim.com/tr/index_tr.asp
- [115] <http://www.alanwood.net/pesticides/derivatives/quizalofop-p-ethyl.html>

- [116] F. K. Zengin ve Ö. Munzuroğlu, *Ayçiçeği (Helianthus annuus L.) fidelerinin toplam çözünebilir protein, prolin ve klorofil miktarları üzerine civa klorürün ($HgCl_2$) etkileri*, **Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 1 (2006) 25–30.
- [117] W. Greuter, Compositae (pro parte majore). In: W. Greuter, W. & E. Raab-Straube, E. von (ed.): Compositae. Euro+Med Plantbase- the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity, 2006-2009.
- [118] <http://www.turkcebilgi.com/ay%C3%A7i%C3%A7e%C4%9Fi/ansiklopedi>
- [119] F. J. Benitez, F. J. Real, J. L. Acero and C. Garcia, *Photochemical oxidation processes stres elimination of phenyl-urea herbicides in water*, **Journal of Hazardous Materials**, 138 (2006) 278–287.
- [120] X. Y. Wu, A. Von Tiedemann, *Impact of fungicides on active oxygen species and antioxidant enzymes in spring barley (Hordeum vulgare L.) exposed to ozone*, **Environmental Pollution**, 116 (2002) 37–47.
- [121] F. Peixoto, D. Alves-Fernandes, D. Santos and A. Fontanhas-Fernandes, *Toxicological effects of oxyfluorfen on oxidative stress enzymes in tilapia Oreochromis niloticus*, **Pesticide Biochemistry Physiology**, 85 (2006) 91–96.
- [122] X. L. Yin, L. Jiang, N. H Song, H. Yang, *Toxic reactivity of wheat (Triticum aestivum) plants to herbicide is oproturon*, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 56 (2008) 4825–4831.
- [123] P. Huiyun, L. Xiaolu, X. Xiaohua, G. Shixiang, *Phytotoxicity of four herbicides on Ceratophyllum demersum, Vallisneria natans and Elodea nuttallii*, **Journal of Environmental Sciences**, 21 (2009) 307-312.
- [124] E. Taşgın, Ö. Atıcı and B. Nalbantoğlu, *Effect of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves*, **Plant Growth Regulation**, 41:3 (2003) 231–236.
- [125] Z. Chen, S. Iyer, A. Caplan, D. F. Klessig, B. Fan, *Differential accumulation of salicylic acid and salicylic acid-sensitive catalase in different rice tissues*, **Plant Physiology**, 114 (1997) 193–201.
- [126] J. F. Dat, C. H. Foyer and I. M. Scott, *Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermotolerance in mustard seedlings*, **Plant Physiology**, 118 (1998) 1455–1461.
- [127] E. A. Ananieva, K. N. Christov and L. P. Popova, *Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to paraquat*, **Journal of Plant Physiology**, 161 (2004) 319–328.
- [128] O. Borsani, V. Valpuesta and M. A. Botella, *Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generated by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedlings*, **Plant Physiology**, 126 (2001) 1024–1030.
- [129] Y. K. Sharma, J. Leon, I. Raskin and K. R. Davis, *Ozone-induced responses in Arabidopsis thaliana the role of salicylic acid in the accumulation of defencerelated transcripts and induced resistance*, **Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A.**, 93 (1996) 5099–5104.
- [130] A. Metwally, I. Finkermeier, M. Georgi and K. J. Dietz, *Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings*, **Plant Physiology**, 132 (2003) 272–281.
- [131] G. Drazic and N. Mihailovic, *Modification of cadmium toxicity in soybean seedlings by salicylic acid*, **Plant Science**, 168 (2005) 511–517.
- [132] M. Q. Zou, M. Y. Chen and S. Q. Zhang, *Study on certified reference material of chlorimuron-ethyl*, **Chem. Res. Appl.**, 13 (5) (2001) 581–583.
- [133] M. Wanga and Q. Zhoua, *Effects of herbicide chlorimuron-ethyl on*

- physiological mechanisms in wheat (Triticum aestivum)*, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 64 (2006) 190–197.
- [134] E. Pannacci, F. Graziani and G. Covarelli, *Use of herbicide mixtures for pre and post-emergence weed control in sunflower (Helianthus annuus)*, **Science Direct, Crop Protection**, 26 (2007) 1150–1157.
- [135] A. Krantev, R. Yordanovaa, T. Jandab, G. Szalaib and L. Popovaa, *Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize Plants*, **Journal of Plant Physiology**, 165 (2008) 920–931.
- [136] S. S. Gill and N. Tuteja, *reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants*, **Plant Physiology and Biochemistry**, 48 (2010) 909–930.
- [137] J. Dong, F. Wu and G. Zhang, *Influence of cadmium on antioxidant capacity and four microelement concentrations in tomato seedlings (Lycopersicon esculentum)*, **Chemosphere**, 64:10 (2006) 1659–1666.
- [138] R. K. Tewari, P. Kumar, P. N. Sharma and S. S. Bisht, *Modulation of oxidative stress responsive enzymes by excess cobalt*, **Plant Science**, 162 (2002) 381–388.
- [139] F. Eraslan, A. Inal, A. Gunes and M. Alpaslan, *Impact of exogenous salicylic acid on the growth, antioxidant activity and physiology of carrot plants subjected to combined salinity and boron toxicity*, **Scientia Horticulturae**, 113 (2007) 120–128.
- [140] C. Wang, S. Zhang, P. Wang, J. Hou, J. Qian, Y. Ao, J. Lu and L. Li, *Salicylic acid involved in the regulation of nutrient elements uptake and oxidative stress in Vallisneria natans (Lour.) Hara under Pb stress*, **Chemosphere**, 84 (2011) 136–142.
- [141] P. Ahmad, G. Nabi and M. Ashraf, *Cadmium-induced oxidative damage in mustard [Brassica juncea (L.) Czern.& Coss.] plants can be alleviated by salicylic acid*, **South African Journal of Botany**, 77 (2011) 36–44.
- [142] Y. Sakihama, M. F. Cohen, S. C. Grace and H. Yamasaki, *Plant phenolic antioxidant and prooxidant activities: phenolics- induced oxidative damage mediated by metals in plants*, **Toxicology**, 177 (2002) 67–80.
- [143] V. Pasqualini, C. Robles, S. Garzino, S. Greff, A. Bousquet-Melou. And G. Bonin, *Phenolic compounds content in Pinus halepensis Mill needles: a bioindicator of air pollution*, **Chemosphere**, 52 (2003) 239–248.
- [144] A. Sivacı ve M. Sökmen, *Seasonal changes in antioxidant activity, total phenolic and anthocyanin constituent of the stems of two Morus species (Morus alba L. and Morus nigra L.)*, **Plant Growth Regulation**, 44 (2004) 251–256.
- [145] C. H. Foyer, G. Noctor, *Redox homeostis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses*, **Plant Cell**, 17 (2005) 1866–1875.
- [146] N. Subramanian, P. Venkatesh, S. Ganguli, V. P. Sinkar, *Role of polyphenol oxidase and peroxidase in the generation of black tea theaflavins*, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 47 (1999) 2571–2578.
- [147] E. Cantos, J. A. Tudela, M. I. Gil and J. C. Espin, *Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes*, **Journal Agricultural and Food Chemistry**, 50 (2002) 3015–3023.
- [148] G. Beker Akbulut and E. Yiğit, *The changes in some biochemical parameters in Zea mays cv. ‘Martha F1’ treated with atrazine*, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 73 (2010) 1429–1432.
- [149] X. Li, T. Wu, H. Huang, S. Zhang, *Atrazine accumulation and toxic responses*

- in maize (Zea mays)*, **Journal of Environmental Sciences**, 12 April 2011, Vol. 24. DOI: 10.1016/S1001-0742(11)60718-3
- [150] S. Sundaram, K. K. Soumya, Ramgopal, J. K. Pandey and A. Rahman, *Impact of organic \square stress on growth, photosynthetic and physiological responses of some Cyanobacterial isolates*, **Journal of Environmental Science and Technology**, 4 (3) (2011) 264–283.
- [151] <http://www.may.com.tr/tr/urun1.asp?id=193>
- [152] D. R. Hoagland and D. I. Arnon, *The water culture method for growing plants without soil*, **California Agricultural Experimental Station Circular**, 347 (1938) 39.
- [153] <http://www.bahcenet.com/perlit-nedir-tarimda-perlit-in-kullanimi.html>
- [154] J. L. Peters, F. J. Castillo and R. L. Heath, *Alteration of extracellular enzymes in Pinto bean leaves upon exposure to air pollutants, ozone and sulfur dioxide*, **Plant Physiology**, 89 (1988) 159–164.
- [155] J. W. M. Adam, C. J. Nelson and R. E. Sharp, *Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue*, **Plant Physiology**, 99 (1992) 872–878.
- [156] Y. Nakano, K. Asada, *Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts*, **Plant Cell Physiology**, 22 (1981) 867–880.
- [157] I. Çakmak, *Activity of ascorbate-dependent H_2O_2 -scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium-deficient and potassium deficient leaves, but not in phosphorus-deficient leaves*, **Journal Experimental Botany**, 45 (1994) 1259–1266.
- [158] R. L. Heath and L. Packer, *Photoperoxidation in isolated chloroplast, I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation*, **Archives Biochemistry Biophysics**, 125 (1968) 180–198.
- [159] L. De-Kok and M. Graham, *Levels of pigments, soluble proteins, amino acids and sulphhydryl compounds in foliar tissue of *Arabidopsis thaliana* during dark induced and natural senescence*, **Plant Physiology and Biochemistry**, 27 (1980) 133–142.
- [160] K. Lichtenthaler and A. R. Welburn, *Determination of total carotenoids and chlorophyll a and b of leaf extracts in different solvents*, **Botanisches Institut der Universität, Kaiserstrasse 12, Postfach** (1983) 591–592.
- [161] K. Slinkard and V.L. Singleton, *Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods*, **American Journal of Enology and Viticulture**, 28 (1977) 49–55.
- [162] S.F. Chandler and J.H. Dodds, *The effect of phosphate, nitrogen and sucrose on the production of phenolics and solasidine in callus cultures of *Solanum laciniatum**, **Plant Cell Reports**, 2 (1983) 105–108.
- [163] M. M. Bradford, *A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding*, **Analytical Biochemistry**, 72 (1976) 248–254.
- [164] D. B. Duncan, *Multiple range and multiple F tests biometrics*, **International Biometric Society**, 11:1 (1955) 1–42.
- [165] http://www.pusulamazcevre.com/index.php?option=com_content&task=view&id=74&Itemid=1
- [166] <http://www.dogainsanisbirligidernegi.org.tr/makaleler/pestisitler.doc>
- [167] <http://www.bilgipasaji.com/forum/diger-hobi-ve-faaliyetler-473/74542-pestisitlerin-cevresel-etkileri.html>
- [168] N. Durmuş and A. Kadioğlu, *Reduction of paraquat toxicity in maize leaves by benzyladenine*, **Acta Biologica Hungarica** (56) 1:2 (2005) 97–107.
- [169] J. C. Chun, J. C. Kim, I. T. Hwang and S. E. Kim, *Acteoside from *Rehmannia**

- glutinosa* nullifies paraquat activity in *Cucumis sativus*, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 72 (2002) 153–159.
- [170] L. Geoffroy, C. Frankart and P. Eullaffroy, *Comparison of different physiological parameter responses in Lemna minor and Scenedesmus obliquus exposed to herbicide flumioxazin*, **Environmental Pollution**, 131 (2004) 231–241.
- [171] Y. P. Guo, H. F. Zhou and L. C. Zhang, *Photosynthetic characteristics and protective mechanisms against photooxidation during high temperature stress in two citrus species*, **Scientia Horticulturae**, 108 (2006) 260–267.
- [172] C. L. Foy, *The chlorinated aliphatic acids*, In: P. C. Kearney, D. D. (Eds.) Kaufman, *Degradation of Pesticides*, **Marcel Dekker**, Newyork (1969) pp. 207-253.
- [173] F. M. Ashton and A. S. Crafts, *Model of Action of Herbicides*, Wiley Publishers, Newyork, 1981.
- [174] K. H. Bowmer, *Residues of dalapon and TCA in sediments and irrigation water*, **Pesticide Science**, 18 (1987) 1–13.
- [175] H. Qian, W. Chen, G. D. Sheng, X. Xu W. Liu and Z. Fu, *Effects of glufosinat on antioxidant enzymes, subcellular structure, and gene expression in the unicellular alga Chlorella vulgaris*, **Aquatic Toxicology**, 88 (2008) 301–307.
- [176] Y. Mustafa and E. S. Arıkan, *Genotoxicity testing of quizalofop-P-etil herbicide using the Allium cepa anaphase-telophase chromosome aberration assay*, **Caryologia**, 61:1 (2008) 45–52.
- [177] P. Aravind and M. N. V. Prasad, *Modulation of cadmium-induced oxidative stress in Ceratophyllum demersum by zinc involves ascorbate-glutathione cycle and glutathione metabolism*, **Plant Physiology and Biochemistry**, 43 (2005) 107–116.
- [178] M. Basantani, A. Srivastava ve S. Sen, *Elevated antioxidant response and induction of tau-class glutathione S-transferase after glyphosate treatment in Vigna radiata L. Wilczek*, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 99 (2011) 111–117.
- [179] H. Gülen and A. Eriş, *Effect of heat stress on peroxidase activity and total protein content in strawberry plants*, **Plant Science**, 166 (2004) 739–744.
- [180] P. Xu, J. Zou, Q. Meng, J. Zou, W. Jiang and, D. Liu, *Effects of Cd²⁺ on seedling growth of garlic (Allium sativum L.) and selected physiological and biochemical characters*, **Bioresour Technology**, 99:14 (2008) 6372–6378.
- [181] T. Gaspar, C. L. Penel, D. Hagage, H. Grappin, *Peroxidases in plant growth, differentiation and developmental processes*, in: H. Grappin, C. Penel, T. G. Aspar (Eds.), *Biochemical, molecular and physiological aspects of plant peroxidases*, University de Geneva Centre, Geneve, (1991) 249–280.
- [182] S. Mandal, N. Mallick and A. Mitra, *Salicylic acid-induced resistance to Fusarium oxysporum f. sp. Lycopersici in tomato*, **Plant Physiology and Biochemistry**, 47 (2009) 642–649.
- [183] V. Ganesan and G. Thomas, *Salicylic acid response in rice: influence of salicylic acid on H₂O₂ accumulation and oxidative stress*, **Plant Science**, 160 (2001) 1095–1106.
- [184] S. Agarwal, R. K. Sairam, G. C. Srivastava, A. Tyagi and R. C. Meena, *Role of ABA, salicylic acid, calcium and hydrogen peroxide on antioxidant enzymes induction in wheat seedling*, **Plant Science**, 169 (2005) 559–570.
- [185] Y. Sunohara ve H. Matsumoto, *Oxidative injury induced by the herbicide quinclorac on Echinochloa oryzicola Vasing. And the involvement of*

- antioxidative ability in its highly selective action in grass species*, **Plant Science**, 167 (2004) 597–606.
- [186] W. Hou, X. Chen, G. Song, Q. Wang and C. C. Chang, *Effects of copper and cadmium on heavy metal polluted waterbody restoration by duckweed (Lemna minor)*, **Plant Physiology and Biochemistry**, 45 (2007) 62–69.
- [187] A. Kaya, *Bazı tekstil boyalarının Phaseouls vulgaris L. cv. “Gina” (fasulye) bitkisinde peroksidaz aktivitesi, lipid peroksidasyonu ve pigment sistemi üzerine etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 2007.
- [188] B. Guo, Y. Liang and Y. Zhu, *Does salicylic acid regulate antioxidant defense system, cell death, cadmium uptake and partitioning to acquire cadmium tolerance in rice?* **Journal of Plant Physiology**, 166 (2009) 20–31.
- [189] J. Razinger, M. Dermastia, J. D. Koce and A. Zrimec, *Oxidative stress in duckweed (Lemna minor L.) caused by short term cadmium exposure*, **Environmental Pollution**, 14 (2008) 687–694.
- [190] D. M. Hodges, J. M. Delong, C. F. Forney and R. K. Prange, *Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds*, **Planta**, 207:4 (1999) 604–611.
- [191] G. N. M. Kumar and N. R. Knowles, *Changes in lipid peroxidation and lipolytic and free radical scavenging enzyme activities during aging and sprouting of potato (Solanum tuberosum) seed-tubers*, **Plant Physiology**, 102:1 (1993) 115–124.
- [192] F. Wu, G. Zhang and P. Dominy, *Four barley genotypes respond differently to cadmium: lipid peroxidation and activities of antioxidant capacity*, **Environmental and Experimental Botany**, 50 (2003) 67–78.
- [193] J. A. Imloy and S. Linn, *DNA damage and oxygen radical toxicity*, **Science**, 240 (1998) 1302–1309.
- [194] G. A. Yan, X. Yan, and W. Wu, *Effects of the herbicide molinate on mixotrophic growth, photosynthetic pigments, and protein content of Anabaena sphaerica under different light conditions*, **Ecotoxicology and Environmental Safety**, 38 (1997) 144–149.
- [195] Y. Ekmekçi and S. Terzioglu, *Effects of oxidative stress induced by paraquat on wild and cultivated wheats*, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 83 (2005) 69–81.
- [196] P. J. Ralph, *Herbicide toxicity of Halophila ovalis assessed by chlorophyll a fluorescence*, **Aquatic Botany**, 66 (2000) 141–152.
- [197] R. Kana, M. Spundova, P. Ilik, D. Lazar, K. Klem, P. Tomek, J. Naus and O. Prasil, *Effect of herbicide clomazone on photosynthetic processes in primary barley (Hordeum vulgare L.) leaves*, **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 78 (2004) 161–170.
- [198] A. Giray Kurt, *“Callisto herbisitinin Zea mays L. (mısır)’ın Martha F1 kültür formunda total glutatyon, glutatyon redüktaz, glutatyon-s-transferaz ve pigment içeriği üzerine etkileri”*, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 2007.
- [199] C. A. Jaleel, G. M. A. Lakshmanan, M. Gomathinayagam and R. Panneerselvam *Triadimefon induced salt stress tolerance in Withania somnifera and its relationship to antioxidant defense system*, **South African Journal of Botany**, 74 (2008) 126–132.
- [200] G. Saladin, C. Magnea and C. Cleament, *Effects of flumioxazin herbicide on*

- carbon nutrition of Vitis vinifera L.*, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 51 (2003) 4017–4022.
- [201] N. Candan and L. Tarhan, *Relationship among chlorophyll-carotenoid content, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels by Mg⁺ deficiency in the Mentha pulegium leaves*, **Plant Physiology and Biochemistry**, 41 (2003) 35–40.
- [202] S. Elkahoui, J. A. Hernandez, C. Abdelly, R. Ghirir and F. Limam, *Effects of salt on lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities of Catharanthus roseus suspension cells*, **Plant Science**, 168 (2005) 607–613.
- [203] S. Sinha, R. Saxena and S. Singh, *Chromium induced lipid peroxidation in the plants of Pistia stratiotes L. role of antioxidants and antioxidant enzymes*, **Chemosphere**, 58 (2005) 595–604.
- [204] P. S. Naik, A. Chanemougasuoundharam, S. M. P. Khurana and G. Kallou, *Genetic manipulation of carotenoid pathway in higher plants*, **Current Science**, 85:10 (2003) 1423–1430.
- [205] Y. S. Velioglu, G. Mazza, L. Gao and B. D. Omah, *Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and green products*, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 46 (1998) 4113–4117.
- [206] J. Malamy, J. Hennig and D. F. Klessig, *Temperature-dependent induction of salicylic acid and its conjugates during the resistance response to tobacco mosaic virus infection*, **Plant Cell**, 4 (1992) 359–366.
- [207] J. R. Koch, R. A. Creelman, S. M. Eshita, M. Seskar, J. E. Mullet and K. R. Davis, *Ozone sensitivity in hybrid poplar correlates with insensitivity to both salicylic acid and jasmonic acid. The role of programmed cell death in lesion formation*, **Plant Physiology**, 123 (2000) 487–496.
- [208] E. Horvath, T. Janda, G. Szalai and E. Paldi, *In vitro salicylic acid inhibition of catalase activity in maize: differences between the isozymes and a possible role in the induction of chilling tolerance*, **Plant Science**, 163 (2002) 1129–1135.

ÖZGEÇMİŞ

09.07.1987 tarihinde Giresun'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Giresun'da tamamladı. 2005 yılında İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde lisans eğitimine başladı ve 2009 yılında mezun oldu. 2009 yılında İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve 2011 yılında yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.