

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

**FLUROKLORİDON HERBİSİTİNİN
Helianthus annuus L. ve *Vicia sativa* L.'da BAZI
BİYOKİMYASAL VE FİZYOLOJİK
PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİLERİ**

ARMAĞAN KAYA

**DOKTORA TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**MALATYA
EYLÜL 2012**

Tezin Başlığı: Flurokloridon Herbisitinin *Helianthus annuus* L. ve *Vicia sativa* L.'da Bazı Biyokimyasal Ve Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri

Tezi Hazırlayan: Armağan KAYA

Sınav Tarihi: 21.09.2012

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

Sınav Jürisi Üyeleri:

Prof. Dr. Serpil ÜNYAYARMersin Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT.....İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Fusun YÜREKLİ.....İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Dilek ASMA.....İnönü Üniversitesi

Doç. Dr. Bayram Murat ASMA.....İnönü Üniversitesi

İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Onayı

Prof. Dr. Mehmet ALPASLAN

Enstitü Müdürü

CANIM AILEME.....

Onur Sözü

Doktora Tezi olarak sunduğum “**Flurokloridon Herbisitinin *Helianthus annuus L.* ve *Vicia sativa L.*’da Bazı Biyokimyasal Ve Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların, hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

Armağan KAYA

ÖZET

Doktora Tezi

FLUROKLORİDON HERBİSİTİNİN *Helianthus annuus* L. ve *Vicia sativa* L.'da BAZI BİYOKİMYASAL VE FİZYOLOJİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİLERİ

Armağan KAYA

İnönü Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

237+xix sayfa

2012

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT

Bu araştırmada, *Helianthus annuus* L.”Reyna” ve *Vicia sativa* L. “Selçuk 99” bitkilerine çimlenme sonrası gelişim safhalarında flurokloridon herbisiti uygulandı. Çimlenme sonrası aşamada bu herbisitin fotosentetik pigment sistemi, yaş-kuru ağırlık parameterleri, oransal su içeriği ve bazı antioksidan enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri (1., 5., 10. ve 15. günlerde) araştırıldı. Herbisit uygulamasından sonraki 1. ve 15. günlerde kontrol grubuna kıyasla 11, 32 ve 72 mM uygulama gruplarında içsel salisilik miktarının değişimi ve 15. günde yapraklarda kalan herbisit miktarı belirlendi.

Helianthus annuus L.”Reyna” ve *Vicia sativa* L. “Selçuk 99” bitkilerine kontrol grubuna karşı, 8.8-72 mM konsantrasyon aralığında flurokloridon uygulandı.

Flurokloridonun, bir kültür bitkisi olan *H. annuus* ve herbisitin hedef bitkisi olan *V. sativa*’da pigment sistemi, yaş kuru ağırlık ve oransal su içeriğinde azalmaya, MDA seviyesinde ise artışa sebep olduğu saptandı. Flurokloridonun antioksidan savunma sistemi üzerine etkili olduğu tespit edildi. Herbisit detoksifikasyonunda önemli rol oynayan GST aktivitesi her iki bitkide de kontrole kıyasla artmakla birlikte *V. sativa*’da daha yüksek miktarlarda tespit edildi. Her iki bitkide de ROT temizlenmesinde önemli rol oynayan SOD aktivitesinde herbisit uygulamasına bağlı olarak değişimler saptandı. SOD aktivitesindeki değişimlere paralel olarak *H. annuus* bitkisinde POD aktivitesinde,

V. sativa'da ise hem POD ve hem de CAT aktivitesinde değişimler gözlemlendi. AP ve POD aktiviteleri *H. annuus*'da, SOD, CAT, GST, GR aktiviteleri ve GSH içeriği *V. sativa*'da daha yüksek miktarlarda belirlendi. Flurokloridonun, içsel SA düzeyi üzerine etkili olduğu, herbisitinin artan konsantrasyonuna bağlı olarak her iki bitkide de kalıntı miktarının arttığı belirlendi. Bununla birlikte dışsal SA uygulamasının antioksidan savunma sistemi üzerinde değişimlere sebep olduğu ve özellikle fizyolojik parametreler üzerinde herbisitinin olumsuz etkilerini azaltarak ve içsel SA miktarını arttırarak herbisit direncini geliştirdiğı tespit edildi.

ANAHTAR KELİMELELER: *Helianthus annuus*, *Vicia sativa*, klorofil, karotenoid, peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (AP), süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), glutatyon S-transferaz (GST), glutatyon redüktaz (GR), glutatyon (GSH), malondialdehit (MDA)

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

EFFECTS OF FLUROKLORIDON HERBICIDE ON SOME BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN *Helianthus annuus* L. and *Vicia sativa* L.

Armağan KAYA

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

237+xix sayfa
2012

Supervisor: Assistant Professor Ph. D. Emel YİĞİT

In this study, flurochloridone herbicide was applied to *Helianthus annuus* L.”Reyna” and *Vicia sativa* L. “Selçuk 99” plants in development phases after germination. Effects of this herbicide on photosynthetic pigment system, fresh-dry weight parameters, proportional water content and some antioxidant enzyme activities were investigated in the phase after germination (on days 1st, 5th, 10th and 15th). Change of endogenous salicylic amount and amount of herbicide residue on leaves on the 15th day were determined in 11, 32, and 72 mM applicated groups, compared to control group, on day 1st and 15th after herbicide application.

Flurochloridone in 8.8-72 mM concentration range was applied to *Helianthus annuus* L.”Reyna” and *Vicia sativa* L. “Selçuk 99” plants in comparison with control group.

It was determined that flurochloridone caused a decrease on pigment system, fresh-dry weight and proportional water content, and an increase on MDA level in *H. annuus*, which is a crop plant, and *V. sativa*, which is the target plant of herbicide. It was identified that the flurochloridone was effective on antioxidant defense system. While activity of GST playing an important part in herbicide detoxification increased in both plants compared to the control, it was determined at higher levels in *V. sativa*. Changes in activity of SOD taking important part in scavenging ROT were determined depending on herbicide application in both plants. In parallel of changes in SOD activity, changes in POD activity of plant *H. annuus*, and in both POD and CAT

activities of *V. sativa* were observed. AP and POD activities in *H. annuus*, SOD, CAT, GST, GR activities, and GSH content in *V. sativa* were determined in higher levels. Flurochloridone was effective on endogenous SA level, residual amounts for both plants increased depending on increasing concentration of herbicide. However, it was determined that exogenous SA application caused changes on antioxidant defense system and developed herbicide resistance by decreasing negative influences of herbicide especially on physiological parameters and by increasing endogenous SA level.

KEYWORDS: Chlorophyll, peroxidase (POD), ascorbate peroxidase (AP), superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT), glutathione S- transferase (GST), glutathione reductase (GR), glutathione (GSH), malondialdehyde (MDA)

TEŞEKKÜR

Gerek lisans öğrenimim gerekse yüksek lisans ve doktora çalışmalarım boyunca bana gösterdiği yakın ilgi ve desteğinden dolayı çok değerli danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Emel YİĞİT'e,

Tez izleme sürecinde değerli bilgilerini benimle paylaşan tez izleme komitesi hocalarım Sayın Prof. Dr. Dilek ASMA'ya ve Doç. Dr. Bayram Murat ASMA'ya,

Çalışmalarım esnasında benden desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Gülçin BEKER AKBULUT'a,

Adıyaman Üniversitesi'nde görev yaptığım süre içinde vermiş olduğu izinler ile tez çalışmamı tamamlamamı sağlayan Dekanım Sayın Prof. Dr. Ali BAYRI'ye ve bölüm başkanlığı süresince bu konuda bana destek veren hocam Sayın Prof. Dr. Eyyüp RENCÜZOĞULLARI'na

Bu çalışmayı 2010/115 nolu proje kapsamında destekleyen İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne;

Hayatım boyunca bana maddi ve manevi desteğini esirgemeyen aileme ve özellikle tez sürecinde hep yanımda olan sevgili kuzenim Yasemin'e,
SONSUZ TEŞEKKÜRLERİMİ SUNARIM...

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xviii
SİMGELER ve KISALTMALAR	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Çevre Kirliliği	2
1.1.1 Su Kirliliği	4
1.1.2 Hava Kirliliği	5
1.1.3 Toprak Kirliliği	6
1.1.4 Gürültü Kirliliği	7
1.1.5 Radyoaktif Kirlilik	7
1.2 Pestisitler	8
1.2.1 İnsektisitler	13
1.2.2 Fungusitler	14
1.2.3 Rodentisitler	14
1.2.4 Mollusitler	14
1.2.5 Nematisitler	14
1.2.6 Herbisitler	14
1.2.6.1 Fotosentez İnhibitörleri	16
1.2.6.2 Oksin Büyüme Regülatörleri	16
1.2.6.3 Lipid Sentezi İnhibitörleri	16
1.2.6.4 Protein Sentezi İnhibitörleri	16
1.2.6.5 Spesifik Enzim İnhibitörleri	16
1.2.6.6 Hücre Membran Bozucuları	17
1.2.6.7 Solunumun İnhibitörleri	17
1.2.6.8 Karotenoid Biyosentez İnhibitörleri	17
1.3 Flurokloridon	17
1.4 Oksidatif Stres ve Serbest Oksijen Radikalleri	19

1.4.1	Süperoksit Radikali ($O_2^{\cdot-}$).....	21
1.4.2	Hidrojen peroksit (H_2O_2)	22
1.4.3	Hidroksil radikali ($\cdot OH$).....	22
1.4.4	Singlet O_2 (1O_2).....	23
1.5	Antioksidan Savunma.....	23
1.5.1	Enzimatik Olmayan Antioksidanlar	24
1.5.1.1	Askorbik Asit (C Vitamini).....	24
1.5.1.2	Glutasyon (GSH).....	24
1.5.1.3	Prolin (Pro).....	25
1.5.1.4	α -Tokoferol (E Vitamini).....	25
1.5.1.5	Karotenoidler	26
1.5.1.6	Flavonoidler.....	26
1.5.2	Enzimatik Antioksidanlar	27
1.5.2.1	Süperoksit dismutaz.....	27
1.5.2.2	Katalaz.....	27
1.5.2.3	Peroksidazlar.....	28
1.5.2.4	Glutasyon S-Transferaz.....	29
1.5.2.5	Glutasyon Redüktaz.....	29
1.6	Lipid Peroksidasyonu.....	30
1.7	Fenolik Bileşikler.....	31
1.8	Salisilik Asit.....	32
1.8.1	Salisilik Asitin Biyosentezi.....	33
1.9	<i>Helianthus annuus</i>	35
1.10	<i>Vicia sativa</i>	36
2.	KAYNAK ÖZETLERİ.....	38
3.	MATERYAL VE YÖNTEM.....	54
3.1	Pigmentlerin Ekstraksiyonu ve Saflaştırılması.....	55
3.2	Yaş Kuru Ağırlık Tayini.....	56
3.3	Oransal Su İçeriği Tayini.....	56
3.4	Peroksidaz Aktivitesi Tayini.....	56
3.5	Askorbat Peroksidaz Aktivitesi Tayini.....	56

3.6	Enzim Ekstraksiyonu.....	57
3.7	Katalaz Aktivitesi Tayini.....	57
3.8	Süperoksit Dismutaz Aktivitesi.....	57
3.9	Glutasyon S-Transferaz Tayini.....	57
3.10	Glutasyon Redüktaz Aktivitesi.....	57
3.11	Toplam Glutasyon İçeriği.....	58
3.12	Malondialdehit (MDA) Analizi.....	58
3.13	Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi.....	58
3.14	Toplam Protein Tayini.....	59
3.15	İçsel Salisilik Asit Tayini.....	59
3.16	Kalıntı Analizi Tayini.....	59
3.17	Salisilik asit ve Flurokloridon İçin HPLC Standart Grafikleri.....	60
3.18	İstatistiki analizler.....	61
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI.....	62
4.1.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Fotosentetik Pigment Analizi.....	62
4.2.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Bitkisinde Yaprak, Gövde ve Kök Yaş Ağırlıkları.....	70
4.3.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Bitkisinde Yaprak, Gövde ve Kök Kuru Ağırlıkları.....	76
4.4.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Oransal Su İçeriği.....	80
4.5.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Peroksidaz Aktivitesi.....	82
4.6.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Askorbat Peroksidaz Aktivitesi	84
4.7.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Katalaz Aktivitesi	86
4.8.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Süperoksit Dismutaz Aktivitesi	88
4.9.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Glutasyon S-Transferaz Aktivitesi	90
4.10.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Glutasyon Redüktaz Aktivitesi.....	92
4.11.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Toplam Glutasyon İçeriği.....	94
4.12.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında MDA İçeriği.....	96
4.13.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Toplam Fenolik Madde İçeriği.....	98

4.14.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında İçsel Salisilik Asit Değişimleri.....	100
4.15.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>H. annuus</i> Yapraklarında Kalıntı Analizi Sonuçları.....	102
4.16.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Fotosentetik Pigment Analizi.....	103
4.17.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Bitkisinde Yaprak, Gövde ve Kök Yaş Ağırlıkları.....	111
4.18.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Bitkisinde Yaprak, Gövde ve Kök Kuru Ağırlıkları.....	117
4.19.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Oransal Su İçeriği.....	121
4.20.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Peroksidaz Aktivitesi	123
4.21.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Askorbat Peroksidaz Aktivitesi	125
4.22.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Katalaz Aktivitesi	127
4.23.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Süperoksit Dismutaz Aktivitesi	129
4.24.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Glutasyon S-Transferaz Aktivitesi	131
4.25.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Glutasyon Redüktaz Aktivitesi	133
4.26.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Toplam Glutasyon İçeriği.....	135
4.27.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında MDA İçeriği.....	137
4.28.	Flurokloridon ve Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Toplam Fenolik Madde İçeriği.....	139
4.29.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında İçsel Salisilik Asit Değişimleri.....	141
4.30.	Flurokloridon ve SA Uygulanan <i>V. sativa</i> Yapraklarında Kalıntı Analizi Sonuçları.....	143
5.	TARTIŞMA ve SONUÇ.....	144
5.1.	<i>H. annuus</i> ve <i>V. sativa</i> 'da Büyüme Kriterleri Üzerine Flurokloridonun Etkileri.....	145
5.2.	<i>H. annuus</i> ve <i>V. sativa</i> 'da Oksidatif Sistem Üzerine Flurokloridonun Etkileri.....	154
5.3.	<i>H. annuus</i> ve <i>V. sativa</i> 'da Salisilik Asit ve Herbisit İlişkisi.....	167
5.4.	Bitkilerde Herbisit Kalıntı Analizleri.....	168
6.	KAYNAKLAR.....	174
7.	EKLER.....	193
	ÖZGEÇMİŞ.....	237

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1.	Flurokloridonun kimyasal yapısı	18
Şekil 1. 2.	·OH radikali oluşturan reaksiyonlar a) Fenton reaksiyonu b) Haber-Weiss Reaksiyonu.....	20
Şekil 1. 3.	Lipid peroksidasyonu.....	31
Şekil 1.4.	Bitkilerde SA biyosentezinin metabolik yolu.....	34
Şekil 5.1.	Flurokloridon uygulanan (Kontrol-25 mM) <i>H. annuus</i> 'da 15.gün.....	170
Şekil 5.2.	Flurokloridon uygulanan (32-72 mM) <i>H. annuus</i> 'da 15.gün	170
Şekil 5.3.	SA+Flurokloridon uygulanan (Kontrol-25 mM) <i>H. annuus</i> 'da 15.gün.....	171
Şekil 5.4.	SA+Flurokloridon uygulanan (32-72 mM) <i>H. annuus</i> 'da 15.gün.....	171
Şekil 5.5.	Flurokloridon uygulanan (Kontrol-25 mM) <i>V. sativa</i> 'da 15.gün.....	172
Şekil 5.6.	Flurokloridon uygulanan (32-72 mM) <i>V. sativa</i> 'da 15.gün.....	172
Şekil 5.7.	SA+Flurokloridon uygulanan (Kontrol-25 mM) <i>V. sativa</i> 'da 15.gün.....	173
Şekil 5.8.	SA+Flurokloridon uygulanan (32-72 mM) <i>V. sativa</i> 'da 15.gün	173

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Hoagland kültür çözeltisinin bileşimi.....	57
Çizelge 4.1.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi.....	62
Çizelge 4.2	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi.....	63
Çizelge 4.3	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi.....	64
Çizelge 4.4	Çimlenme öncesi ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi.....	65
Çizelge 4.5.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi.....	66
Çizelge 4.6.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi	67
Çizelge 4.7.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi.....	68
Çizelge 4.8.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi	69
Çizelge 4.9.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığının değişimi.....	70
Çizelge 4.10.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığı değişimi	71
Çizelge 4.11.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığının değişimi.....	72

Çizelge 4.12.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığı değişimi	73
Çizelge 4.13.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök yaş ağırlığı değişimi	74
Çizelge 4.14.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök yaş ağırlığı değişimi	75
Çizelge 4.15.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığının değişimi.....	77
Çizelge 4.16.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığı değişimi	77
Çizelge 4.17.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığının değişimi.....	78
Çizelge 4.18.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığı değişimi.....	78
Çizelge 4.19.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığının değişimi.....	79
Çizelge 4.20.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığı değişimi.....	79
Çizelge 4.21.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriğinin değişimi.....	80
Çizelge 4.22.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriği değişimi	81
Çizelge 4.23.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi.....	82

Çizelge 4.24.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi.....	83
Çizelge 4.25.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi.....	84
Çizelge 4.26.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi.....	85
Çizelge 4.27.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi.....	86
Çizelge 4.28.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi	87
Çizelge 4.29.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi.....	88
Çizelge 4.30.	Çimlenme öncesi 0.5 mM SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi	89
Çizelge 4.31.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi.....	90
Çizelge 4.32.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi.....	91
Çizelge 4.33.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi.....	92
Çizelge 4.34.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi.....	93
Çizelge 4.35.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam GSH içeriği değişimi.....	94

Çizelge 4.36.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GSH içeriğinin değişimi	95
Çizelge 4.37.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi.....	96
Çizelge 4.38.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi.....	97
Çizelge 4.39.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriğinin değişimi.....	98
Çizelge 4.40.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriği değişimi.....	99
Çizelge 4.41.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi.....	101
Çizelge 4.42.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi.....	101
Çizelge 4.43.	Flurokloridon uygulanan <i>H. annuus</i> yapraklarında 15. günde kalıntı miktarı	102
Çizelge 4.44.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi.....	103
Çizelge 4.45.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi.....	104
Çizelge 4.46.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi.....	105
Çizelge 4.47.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi.....	106
Çizelge 4.48.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil içeriğinin değişimi.....	107

Çizelge 4.49.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi.....	108
Çizelge 4.50.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid içeriğinin değişimi.....	109
Çizelge 4.51.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi.....	110
Çizelge 4.52.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığının değişimi.....	111
Çizelge 4.53.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığı değişimi.....	112
Çizelge 4.54.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. Sativa</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak gövde ağırlığının değişimi.....	113
Çizelge 4.55.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığı değişimi	114
Çizelge 4.56	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kök ağırlığının değişimi.....	115
Çizelge 4.57.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök yaş ağırlığı değişimi.....	116
Çizelge 4.58.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığının değişimi.....	118
Çizelge 4.59.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığı değişimi	118
Çizelge 4.60.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığının değişimi.....	119

Çizelge 4.61.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığı değişimi.....	119
Çizelge4.62.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığı değişimi.....	120
Çizelge 4.63.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığı değişimi	120
Çizelge 4.64.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriğinin değişimi.....	121
Çizelge 4.65.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriği değişimi.....	122
Çizelge 4.66.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi.....	123
Çizelge 4.67.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi	124
Çizelge 4.68.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi.....	125
Çizelge 4.69	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi	126
Çizelge 4.70.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. Sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi.....	127
Çizelge 4.71.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. Sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi	128
Çizelge 4.72.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. Sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi.....	129

Çizelge 4.73.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. Sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi	130
Çizelge 4.74.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi.....	131
Çizelge 4.75.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi	132
Çizelge 4.76.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. Sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi.....	133
Çizelge 4.77.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. Sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi.....	134
Çizelge 4.78.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam GSH içeriği değişimi.....	135
Çizelge 4.79.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GSH içeriğinin değişimi	136
Çizelge 4.80.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi.....	137
Çizelge 4.81.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi	138
Çizelge 4.82	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriğinin değişimi.....	139
Çizelge 4.83.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriği değişimi.....	140
Çizelge 4.84.	Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi.....	142

Çizelge 4.85.	Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi.....	142
Çizelge 4.86.	Flurokloridon uygulanan <i>V. sativa</i> yapraklarında 15. günde kalıntı miktarı.....	143

SİMGELER VE KISALTMALAR

DDT	DDT
2,4-D	Diklorfenoksiasetik asit
EPA	Çevre koruma örgütü
ROT	Reaktif oksijen türleri
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
O ₂ ^{·-}	Süperoksit radikali
·OH	Hidroksil radikali
¹ O ₂	Singlet oksijen
POD	Peroksidaz
AP	Askorbat peroksidaz
CAT	Katalaz
SOD	Süperoksit dismutaz
GST	Glutasyon S-transferaz
GR	Glutasyon redüktaz
GSH	Redükte glutasyon
GSSG	Okside glutasyon
MDA	Malondialdehit
SA	Salisilik asit
mM	Milimolar
µg	Mikrogram
mL	Mililitre
nm	Nanometre
Kl a	Klorofil a
Kl b	Klorofil b
HPLC	Yüksek basınçlı sıvı kromatografisi
YA	Yaş ağırlık
KA	Kuru ağırlık

1. GİRİŞ

Gezegelimiz ve üzerindeki canlılar var olduğundan beri dünya üzerinde çok çeşitli yaşam ortamları oluşmuştur. Bunlar ufacık bir su birikintisinde gelişimini sürdüren kurbağa yavrularına ait çok dar yaşam ortamlarından, okyanuslara veya tropik ormanlara kadar değişen, çok büyük biyolojik sistemleri kapsamaktadır. Bu yaşam mekanlarında hava, su, kaya gibi cansız doğal varlıklar ile insan, hayvan, bitki ve mikroorganizma gibi canlı varlıklar bu sistemin öğelerini ve dolayısıyla sistemin yapısını oluşturmaktadır. Bunlar arasındaki çok çeşitli ilişki ve etkileşimlerden doğan süreçler ise, bu sistemin işlevleri olarak nitelendirilmektedir. İşte, dünya üzerindeki çeşitli canlıların, çevrelerindeki diğer canlılar ve cansız öğeler ile karşılıklı ilişki ve etkileşimler kurarak oluşturdukları yaşam dünyalarına “ekosistemler” denmektedir [1]. Ekosistem; bitki, hayvan ve mikroorganizmaların birbiriyle ve fiziksel çevreyle ilişki kurduğu sistemdir [2].

Çevre insanın sosyal, biyolojik ve kimyasal bütün faaliyetlerini devam ettirdiği bir ortamdır. Çevre çok geniş tarifi içerisinde jeoloji, hidroloji-mineroloji kaynaklarının yanında doğal veya kültür bitki örtüsünün ve insanların doğrudan etkisinde bulunduğu yüzeysel toprağı içine alır. Çevreyi insanın etkisinden ayrı olarak düşünmek mümkün değildir. Çünkü çevre, yalnızca derimizin dışındaki dünya değil, etkilediğimiz, etkilendiğimiz, biçimlediğimiz, iç dünyamızla yoğurduğumuz ve aynı zamanda kendimizi gerçekleştirdiğimiz, yani biz olduğumuz yerdir [3].

Genel olarak çevre, doğal çevre ve yapay çevre olarak iki grupta incelenebilir. Doğal çevre; doğal etkenlere ve süreçlere bağlı olarak oluşan, henüz canlıların tam olarak değiştiremediği tüm doğal varlıklardır. Yapay çevre ise; varoluşundan günümüze kadar geçen sürede büyük ölçüde doğal çevreden de yararlanılarak insanlar tarafından oluşturulan tüm değerler ve varlıklardır [4].

Günümüzde hızla artan dünya nüfusu, hızlı sanayileşme ve sağlıksız kentleşme, nükleer denemeler, tarım ilaçları, yapay gübreler, deterjanlar gibi kimyasal maddeler giderek çevreyi kirletmeye başlamış, bunun sonucu olarak kirlenen hava, su ve toprak canlılar için zararlı olabilecek boyutlara ulaşmıştır. Bu kirlilik çevre sorunu olarak değerlendirilebilir. Çevrenin kirlenmesi bazı canlı türlerinin yaşam alanlarını daraltarak bu türlerin çoğalmasını engellemekte ve bazı canlı türlerinin azalması ya da yok olması ekolojik dengenin bozulmasını tetiklemektedir [3].

Eğer bir sistem hiçbir şekilde sorun yaratmayacak şekilde işlevini yerine getiriyorsa, bu sistem dengededir denir. Bir ekosistemdeki denge çok çeşitli nedenlerle bozulabilir. Bu nedenlerin bir kısmını doğal süreçler oluşturmaktadır. Örneğin salgın hastalıklar veya kuraklık bir yaşam dünyasındaki dengeyi bozarak, bir dizi sorun yaşanmasına neden olabilir. Doğal dengeyi bozan bir diğer önemli faktör ise insandır. İnsanlar doğayı binlerce yıldan beri kendi istekleri doğrultusunda değiştirmeye çalışmışlardır. Ancak başlangıçta bu eylemleri, ekosistemin yapı ve işlevlerini değiştirememiştir. Bunun nedeni başlangıçta nüfusun azlığı, teknolojinin doğayı tahrip edecek derecede yaygın olmayışı ve buna bağlı olarak da yaşam düzeyi ve tüketimin bugünkü kadar yüksek olmamasıdır. Ne var ki insanoğlunun bugün kullandığı teknolojisi ile atmosferin doğal katmanlarını ve doğal gaz karışım oranlarını değiştirmekten, dünyadaki suların kirletilmesi ve tahribine kadar akıl almaz zararlar meydana getirmiştir [1].

1960'ların ortalarından beri ekosistemlerin biyolojik çeşitliliği ve üretkenliği insan kaynaklı kirleticiler tarafından tehdit altındadır. İklim ekstremeleri, patojenler, herbivorlar ya da hava kirleticileri gibi doğal ya da insan kaynaklı etkiler çevresel stres faktörleri olarak çalışılmaktadır. Bitkiler yüksek uyum kapasiteleri ve stres savunma mekanizmaları ile bu çevresel streslerle başa çıkabilirler. Aynı zamanda bitkiler herbisit gibi insan kaynaklı kimyasal kirleticileri yıkma kapasitesine sahiptir [5].

1.1. Çevre Kirliliği

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. Aynı zamanda “çevre kirliliği, ekosistemlerde doğal dengeyi bozan ve insanlardan kaynaklanan ekolojik zararlardır” [6].

Çevre kirliliği dünya çapında giderek artan ve etkisi özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha çok hissedilen ciddi bir tehlikedir [7]. Bu yüzden çevre kirliliği dünya çapında endişe verici bir düzeye ulaşmıştır. Ekonomik gelişme ile birlikte kentleşme ve endüstrileşme enerji tüketiminde ve atıkların çevreye boşaltılmasında bir artışa neden olmuştur [8].

Hızla artan çevre kirliliği son 50 yıldır bilim insanları ve halkın en önemli ilgi alanlarından biri olmuştur. Tarımın hızla endüstrileşmesi, kimya endüstrisinin genişlemesi ve ucuz enerji üretim ihtiyacı insan kaynaklı organik kimyasalların doğal

ekosisteme sürekli olarak bırakılmasına neden olmuştur. Bunun sonucu olarak atmosfer, su kaynakları ve topraklar değişik toksik bileşikler tarafından kirletilmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda ve uzun süreli etkileşimlerde bu bileşiklerin çoğu insanlar ve diğer organizmalar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. İnsanlar ve diğer organizmalardaki toksisite, genetik değişiklikler, kanserojen ve doğum problemleri bu olumsuz etkilere örnektir. İnsan kaynaklı toksik kimyasal bileşiklerin bazıları fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışmaya dayanıklı oldukları için, bunların çevreye olan olumsuz etkileri daha da önem kazanmaktadır [9].

Kirleticilerin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini 3 ana etmen belirler;

- 1- Kirleticilerin kimyasal yapıları
- 2- Kirlilik konsantrasyonu
- 3- Kirleticilerin alıcı ortamdaki kalma süreleri

Kirleticilerden çok zararlı, çabuk etkileyen, konsantrasyonu fazla ve uzun süre etkili olan grupların olumsuz etkileri çok daha fazla olmaktadır [4].

Çevrenin temel unsurlarından olan doğa, kendine has biyolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir [10]. Bu özellikler dikkate alındığında çevre kirliliği şu bölümlere ayrılır:

A. Biyolojik Kirlenme:

Doğal ortamı oluşturan toprak, hava ve suyun çeşitli mikroorganizmalarla kirlenmesi ve dolayısıyla mikrobiyolojik yapının bozulması mikrobiyal kirlenmeyi, aynı ortamların mikroorganizmalarla kirlenmesi ise biyolojik kirlenmeyi tanımlar. Örneğin, tarım alanlarının kanalizasyon suyu ile sulanması veya kanalizasyon sularının akarsu, göl ve denizlere boşaltılması ile kanalizasyon sularında bulunan hastalık yapıcı mikroorganizmalar toprağa, suya ve atmosfere geçerek bu ortamların mikrobiyolojik kirlenmesine yol açar [10].

B. Fiziksel Kirlenme:

Çevreyi meydana getiren toprak, su ve havanın fiziksel özelliklerinin tamamının veya bir kısmının insan, hayvan ve bitki sağlığını tehdit edecek, olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulması olayıdır. Üretimde bulunan çeşitli fabrikaların atıklarının akarsu ve göllere boşaltılması, doğal erozyon ile toprakların göl ve denizlere taşınması açık kahverenginden, kırmızı siyaha kadar değişen renk almasına neden olmaktadır. Bu olay suların fiziksel kirlenmesidir [10].

C. Kimyasal Kirlenme:

Doğal çevreyi oluşturan toprak, su ve havanın kimyasal özelliklerinin canlıların hayati faaliyetlerini ve aktivitelerini olumsuz yönde etkileyecek biçimde bozulmasıdır. Örneğin; çeşitli fabrikaların katı ve sıvı atıklarının verimli tarım arazilerine veya akarsu ve nehirlerle boşaltılması sonucu, söz konusu tarım toprakları, akarsu ve göller zararlı ağır metallere kirlenerek kimyasal kirlenmeye maruz kalır. Ayrıca pestisitlerde çevre kirliliği açısından önemli riskler oluşturmaktadır [10].

Çevre kirliliği ayrıca su, hava, toprak, gürültü kirliliği ve radyoaktif kirlilik olarak da sınıflandırılabilir [6].

1.1.1. Su Kirliliği

Su, yaşamın temel öğelerinden biridir. Su içerisinde bulundurduğu mineral ve bileşiklerle vücudumuzdaki her türlü biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde inanılmaz derecede etkin rol oynamaktadır. Vücudumuzun pH dengesinin korunmasından başlayarak, hücrelerdeki moleküllere ve organellere dağılma ortamı oluşturmaya; besinlerin, artık maddelerin ilgili yerlere taşınmasına kadar pek çok görev alır. Bu nedenle susuz hayat düşünülemez. Su aynı zamanda canlılar için bir yaşam ortamıdır [11,12].

Su kirliliği, insan faaliyetlerinden dolayı suyun fiziksel, kimyasal veya biyolojik özelliklerinde meydana gelen olumsuz değişim şeklinde tanımlanabilir. Belediyelerin kanalizasyon ve katı atıkları, endüstri ve ticari faaliyetler sonucu oluşan katı ve sıvı atıklar, toksik maddeler, tarımsal gübre ve pestisitler ile hayvansal atıklar su kirliliğine sebep olan temel kirletici kaynaklardır. Bu kirleticilerin bazıları yapıları gereği çok zararlı olmamalarına rağmen su kaynaklarına karıştıktan sonra oluşan biyokimyasal reaksiyonlar sonucunda çok zararlı olabilirler. Organik atıkların mikroorganizmalar tarafından parçalanmaları sırasında mikroorganizmalar sudaki çözünmüş oksijeni (ÇO) tüketmektedir. Ayrıca, organik atıklardaki besin maddeleri mikroorganizmaların tüketim kapasitelerinin çok üzerinde olması durumunda sucul bitki ve alg popülasyonunda patlama meydana gelerek ötrofikasyona neden olur. Mikroorganizmalar ve algler sudaki ÇO'yu tüketerek oksijen açlığına sebep olur. Bu durumda oksijene ihtiyaç duymayan aneorobik mikroorganizmalar organik maddeyi parçalamaya başlar ve oksijene ihtiyaç duyan su canlılarına zararlı olan metan ve hidrojen sülfid gibi gazlar oluşur. Sonuçta balıklar ve diğer su canlıları ölür, sudaki biyolojik çeşitlilik azalır ve ekolojik denge bozulur [9].

Akarsular çevre kirliliğinden birinci derecede etkilenen ekosistemlerdir. Evsel, endüstriyel ve tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirleticiler ilk olarak akarsulara karışmaktadır. İnsan nüfusunun az olduğu dönemlerde akarsulara karışan atık maddeler kısa bir mesafede seyreltilip doğal yollardan parçalanabiliyordu. Ancak kalkınma ile beraber gelen aşırı nüfus artışı ve sanayileşme ile evsel ve endüstriyel atıklar da çoğalarak akarsuların doğal yolla temizlenmeleri imkansızlaşmıştır [13].

Su kirliliği pek çok olumsuz ekolojik sonuçları beraberinde getirmektedir. İnsan sağlığına zararlı sulardaki kirletici maddeler, kolera, tifo, dizanteri gibi bulaşıcı ve salgın hastalıklara ve kitle halindeki zehirlenmelere sebep olabilirler [1]. Nitrat, ağır metal, pestisit ve diğer kontaminantlarla yer altı sularının kontamine olması çevre ve sağlık açısından önemli bir sorundur. Özellikle tarımsal uygulamalar sonucu pestisitlerin yer altı sularına karışması endişe vericidir [14].

1.1.2. Hava Kirliliği

Hava içinde yaşadığımız gaz ortamı oluşturma yanıda yaşam için temel bir gaz olan oksijeni tutar. Oksijen yanma olaylarını da sağlayan temel bir maddedir. Temiz hava olarak nitelendirilen atmosferin alt katmanı; azot, oksijen, karbondioksit ve çok az miktarda diğer gazlardan oluşur. Ayrıca atmosferin üst katmanında bir de ozon gazının (O_3) oluşturduğu tabaka vardır. Ozon, güneşten gelen zararlı ışınların çoğunu yansıtıp bir kısmını tutarak yeryüzüne ulaşmasını engeller. Evler, iş yerleri, sanayi kuruluşları ve otomobillerin çevreye verdikleri gaz atıklar havanın bileşimini değiştirir. Havaya karışan zararlı maddelerin başlıcaları kükürt dioksit (SO_2), karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2), kurşun bileşikler, karbon partikülleri (duman), toz vb. kirleticilerdir. Ayrıca deodorant, saç spreyleri ve insektisitlerde kullanılan azot oksitleri, freon gazları ile süpersonik uçaklardan çıkan atıklar da havayı kirletir [15].

Hava kirleticileri kimyasal kompozisyonları veya atmosfere erişimleri veya kanunlardaki sınıflamaları göz önüne alınarak sınıflandırılabilir. Kimyasal kompozisyonlarına göre;

1. Sülfür İçeren Bileşikler
2. Azot İçeren Bileşikler
3. Karbon İçeren Bileşikler
4. Halojen İçeren Bileşikler
5. Toksik Kirleticiler
6. Radyoaktif Bileşikler

olarak sıralanırken, atmosfere erişim yoluna bağlı olarak iki sınıflama yapılmaktadır. Birincil ve ikincil kriterler olarak yapılan bu sınıflandırmada birincil kriterler atmosfere kaynaktan doğrudan gönderilen ve bir değişime uğramayan kriterler; ikincil kriterler ise kaynaktan çıktıktan sonra atmosferde bulunan diğer maddelerle reaksiyona girip bu reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan bileşikler ifade eder. Ozon veya duman oluşumunda ortaya çıkan bileşikler ikincil kirleticilerdir. Oysa bunların oluşumuna zemin oluşturan hidrokarbonlar veya NO birincil kirleticiler durumundadır [9].

Hava kirliliği insan, hayvan ve bitkilerin yaşam ve sağlığını olumsuz yönde etkilemekte, yoğunluk ve etkileme süresine göre toplu ölümlere kadar akut etkileri bulunmaktadır. Bunun bir örneği 1952 yılının Kasım ayında Londra’da yaşanmış ve bir günde 750 kişi, 15 günde 4000 kişi ölmüştür. Asit yağışları canlı ve cansız materyal üzerinde önemli zararlı etkilere neden olmaktadır [1]. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde hava kirliliğinin ölümlere, kardiyovasküler sistem ve solunum sistemi üzerinde rahatsızlıklara neden olduğu bilinmektedir [16].

1.1.3. Toprak Kirliliği

Dünya üzerindeki bütün topraklar çok yönlü baskı altında bulunmaktadır. Bunun sonucunda verimli toprakların yerini, kıraç ve çorak araziler ile çöller almaktadır. Gerçekten, dünyadaki 99 ülkenin verimli toprakları çöle dönüşme tehlikesi ile yerküremiz topraklarının dörtte biri de çölleşme tehditi ile karşı karşıya bulunmaktadır [17]. Toprak kirliliği çevresel kirleticilere bağlı olarak toprağın niteliğini bozmasıdır. Başka bir tanımla toprağın verim gücünü düşürecek, optimum toprak özelliklerini bozacak her türlü teknik ve ekolojik baskılar ve olaylardır [18].

Toprak kirleticileri genel olarak organik ve inorganik kirleticiler olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Organik kirleticiler de pestisitler ve petrol atıkları olarak sınıflandırılabilir. Ağır metaller, azot, fosfor ve radyoaktif atıklar ise inorganik kirleticiler grubunu oluşturmaktadır. Bu organik ve inorganik kirleticilerin kirlettiği su kaynaklarının toprak ile temasları sonucu toprak kirliliği meydana gelmektedir. Kirletici kaynakları, tarımsal ilaç ve gübreler, endüstriyel atıklar, petrol rafinerileri, petrol istasyonları, tren yolu atıkları, kimyasal üretim fabrikaları, kuru temizleme yerleri, kimyasal atıkları depolama yapıları, temizlik malzemeleri ve çöp toplama yapılarıdır [9]. Yer altı sularında ve yüzey sularında bulunan pestisitler toprağa karıştıktan sonra uzun yıllar toprakta yıkılmadan kalabilir. Ayrıca dirençli pestisitler besin zinciri boyunca canlı organizmaların bünyesine girip burada birikebilir [19].

1.1.4. Gürültü Kirliliği

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme, çarpık kentleşme ve teknolojinin getirdiği makineleşme sonucu gürültü, önemli bir çevre sorunu haline gelmiştir. En basit kavramıyla gürültü, rahatsız edici ses veya sesler topluluğudur. Daha kapsamlı olarak; canlıların fizyolojik fonksiyonlarını olumsuz yönde etkileyen, insanların psikolojik dengesini bozan, iş yapabilme gücünü azaltan ve istenmeyen sesler olarak tanımlanır [4, 20].

1.1.5. Radyoaktif Kirlilik

Radyoaktif kirlenme hava, su ve toprak gibi alıcı ortamlara radyoaktif maddelerin karışmasıdır. Radyoaktif maddelerin diğer kirleticilere göre çok önemli bir özelliği vardır. Bunların kaynakları, yayılışları ve etkileri çok farklıdır. Bunların doğal kaynakları yeryüzündeki ve denizin dibindeki kayalar ile atmosfere gelen güneştir. Bu kaynakların dışında nükleer silah fabrikaları, nükleer silahlar, bunların denemeleri ve kullanılmaları ile nükleer enerji santralleri ve atıkları da radyoaktivite kaynakları olarak sayılabilir. Bu kaynaklardan hava ve su ortamlarına ulaşan, normal ve istenmeyen atıklar, radyoaktif kirlenmeye neden olmaktadır. Radyoaktif kirlenmenin özelliği, sadece belli bir yerde değil küresel boyutta etkili olmasıdır [4].

Radyasyon çevreyi fiziksel ve biyolojik olarak etkilemektedir. Nükleer deneme, patlama vb. sebeplerle çevreye yayılan radyoaktif maddeler, toz ve duman meydana getirerek ışığın yeryüzüne ulaşmasını engeller. Ayrıca, gelen ışınların yansımalarıyla toz bulutunun altındaki bölgelerde hava sıcaklığı düşer. Sonuç olarak, iklim şartlarında önemli değişikliklere neden olabilir. Radyasyonun biyolojik etkileri ise canlılara olan zararlarıdır. Canlıların radyasyona olan duyarlılıkları türlerine bağlı olarak değişmektedir. Örneğin, böcekler, kuş ve memelilere göre radyasyona daha dayanıklı canlılardır. Otsu bitkilerin de iğne ve geniş yapraklılardan daha dayanıklı canlılar olduğu tespit edilmiştir [13]. Radyasyonun bitkiler üzerinde etkisi çok daha açık biçimde görülebilmektedir. Yapılan denemelerde bir ortama verilen güçlü gama ışınlarının büyük tahribata neden olduğu, ağaçların belli bir süre sonra kuruduğu görülmüştür [4].

Binlerce yıl doğal ortam koşullarında, doğaya uyumlu bir biçimde yapılan bitkisel, hayvansal ve tarımsal faaliyetler çevreye zarar vermemiş ve çevre sorunlarına neden olmamıştır. Ancak hızla artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla

birim alandan daha fazla ürün alabilmek için tarıma giren yapay unsurlar, doğal ortamı bozarak çevre sorunlarına neden olmuştur. Sulama, gübreleme, ilaçlama gibi toprağı güçlendirmek ve verimi arttırmak için yapılan faaliyetler, bilinçli ve kontrollü bir biçimde yapılmalıdır. Buna dikkat edilmediğı takdirde ekolojik dengenin bozulması sonucu toprak ve su kaynakları aşırı derecede kirlenmektedir [4]. Günümüzde en yaygın kirlilik nedenlerinden olan kimyasal kirlenmede pestisitlerin rastgele kullanımı da çevre açısından önemli riskler oluşturmaktadır. Bu nedenle araştırmamızda ayrı bir başlık altında değerlendirilmeye alınmıştır.

1.2. Pestisitler

Pestisitler, modern tarımın tamamlayıcı bir bileşeni halindedir ve dünyanın tüm tarımsal ekosistemlerinde üretim süreci bir veya daha fazla pestisit uygulamasına gereksinim duymaktadır. Ürün artışına bağılı olarak, sebze ve meyvelerde yılda 10–15 defa pestisit uygulaması normal karşılanabilmektedir. Birçok uygulamada birden fazla aktif madde kullanılabilmektedir. Bu aktif maddeler özellikle hastalıkla mücadele etmek, zararlı ve yabancı otları öldürmek üzere dizayn edilmişlerdir [21].

Bitki zararlıları böcekler, kemiriciler, yabancı otlar ya da istenmeyen diğerkonakçı organizmalar olabilir [22]. Bu yüzden pestisitler diğerkimyasallar arasında oldukça önemli bir yer işgal ederler. İdeal olarak pestisitlerin zarar verici hareketleri, istenmeyen hedef organizma için yüksek derecede spesifik olmalıdır. Ancak çoğupestisit insanları da kapsayan birçok hedef olmayan organizma için toksiktir. Bu nedenle hedef olmayan organizmaların zarar görmesini engellemek için pestisitlerin kullanımı en aza indirilmelidir [23].

Hastalık, zararlı ve yabancı otların tarımsal üretimde neden olduğı kayıp ortalama olarak % 20–40 arasında değişmektedir. Bu kayıplar hasat, kurutma, depolama, işleme aşamalarında da devam etmektedir. Dünya hububat üretiminin yaklaşık % 20 si hasat öncesi ve sonrası aşamalarda kaybolmaktadır. Pestisitler hastalık, zararlı ve yabancı otların zararlarını azaltmaktadır. Bunun sonucunda üretim artmakta, kalite yükselmekte, ekonomik geri dönüş artmaktadır. Pestisit kullanımı 1940'lı yıllardan beri tarımsal üretimi arttıran en önemli bileşendir [21].

İnsanların pestisitleri tanımaları yıllar öncesine uzanmaktadır. Kutsal sayılan bazı tuzların, fethedilen yerlerin küllerinin seçici olmayan herbisit olarak M.Ö. 1200 yılında kullanıldığı, kükürdün insektisit ve fungusit özelliğinin M.Ö. 1000 yılında

keşfedildiği “Hellebore” (*Helleborus niger* (noel gülü), *Helleborus orientalis* (doğu çöplemesi) ve *Veratrum album* (ak çöpleme)) adlı bitkilerin fare, sıçan ve böceklerin kontrolü için M.Ö. 100 yılında kullanıldığı bilinmektedir. “Arsenik” M.S. 900’lerde Çinliler tarafından böceklere karşı; “Mineral yağ” M.S. 1300 yılına develerde “uyuz hastalığına” karşı kullanılmıştır. Tütün ekstraktlarının M.S.1960’da kontakt insektisit olarak, dumanlarının ise M.S. 1773’de fumigant olarak kullanıldığı literatürde yer almaktadır [24].

Doğal kaynaklı organik ve inorganik maddelerin bitki koruma alanında çeşitli zararlılara karşı kullanılmasına II. Dünya Savaşı öncesine kadar devam etmiştir. Sentetik pestisitlerin devreye girişi ile bu maddelerin yoğun olarak kullanımına geçilmiştir. Kısa sürede etkili olan ve alternatifleri de pek bulunmayan bu sentetik pestisitlerden, ilk organik fosfatlı insektisit olan tetraetilpirofosfat Bernard Shrader tarafından 1938’de, ilk organik klorlu insektisit olan DDT 1874’de sentezlenmiş ve Paul Müller tarafından 1939’da insektisit özelliği keşfedilmiştir [24].

İlk dikarbomat fungusiti olan “Zineb” Heuberger, JM ve Manns tarafından 1934’de, ilk herbisit olan “Amonyum sulfamat” Dupond tarafından 1945’de, ilk dikarboksimid fungusiti olan “Captan” Kittlesan tarafından 1949’da keşfedilmiş ve piyasaya sunulmuştur. İlk karbamat insektisitleri olan “Isolan, Dimeton, Prammat ve Pyrolan” 1951’de, ilk sentetik piretroid olan “Allethrin” ise Sumitoma tarafından 1949’da sentezlenmiş ve bitki korumada kullanılmıştır. İlk savunma etkili “Deet” 1955’de, ilk mikrobiyal insektisit olan “*Bacillus thuringiensis*” 1938’de kullanılmaya başlanmıştır. İlk bitki gelişmesini düzenleyicilerinden (PGR) olan “Etilen ve Asetilen” 1937’de, ilk hormon etkili olan 2,4-D ise 1942’de keşfedilmiştir [24].

Dünya pestisit pazarının değeri yaklaşık 30 milyon euroluk bir pazardır. Herbisitler ve insektisitler en yaygın kullanılan formülasyonlardır. Kullanılan pestisitlerin % 60’dan fazlası sebze ve hububat ekilen alanlarda kullanılmaktadır. Global kullanımın % 55’i Kuzey Amerika ve Batı Avrupa’da kullanılmaktadır, ancak Doğu Avrupa’da da dikkate değer bir artış gözlenmektedir. Batı Avrupa’da 80 milyon hektarda tarımsal üretimi yapılmaktadır. Bu alanın % 50 den fazlasında hububat üretimi yapılmaktadır ve tüm alanlarda herbisit kullanılırken, % 60–80’nin de fungusit, % 15-98 de ise insektisit kullanılmaktadır. İngiltere’de hububat ekilen alanlarda hektara 3.8 kg pestisit ve 10 farklı aktif madde kullanılmaktadır. Batı Avrupa da hektara düşen pestisit

miktarı en yüksek olan ülkeler Hollanda ve Yunanistan'dır. Yıllık pestisit kullanımı iklim koşullarına bağlı olarak sürekli değişmektedir [21,25].

Ülkemizdeki pestisit pazarı Avrupa ülkelerine oranla son derece küçüktür. Yıllık tüketim miktarı hektara 400–700 gram civarındadır. Bu pazarın parasal değeri dünya pazarının yüzde birinden azdır. Ancak ülkemizde belli bölgelerde, hektara kullanılan pestisit miktarı dünyanın en yoğun ilaç kullanılan bölgeleri düzeyindedir. Bu bölgelerde pestisit kaynaklı çevresel risk oldukça yüksektir [21].

İdeal bir pestisit yalnızca hedef organizmayı etkileyen, kalıcı olmayan ve çevresel etkileri zararlı olmayan kimyasal madde olarak tanımlanabilir. Birçok pestisit hedef dışı organizmalarda doğrudan toksik etkilere sahip olmamakla birlikte, ekosistemde taşınmakta ve zararlı olabilmektedir. Pestisitlerin kirliliğe neden olma yolları;

- Yüzey ve yer altı sularına doğrudan bulaşma
- Toprağa bulaşma
- Hedef dışı organizmalara doğrudan bulaşma
- Hedef dışı organizmaların kalıntıları nedeniyle bulaşması [21, 26].

Dar alanlarda ortaya çıkan yoğun pestisit kirliliklerinin başlıca nedeni, yetersiz ve hatalı tarımsal uygulamalar, kazayla oluşan dökülmeler, uygulama araçlarının yıkanması ve temizliğiyle ortaya çıkabilmektedir. Yaygın kirlilik, çoğu kez yeterli tarımsal uygulamaların yapıldığı alanlarda ortaya çıkabilmektedir. Genellikle kullanılan pestisitlerin önemli bölümü hedef organizma dışına gitmektedir. Pestisit uygulamalarında kullanılan miktarın % 0.1'den az bölümü hedef organizmaya ulaşırken diğer bölümü ekosisteme karışmaktadır [21].

Pestisitlerin toprağa, bitkiye veya tohumla uygulanması esnasında etkili maddenin kimyasal özelliklerine bağlı olarak çeşitli taşınım sonucunda su, hava ve toprağa ulaşarak önemli çevre sorunlarına neden olduğu bilinmektedir. Kullanılan pestisitlerin bir bölümü buharlaşarak atmosferde çevre sorunlarına neden olurken, bir bölümü de fotokimyasal yollarla parçalanarak toksik maddelere dönüşmektedir. Diğer bir bölümüyse de toprakta tutulmakta, toprak içerisinde kimyasal ve mikrobiyolojik faaliyetler sonucu parçalanmakta ve toprağı kirliletmektedir. Bir kısmı ise yağmur sel ve kar suları ile toprak yüzeyinden sürüklenerek nehir, göl ve yer altı sularını kirliletmektedir. Hiç pestisit uygulaması yapılmayan kutuplarda yaşayan canlılarda bile DDT'nin saptanması, pestisitlerin dünyadaki sirkülasyonunun etkinliğini ortaya koymaktadır [27].

Bir organizmanın ya da bir yüzeyin pestisitlerle karşılaşması pestisite maruz kalma olarak adlandırılır. Örneğin insanlar için pestisite maruz kalma pestisitlerin vücudun içinde ya da üzerinde bulunması durumudur. İnsanlar ağız, solunum, göz ve deri yolu ile pestisite maruz kalabilirler [28].

Pestisitler çeşitli özellikleri ve etkilerinden dolayı sıklıkla çalışılan bir konudur. Pestisit ürünlerine olan talep ve onları tarımsal açıdan etkin kılan uygulama konsantrasyonları açıktır ama yanlış uygulama ve yanlışlıkla pestisite maruz kalma oranı da fazladır. Üretim ve uygulama süresince ya da uygulama sonrası kalıntılar yoluyla pestisite maruz kalınabilir. Uzun zamandan beri modern tarımın önemli parçası olan pestisitlerin sebep olduğu çevre problemlerine yeterince dikkat edilmemektedir. Tarımda kimyasal pestisitlerin rastgele çevre kirliliği, ekolojik dengesizlik, sebze ve meyvelerdeki pestisit kalıntıları, insan ve hayvan sağlığına zararları ve biyolojik kontrol ajanlarının yıkımı gibi olumsuz etkilerle sonuçlanır [29].

Pestisitler uygulamadan sonra uzun yıllar boyunca çevrede kalabilirler. Pestisitler çevreye salındıktan sonra daha az zararlı bileşikler haline dönüşebilir. Bu yıkılma süreci bir günden birkaç güne kadar değişir. Pestisitlerin yıkılması onların aktif bileşiklerinin kimyasal yapısıyla ilgilidir. Dirençli pestisitlerin kalıntıları uzun bir süre çevrede kalabilir. Bu durum bazen zararlı kontrolünün sürdürülmesi açısından önemlidir. Bununla birlikte pestisit kalıntıları onlarla temas eden bitki, hayvan ve insanlar için zararlıdır [30].

Doğrudan veya dolaylı yollardan bitkisel ürünlerde kalıntı oluşturan pestisitler insan ve diğer canlılarda besin zinciri yoluyla akut veya kronik zehirlenmelere neden olabilmektedir. Pestisitlerin gereğinden fazla ve bilinçsiz kullanımı ve özellikle hasat aralığına dikkat edilmemesi gıda kontaminasyonlarındaki temel sorunların kaynağı olarak gösterilebilir. Bitkisel ve hayvansal ürünlerdeki pestisit kalıntılarının tespit edilmesi oldukça zor ve karmaşık bir işlemdir. Analizlerde birden çok pestisit aktif maddesine rastlanabilmektedir. Gıda maddelerindeki pestisit kalıntı miktarının bilinmesi insan sağlığı açısından olduğu kadar ihraç gıda ürünleri içinde önemlidir. Analizlerle kalıntı miktarları tespit edilen ürünlerin tolerans sınırlarını geçmemesi gerek tüketici gerek sevkiyatın sorunsuzca tamamlanması açısından büyük öneme sahiptir. Ülkemizde hayvansal ürünlerde pestisit kalıntıları konusunda yapılan araştırmalarda süt ürünlerinin pek çoğunda tolerans sınırlarının çok üzerinde kalıntıya rastlanmıştır. Almanya'da 9.000 besinden % 5'inin maksimum kalıntı düzeyini aştığı tespit edilmiştir.

Yine ülkemizde ambar zararlılarına karşı kullanılan pestisitlerin kullanıldığı buğdaylardan elde edilen ekmeklerde pestisit kalıntısının tamamen ortadan kalkmadığı tespit edilmiştir [27].

Çeşitli etkileri bakımından pestisitler 4 gruba ayrılır [31];

A) Kanserojen Etkili Pestisitler: Aldrin, benomil, kaptatol, kaptan, karbofuran, klorotanol, 2,4-D, linsan, thiram, trifluarin, zineb.

B) Teratojen Etkili Pestisitler: Bunlar embriyonik evrede gelişim bozukluklarına neden olan maddelerdir. Örneğin aldrin, benomil, kaptatol, kaptan, 2,4-D, MCPA, paraquat, zineb gibi.

C) Mutajen Etkili Pestisitler: Canlının genetik yapısında değişikliklere neden olan maddelerdir; aldikarb, aldrin, aldrizin, benomil, kaptafol, karbofuran, dimetoat, parakuat, simazin.

D) Alerji Yapan Pestisitler: Benomil, kaptatol, kaptan, klorotanol, lindan, nabam, paraquat, propaklor, triazin ve zineb.

Pestisitler çevrede yararlı ve zararlı bazı değişikliklere sebep olur. Kök zonuna verilen bazı herbisitlerin filtre edilmesi yabancı ot kontrolünde daha iyi sonuç verebilir. Bazen uygulanan kimyasal, hedef bölgeye ulaşmadığı zaman, çevreye salınan pestisitler zararlı olabilir. Çeşitli yollarla suya karışan herbisit hedef olmayan noktalara taşınabilir. Bu durumda kimyasal boşa gider, yabancı ot kontrolü azalır, toprak ve su kirliliği artar. Pestisitlerin bazıları rüzgar yönünde ve tasarlanan uygulama bölgesinden uzağa sürüklenebilir. Adsorbsiyon, transfer, yıkım gibi çoğu süreçler de çevredeki pestisitleri etkiler [28].

Tarımsal savaşında belirli pestisitlerin tekrarlı kullanımı sonucu, tavsiye edilen konsantrasyonun zamanla kullanıldığı zararlıyı etkilememesi ve kontrol altına alınamaması dayanıklılık olarak tanımlanmaktadır. Direnç kazanan populasyonlara karşı yüksek konsantrasyonda ve tekrarlı pestisit kullanımı, çevrede kalıntı miktarını artırmakta ve işletmeye ekonomik baskı oluşturmaktadır. Aynı zamanda yoğun ve fazla pestisit kullanımı, predatörlerin popülasyonlarına zarar vermekte ve bunun sonucu olarak o güne kadar ekonomik zarar oluşturmayan bazı zararlıların popülasyonlarında artışa neden olmaktadır [27].

Pestisitlerin çevreye zararı ile ilgili endişeler pestisit kullanımının sınırlandırılmasının önemini artırmıştır. Özellikle yeraltı sularının ve nesli tükenmekte olan türlerinin korunması çevre için çok önemlidir. EPA yeraltı suları ve nesli

tükenmekte olan türler için risk teşkil eden bölgelerde pestisit kullanımını sınırlandırmıştır. Yer altı su havzası kontaminasyonu önemlidir çünkü bunlar içme, temizlik ve yıkama suyu olarak kullanılır. EPA nesli tükenmekte olan türlere karşı pestisit tehlikesini azaltmayı ya da gidermeyi hedefler [30].

İlaçların aşırı ve bilinçsiz kullanımı istenmeyen yan etkilerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. İlaçlar insan ve çevre sağlığı ile doğal denge üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta, zararlılarla direnç sorununu ortaya çıkarmakta ve üründe kalıntıya neden olmaktadır. Bütün bu olumsuzluklar nedeniyle son yıllarda alternatif mücadele yöntemlerinin araştırılması ve kullanılması önem kazanmıştır. Alternatif veya modern mücadele yöntemlerinin başında biyoteknolojik yöntemler gelir. Hedeflenen zararlı türlerin biyoloji, fizyoloji ve davranışları üzerinde etkili olan bazı yapay ve doğal maddeler kullanarak zararlıların normal özelliklerini bozmak suretiyle uygulanan yöntemler biyoteknolojik yöntemler olarak kabul edilir [32].

Biyoteknoloji alanındaki gelişmeler mikrobiyal ürünlerin ve yeni kültür varyetelerinin geliştirilmesine yol açar. Bu yeni mikrobiyal ürünler, kültür koruma ajanının önemini arttıracak ve zamanla tarımsal kimyasalların yerini alacaktır [30].

Pestisitler kimyasal özelliklerine, etki şekillerine ve etkiledikleri organizmalara göre sınıflandırılabilirler;

1.2.1. İnsektisitler;

İnsektisitler özellikle gelişmekte olan ülkelerde böceklerin kontrolünde önemli bir rol oynar. Günümüzde kullanılan kimyasal insektisitlerin tümü nörotoksiktir ve hedef organizmanın sinir sisteminin zehirlenmesi ile etkisini gösterir. Böceklerin merkezi sinir sistemi iyi gelişmiş olup memelilerinkinden farklı değildir. Periferik sinir sistemi ise daha az karmaşıktır ama aynı zamanda dikkat çekici benzerlikler de mevcuttur. Bu yüzden insektisitler toksisite bakımından türe özgü değildir ve bu nedenle insanları da içine alan memeliler grubu için oldukça toksiktir. Seçicilik memeliler ve böcekler arasındaki detoksifikasyon mekanizmasının farklılığından kaynaklanır. İnsektisitler diğer pestisitlerle kıyaslandığında hedef olmayan organizma üzerinde daha yüksek akut toksisiteye sahiptir [23].

1.2.2. Fungusitler;

Fungal hastalıkların kontrolü kimyasal uygulaması olmaksızın neredeyse imkansızdır. Fungusidal kimyasallar basit inorganik bileşikler ve kompleks organik bileşikler gibi çeşitli yapılardan türevlenirler. Bitkilerde hastalık yapan mantarların kontrolünde kullanılan tüm kimyasallara fungusit denir. Fungusitlerin çoğu yüzeyseldir ve bitki koruyucularıdır. Bunlar fungal sporların potansiyel enfeksiyonlarından önce uygulanırlar. Sistemik olmayan fungusitler bir istila başladığı zaman tedavi edici olarak kullanılırlar. Diğerleri absorblanan ve bitki boyunca dağıtılan sistemik fungusitlerdir. Birkaç istisna ile fungusitler memeliler üzerinde daha az akut toksisiteye sahiptir. Bununla birlikte birkaç ürün genotoksisite testlerinde pozitif sonuç vermiştir ve bazıları kanserojendir [23].

1.2.3. Rodentisitler

Rodentisitler kentsel ve kırsal alanlarda kemirgenlerle mücadelede kullanılan pestisitlerdir. Rodentisitler sıçan ile farelerin hastalık yaymasını ve hasara neden olmasını önlemektedir. Bu pestisit aynı zamanda meyve bahçeleri gibi alanlarda köstebek, sincap, misk faresi, kuyruksüren ve kır tavşanının kontrolünde kullanılır. Bununla birlikte rodentisitler yabani hayatta hedef olmayan organizmalar üzerinde de önemli risk etkenidir [33].

1.2.4. Mollusitler;

Yumuşakçalara karşı kullanılan pestisit çeşididir. Kara ve sucul yılanları kontrol etmek amacıyla kullanılır ve metaldehyte, methiocarb, bakır sülfat ve sodyum pentakloropentan gibi türleri mevcuttur. Memelilere karşı yüksek derecede toksik etkiye sahip olmasına karşın, vahşi memelilerde nadir ölümlerin dışında herhangi bir probleme neden olmamaktadır [9].

1.2.5. Nematisitler;

Parazitik nematodları öldürmek için kullanılan bir pestisit çeşididir [34]. Nematisitlerin hepsi memelilere karşı oldukça toksik bir etkiye sahip olup bitkisel ve hayvansal organizmaların çoğunu öldürebilmektedir [9].

1.2.6. Herbisitler;

Kültür bitkisi yetiştirilen bütün alanlarda yabancı otlar daima sorun olmaktadır. Yabancı otlarla mücadelede birçok yöntem kullanılmakla beraber en yaygın kullanılan ve ekonomik yöntem kimyasal mücadeledir [35]. Herbisitler yabancı otları öldürme ya da zarar verme yeteneğine sahip kimyasallardır. Bunlar aynı zamanda doğal ya da sentetik

olarak üretilebilmektedirler. Doğal herbisitler allelokimyasa olarak tanımlanmaktadır. Herbisitler kimyasal sınıflarında geniş bir yelpazede yer alır ve bitki hücrelerinde birçok enerji transferi ve metabolik süreçlerde rol oynar [5, 23].

Herbisitler uygulama zamanı ve uygulama şekline göre üç farklı gruba ayrılır. **Dikim öncesi herbisitler**; bir ürün dikilmeden önce toprağa uygulanan herbisitlerdir. **Çıkış öncesi herbisitler (pre emergens)**; istenmeyen vejetasyonun ortaya çıkma zamanından önce toprağa uygulanan herbisitlerdir. **Çıkış sonrası herbisitler (post emergens)** ise ürün ya da yabancı otun çimlenmesinden sonra yaprağa ya da toprak yüzeyine uygulanan herbisitlerdir [22, 23]. Herbisitler aynı zamanda bitkilere uygulanma biçimine göre **kontakt herbisitler** ve **sistemik (taşınan) herbisitler** olarak ikiye ayrılır. Taşınabilen herbisitler toprağa ve bitkinin üst kısımlarına uygulandıktan sonra bitki tarafından absorblanıp bitkinin uzak kısımlarına dağıtılırken kontakt herbisitler uygulandığı bölgeyi etkiler. Sadece yabancı otları öldüren herbisitler **seçici herbisitler** olarak adlandırılırken tüm vejetasyonu öldüren herbisitler ise **seçici olmayan herbisitler** olarak adlandırılır. Son yıllarda transgenik teknolojinin gelişimi ile herbisite dayanıklı bitkiler geliştirilmiş ve bu durum seçici herbisitler gibi seçici olmayan herbisitlerin kullanımına da izin vermiştir [23, 36].

Kimyasal mücadelede kullanılan herbisitler sağladıkları yararların yanında yan etkileri ile de pek çok soruna neden olabilmektedir. Herbisitler uygulanma esnasında oluşan sürüklenme ile hedef alan dışındaki bitkilere zarar verebilecekleri gibi toprağa uygulandıklarında veya bitkiye uygulandıktan sonra çeşitli şekillerde toprağa karıştıklarında toprakta uzun süre kalarak kültür bitkilerinde çok ciddi kayıplara neden olabilmektedir [35].

Toprağa uygulanan herbisitler parçalanmadan belirli bir süre toprakta kalabilmektedir. Bu süre yabancı ot kontrolü bakımından oldukça önemlidir. Sürenin kısa olması yetersiz yabancı ot kontrolüne neden olacağı gibi uzun olması da çevresel bulaşmalar açısından sorun oluşturabilmektedir. Çıkış sonrası bitki yüzeyine uygulanan herbisitlerin bir kısmı yapraktan alınabileceği gibi, toprağa düşen ilaç kökler tarafından da alınabilmektedir. Bu durum herbisit uygulamasından sonra olabilecek çıkışlar dikkate alındığında yabancı ot kontrolü yönünden yararlıdır. Fakat topraktaki herbisit kalıntısı bir sonraki sezona kadar kalıyor ve özellikle o herbisite hassas kültür bitkileri bu herbisite maruz kalıyorsa fitotoksisteye sebep olabilmektedir.[35].

Etki mekanizmalarına göre herbisitler [23,37,38];

1.2.6.1. Fotosentez inhibitörleri;

Bu herbisitler apoplastik olarak taşınır ve transpirasyon sistemi ile yukarı doğru hareket ederler. Fotosentetik elektron taşıma zincirinde elektron donöründen hareketli elektron taşıyıcısına elektronların taşınmasını bloke ederler. Semptomlar sürgün üzerinde dip kısımdan uç kısma doğru gelişir. İlk olarak klorozis yaprak damarları arasında görülür ve daha sonra dokuların nekrozisi ile sonuçlanır. Bu gruptaki herbisitler mükemmel bir toprak aktivitesine sahiptir. Bunların çoğu aynı zamanda foliar aktiviteye de sahiptir. Triazinler (atrazin), urasiller (bromasil) bu gruptaki herbisitlere örnektir [37, 38].

1.2.6.2. Oksin büyüme regülatörleri;

Bu gruptaki herbisitler bitki hücrelerindeki oksin reseptörlerine bağlanarak gen regülasyonunu değiştiren ve normal bitki gelişimini bozan bir seri etkiyi tetikler. Gövde ve yaprakların eğilip bükülmesi uygulamadan sonra hızla ortaya çıkan belirtidir. 2,4-D ve benzoik asit bu gruptaki herbisitlere örnektir [37,38].

1.2.6.3. Lipid sentezi inhibitörleri;

Bu gruptaki herbisitler yağ asiti biyosentezinin ilk basamağını katalizleyen enzim olan asetil koenzim A karboksilazı inhibe ederler. Asetil koenzim A karboksilazın inhibisyonu açıl lipid biyosentezinin inhibisyonuna neden olur ve bu durum bitki ölümü ile sonuçlanır. Ariloksifenoksipropionat ve sikloheksanedion bu gruptaki herbisitlere örnektir [38].

1.2.6.4. Protein sentezi inhibitörleri;

Bu gruptaki herbisitler mikrotübül olarak bilinen hücre sel yapıları etkileyerek dolaylı yoldan mitozu etkilerler. Mikrotübüller dimerik protein tübulinlerinden oluşmuş içi boş silindirik yapılardır. Dinitroanilin ve karbamat gibi herbisitler tübulin monomerlerine bağlanıp onların polimerizasyonunu önleyerek hücre bölünmesini de inhibe ederler [38].

1.2.6.5. Spesifik enzim inhibitörleri;

Enolpirüvilşikimat-3-fosfat sentetaz enzimi aromatik aminoasitlerden olan fenilalenin ve tirozinin biyosentezinin anahtar enzimidir. Enolpirüvilşikimat-3-fosfat sentetaz enzimi glifosat tarafından inhibe ederek bu aminositlerin sentezini engeller [38].

1.2.6.6. Hücre membran bozucuları;

Bu gruptaki herbisitler bipyridillum türevlerinden olan paraquatı içerir. Bu herbisit post emergens ve seçici olmayan bir kontakt herbisittir. Paraquat bir divalent katyonik solusyon olarak uygulanır ve gösterdiği tepkimeler sonucunda hidrojen peroksit ve hidroksil radikalleri üretilir. Bunlar toksik ürünlerdir ve lipid peroksidasyonunu başlatır. Bu nedenle hücre membran bütünlüğü kaybolur, hücre içeriği dışarı akar ve ardından kuruma meydana gelir [39].

1.2.6.7. Solunumun inhibisyonu;

Dinitrofenoller (DNP) hücre için metabolik bir kimyasaldır. Elektron taşıma zinciri ile ilişkili metabolik süreçleri inhibe ederek solunumu engellerler. Mitokondriyal membrana karşı protonların taşınmasıyla gerçekleşen eşleşmemiş oksidatif fosforilasyon ATP üretimi olmaksızın hızla enerji tüketimine yol açar [40].

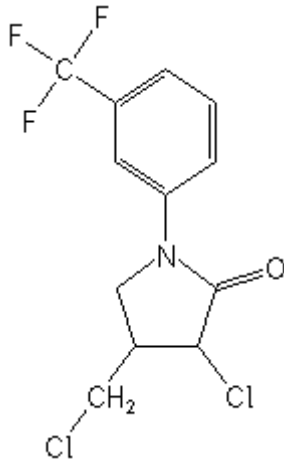
1.2.6.8. Karotenoid biyosentez inhibitörleri;

Karotenoidler fotosentezde ışığın toplanması ve klorofil molekülüne aktarılmasında önemlidir. Ayrıca oksidatif strese karşı koruyucu rol oynarlar. Karotenoid biyosentezinin inhibisyonu bitkilerde renk açılmasına sebep olur. Klorofiller bir fotondan enerji absorbladığı zaman triplet duruma dönüşebilirler. Ortamda triplet klorofili baskılayan karotenoid olmadığı zaman, aktif oksijen türleri oluşur ve tilakoid membran içindeki fotosentetik aparatlara zarar verir. Herbisitler karotenoid sentezini farklı yollarla inhibe edebilirler. Bunlardan ilki kloromazon gibi herbisitlerin karotenoid biyosentez yolunun başlangıcında izopentilpirofosfat seviyesinde izoprenoid sentezinin inhibe etmesidir. Bu etki karotenoid üretimi için spesifik değildir ama karotenoid inhibisyonu yüzünden fotodinamik hasarla sonuçlanır. Karotenoid biyosentezi inhibisyonunun ikinci yolu amitrol gibi herbisitlerin halkasallaşmayı etkileyerek karotenoid biyosentezini inhibe etmesidir. Üçüncü yol ise herbisitlerin desaturaz enzimlerini etkilemeleridir. Desaturazlar molekülde elektron ve hidrojen atomlarını gidererek çift bağ oluşturabilen dehidrojenazlardır. Bu gruptaki herbisitler fitoen desaturaz basamağında karotenoid biyosentezini inhibe ederler. Flurukloridon da bu şekilde etki gösteren bir fitoen desaturaz inhibitörüdür [41, 39].

1.3. Flurukloridon

Flurukloridon (3-kloro-4-(klorometil)-1-(3-(trifluorometil)fenil)-2-pirolidinon) bir fitoen desaturaz (PDS) inhibitörüdür. Fitoen desaturaz karotenoid biyosentez yolunda anahtar bir enzimdir. Karotenoidler serbest radikalleri temizleme aktivitesine sahiptir.

Karotenoidlerin oksidatif hasara karşı koruyucu rolü fotosentetik olan ve olmayan türleri içeren çeşitli organizmalar için çok önemlidir [42]. Flurokloridon, aksesuar pigmentlerin renginin hızla açılmasına neden olur ve bu yüzden aktif oksijen türlerinden klorofilin korunmasında ve ışığın toplanmasında önemli rol oynayan karotenoidlerin koruyucu etkisini engeller. Flurokloridon tahıl, ayçiçeği, patates ve şemsiye şeklindeki bitkilerde yabancı ot kontrolünde kullanılır. Flurokloridon kök ve gövdeden absorblanıp, karotenoid, klorofil ve absisik asit metabolitlerinin biyosentezinin engellenmesiyle yapraklarda ağarmaya sebep olan seçici bir herbisittir. Karotenoid biyosentezini inhibe eden bileşikler geniş anlamda fotosentez inhibitörleri olarak sınıflandırılır. Ancak fotosistem II inhibitörlerinin aksine herbisit uygulamasını takiben hızlıca renk açılma semptomları görülür. Rauchaud ve ark. (1996) sıcaklığın 10-20 °C arasında olduğu laboratuvar koşullarında yaptıkları bir araştırmada toprakta flurokloridonun yarılanma ömrünü 40-90 gün olarak saptamışlardır [43].



Şekil 1. 1. Flurokloridonun kimyasal yapısı [43].

Flurokloridonun toksikolojisi hakkında çok az bilgi bulunmaktadır. Şu ana kadar rodentlerde, genotoksik, kanserojenik ya da nörotoksik potansiyeli ortaya çıkarılmamıştır. Flurokloridon oral, dermal ya da solunum yolu ile alındığında ratlarda düşük ya da hafif derecede akut toksisiteyi indüklemektedir. Bununla birlikte, flurokloridon erkek üretkenliği ve hormonal sistem değişkenliklerinde olumsuz etkilere sebep olur. Kuş, balık ve aquatik omurgasızlar model olarak kullanıldığı zaman, flurokloridonun akut toksisite seviyesi hafif olarak bulunmuştur. Bununla birlikte model olarak aquatik bitkiler ve algler kullanıldığı zaman sırasıyla hafif ya da yüksek toksisite rapor edilmiştir [44]. Flurokloridonun canlıların genetik özellikleri üzerine etkileri

hakkındaki bilgiler sınırlıdır. Bildiğimiz en iyi şekilde bir tek rapor mevcuttur. *Allium cepa*’nın kök meristem hücreleri herbisite maruz kaldığı zaman, hücre döngüsü ilerleyişinde anormallik ve hücresel mitoz baskılayıcı aktivitesi saptanmıştır [45]. En sık gözlenen anormallikler c-metafaz, çok çekirdeklilik, poliploidi ve kromozomların anafazda geri kalmasıdır. Ayrıca flurokloridon uygulamasından sonra kromozomal yapışkanlık, kromozom kırılmaları, köprüleri, fragmentleri ve kardeş kromatidlerin değişimi gözlenmiştir [46].

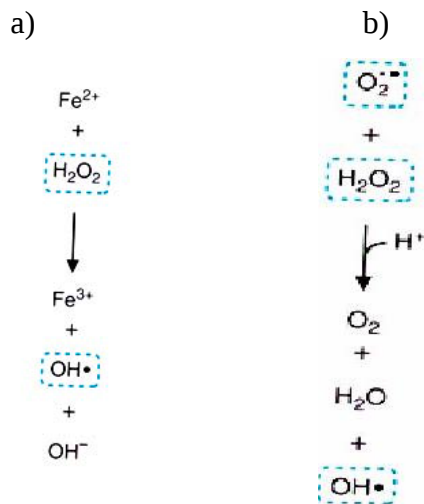
1.4. Oksidatif Stres ve Serbest Oksijen Radikalleri

Daha önce yapılan pek çok çalışmada herbisitlerin bitkilerde, hormonlar, amino asit sentezi, lipid sentezi, kök gelişimi, fotosentez, hücre membranı ve pigmentler üzerinde önemli etkileri olduğu belirtilmektedir [47, 48]. Aynı zamanda herbisitler dolaylı olarak da serbest oksijen radikallerinin üretimine neden olmaktadır. Bir ya da daha fazla eşleşmemiş elektron içeren türler serbest radikal olarak adlandırılır. Biyolojik moleküllerin bir çoğu sadece eşleşmiş elektronları içerir. Bir radikal eşleşmemiş elektronu başka moleküle transfer edebilir ya da eşleşmek amacıyla diğer molekülden elektron alabilir. Serbest radikallerin önemli bir kısmı hücresel solunumda elektronların organik maddelerden oksijene transfer edildiği son basamakta üretilir. Serbest radikal reaksiyonlarının önemli bir özelliği diğer biyolojik yapılara da zarar veren bir zincir reaksiyonu halinde ilerlemesidir [49].

Serbest radikaller, hücrelerde içsel ve dışsal kaynaklara bağlı olarak oluşturulurlar. İçsel etmenler organizmalarda normal olarak meydana gelen yükseltgenme ve indirgenme reaksiyonları ile oluşurlar. Dışsal kaynaklı etmenler arasında stres, virüsler, enfeksiyon, paraquat, alloksan gibi kimyasalların etkisi altında kalma, pestisitler, karbon tetra klorür, parasetamol gibi ilaç toksisiteleri, iyonize ve ultraviyole radyasyon, hava kirliliği yapan fitokimyasal maddeler, sigara dumanı, solventler gibi çevresel faktörler, sisplatin, nitrofurantoin, bleomisin, doksorubisin ve adriamisin gibi antineoplastik ajanlar, hiperbarik oksijen, trisiklik antidepresanlar, demir, bakır, kadmiyum, nikel, krom, civa gibi metal iyonları, asbest lifleri, mineral tozlar, ozon, karbon monoksit, silika, aflatoksin B₁ ve PBC (poliklorlubifenil)’ler sayılabilir [50].

Yaklaşık 2.7 milyar yıl önce moleküler oksijen, oksijen ile ilişkili fotosentetik organizmalar tarafından çevremize sunulmuş ve reaktif oksijen türleri (ROT) aerobik yaşamın davetsiz bileşeni olmuştur. O₂ molekülü aynı spin kuantum sayısına sahip iki

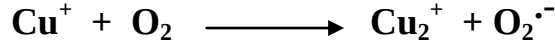
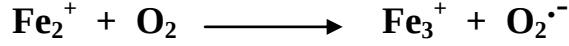
eşleşmemiş elektronlu bir serbest radikaldir. Bu spin sınırlaması hücrelere zarar veren ROT üretimine yol açan bir zamanda O_2 'e elektronların alınmasını sağlar. Aynı zamanda kloroplast, mitokondri ve peroksizom gibi hücresel kısımlarda gerçekleşen çeşitli metabolik yollar vasıtasıyla sürekli olarak ROT üretilir [51]. Fazla miktarda alınan enerji O_2 'yi daha fazla reaktif olan singlet oksijene (1O_2) dönüştürür [52]. 1O_2 diğer biyolojik moleküller ile reaksiyona girerek endoperoksit ya da hidroperoksit türevlerine dönüştürür. Süperoksit radikali ($O_2^{\cdot-}$) radikali, oldukça reaktiftir; yarı ömrü 2-4 μ s kadardır ve bu nedenle biyolojik membranları geçmeden hemen SOD ile H_2O_2 'ye dismutasyona uğratılır. Ayrıca $O_2^{\cdot-}$ radikali metal içeren enzimlerdeki Fe^{+3} ve Cu^{+2} 'yi ve kinonları indirgeyerek aktivitelerini ortadan kaldırır. $O_2^{\cdot-}$ radikalinden oluşan hidroksil radikalleri ($\cdot OH$) de biyolojik membranların sulu fazlarından geçerek, çoklu doymamış yağ asitlerinden ve lipid hidroperoksitlerden hidrojen atomu çıkarır ve oto-yükseltgenmeye neden olurlar [53]. H_2O_2 ise orta derecede reaktif ve daha uzun ömürlü bir serbest radikaldir. Enzimlerin tiyol gruplarını okside ederek onları inaktif hale getirir. Bitkilerde özellikle Calvin döngüsü enzimleri, CuZn-SOD ile Fe-SOD'un H_2O_2 tarafından inaktive olduğu bilinmektedir [54]. En reaktif ROT olan hidroksil radikali ($\cdot OH$) ise H_2O_2 'den metal katalizörlerin kullanıldığı Haber-Weiss veya Fenton reaksiyonları ile oluşmaktadır. $\cdot OH$, hücrelerin eliminasyonunda kullanılabilecekleri bir enzim sistemi olmadığından kolayca tüm biyolojik moleküller ile reaksiyona girebilir ve fazla miktarda üretildiğinde ise hücrelerin ölümüne neden olur [53,55].



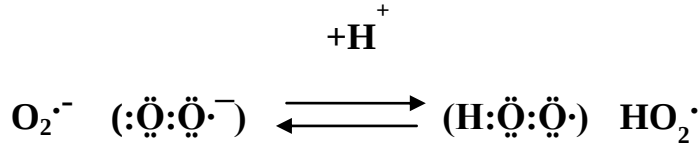
Şekil 1.2. $\cdot OH$ radikali oluşturan reaksiyonlar a) Fenton reaksiyonu b) Haber-Weiss Reaksiyonu [56, 57].

1.4.1. Süperoksit radikali ($O_2^{\cdot-}$)

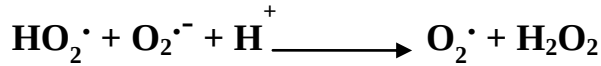
Süperoksit radikali ($O_2^{\cdot-}$) hemen tüm aerobik hücrelerde moleküler oksijenin (O_2) bir elektron alarak indirgenmesi sonucu oluşur. İndirgenmiş geçiş metallerinin otooksidasyonu süperoksit radikali meydana getirebilir.



Süperoksit radikali kendisi doğrudan olarak zarar vermez. Bu radikal anyonun asıl önemi, hidrojen peroksit kaynağı olması ve geçiş metalleri iyonlarının indirgeyicisi olmasıdır. Süperoksit radikali düşük pH değerlerinde daha reaktiftir ve oksidan hidroperoksil radikali ($HO_2^{\cdot}$) oluşturmak üzere protonlanır.



Süperoksit radikali ile hidroperoksil radikali birbirleriyle reaksiyona girince biri yükseltgenirken diğeri indirgenir. Bu dismutasyon reaksiyonunda moleküler oksijen ve hidrojen peroksit meydana gelir.



Süperoksit radikali hem oksitleyici hem indirgeyici özelliğe sahiptir. Örneğin ferrisitokrom c ya da nitroblue tetrazolium ile reaksiyonunda indirgeyici olarak davranarak bir elektron kaybeder ve moleküler oksijene yükseltgenir.

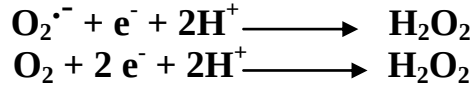


Süperoksit radikali epinefrinin yükseltgenmesinde oksidan olarak davranarak bir elektron alır ve hidrojen peroksit (H_2O_2) indirgenir. Süperoksit radikalının fizyolojik bir serbest radikal olan nitrik oksit ($NO^{\cdot}$) ile birleşmesi sonucu bir reaktif oksijen türü olan peroksinitrit ($ONOO^{\cdot}$) meydana gelir. Peroksinitrit, nitrit ($NO_2^{\cdot}$) ve nitrat ($NO_3^{\cdot}$) oluşturmak üzere metabolize edilir. Peroksinitrit, azot dioksit ($NO_2^{\cdot}$), hidroksil radikali

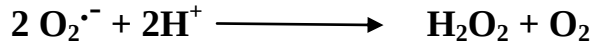
($\cdot\text{OH}$), nitronyum iyonu (NO_2^+) gibi toksik ürünlere dönüşebilir ki nitrik oksitin (NO) zararlı etkilerinden peroksinitrit sorumludur [57].

1.4.2. Hidrojen peroksit (H_2O_2)

Hidrojen peroksit (H_2O_2), süperoksidin çevresindeki moleküllerden bir elektron alması veya moleküler oksijenin çevresindeki moleküllerden iki elektron alması sonucu oluşan peroksitin iki proton (H^+) ile birleşmesi sonucu meydana gelir.



Biyolojik sistemlerde hidrojen peroksidin asıl üretimi, süperoksidin ($\text{O}_2^{\cdot-}$) dismutasyonu ile olur. İki süperoksit molekülü, süperoksidin dismutasyonu reaksiyonunda iki proton alarak hidrojen peroksit ve moleküler oksijeni oluştururlar.



Bu reaksiyon dismutasyon reaksiyonu olarak bilinir, ya spontan gerçekleşir ya da **süperoksit dismutaz (SOD)** enzimi tarafından katalizlenir. Spontan dismutasyon pH 4.8'de en hızlıdır, enzimatik dismutasyon ise spontan dismutasyonun nispeten yavaş olduğu nötral ya da alkali pH'da daha belirgindir.

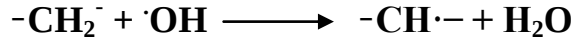
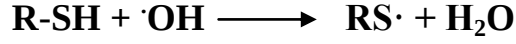
H_2O_2 bir serbest radikal olmadığı halde reaktif oksijen türleri (ROT) kapsamına girer ve serbest radikal biyokimyasında önemli bir rol oynar. Çünkü Fe^{2+} veya diğer geçiş metallerinin varlığında **Fenton reaksiyonu** sonucu, süperoksit radikalinin ($\text{O}_2^{\cdot-}$) varlığında **Haber-Weiss reaksiyonu** sonucu en reaktif ve zarar verici serbest oksijen radikali olan hidroksil radikali ($\cdot\text{OH}$) oluşturur.

Süperoksit radikalinin lipid çözünürlüğü sınırlı olduğu halde hidrojen peroksit lipidte çözünebilir. Bu nedenle hidrojen peroksit kendisinin olduğu yerden uzakta olan fakat Fe^{2+} içeren membranlarda hasar oluşturabilir [57].

1.4.3. Hidroksil radikali ($\cdot\text{OH}$)

Hidroksil radikali ($\cdot\text{OH}$), Fenton reaksiyonu ve Haber-Weiss reaksiyonu sonucu hidrojen peroksitten oluşmaktadır. Ayrıca suyun yüksek enerjili iyonize edici radyasyona maruz kalması sonucunda oluşur.

Hidroksil radikali son derece reaktif bir oksidan radikaldır, yarılanma ömrü çok kısadır. Hidroksil radikali olasılıkla reaktif oksijen türlerinin (ROT) en güçlüsüdür. Oluştığı yerde tiyoller ve yağ asitleri gibi çeşitli moleküllerden bir proton kopararak tiyol radikalleri ($RS\cdot$), karbon merkezli organik radikaller ($R\cdot$), organik peroksitler ($RCOO\cdot$) gibi yeni radikallerin oluşmasına ve sonuçta büyük hasara neden olur [57].



1.4.4. Singlet O_2 (1O_2):

Oksijen elektronlarından birinin dışarıdan enerji alması sonucu kendi dönüş yönünün tersi yönde olan farklı bir yörüngeye yer değiştirmesi sonucu oluşabileceği gibi; süperoksit radikalının nitrik oksit ile reaksiyonu ve hidrojen peroksitin hipoklorit ile reaksiyonu sonucunda da oluşabilir [55].

Aerobik organizmalarda, aerobik solunum ve çeşitli metabolik reaksiyonlar sonucu oluşan ROT, antioksidan enzim sistemleri ile detoksifiye edilirler. $\cdot OH$, $O_2\cdot^-$ ve H_2O_2 'in dahil olduğu ROT'un küçük miktarları aerobik organizmalarda iç ve dış uyarılara karşı sabit olarak üretilirler. Düşük konsantrasyonlarda ROT, hücre farklılaşmasında rol oynayan hücre içi sinyal iletimi, hücre büyümesinin durması, apoptozis, bağışıklık sistemi ve mikroorganizmalara karşı antibakteriyel etkiler gibi bir çok biyokimyasal işlemde rol oynamasına rağmen, yüksek konsantrasyonlarda ya da yetersiz detoksifikasyonlarında ciddi metabolik fonksiyon bozukluğuna ve biyolojik makromoleküllerin hasarına yol açan oksidatif strese neden olur [58].

1.5. Antioksidan Savunma

Canlılar serbest radikallerin zararlı etkilerini nötralize edecek bir antioksidan savunma sistemine sahiptir. Canlı hücrelerde bulunan protein, lipid, karbohidrat ve DNA gibi okside olabilecek maddelerin yükseltgenmesini önleyen veya geciktirebilen maddelere antioksidanlar ve bu olaya antioksidan savunma denir. Belirli bir düzeye kadar olabilen oksidan molekül artışı yine vücutta daima belirli bir düzeyde bulunan doğal antioksidanlar tarafından etkisiz hale getirilmektedir [59].

Antioksidanlar, düşük konsantrasyonlarda bile yükseltgenme süreçlerinin inhibitörüdür ve bu yüzden çeşitli fizyolojik rollere sahiptirler. Bitki materyallerinin antioksidan yapıları radikal süpürücü olarak rol oynamakta ve radikalleri daha az reaktif türlere dönüştürmektedirler [60].

Antioksidatif savunma hem enzimatik olan ve hem de enzimatik olmayan sistemleri içerir. Enzimatik olmayan sistem askorbik asit, karoten vb. içerirken, enzimatik sistem süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (AP), glutatyon S-transferaz (GST), glutatyon redüktaz (GR) gibi enzimleri içerir [60].

1.5.1. Enzimatik Olmayan Antioksidanlar

1.5.1.1. Askorbik Asit (C Vitamini)

Askorbik asit bitkilerde ROT'un yol açtığı hasara karşı korumada rol oynayan bol miktarda bulunan, güçlü ve suda çözünebilen bir antioksidandır [61, 62]. Tüm bitki dokularında bulunmakla birlikte fotosentetik hücrelerde, meristemlerde ve bazı meyvelerde daha yüksek miktarda mevcuttur. Askorbatın (AsA) konsantrasyonu tamamen gelişmiş kloroplastlı olgun yapraklarda ve klorofillerde en yüksektir. Normal fizyolojik şartlar altında yapraklarda ve klorofilde indirgenmiş durumda bulunur. AsA pek çok enzimatik olan ve olmayan reaksiyonda elektron verme yeteneğinden dolayı çok güçlü bir ROT temizleyicisi olarak düşünülür. AsA, tokoferoksil radikalinden α -tokoferol üreterek ya da $O_2^{\cdot-}$ ve $\cdot OH$ 'ı doğrudan temizleyerek membranları korur. Kloroplastlarda violaksantin de-epoksidaz kofaktörü olarak rol oynar ve aşırı eksitasyon enerjisinin dağılımını sağlar [63]. Aynı zamanda prostetik geçişli metal iyonlarını içeren enzimlerin korunmasında önemli rol oynar [51, 64].

1.5.1.2. Glutatyon (GSH)

Tripeptid glutatyon (γ glu-cys-gly; GSH) oksidatif hasarları teşvik eden ROT'a karşı savunmada önemli metabolitlerden biridir. Glutatyonun indirgenmiş formu bitki dokularında bol miktarda bulunur ve sitozol, ER, vakuol, mitokondri, kloroplast, peroksizom gibi tüm hücresel kısımlarda mevcuttur. GSH; sülfat taşınımının düzenlenmesi, sinyal iletimi, metabolitlerin konjugasyonu, ksenobiyotiklerin detoksifikasyonu ve strese cevap veren genlerin ifadesi gibi pek çok fizyolojik süreçte merkezi rol oynarlar [65, 66]. GSH aynı zamanda hücre farklılaşması, hücre ölümü, senesens, patojen direnci ve ozmotik düzen gibi birçok büyüme ve gelişme sürecinde rol oynar [51].

GSH sentezi ATP bağımlı 2 basamakta olur. Birincisinde glutamat-sistein ligaz (GCL), Cys ve Glu'dan γ -glutamilsistein oluşumunu katalizler. İkincisinde GSH oluşturabilmek için glutatyon sentaz (GS) γ -glutamilsisteine Gly ekler. GSH, GSSG'nin olduğu birçok hücresel reaksiyonlar için substrat olarak görev yapmaktadır. GSH ve

GSSG arasındaki denge hücrel redoks durumunun devamı için önemlidir. GSH, oksidatif stresin indüklediği ROT'un inhibitör etkisini gidermenin yanı sıra hücrenin normal indirgenmiş durumunun devamı için de gereklidir. GSH, $^1\text{O}_2$, H_2O_2 ve en tehlikeli ROT olan $\cdot\text{OH}$ 'ı temizleme yeteneğindedir. Ayrıca askorbat (AsA) gibi diğer suda çözünür antioksidanları üreterek antioksidan savunmada rol oynar [67]. Stres yoğunluğu arttığı zaman GSH konsantrasyonu yavaşça azalır ve redoks durumu sistemin bozulmasına neden olan daha oksitlenmiş formunu oluşturur [68]. GSH, hücrel ağır metal konsantrasyonunun kontrolünde önemli rol oynayan protein karbonillerin bir öncülüdür. GSH'ın antioksidan savunmadaki rolü, onun bir stres belirteci olarak kullanılmasına güçlü bir temel sağlar. Bununla birlikte GSH'ın hücrel konsantrasyonu onun antioksidan fonksiyonu için önemli bir etkiye sahiptir ve abiyotik stres şartları altında önemli ölçüde değişir [51].

1.5.1.3. Prolin

Prolin bir ozmolit olmasından ziyade potansiyel bir antioksidan ve programlanmış hücre ölümü inhibitörü olarak düşünülür. Prolin; bitki, hayvan ve mikroorganizmalarda enzimatik olmayan bir antioksidandır ve ROT'un olumsuz etkilerinin azalması için ihtiyaç duyulur. Serbest prolin, bir ozmotik koruyucu, protein dengeleyicisi, metal şelatörü, LPO inhibitörü ve $\cdot\text{OH}$ ve $^1\text{O}_2$ temizleyicisi olarak rol oynar [69,70]. $\cdot\text{OH}$ temizleme kapasiteleri bakımından sorbitol, mannitol, myo-inositol ve prolin karşılaştırıldığında prolinin daha etkili bir temizleme kapasitesine sahip olduğu bulunmuştur [71]. Bu yüzden prolin sadece önemli bir redoks sinyal molekülü değil aynı zamanda algleride içeren tüm bitkilerde tuz, metal ve kuraklık stresi şartları altında oluşan ROT'un etkili bir temizleyicisidir [72].

1.5.1.4. α -Tokoferol (E Vitamini)

Tokoferoller yağda çözünebilen antioksidanlardan olup ROT ve lipid radikallerinin potansiyel temizleyicileridir. Tokoferoller biyolojik membranlarda farklı fonksiyonları olan ve membran kararlılığının korunmasını sağlayan önemli antioksidanlardır. Bitkilerde kloroplastların tilakoid zarlarında yerleşmişlerdir. Bitkilerde bulunan 4 tokoferol izomeri (α -, β -, γ -, δ -) arasında en yüksek antioksidatif aktivite, moleküler yapısındaki metil gruplarının varlığı nedeni ile α -tokoferolde bulunur [73,74].

1.5.1.5. Karotenoidler

Fotosentez yapan bütün dokularda karotenoidlerin bulunuşu araştırmacılara bu pigmentlerin fotosentezde mutlaka bir rolü olabileceği fikrini vermektedir. Ancak yapılan araştırmalar karotenoidce zengin ve hiç klorofil içermeyen dokuların fotosentez yapmadığını göstermiştir. Buna göre karotenoidlerin fotosentezdeki rolü ikinci derecede önemlidir. Bugünkü bilgilerimize göre karotenoidler fotosentetik sistem içerisinde belli dalga boylarındaki ışık enerjisini absorbe edip daha sonra bunu klorofil molekülüne transfer etmekte ve böylece de fotosentez olayına katkıda bulunmaktadır [75].

Ayrıca bazı araştırmacılara göre karotenoidler, aşırı ışık ve bol oksijenli ortamda klorofilin parçalanmasını (foto oksidasyonunu) önler ve aşırı ışığın neden olduğu fizyolojik doku yaralanmalarına karşı bitkiyi korur [75]. Bitkilerde $O_2^{\cdot-}$ parçalayan enzimler bulunmasına rağmen karotenoidler ya triplet durumdaki klorofilden veya oluşan singlet oksijeninden uyarılmış elektronları almak suretiyle dolaylı ya da dolaysız olarak $O_2^{\cdot-}$ oluşumunu engellerler [76].

Karotenoid pigmentleri bitkilerde ve mikroorganizmalarda bulunur. Doğada 600'den fazla karotenoid vardır. Karotenoid bitki metabolizmasında oksidatif stres direncini de içeren çok sayıda fizyolojik olayda rol oynayan yağda çözünür bir antioksidandır. Bitkilerde karotenoidin 3 önemli fonksiyonu gerçekleşir:

- 1) 400-550 nm dalga boyundaki ışınları absorblayıp klorofile transfer ederler (ışık toplama görevi).
- 2) Chl^3 , 1O_2 ve fotosentez esnasında doğal olarak üretilen diğer zararlı serbest radikallerden fotosentetik aparatları korurlar (antioksidan görevi).
- 3) Tilakoid membranın kararlılığı ile ışık toplayan kompleks moleküllerin kararlılığı ve PSI'in birleşmesi için önemlidir (yapısal görevi) [51, 77, 78].

1.5.1.6. Flavonoidler

Flavonoidler bitkiler aleminde yaygın olarak yapraklarda, floral kısımlarda ve polenlerde bulunur. Flavonoidler genellikle bitki vakuollerinde glikozidler olarak birikirler. Aynı zamanda yaprak yüzeyinde ve bitkinin diğer toprak üstü kısımlarında sıvı salgılar olarak göze çarpar. Flavonoidler yapısal özellikleri temel alınarak flavanol, flavon, azoflavon ve antosiyaninler olarak sınıflandırılır. Flavonoidler çiçek, meyve ve

tohum pigmentasyonunda, UV korumasında, fitopatojenlere karşı savunmada, polen çimlenmesinde ve bitki fertilizasyonunda rol oynar. Aynı zamanda bitki-mikroorganizma ilişkisinde sinyal molekülüdür. Flavonoidlerin bir diğer görevi serbest radikalleri hücreye zarar vermeden nötralize etmektir. Bu nedenle stres şartları altında bitkiler için oldukça önemlidir. Flavonoidler halka yapılarına bağlı hidroksil gruplarının düzenlenişi ve sayısı vasıtasıyla fonksiyon gösterirler. Flavonoidlerin antioksidan olarak rol oynaması, radikallerin erişilebilirliğine ve onların radikalleri indirgeme potansiyeline bağlıdır [79-81].

1.5.2. Enzimatik Antioksidanlar

1.5.2.1. Süperoksit dismutaz

Bir metaloenzim olan SOD (EC 1.15.1.1); ROT'un neden olduğu oksidatif strese eğilimli olan tüm protoplazmik kısımlarda ve tüm aerobik organizmalarda sık rastlanan en etkili hücre içi enzimatik antioksidandır [51]. Stres şartları altında ROT artışı hem hücresel zararı hem de koruyucu cevapları indükler. SOD genleri, reaktif ROT miktarındaki artışa bağlı olarak çevresel strese duyarlıdır. SOD, süperoksitin H_2O_2 'ye dismutasyonunu katalizler. Bu reaksiyon doğal dismutasyondan 10.000 kat daha hızlıdır [82].

SOD'un birkaç tipi vardır. Ancak hepsi ortak bir paydayı paylaşır. Onlar tüm aerobik organizmalarda bulunan metaloenzimlerdir ve süperoksit radikalinin O_2 ve H_2O_2 'ye dönüşümünü katalizlerler.



SOD'un, CuZn SOD, Mn SOD ve Fe SOD olmak üzere üç büyük ailesi vardır. Bitkilerde CuZn SOD çok boldur ve sitozol, kloroplast ve apoplasta yerleşmiştir. Mn SOD mitokondriye yerleşmiştir. Fe SOD ise sınırlı sayıda bitkide mevcuttur ve kloroplasta yerleşmiştir [5].

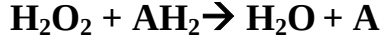
1.5.2.2. Katalaz

Katalaz (EC 1.11.1.6), H_2O_2 'i H_2O ve O_2 'e ayırma yeteneğine sahip ($2 H_2O_2 \rightarrow 2 H_2O + O_2$) tetramerik yapıda "hem" içeren bir enzimdir ve stres şartları boyunca ROT'un detoksifikasyonu için zorunludur. CAT çok yüksek turnover oranına sahip enzimlerden biridir ve her bir dakikada bir molekül CAT yaklaşık 6 milyon H_2O_2 molekülünü H_2O ve O_2 'e dönüştürür [51,83]. Birçok hücresel kompartmanda bulunan

AP'nin aksine CAT, peroksizom ve glioksizomlarda sınırlandırılmıştır. Bu bölgelerde sırasıyla fotorespirasyon ve yağ asitlerinin β -oksidasyonu süresince oluşan H_2O_2 'i uzaklaştırırlar. Katalaz, H_2O_2 için çok düşük bir affiniteye sahiptir [5].

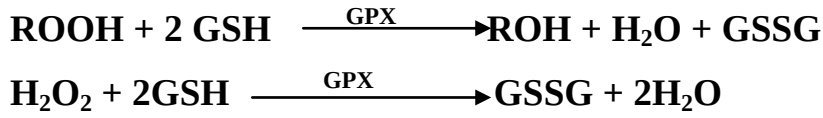
1.5.2.3. Peroksidazlar

Peroksidazlar, mikroorganizmalarda, bitki ve hayvan dokularında bulunan, H_2O_2 ve çeşitli redüktantlar arasındaki yükseltgenmeyi katalizleyen önemli bir enzim sınıfıdır [84].



Peroksidazlar genellikle hidrojen peroksitin zararlı etkisinden hücreleri koruyan antioksidanlar olarak düşünülür. Bununla birlikte peroksidazlar, bivalent demiri trivalent duruma oksitlediklerinde ve NADH gibi indirgeyici ajanlardan elektronları O_2 'e transfer ettiklerinde oksidant olarak rol oynayabilirler. Peroksidaz bağımlı bir diğer reaksiyon ise süperoksit varlığında H_2O_2 'den hidroksil radikalinin oluşmasıdır [85].

Glutasyon peroksidazlar (EC 1.11.1.12), hayvansal peroksidazlar süper familyasında sınıflandırılmasına rağmen bu enzimin aktivitesi aynı zamanda bitkilerde de belirlenmiştir [85]. Glutasyon peroksidazlar membranın yıkım ürünlerine karşı koruyucu görev yaparlar. Glutasyon peroksidaz aşağıdaki reaksiyonları katalizler;



Askorbat peroksidaz (EC 1.11.1.11), yüksek bitkilerde, alglerde, öglene ve diğer organizmalarda hücreleri korumak ve ROT'u temizlemek için önemli rol oynar AP, kloroplastlarda, peroksizomlarda, glioksizomlarda, mitokondri ve sitozolde bulunur. AP, hidrojeni AsA'dan aldığı bir elektronla suya indirger [51].

AP, AsA-GSH döngülerinde H_2O_2 'nin temizlenmesi ile ilişkilidir ve elektron donorü olarak AsA'yı kullanır [51]. AP hem içeren bir proteindir ve H_2O_2 için yüksek bir affiniteye sahiptir. Enzim elektron donorü olarak AsA için yüksek bir spesifiteye sahiptir. Sitozolik izoformlar alternatif elektron donorleri kullanabilirler. Sitozolik izoformlara karşın kloroplastik AP, AsA'nın yokluğunda kararsızdır [5, 86].

AP, dizilim ve fizyolojik farklılıklar açısından bitkilerden izole edilen guaiakol peroksidazdan farklıdır. Guaiakol peroksidaz (EC 1.11.1.7), indol-3-asetik asite (IAA) ayrılır. Bu enzim H_2O_2 tüketimi ile oluşan biyotik strese karşı savunmada ve lignin

biyosentezinde rol oynar. GP elektron donorü olarak guaiakol ya da guaiakolün %1'i oranında askorbatı oksidize eden piragallolu kullanır [51].

1.5.2.4. Glutasyon S-Transferaz

Glutasyon transferazlar aynı zamanda glutasyon S- transferazlar olarak da bilinir. GST (EC 2.5.1.18), ilk olarak 1960'larda hayvanlarda tanımlanmıştır. Tripeptit glutasyon (γ -glutamil-sistenil-glisin) ile ilaçların konjugasyonunun katalizlenmesinde önemli rol oynarlar. GST çeşitli reaktif elektrofilik bileşikler ile glutasyonun konjugasyonunu katalizler ve böylece onların aktif elektrofilik kısımlarını nötralize ederek bileşiği suda daha çözünür hale getirir. GST'ler yükseltgenmeden türevlenen lipid hidroperoksit (ROOH) gibi ürünlerin yıkımında rol oynamanın yanında glutasyon peroksidaz gibi rol oynayarak doğrudan koruyucu aktivite gösterebilirler [5].

GST'ler kültür bitkileri ve yabani otlar arasında herbisitlerin seçiciliğinin klasik araçları olarak yer alır. Kültür bitkilerinde herbisit hasarına karşı koruyucu olarak herbisit enzimatik glutasyonla konjugasyonu hızlı iken yabani otlarda herbisit metabolizması daha yavaştır ve bu durum daha fazla fitotoksisiteyle sonuçlanır. Kültür bitkilerinde ve yabani bitkilerde GST aktivitesi ve herbisit glutasyon konjugasyonunun oranı kıyaslandığı zaman, detoksifiye edici GST seviyesi kültür bitkilerinde yabani otlardan daha fazla bulunmaktadır [5].

Bitki GST'leri herbisit detoksifikasyonu, hormon düzenlenmesi, antosiyaninlerin vakuolar ayrılması, tirozin metabolizması, hidroperoksit detoksifikasyonu, apoptosisin düzenlenmesi ve biyotik ve abiyotik streslere karşı bitkinin verdiği cevaplarda rol oynar [87]. Noctor ve ark. (2002) GST'lerin DNA, RNA ve proteine zarar veren ya da bunlarla reaksiyona girebilen sitotoksik ve genotoksik bileşikleri giderme potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir [88]. Aslında GST'ler GSH'ın yardımı ile peroksitleri indirgeyebilirler ve sitotoksik ve genotoksik etki yapan bileşiklerin radikal temizleyicilerini oluşturabilirler. Bitki GST gen familyasının soya fasulyesinde 25, mısırda 42 ve Arabidopsis'te 54 üyesi bulunmuştur. Bunlar genellikle sitoplazmik proteinlerdir ama mikrozomal, plastidik, nüklear ve apoplastik izoformları mevcuttur [51].

1.5.2.5. Glutasyon Redüktaz

Glutasyon redüktaz GR (EC 1.6.4.2); prokaryot ve ökaryotlarda bulunan bir flavoprotein oksidoredüktazdır [89]. GR, AsA-GSH döngüsünün potansiyel enzimidir ve GSH'ın indirgenmiş durumunu devam ettirerek ROT'a karşı savunma sisteminde

önemli rol oynar. Bu enzim genel olarak kloroplastlarda bulunmakla birlikte çok az miktarda mitokondri ve sitozolde bulunabilmektedir [90, 91]. GR bitkilerde antioksidant süreçler ve birçok metabolik düzenlemeyle ilişkili bir molekül olan GSH'ın GSSG'den indirgenmesini katalizler. Bir disülfat köprüsü ile bağlanmış 2 adet GSH'dan oluşan GSSG, GR tarafından tekrar GSH'a dönüştürülür. GR oksidatif strese karşı savunma ile ilişkilidir. GSH ise hücresel sistem içinde önemli bir rol oynar ve GST için bir substrattır [51].

1.6. Lipid Peroksidasyonu

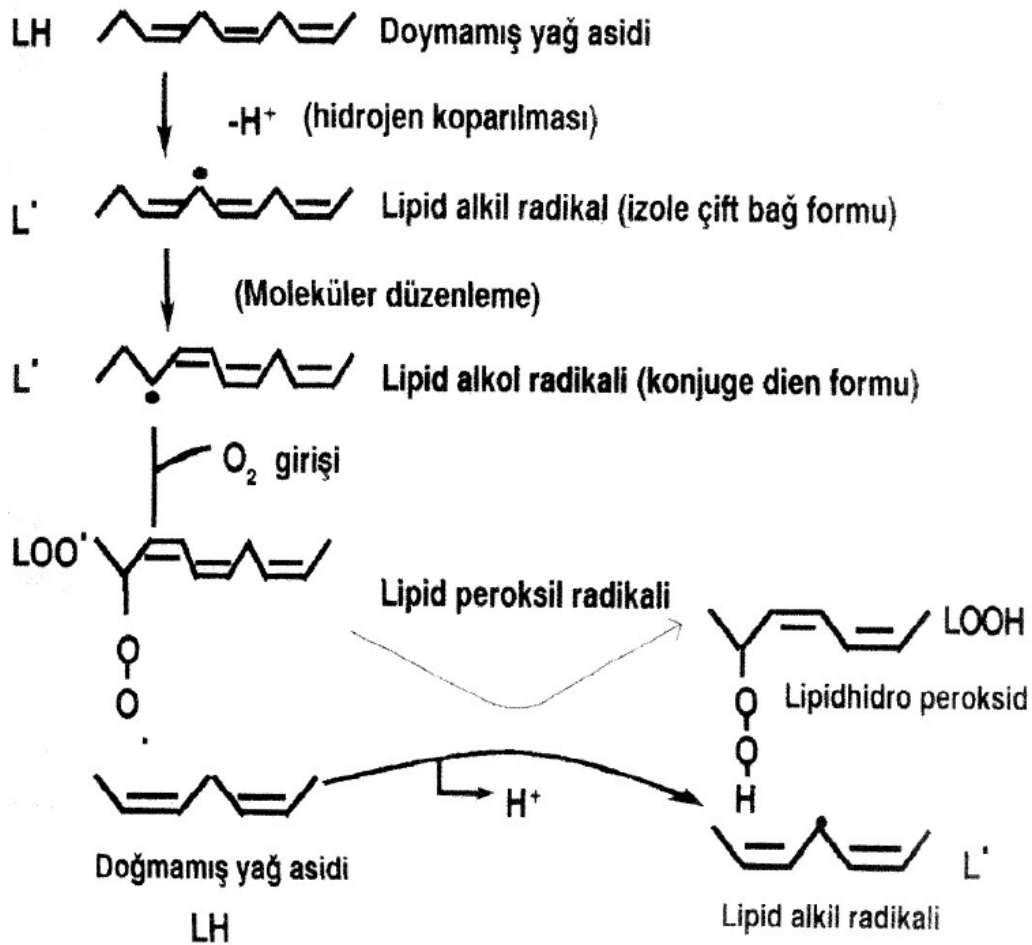
Lipidler serbest radikallerin etkilerine karşı en hassas olan biyomoleküllerdir. Hücre membranlarındaki kolesterol ve yağ asitlerinin doymamış bağları, serbest radikallerle kolayca reaksiyona girerek peroksidasyon ürünleri oluştururlar. Çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidatif yıkımı lipid peroksidasyonu olarak bilinir. Lipid peroksidasyonu kendi kendini devam ettiren zincir reaksiyonu şeklinde ilerler ve oldukça zararlıdır. Hücre membranlarında lipid serbest radikalleri ($L^{\cdot}$) ve lipid peroksit radikallerinin ($LOO^{\cdot}$) oluşması, ROT'un neden olduğu hücre hasarının önemli bir özelliği olarak kabul edilir. Serbest radikallerin sebep olduğu lipid peroksidasyonuna "**enzimatik olmayan lipid peroksidasyonu**" denir. Hücre membranlarında lipid peroksidasyonuna uğrayan başlıca yağ asitleri çoklu doymamış yağ asitleridir. Lipid peroksidasyonu genellikle yağ asitlerindeki konjuge çift bağlardan bir elektron içeren hidrojen atomlarının çıkarılması ve bunun sonucunda yağ asidi zincirinin bir lipid radikali niteliği kazanmasıyla başlar.

Lipid radikali ($L^{\cdot}$) dayanıksız bir bileşiktir ve bir dizi değişikliğe uğrar. Lipid radikallerinin ($L^{\cdot}$) moleküler oksijenle (O_2) etkileşmesi sonucu lipid peroksit radikalleri ($LOO^{\cdot}$) oluşur. Lipid peroksit radikalleri ($LOO^{\cdot}$), membran yapısındaki diğer çoklu doymamış yağ asitlerini etkileyerek yeni lipid radikallerinin oluşumuna yol açarken kendileri de açığa çıkan hidrojen atomlarını alarak lipidperoksitlerine ($LOOH$) dönüşürler ve böylece reaksiyon kendi kendini katalizleyerek devam eder.

Lipid peroksidasyonu sonucu oluşan lipid peroksitlerinin ($LOOH$) yıkılımı geçiş metalleri iyon katalizini gerektirir. Plazma membranı ve subsellüler organel lipid peroksidasyonu serbest radikal kaynaklarının hepsiyle uyarılabilir ve geçiş metallerinin

varlığında artar. Lokal olarak hidrojen peroksitten (H_2O_2) Fenton reaksiyonu sonucu hidroksil radikali ($\cdot OH$) oluşması zincir reaksiyonunu başlatabilir.

Lipid peroksitleri (LOOH) yıkıldığında çoğu biyolojik olarak aktif olan aldehitler oluşur. Bu bileşikler ya hücre düzeyinde metabolize edilirler veya başlangıçtaki etki alanlarından diffüze olup hücrenin diğer bölümlerine hasarı yayarlar. Üç veya daha fazla çift bağ içeren yağ asitlerinin peroksidasyonunda malondialdehit (MDA) meydana gelir [57].



Şekil 1.3. Lipid Peroksidasyonu [92]

1.7. Fenolik Bileşikler

Fenolik bileşikler bitkilerde pentoz fosfat, şikimat ve fenilpropanoid yollarından türetilen sekonder metabolitlerdir. Fenolik bileşikler bitki savunmasında temel rol oynamasa da korunmasında büyük öneme sahiptir. Fenolik bileşikler geniş çapta karasal bitkilerde ve fotosentetik sucul organizmalarda bulunmaktadır. Bu bileşiklerin çeşitli

dokular arasındaki kalitatif ve kantitatif dağılımı bitkilerin gelişim aşamasından ve gelişim şartlarından etkilenir [93-95].

Yapısal olarak fenolik bileşikler aromatik bir halka ve bir ya da daha fazla işlevsel 'OH gruplarından oluşur. Basit fenolikler, moleküllerden yüksek derecede polimerize olan bileşiklere kadar sıralanır. Yapısal çeşitliliğine rağmen bu bileşiklerin tüm grupları genellikle polifenol olarak adlandırılır [93].

Bitki polifenollerinin indirgeyici ajanlar, hidrojen verici antioksidanlar ve tekli oksijen bekçileri gibi çoklu fonksiyonel özelliklere sahip olduğu bilinir. Flavonoidler ve onların türevleri bitki polifenollerinin en geniş ve en önemli grubudur [93].

Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivitesi onların serbest radikalleri temizleme, hidrojen atomları, elektron ve şelat metal katyonlarını verme yeteneğinden kaynaklanır. Fenolik bileşiklerin yapısı onların radikal temizleme ve metal şelatlama aktivitelerinin belirlenmesinde anahtar rol oynar ve bu durum yapı aktivite ilişkisi olarak tanımlanır. Örneğin fenolik asitlerin antioksidan aktivitesi, karboksil fonksiyonel grupları ile bağlantılı olan hidroksil gruplarının sayısına ve pozisyonuna bağlıdır. Fenolik asitlerin antioksidan aktivitesi, yüksek antioksidan aktiviteye sahip trihidroksillenmiş gallik asitte olduğu gibi hidroksilasyon derecesinin artışıyla paraleldir. Bununla birlikte syringik asitteki gibi metoksil grupları ile 3 ve 5. pozisyonundaki hidroksil gruplarının yer değiştirmesi aktiviteyi azaltır [93].

Çevresel sinyal ve değişimlere cevap verme yeteneği, tüm organizmaların hayatlarını sürdürebilmeleri için önemlidir. Hayvanlar çevresel değişimlere karşı eşsiz bir bağışıklık sistemine sahiptir. Bitkiler ise strese karşı ayrıntılı savunma mekanizmaları geliştirmektedir. Bitkiler hücrel metabolizmalarını değiştirerek ya da çeşitli savunma mekanizmalarına başvurarak abiyotik strese cevap verebilirler. Stres şartları altında bitkinin hayatta kalması; uyarıları alma, üretme, sinyal iletme ve biyokimyasal değişimleri teşvik etme yeteneğine bağlıdır. Ca^{+} , etilen, jasmonik asit, salisilik asit (SA) gibi bazı ajanlar sinyal üretici olarak düşünülmektedir. SA hem farmasotik özellikleri ve hem de bitki ve hayvanlardaki evrensel uygulamaları nedeniyle dikkat çekmektedir [96].

1.8. Salisilik Asit

Münih'de 1828 yılında söğüt kabuğundan ilk kez çok az bir miktarda salisin izole edilmiştir. Bu madde 10 yıl sonra salisilik asit olarak adlandırılmıştır. SA'nın sentetik olarak ilk ticari üretimin 1874 yılında Almanya da gerçekleşmiştir. 1898 yılında

Bayer tarafından SA'nın analogu olan aspirin üretilmiş ve dünyada en popüler ilaçlardan biri olmuştur. 19. yy boyunca salisilat grubuna ait çoğu bileşik çeşitli bitkilerden izole edilmiştir [97].

SA, genellikle bir hidroksil grubu ya da onun fonksiyonel türevini taşıyan, aromatik bir halkaya sahip bitki fenoliklerinin bir grubudur. Son yıllarda bitkilerde salisilik asidin biyolojisi ile ilgili yapılan çalışmaların sonucunda, salisilik asidin diğer birçok fenolik bileşik gibi, bitki büyümesinin düzenlenmesi, gelişimi ve diğer organizmalarla etkileşiminde temel rol oynadığı görüşü ortaya çıkmıştır [98]. SA ve yakın analoglarının mısır ve soya fasulyesinde yaprak alanını ve kuru madde üretimini arttırdığı [99], buğdayda çimlenme öncesi uygulandığında fide gelişimi ve çimlenmeyi teşvik ettiği [100] ve hardalda düşük konsantrasyonlarda yaprak yüzeyine spreyci olarak uygulandığında kuru madde birikimini arttırdığı belirtilmiştir [101]. Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda SA inhibitör etki göstermektedir [102]. SA bitkilerde metabolik cevapların birçoğunu oluşturabilir ve aynı zamanda fotosentetik parametreler ve bitki-su ilişkisini etkiler. Düşük konsantrasyonlarda SA ile ön işlem gören buğday tohumlarının fidelerinde pigment içeriğinin arttığı oysa ki yüksek konsantrasyonlarda uygulanan SA'nın faydalı etki göstermediği bilinmektedir [103].

Aynı zamanda bitkilerde oynadığı rol göz önüne alındığında SA'nın bir bitki hormonu olduğu da kabul edilmektedir [104]. SA, ozon ve UV gibi abiyotik streslerin etkisiyle ya da patojen enfeksiyonundan sonra indüklenir. SA, jasmonik asit ve etilen gibi diğer fitohormonlarla birlikte çalışır ve çevresel şartlar altında bir ya da daha fazla sinyal için optimum cevabı belirleyen çapraz ya da sinerjistik sinyal ağının bir parçasıdır [105]. Bununla birlikte uygun konsantrasyonlarda dışsal SA uygulamasının bitkilerde antioksidan sistem etkinliğini arttırdığı belirtilmektedir [106].

1.8.1. Salisilik asitin biyosentezi

Bitkilerde SA (orto-hidroksi benzoik asit) oluşumu için iki metabolik yolun bulunduğu ileri sürülmektedir. Bu yollarda, SA'nın β -oksidasyon ve orto-hidroksilasyon reaksiyonlarının oluşum sıralarının birbirinden farklı olduğu saptanmıştır. Bu yönüyle, sağlıklı ve virüs inoküle edilmiş tütün bitkilerinde salisilik asidin, benzoik asit aracılığıyla sinamik asitten türevlendiği kanıtlanmıştır (Şekil 1.4). Buna göre, *Agrobacterium tumefaciens* ile enfekte olmuş genç domates fidelerinde, sinamik asitin orto-kumarik aside orto hidroksilasyonunun arttığı ve ardından kumarik asitin β -oksidasyonu ile SA oluştuğu ortaya çıkarılmıştır. Sağlıklı bitkilerde ise, salisilik asidin

The diagram illustrates the metabolic pathway of phenylalanine and its connection to lignin and other natural compounds. At the top, a chemical structure of 3,4,5-trihydroxybenzoic acid (gallic acid) is shown. Below it, a large hollow arrow points to the structure of Phenylalanine (Fenil alanin), which is $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}(\text{COOH})-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_5$. A solid arrow points from Phenylalanine to the structure of L-Trans-cinnamic acid (l-Sinamik asit), $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_5$. From L-Trans-cinnamic acid, two dashed arrows with question marks lead to the structures of o-Coumaric acid (o-Kumarik asit) and Benzoic acid (Benzoik asit). o-Coumaric acid is $\text{HOOC}-\text{CH}=\text{CH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$ (with OH at the ortho position), and Benzoic acid is $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_5$. A dashed arrow also points from o-Coumaric acid to the structure of 3-Hydroxybenzoic acid, $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$ (with OH at the meta position). A dashed arrow points from Benzoic acid to 3-Hydroxybenzoic acid. At the bottom, a text box states: "Lignin, flavaonoidler, ksantinler, fenoller, benzoik asit ve diger dogal bileşikler".

Bitkilerin farklı doku ve organları üzerinde yapılan araştırmaların sonucunda, SA'nın bitkilerde her zaman ve her yerde bulunabildiği ortaya çıkarılmıştır. SA aynı zamanda bitkilerin strese tepkisinde rol oynayan önemli bir sinyal moleküldür. Şu anki bilgiler ışığında SA'nın bitkilerde oksidatif stresten, patojen enfeksiyonu, UV-radyasyonu ve diğer çevresel streslere kadar yayılan geniş bir yelpazede birçok stres faktörüne karşı tepki cevaplarında rol oynadığı bilinmektedir [98].

34

indükler. Ekzojen olarak uygulanan süksinatta, katalaz aktivitesi üzerine SA'nın inhibitör etkisine benzer etki gösterir [85].

SA, sistemik direncin oluşmasında anahtar bir sinyal moleküldür. SA, kök hücreleri tarafından O_2^- sentezini teşvik eder ve nötral pH'da ekstrasellular peroksidaz aktivitesini indükler. Bununla birlikte bu etkiler salisilata özgü değildir. Bazı di ve tri karbonik asitler süperoksit üretimini uyarır ve peroksidazı aktive eder. SA'nın sistemik direncin gelişmesindeki rolü ekstrasellular peroksidazı indüklemesinden kaynaklanır. Stres şartları altında bitki hücreleri bitki boyunca taşınabilen SA salgırlar. SA zayıf bir deterjan olarak iş görür ve hücre yüzeyinin elektrik yükünü değiştirerek çözünabilir peroksidaz izoformlarının apoplasta sekresyonunu kolaylaştırır [85].

Bitkilerde patojenlere karşı direnç geliştirilmesinde de SA önemli rol oynar. SA patojenle ilişkili PR proteinlerinin indüksiyonunda endojen bir sinyal molekülü olarak rol oynar. Patojen saldırısı boyunca lokal ve sistemik olarak SA artışı görülür. Ayrıca SA çiçeklenmede de rol oynar, giberellinler gibi düzenleyici moleküllerle birlikte pek çok bitki türünde çiçeklenmeyi teşvik ederler. Yapılan çalışmalar, SA'nın en yüksek seviyesinin patojenle enfekte edilen bitkilerde ve termojenik bitkilerin çiçeklenmesinde ortaya çıktığını göstermiştir [104].

1.9. *Helianthus annuus*

Ayçiçeği *Helianthus annuus* L. (Asteraceae), günebakan, gündöndü ve günçiçeği olarak da bilinen tek yıllık, nektarlı bir bitkidir. Ayçiçeği, tüm dünyada en önemli yağ bitkileri arasında kabul edilen bir endüstri bitkisidir ve *Helianthus* cinsine bağlıdır. Bu cinse ait bitkiler tek ya da çok yıllık otsulardır. Yapraklar aşağıda karşılıklı, üstte alternattır. Kapitulum geniş, tek veya korimbozlardır. İnvolukrum brakteleri çok şeritli ve imbrikattır. Palea vardır ve dilsli çiçekler verimsizdir. Orta ve Güney Amerika'da doğal yayılış gösterir [107]. *Helianthus* cinsine bağlı 67 tür bulunmakla birlikte, bunlardan yalnızca *H. annuus* L. ve *H. tuberosus* L. türlerinin yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır [108].

Tüm *Helianthus* türleri arasında *Helianthus annuus* L. (Ayçiçeği) tohumlarından sabit yağ elde edildiği için önemli bir kültür bitkisi olarak önem kazanmıştır. Genel olarak bakıldığında, yemeklik bitkisel yağların yüzde olarak büyük çoğunluğunu ayçiçek yağı oluşturmaktadır. Ülkemizde de bitkisel yağ ihtiyacının karşılanmasında ayçiçeği yağının payı % 63 gibi yüksek bir orana sahiptir. Yurdumuzda ayçiçeği

bitkisinin ekimine, 1918 yılından sonra başlanmış ve Ege, Trakya-Marmara bölgelerinin en çok yetiştirilen bitkisi olmuştur [109].

Ayçiçeği kuraklığa dayanıklı bir bitki olmasına rağmen, yazları kurak geçen yerlerde sulanmadan da yetiştirilemez. Tuzlu ve çorak topraklar dışında her türlü toprakta yetişebilir. Potasyum ve kireç yönünden zengin toprakları sever. Çapa bitkileri ve baklagillerden sonra ekildiğinde yüksek verim elde edilir. Ayçiçeği, Romanya ve Yugoslavya'da beş yılda bir, Rusya'da on yılda bir, ülkemizde ise üç-dört yılda bir ekilmektedir [109].

Phylum : Plantae

Divisio : Magnoliophyta

Classis : Magnoliopsida

Ordo : Asterales

Familya : Asteraceae

Genus: *Helianthus*

Species: *Helianthus annuus*

1.10. *Vicia sativa*

Vicia cinsi bitkiler genellikle sarılıcı, bir, iki ya da çok yıllık otsu bitkilerdir. Fabaceae (Baklagiller) familyası içerisinde yer alan fiğde yapraklar genellikle paripinnattır. Çiçekler tek ya da yaprak koltuğunda rasemus durumundadır. Stamenler diadelfdir [107]. Fiğ (*Vicia* L.) cinsi içerisinde 150 kadar tür bulunmaktadır. Bu türlerden 59 adeti Türkiye vejetasyonunda doğal olarak kendiliğinden yetişmektedir. Tarımı yapılan tür sayısı ise 14 kadardır. Ülkemizde en çok adi fiğ (*Vicia sativa* L.) tarımı yapılmaktadır [110].

Türkiye'de hatta bütün dünyada fiğ türleri içinde en çok yetiştirilen ve tanınan türü Adi fiğ teşkil etmektedir. Adi fiğin ana vatanı Akdeniz bölgesi ve Batı Asya'dır. Yurdumuzun her bölgesinde yetiştirilmektedir. Ekim alanı giderek genişlemektedir. Adi fiğ çeşitli amaçlarla yetiştirilebilir. Yeşil ve kuru otu çok lezzetli ve besleyicidir. Adi fiğ'in yeşil otun da ortalama % 24 ham protein bulunur. Fiğ taneleri kırılarak hayvanlara verilebilir ve protein oranı % 20'nin üzerindedir. Tohum için hasat edilen fiğin samanı oldukça besleyicidir [111].

Phylum: Plantae
Divisio: Magnoliophyta
Classis: Magnoliopsida
Ordo: Fabales
Familya: Fabaceae
Genus: *Vicia*
Species: *V. sativa*

V. sativa ve *H. annuus* ile ilgili yapılan literatür değerlendirmelerinde farklı stres koşullarına (herbisit, ağır metal vb...) verilen antioksidan cevaplarla ilgili araştırmalara rastlanılmıştır [112-114]. Yapılan bu araştırmada literatür taramasında flurokloridonun *V. sativa* ve *H. annuus* üzerine etkilerine dair belirlediğimiz parametrelerle ilgili çalışmaya rastlanmadığı için bu iki bitki çalışma materyali olarak seçilmiştir. Flurokloridonun toksisitesini değerlendirmek için *Helianthus annuus* cv “Reyna” ile *Vicia sativa* bitkilerinde flurokloridonun pigment sistemi, lipid peroksidasyonu, SOD, CAT, GST, GPX, AP ve toplam fenolik bileşik içeriği üzerine etkileri ile aynı bitki gruplarında yaş ağırlık ve kuru ağırlık tayini, oransal su içeriği incelenmiştir. Ayrıca savunma sisteminde etkili olduğu bilinen SA’nın flurokloridon zararına karşı savunmadaki rolünü aydınlatmak için SA’lı ve SA’sız uygulama gruplarındaki belirtilen parametreler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Uygulama gruplarında 1 ve 15. günlerde içsel SA içeriğindeki değişimler ve 15. günde de herbisit kalıntı analizi araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Pestisitler; böcekler, rodentisit ve yabancı otlarla mücadelede kullanılan kimyasallardır. Bununla birlikte pestisitler hedef organizma dışındaki diğer organizmalar içinde zehirli ve öldürücüdür. Bu kimyasallar uygulandıkları alandan daha uzağa taşınarak hava, su ve toprak kirliliğine neden olabilirler [115].

Herbisitler yabancı otlarla mücadelede kullanılan pestisit grubudur. Herbisitler kullanılan pestisitler arasında doğaya en çok zarar veren grup olarak nitelendirilmektedir. Bu nedenle son yıllarda herbisitlerin toksik etkileri ve bunlara karşı hücrelerin verdiği cevaplar hakkında yoğun araştırmalar yapılmaktadır [116].

Prometrin tarımsal uygulamalarda yabancı ot kontrolü için geniş çapta kullanılan bir herbisittir. Jiang ve ark. (2009), buğdayda prometrinin indüklediği oksidatif stresi araştırmışlardır. Prometrinin indüklediği oksidatif stresin SOD, POD, CAT, AP ve GST'yi içeren antioksidan enzimlerin aktivitesinde önemli değişimlere neden olduğu saptanmıştır [117].

Peixoto ve ark. (2008), 2,4-D, paraquat ve dicamba kullanarak üç farklı herbisit patates tuberlerindeki antioksidan sistem üzerine etkisini incelemişlerdir. Paraquat düşük konsantrasyonlarda CAT aktivitesini indüklerken yüksek konsantrasyonlarda inhibe etmiştir. Buna karşın 2,4-D ve dicamba CAT aktivitesini uyarmıştır. SOD aktivitesi ise paraquat tarafından güçlü bir şekilde uyarılırken 2,4-D ve dicamba sadece yüksek konsantrasyonlarda etkili olmuştur. GST aktivitesi paraquat tarafından zayıf bir şekilde inhibe edilirken 2,4-D ve dicamba enzim aktivitesini teşvik etmiştir [118]. Paraquat ile ilgili bir diğer çalışmada Vicente ve ark. (2001) tarafından yapılmıştır. Paraquat mikrozomal ve mitokondriyal redoks sistemi ile ilgili varsayılan toksisite mekanizmaları yolu ile hayvanlar için toksiktir. Bu herbisit yüksek ROT üreterek bitkilerde de etki gösterdiği bilinmektedir. Araştırmacılar tarafından paraquatın bitki ve hayvanlar üzerinde oluşturduğu antioksidan cevaplar kıyaslandığında her iki türün mitokondrilerinin farklı hassaslıkta olduğu saptanmıştır. SOD aktivitesi ve α -tokoferol patates mitokondrilerinde rat mitokondrilerinden daha yüksek olarak belirlenmiştir. Ayrıca paraquat tarafından indüklenen lipid peroksidasyonu patatesten daha yüksek bulunmuştur [119].

Liu ve ark. (2009), kuraklık stresi ve paraquat uyguladıkları kabak kültüründe MDA, O_2^- ve H_2O_2 içeriği ile antioksidan enzim aktivitelerini araştırmışlardır. Kuraklık stresi etkisi ile MDA, O_2^- ve H_2O_2 içeriğinde bir artış saptamışlardır. Bununla birlikte

paraquatla ön muamele uygulanan bitkilerde MDA, $O_2^{\cdot-}$ ve H_2O_2 içeriğinin ön muamele yapılmayanlara kıyasla daha düşük çıktığını bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar kuraklık stresi ve paraquat uygulamasının SOD, CAT, GP, AP, DHAR (dehidroaskorbat redüktaz), MDHAR (monodehidroaskorbat redüktaz) ve GR enzim aktiviteleri ile GSH ve AsA (redükte askorbat) içeriğini artırdığını saptamışlardır. Her iki stres faktörünün kombine etkisini incelediklerinde antioksidanların en yüksek aktiviteye ulaştığını gözlemişlerdir [120].

Klorotoluron geniş çapta kullanılan bir herbisittir. Song ve ark. (2007), bu herbisit bitkilerde antioksidan sistem üzerine etkisini belirlemek amacı ile buğday bitkisinde klorotoluron uygulaması ile birlikte lipid peroksidasyonu, SOD, CAT ve POD aktivitelerindeki değişimi araştırmışlardır. Araştırmacılar herbisit uygulamasının konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak membran lipid peroksidasyonunda, SOD, CAT ve POD aktivitesinde bir artış görüldüğünü belirtmişlerdir [121].

Klamazon pre-emergens olarak uygulanan bir herbisittir. Kana ve ark. (2004), klamazonun arpa yapraklarında pigment sistemi üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu araştırmada, klamazon uygulamasının yapraklarda klorofil (a+b) ve karotenoid içeriğinde bir azalmaya neden olduğunu belirtilmiştir [122].

Samuel ve Bose (1987), yeşil bir alg olan *Chlorella protothecoides*'e bir pridazinon herbisiti olan Sandoz 9785 uygulayarak pigment içeriğindeki değişimleri incelemiştir. Herbisit uygulamasının karotenoid ve klorofil içeriğini azalttığını ve Kl a'daki azalmanın Kl b'den daha fazla olduğu belirtmişlerdir. Ayrıca Kl a/Kl b oranında bir azalma olduğu saptanmıştır [123].

Couderchet ve Vernet (2003), flazasulfuron herbisitinin *Scenedesmus obliquus*'da pigment sistemi üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda araştırmacılar herbisit konsantrasyonunun artışına bağlı olarak pigment içeriğinde bir azalma saptamışlardır. Bununla birlikte, Kl a'nın diğer pigmentlerden daha hassas bir biyolojik belirteç olduğunu belirtmişlerdir [124].

Saladin ve ark. (2003), flumioxasin herbisitinin asmada neden olduğu fizyolojik değişimleri incelemişlerdir. Araştırmacılar herbisit uygulamasının 7. günün sonunda kuru ağırlık, ozmotik potansiyel ve karbonhidrat içeriğinde bir azalmaya sebep olduğunu saptamışlardır. Kuru ağırlık ve karbonhidrat içeriğinde 14. ve 21. günlerde kontrole kıyasla bir artış gözlenirken, aynı günlerde ozmotik potansiyelde azalışın devam ettiğini belirtmişlerdir [125].

Atrazin fotosistem II boyunca elektron akışını bloklayan fotosentetik bir herbisittir. Alla ve Hassan (2006), mısır bitkisine 20 gün boyunca tavsiye edilen (1.79 kg ha^{-1}) arazi konsantrasyonlarında atrazin uygulayarak bitkinin sürgün gelişimindeki değişimleri değerlendirmişlerdir. Ayrıca bu araştırmada antioksidan seviyesinin atrazine farklı cevaplar verdiği saptanmıştır. Herbisit konsantrasyonunun artışı ile paralel artan zaman dilimiyle atrazinin sürgün yaş ve kuru ağırlığını önemli ölçüde azalttığı, ancak H_2O_2 , lipid peroksitler ve karbonil gruplarını belirgin şekilde artırdığı saptanmıştır. Aynı grup bitkilerde, SOD, CAT, AP, GP ve GST aktivitesinin inhibisyonu ile askorbik asit ve redükte glutatyon içeriği azaldığı belirtilmiştir [126]. Akbulut ve Yiğit (2010) tarafından yapılan bir araştırmada atrazinin MDA içeriği, POD ve AP aktivitesinde önemli değişimlere neden olduğu saptanmıştır. Bu araştırmada MDA içeriğinde ve POD aktivitesinde 10. günde, AP aktivitesinde ise 15. günde bir azalış dikkat çekmiştir [127].

Burhan ve Shaukat (2000), bazı kültür bitkilerinin çimlenmesi ve gelişmesi üzerine atrazin ve fenolik bileşiklerin etkilerini çalışmışlardır. Fenolikler toprakta birikip allelopatik etkiye sebep olarak çimlenme ve gelişmeyi engelleyebilen sekonder metabolitlerdir. Araştırmacılar atrazinin çimlenme ve gelişmeyi inhibe ettiğini bununla birlikte atrazin ve fenolik bileşiklerin bu etkiyi daha da belirginleştirdiğini saptamışlardır [128].

Propanil (3,4-dikloropropionanilid), pirinç bitkisine post emergens uygulanan seçici bir kontakt herbisittir. Bu herbisit yüzey sularında bulunabilir ve aquatik vasküler bitkiler için potansiyel risk teşkil eder. Mitsou ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada herbisit toksisitesini değerlendirmek için bir akuatik bitki olan *Lemna minor* seçmişlerdir ve toksisite testlerinde 24 gün sonunda *Lemna minor* kültürlerinin gelişiminin inhibisyonunu kriter olarak ele almışlardır. Elde edilen sonuçlar *Lemna*'nın herbisit tarafından etkilendiğini göstermiştir. Araştırmacılar propanil uygulamasından sonra ksenobiyotik mekanizma ve antioksidan sistemle ilgili olan POD ve GST cevaplarını araştırmışlardır ve elde edilen sonuçlar propanilin antioksidan sistem enzimlerini etkilemediğini belirtmişlerdir. Kültür ortamında 4 gün sonra 3,4 DCA (3,4-dikloranilin) bulunmuştur. Muhtemelen 3,4 DCA, açıl asilamidler tarafından hidroliz ya da asetil CoA tarafından asetilasyon yolu ile oluşmaktadır. Bu durum *Lemna*'da propanilin birikme ve metabolize olma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir [129].

Klorimuron-etil Çin'in kuzey doğusunda soya fasulyesi üretiminde yabancı otlarla mücadelede yaygın olarak kullanılan bir herbisittir. Wang ve Zhou (2006), klorimuron etil stresi altında buğday bitkilerinde MDA ve klorofil içeriğindeki ve SOD ve POD aktivitesindeki değişimleri incelemişlerdir. Elde edilen bulgular herbisit uygulamasının kök ve yapraklarda MDA içeriğini artırdığını göstermiştir. Herbisitin 70-300 mg/kg konsantrasyonlarında uygulanmasının ise klorofil içeriğinde önemli bir azalmaya neden olduğu öne sürülmüştür. POD aktivitesi köklerde yapraklardan daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun dokuya özgü gen ifadesinin bir sonucu olabileceği belirtilmiştir. Antioksidan sistemdeki hasar klorimuron-etilin uygulama konsantrasyonuna ve maruz kalma süresine bağlı olduğu rapor edilmiştir. Uzun süreli maruz kalmada antioksidan enzimlerin koruyucu etkisinin tamamen kaybolduğu, kök ve yapraklarda 300 µg/kg klorimuron-etilin çözünür protein içeriğinde ve SOD aktivitesinde bir azalmaya neden olduğu ve SOD aktivitesindeki değişimlerin herbisit konsantrasyonunun artışı ile uyumlu olmadığı belirtilmiştir [130].

Laktofen difeniller grubuna ait bir herbisittir. Yapılan araştırmalara göre difeniller uygulanan dokularda protoporfirin IX floresans spektrumlu bir pigmentin biriktiği saptanmıştır. Işıktaki güçlü tekli oksijen jeneratörleri olarak bilinen porfirinler nedeniyle uygulama yapılan bitkilerde onların birikimi membran lipidlerinin ışık bağımlı peroksidasyonuna yol açabilir ve herbisidin etkisine bağlı olarak membran bozulması görülebilir. Nitrik oksit (NO) bazı herbisitler tarafından üretilen ROT'u temizleyebilir. Ferreira ve ark. (2010) yaptıkları bir çalışmada bir NO donorü olan sodyum nitroprusid (SNP) ile ön muamele gören soya fasulyesi bitkilerinin laktofen tarafından üretilen oksidatif strese karşı koruma sağlayıp sağlayamayacağını araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar NO'nun lipid peroksidasyonunu tamamen önleyemediğini ancak laktofen tarafından üretilen ROT'u tamamen temizleyebildiğini ve fotosentetik pigment yıkımını önlediğini ortaya çıkarmıştır. NO tarafından ROT temizlenmesinin SOD, CAT, POD gibi mevcut substratların azalmasına neden olduğu rapor edilmiştir [131].

Duman ve ark. (2010), tribenuron-metil herbisitini hedef olmayan bir bitki olan *Nasturtium officinale* üzerine uygulamış ve tribenuron-metil'in büyüme oranı, lipid peroksidasyonu, fotosentetik pigmentasyon, protein içeriği ve antioksidan enzimler üzerine etkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada 0.5 mg/L tribenuron-metil'in bitki gelişimini negatif etkilediği belirtilmiştir. Herbisite en duyarlı fotosentetik pigmentin

klorofil olduğu saptanmıştır. Herbisitin AP aktivitesini inhibe ederken SOD aktivitesini uyardığı belirtilmiştir. Ayrıca herbisite karşı oluşturulan biyolojik cevapların, herbisitin konsantrasyonu ve uygulama süresi ile etkilendiği araştırmacılar tarafından gözlenmiştir [132].

Difenil eter herbisitlerini içeren bisiklik herbisitlerin birkaç kimyasal sınıfı yeşil bitki dokularının klorozise uğramasına ve kurummasına neden olur. Bu herbisitler ışığa duyarlı hale getiren porfirin yolunun aracısı protoporfirin IX birikimine sebep olarak herbisidal etki gösterir. Buğday difenil eter herbisidine duyarlı olarak bilinir. Choi ve ark. (1999), bir difenil herbisit olan oksifluorfenin buğday bitkisinde gösterdiği gelişimsel ve fizyolojik cevapları, bu herbisite duyarlı olan arpa bitkisi ile kıyaslayarak çalışmıştır. Herbisitin sebep olduğu hücrel sızıntı, klorofil kaybı ve lipid peroksidasyonunun arpa bitkisinde buğdaydan daha fazla ortaya çıktığı saptanmıştır. Oksifluorfen uygulanan buğday ve arpa yapraklarında artan konsantrasyona bağlı olarak protoporfirin birikimi görüldüğu ve birikimin arpa yapraklarında daha fazla olduğu belirtilmiştir [133].

Glifosat geniş spektrumlu seçici olmayan bir post emergens herbisittir. Moldes ve ark. (2008), glifosat direncine sahip olan ve olmayan soya fasulyelerinin ikişer çeşidinin yaprak ve köklerinde klorofil seviyesi, lipid peroksidasyonu, CAT, AP, POD ve SOD aktiviteleri, çözünebilir aminoasit seviyeleri ve protein profili üzerine glifosat uygulamasının etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada, dirençsiz kültürlerde glifosat uygulamasının klorofil içeriğinde azalmaya neden olurken lipid peroksidasyonu üzerine önemli bir etki göstermediği belirtilmiştir. Bununla birlikte kök ve yapraklardaki çözünebilir aminoasit seviyesindeki artışın dirençsiz kültürlerde dirençli kültürlerle kıyasla daha belirgin olduğu saptanmıştır. Köklerdeki CAT aktivitesinin dirençsiz kültürlerde arttığı ve dirençli kültürlerde değişmediği, yapraklardaki CAT aktivitesinin dirençli olan ve olmayan kültürlerde inhibe edildiği belirtilmiştir. POD aktivitesinin dirençsiz kültürlerin her ikisinde ve dirençli kültürlerin birinde arttığı, köklerdeki AP aktivitesinin dirençli kültürlerin birinde arttığı gözlenmiştir. Çözünür protein profilinin dirençli ve dirençsiz soya fasulyesi kültürlerinde glifosat uygulamasından etkilenmediği belirtilmiştir. Bu hatlara glifosat uygulandığı zaman SOD ve CAT'ın yeni izoenzimlerinin oluşumu rapor edilmiştir. Glifosat tarafından oluşturulan düşük seviyedeki oksidatif stres bitki ölümü ile ilişkilendirilmemiştir. Çözünür amino asitlerin potansiyel antioksidan rolünün, lipid peroksidasyonunun azalmasından sorumlu

olabileceği ifade edilmiştir. Köklerdeki CAT aktivitesinin ve yapraklardaki çözünür amino asitler glifosat direncinin indikatörleri olarak kullanılabileceği belirtilmiştir [134].

Glifosat ile ilgili bir diğer çalışma Basantani ve ark. (2011) tarafından yapılmıştır. GST'nin sekiz sınıfından biri olan tau sınıfı GST'ler bitkiye özgüdür ve özellikle de ksenobiyotik ve oksidatif stres metabolizmasıyla ilişkilidir. Çoğu herbisitlerin farklı bitki türlerinde tau sınıfı GST'leri spesifik olarak indüklediği bilinir. Basantani ve ark. (2011), *Vigna radiata*'nın 2 çeşidinin köklerinde glifosat uygulamasından sonra tau sınıfı GST'lerin teşvik edildiğini belirtmişlerdir. Bu iki varyetede indüklenen tau sınıfı GST'lerin farklı olduğunu ve uygulama yapılmayan kontrol grubunda bulunan tau sınıfı GST'lerin de iki varyetede farklı olduğunu belirtmişlerdir [135].

Soltani ve ark. (2010), glifosatın kış hububatları üzerine etkisini araştırmıştır. Bu çalışma sonucunda herbisit artan konsantrasyonlarına paralel olarak sürgün kuru ağırlığının da azaldığını saptamışlardır [136].

Romero ve ark. (2010), yaptıkları bir uygulamada herbisit uygulamasına dirençli soy *Chlorella kessleri*'de oksidatif strese neden olan metabolik değişimleri incelemiş ve glifosatın toksisitesini araştırmışlardır. Herbisit artan konsantrasyonlarına maruz kalan gruplarda 96. saatte gelişimin inhibe edildiği saptanmıştır. Glifosatın 50-70 mg/L konsantrasyonda uygulandığı gruplarda protein ve MDA içeriğinin kontrole kıyasla arttığı rapor edilmiştir. SOD, CAT aktivitesi ve redükte glutatyon seviyesi konsantrasyona bağlı olarak arttığı belirtilmiştir. Morfolojik çalışmalar vakuolleşmede, hücre ve sporangiyum boyutunda artış olduğunu göstermiştir. Oksidatif stres teşvikini artıran bir mekanizma ile glifosat formülasyonunun *C. kessleri* üzerinde sitotoksik etkiye sahip olduğu araştırmacılar tarafından saptanmıştır. Glifosat ile bitki etkileşimine bağlı olarak SOD, CAT aktivitesi ve MDA seviyesi gibi oksidatif stres parametrelerinin, test edilen diğer gelişme parametrelerinden daha hassas biyobelirteçler olduğu belirtilmiştir [137].

Kim ve ark. (2004), mısır bitkisinde fluridonun etkilerini araştırmışlardır. Fluridon bir fitoen desaturaz inhibitörüdür ve bu herbisit imalatı ve ithalatı 01.01.2009 tarihinden itibaren ülkemizde yasaklanmıştır. Araştırmacılar tarafından mısır bitkisinin üçüncü yaprağında yaklaşık % 40'lık bir gelişim görüldüğü zaman herbisit uygulaması yapılmıştır. Bu durumun yaprak renginin beyaz ve yeşil karışımı olmasına neden olduğu

belirtilmiştir. Herbisit uygulanmasından sonra yaprağın bazal kısmının tamamen beyaz, orta kısmının soluk yeşil ve yaprak ayasının apikal kısmının ise yeşil olduğu gözlenmiştir. Orta kısım ve apikal kısımda PS II boyunca elektron taşınımının etkin kuantum kazancının inhibe edildiği, karanlığa adapte edilmiş örneklerde maksimum floresans kazancı/karanlığa adapte edilmiş örneklerin farklı floresans kazancı oranının azaldığı ama karanlığa adapte olan örneklerin minimum floresans kazancının arttığı, H₂O₂ birikiminin uygulama gruplarında kontrol grubundan daha yüksek olduğu ve yine aynı bitki kısımlarında hücrel sızıntının beyaz kısımdan daha hızlı ve belirgin olduğu belirtilmiştir. Beyaz kısımda ise Fo, Fm ve kazanç değerleri klorofil kaybı yüzünden neredeyse sıfıra yakın olduğu, karotenoid, tokoferol ve askorbik asit gibi antioksidanların seviyesinin uygulama yapılmayan kontrol grubundan daha düşük olduğu belirtilmiştir. Beyaz kısımlarda SOD 3.47 kat, POD 3.21 kat, CAT 1.59 kat ve GR ise 1.21 kat daha yüksek bulunduğu rapor edilmiştir. Özellikle SOD ve POD aktivitesinin senesens süresince artma eğiliminde olduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda ikinci beyaz yaprağın senesensi süresince MDA'da görülen önemli değişimden önce solmanın arttığı ve esmerleşmenin başladığı, solma ve negrosizden önce karbonhidrat içeriğinin önemli oranda azaldığı gözlenmiştir. Bununla birlikte karbonhidrat ilavesinin beyaz yaprakların ölümünü geciktirdiği belirtilmiştir. Herbisit uygulandığında tüm bu değişimlerin, gelişmiş dokularda meydana geldiği ve bu dokulardaki ölümün fotosentetik elektron taşınımının engellenmesi nedeniyle oluşan oksidatif stresle ilişkili olduğu belirtilmiştir. Aksine farklılaşmamış dokularda herbisit uygulandığında beyaz dokuya bir dönüşüm gözlenmiş ve bunlardaki ölümün daha çok karbonhidrat eksikliği ile sürdürülen fotosistem fonksiyonunun kaybına bağlı olduğu rapor edilmiştir [138].

İmazetrafil (IM), asetolaktat sentazı inhibe ederek dallanmış zincirli aminoasitlerin biyosentezini engelleyen bir imidazolinon herbisittir. Zabalza ve ark. (2007) asetolaktat sentaz inhibitörü herbisitlerin hareket yönünü belirlemek için hidroponik kültürde gelişen bezelye bitkilerine imazetrafil uygulamış ve antioksidan sistem ve oksidatif belirteçleri analiz etmişlerdir. İmazetrafil uygulamasından sonra yapraklarda dış düzeyde bir lipid peroksidasyonu belirlemiş ama karbonil içeriği ya da elektrolit akışında değişim gözlenmemiştir. Araştırmacılar IM uygulanan bitkilerde yaprakların askorbat havuzunun oksitlendiğini saptamışlardır. IM uygulamasının SOD, AP, GR, CAT ve GP üzerine etkisi incelenmiş ve herbisit sadece yapraklardaki GP

aktivitesini artırdığı rapor etmişlerdir. Bununla birlikte köklerde lipid peroksidasyonunda bir azalma saptanmıştır. Araştırmacılar imazetrafıl uygulanan köklerde redükte glutatyon içeriğinde bir azalma gözlemiş ve bu azalmanın GR aktivitesinin artışıyla ilişkili olduğu belirtmişlerdir. Antioksidan enzim aktivitesindeki belirgin kayıp, herbisit uygulanan bitkilerin protein sentezindeki modifikasyonlar ile oksidatif strese cevap vermek konusunda yetersiz oluşu ile açıklanmıştır. Çalışmanın sonucunda oksidatif stresin asetolaktat sentaz inhibitörünün hareket yönüyle ilişkili olmadığı belirtilmiştir [139].

Robert ve ark. (2009), buğday mezofil protoplastlarında, farklı ışık yoğunlukları altında, apoplastik süperoksit radikal seviyesini değerlendirmişlerdir. Yüksek ışık yoğunluğu, paraquat uygulaması ya da kloroplastik Mn-süperoksit dismutaz (Mn-SOD)'ın aşırı ifadesi gibi kloroplasttaki ROT seviyesini artıran koşulların, apoplastik süperoksit seviyesini artırdığını belirtmişlerdir. Buna karşın bir NADPH inhibitörü olan difenil iodoniyum ilavesinin, plastoquinon indirgenmesini engelleyen bir herbisit olan DCMU (3,4-diklorofenil)-1,1-dimetilurea)'nın ve bir Ca^{+2} şelatörü olan EGTA'nın apoplastta süperoksit seviyesini artırdığı belirtilmiştir. Araştırmacılar hücre içi ROT üretiminin yüksek ışık yoğunluğu ve paraquat tarafından hızla uyarıldığını ve DCMU varlığında azaldığını vurgulamışlardır. Apoplastik süperoksit seviyesi ve SOD, GR, AP ve CAT arasındaki değişim değerlendirilmiştir. Apoplastik süperoksit seviyesindeki değişimler kloroplasta yerleşmiş antioksidan enzimlerin aktivitesi ile pozitif ilişkili olduğu ama peroksizom ve mitokondriye yerleşen CAT aktivitesi ile ilişkili olmadığı araştırmacılar tarafından gözlenmiştir [140].

Spermetrin özellikle böceklerle toksik olan sentetik bir insektisittir. Bu nedenle zararlı böceklerle mücadelede kullanılır. Li ve ark. (2005), spermetrin uygulamasından sonra algal gelişim, pigment fraksiyonları ve alg hücresindeki SOD aktivitesini ölçmüşlerdir ve spermetrinin yüksek konsantrasyonlarının gelişme ve diğer metabolik aktiviteleri inhibe ettiğini ve *Scenedesmus obliquus* için 96. saatte EC50'nin 11279 mg/L olduğunu saptamışlardır [141].

Omethoat önemli bir organofosforlu pestisittir ve birçok ülkede kullanılmaktadır. Çevre güvenliği ve insan sağlığına olan zararına karşın yüksek etkinliği ve düşük fiyatı nedeniyle yeri alınması zor bir insektisittir. Zhang ve ark. (2011) buğday fidelerinde bu insektisit bitki gelişimi ve antioksidan cevaplar üzerine etkisini incelemişlerdir. Bunun için buğday fidelerine 0.1, 1, 5 ve 10 M omethoat

uygulayarak 1., 3., 5. ve 7. günlerde örnek almışlardır. Yapılan inceleme sonucunda düşük konsantrasyonlarda omethoat uygulanan bitkilerde yaş kuru ağırlığın, yüksek konsantrasyonlarda omethoat uygulanan bitki gruplarından önemli derecede daha yüksek çıktığını gözlemişlerdir. Filizlerdeki MDA ve prolin içeriğinin, SOD, POD ve AP aktivitelerinin konsantrasyon artışı ve uygulama zamanı ile linear ilişkili olarak arttığını saptamışlardır. Bununla birlikte CAT aktivitesinin düşük konsantrasyonda (0.1 M) artarken yüksek konsantrasyonlarda (1, 5 ve 10 M) aniden azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca insektisit yüksek konsantrasyonlarının bitki gelişimini önemli derecede azalttığını rapor etmişlerdir [142].

Mishra ve ark. (2011), dimethoatın farklı konsantrasyonlarının tek başına ve UV-B (30 dk) ile birlikte bürölcede antioksidan savunma sistemi üzerine etkisini incelemişlerdir. Dimethoat tarım alanında kullanılan bir insektisittir. Araştırmacılar bu araştırma sonucunda dimethoat uygulamasının elektrolit kaybı, O^- , H_2O_2 , MDA, prolin ve pigment içeriği üzerinde bir artışa, askorbik asit içeriğinde ise bir azalmaya neden olduğunu saptamışlardır. Ayrıca dimethoat ile birlikte UV-B uygulanan gruplarda bu etkinin arttığı belirtilmiştir [143].

Pestisitler dışındaki çevresel streslerin antioksidan sistem üzerine etkisini inceleyen çok sayıda araştırma mevcuttur. Örneğin Sinam ve ark. (2011) , Krom (Cr) ile kontamine olmuş toprakta ve bahçe toprağında yetişen kavun bitkisinde krom birikimi, biyokimyasal değişimler ve antioksidan enzim aktiviteleri kıyaslamışlardır. Araştırmacılar Cr'un biyolojik etkinliğini artırmak için ortama etilenediaminetetraasetik asit ilave etmiştir. Artan metal konsantrasyonlarına bağlı olarak bitki yapraklarında Cr birikiminin arttığı ve bu artışın etilenediaminetetraasetik asit ilavesi ile daha ileri düzeye ulaştığı belirtilmiştir. Yapraklarda Cr birikimi ile orantılı olarak lipid peroksidasyonunda artış olduğunu, bununla birlikte incelenen tüm antioksidan enzim aktivitelerinin (SOD, GP, AP) ve sistein içeriğinin konsantrasyona bağlı olarak arttığını saptamışlardır. SOD ve sisteinin Cr ile kontamine olmuş toprağa kıyasla bahçe toprağında daha yüksek bulunduğu; ancak AP ve GP'in Cr ile kontamine olmuş toprakta daha yüksek olduğu belirtilmiştir [144].

Zhang ve Ge (2008), pirinç bitkisinde Cd stresinin GST aktivitesi ve GSH içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar Cd seviyesi 10 mg/L'nin üzerine çıktığı zaman pirinç gelişiminin inhibe edildiği saptamışlardır. Pirinç sürgünlerinde GST aktivitesi ve GSH içeriği Cd seviyesinin artışıyla birlikte artarken köklerde GST

aktivitesi Cd uygulaması ile inhibe edildiği belirtilmiştir. Sürgünlere kıyasla GSH içeriği, GST aktivitesinin ve Cd detoksifikasyon yeteneğinin köklerde daha yüksek çıktığını rapor etmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar GSH içeriği ya da GST aktivitesi ile Cd seviyesi arasında önemli bir korelasyon olduğunu belirtmişlerdir [145].

Giannakula ve ark. (2010), alüminyuma (Al) dirençli ve duyarlı iki farklı mısır kültürünün köklerinde Al stresinin etkilerini belirlemek amacıyla SOD ve POD aktivitesi ile birlikte MDA, prolin ve karbonhidrat içeriğini incelemişlerdir. Araştırmacılar Al stresine maruz kalan dirençli ve duyarlı türler arasında antioksidan aktivite konusunda önemli farklılıklar olduğunu belirtmişlerdir. Duyarlı bitkilerde strese maruz kalma sonucunda SOD ve POD aktivitesinde azalma ile birlikte MDA içeriğine bir artış saptamışlardır. Bunun aksine dirençli bitkilerde SOD ve POD aktivitesi artmıştır ve MDA içeriğinin ise neredeyse değişmediğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar 72. saat sonunda dirençli türlerde karbonhidrat ve prolin içeriğinin arttığını, duyarlı türlerde ise önemli bir değişim olmadığını saptamışlardır [146].

Ferreria ve ark. (2007), fungal hastalıklarla mücadelede kullanılan farklı konsantrasyonlarda bakır içeren (% 50, % 40 ve % 20) üç farklı bileşiği zeytin yapraklarına püskürtmüşler ve yapraklardaki fenol içeriği ile antioksidan aktiviteyi araştırmışlardır. Bu araştırmada zeytin yapraklarındaki bakır kalıntısını incelediklerinde uygulama yapılan tüm yapraklarda bakır içeriğinin kontrolden yüksek çıktığını belirtmişlerdir. Bitki materyallerindeki antioksidan enzim kapasitesi onların fenolik içeriği ile ilişkilidir. Uygulama yapılan tüm gruplarda fenolik bileşik içeriğinin kontrolden düşük olduğunu ve uygulanan bakır konsantrasyonu arttıkça fenolik bileşik içeriğinin azaldığını saptamışlardır. Bakır kalıntısı polifenol bileşikler tarafından etkisizleştirilen ROT üretimine neden olur. Bu durumun antioksidan kapasitenin azalmasına neden olduğu araştırmacılar tarafından belirtilmiştir [147].

Silva ve ark. (2010), kuraklık ve sıcaklık stresini hint fıstığı bitkisine ayrı ayrı ve birlikte uygulayarak, bitkideki oksidatif hasara karşı koruyucu mekanizmaları ve fotosentetik değişimleri incelemişlerdir. Kuraklık ve sıcaklık ayrı ayrı uygulandığında yaprak membran bütünlüğünün bozulduğunu ve lipid peroksidasyonunun arttığını, her iki stresin birlikte uygulanması ile de bu zararlı etkilerin arttığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar yine stres şartlarında yaprak CO₂ oranında, stomal iletkenlikte ve anlık karboksilasyon etkinliğinde önemli bir azalma saptamışlardır. Bununla birlikte sadece kuraklığa ve her iki stres şartına birden maruz kalan bitkilerde fotokimyasal aktivitede

bir azalma gözlemişlerdir. CAT ve SOD aktivitesinin sadece sıcaklık stresi uygulanan bitkilerde uyarıldığı ancak AP'nin tüm uygulama bitkilerinde kontrole nazaran arttığı belirtilmiştir. H₂O₂ içeriğinin de benzer şekilde tüm çalışılan bitkilerde arttığı gözlenmiştir. Hint fıstığı bitkisinin çalışılan stres şartlarına alıştırılmasına rağmen bitkinin özellikle yüksek sıcaklıkla birlikte uygulandığı zaman kuraklık stresine karşı etkili bir savunma mekanizması geliştiremediğini bununla beraber sadece sıcaklık stresine karşı etkin bir antioksidan korumayı uyardığını saptamışlardır. Her iki stresin birlikte uygulanması ile CO₂'nin fotosentetik asimilasyonunun ve fotokimyasal aktivitenin bozulduğunu belirtmişlerdir. Bu sonuçlara dayanarak kuraklık stresinin fotosistem II ve oksidatif metabolizmaya zarar verdiği ve bu zararın sıcaklık stresi ile arttığı öne sürülmüştür [148].

Gülen ve ark. (2008), çilek bitkisinde peroksidaz aktivitesi ve lipid peroksidasyonu üzerine düşük sıcaklığın etkisini araştırmışlardır. Tüm uygulama sürelerinde MDA içeriğinin kontrolden yüksek çıktığı saptanmıştır. Düşük sıcaklığın etkisinin POD aktivitesinin artışı engelleyemediği rapor edilmiştir. Bitkideki hasar yüzdesinin 7. günde azalırken 10. günde tekrar arttığı belirtilmiş ve hasar yüzdesindeki bu dalgalanma bitkilerin soğuğa alışması ile ilişkilendirilmiştir [149].

Özdener ve ark. (2011), *Verbascum* yapraklarında kadmiyumun fizyolojik ve biyokimyasal cevaplarını sorgulamışlardır. Bitkiye 0.01 ve 0.025 mM kadmiyum uyguladıklarında MDA içeriği ve POD aktivitesinin kontrole kıyasla arttığını, K1 a ve K1 b içeriğinin ise azaldığını belirtmişlerdir [150].

Ashraf ve ark. (2010), tuzluluğa dirençli ve duyarlı iki buğday türünde tuz stresinin fenolik içeriği ve lipid peroksidasyonu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yapılan araştırmada farklı gelişme dönemlerindeki tuzluluğa duyarlı buğday bitkisinde lipid peroksidasyonunun dirençli türlere kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Lipid peroksidasyonunun çiçeklenme ve reprodüktif dönemde, vejetatif dönemden daha belirgin olduğu ancak yaprakta total fenolik birikiminin çiçeklenme döneminde diğer dönemlerden daha yüksek olduğu rapor edilmiştir. Gelişim ve MDA içeriği arasında belirgin bir negatif korelasyon saptanırken fenolik içeriği ve gelişme arasında pozitif korelasyon olduğu belirtilmiştir [151].

Rivero ve ark. (2000), domates ve karpuzda çözünebilir fenolik bileşikler, antioksidan enzimler ve kuru ağırlık üzerine üç farklı sıcaklığın (15, 25 ve 35 °C) etkisini araştırmışlardır. Her iki bitkininin sıcaklıktan etkilenişinin farklı olduğu, kavun

için, 15 °C'nin düşük sıcaklık stresine sebep olurken domatest 35 °C'nin yüksek sıcaklık stresine sebep olduğu belirtilmiştir. Bu araştırmada termal stresin her iki bitkide de sürgün kuru ağırlığının azalmasına, çözünür fenoliklerin birikimine, fenilalenin amonyum liyaz aktivitesinin artmasına ve peroksidaz ve polifenol oksidaz aktivitesinin azalmasına neden olduğu saptanmıştır [152].

Literatürde çeşitli stres şartlarında antioksidan sistem üzerine SA'nın etkisini gösteren pek çok çalışma mevcuttur. Ananieva ve ark. (2004) arpa bitkisinde paraquatın indüklediği antioksidan cevaplar üzerine SA'nın etkisini çalışmışlardır. Yapılan araştırmada 10 µmol/L paraquat uygulanan bitkilerde AP ve GR aktivitesinde bir azalma ve CAT aktivitesinde artış saptanırken GP ve DHAR (dehidroaskorbat redüktaz) aktivitesinin uygulamadan etkilenmediğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte 500 µmol/L SA ile ön muamele yapılan fidelerde hem kloroplast hem de hücrenin diğer kompartmanlarında çalışılan enzimlerin aktivitelerinin arttığı rapor edilmiştir. Araştırmacılar arpada SA uygulamasının antioksidan cevabı meydana getirerek paraquatın oluşturduğu etkiyi tersine çevirdiğini saptamışlardır [153].

Krantev ve ark. (2008), mısır bitkisinde Cd'nin sebep olduğu toksisite üzerine SA'nın etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar SA ile ön muamele yapılan tohumlarda bitki gelişimi üzerine Cd'nin toksik etkisinin azaldığını ve antioksidan enzimler üzerinde Cd'nin neden olduğu inhibitör etkinin kalktığını belirtmişlerdir. Cd uygulamasının SOD aktivitesini artırdığını, AP aktivitesini azalttığını, ancak CAT aktivitesini önemli ölçüde etkilemediğini gözlemişlerdir. SA ile ön muamele yapılan tohumlarda SOD ve AP aktivitesinde bir artış ve CAT aktivitesinde ise önemli bir azalış saptamışlardır. Araştırmacılar Cd toksisitesinin neden olduğu fotosentezde aksamalar ve oksidatif hasara karşı SA'nın koruyucu etki gösterebileceğini rapor etmişlerdir [154].

Popova ve ark. (2009), Cd stresine (0.5-5 µM) maruz kalan bezelye bitkilerinde sürgün ve kökte yaş ağırlığın, CO₂ fiksasyonunun ve ribuloz 1,5-bifosfat karboksilaz aktivitesinin azaldığını saptamışlardır. Bununla birlikte SA ile ön uygulama sonucu bitkilerde Cd'nin neden olduğu gelişme, fotosentez ve karboksilasyon reaksiyonlarındaki olumsuz etkinin ve oksidatif hasarın azaldığı araştırmacılar tarafından rapor edilmiştir [155].

Cd stresine maruz kalan bitkilerde SA'nın etkisini sorgulayan bir diğer araştırma Belkhadi ve ark. (2010) tarafından yapılmıştır. Araştırmacılar çimlenme öncesi 250 ve 1000 µM SA uygulamasının keten tohumlarında Cd stresinin sebep olduğu olumsuz

etkileri azalttığını saptamışlardır. SA ile ön uygulamanın klorofil, MDA ve toplam lipid içeriğine ilaveten elektrolit kaybındaki artışı da iyileştirdiği belirtilmiştir. SA'nın potansiyel bir büyüme düzenleyicisi olduğu ve Cd stresine karşı membran kararlılığını artırdığı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir [156].

Wang ve Li (2005), eksojen olarak uygulanan SA'nın sıcak ve soğuk stresine maruz kalan üzüm bitkilerinde antioksidan sistem üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar hem sıcak ve soğuk stresine maruz kalan bitkilerde hem de normal sıcaklık uygulanan kontrol grubunda eksojen SA uygulaması askorbat-glutasyon havuzunda redoks oranında ve MDHA (monodehidroaskorbat), AP ve GR aktivitelerinde nisbeten bir artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Aynı zamanda araştırmacılar SA uygulamasının TBARS (thiobarbituric asit-reaktif maddeleri) ve elektrolit kaybında bir azalmaya neden olduğunu saptamışlardır [157].

Wang ve ark. (2009), nikel (Ni) ile kontamine olan toprakta yetişen mısır bitkisinde gelişim, fotosentez, oksidatif stres ve antioksidan savunma sistemi üzerine SA'nın etkisini araştırmışlardır. Bu araştırma sonucunda mısır bitkisinde kuru ağırlık, klorofil ve karotenoid içeriği ve net fotosentetik oranda nikelin sebep olduğu azalmanın SA uygulaması ile tersine döndüğü belirtilmiştir. Ayrıca SA uygulamasının SOD, GR, MDHAR (monodehidroaskorbat redüktaz) ve DHAR (dehidroaskorbat redüktaz) aktivitelerinde bir artışa neden olduğunu saptamışlardır [158].

Kazemi ve ark. (2010), Ni stresine maruz kalan kanola bitkisinde stresin etkisi ile kök ve sürgün kuru ağırlığı, klorofil içeriği ve POD, AP ve CAT gibi enzim aktivitelerinde azalış, MDA ve H₂O₂ içeriğinde ise artış saptamışlardır. Bununla birlikte bitkiye SA ve NO ayrı ayrı ya da ikisi birlikte verildiğinde sadece Ni stresine maruz kalanlara kıyasla gelişimin arttığını belirtmişlerdir [159].

Chan ve Tian (2006), patojen saldırısına maruz kalan kirazda stresin etkisi ile CAT aktivitesinde bir artış, SOD ve POD aktivitesinde ise bir azalış saptamışlardır. Bununla birlikte eksojen SA uygulamasının CAT aktivitesini inhibe ederken, SOD ve POD aktivitelerini artırdığını rapor etmişlerdir [160].

Radvan (2012), clethodim herbisitinin uygulandığı bitkilerde oksidatif stres ve antioksidanlar üzerine SA'nın etkisini incelemişlerdir. Herbisit uygulamasından 3 gün önce bitkiye 1 mM konsantrasyonunda SA uygulaması yapılmıştır. Sadece herbisit uygulanan bitkilerde araştırmacılar H₂O₂ ve MDA miktarında bir artış saptarken SA uygulanan gruplarda H₂O₂ ve MDA değerleri kontrole yakın çıktığını belirtmişlerdir. SA

uygulamasının antioksidan enzimleri etkilediği de belirtilmiştir. SA uygulamasının POD aktivitesini artırırken AP aktivitesini inhibe ettiği rapor edilmiştir. Ayrıca araştırmacılar SA uygulanan gruplarda SOD ve AP aktivitesinin kontrole yakın çıktığını belirtmişlerdir [161].

SA, patojenlerin indüklediği oksidatif stres üzerinde de etkilidir. Xu ve Tian (2008) *Penicillium expansum* ile enfekte olan kiraz meyvelerinde SA'nın antioksidan enzimler üzerine etkisini araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda hem kontrol meyveleri hem de SA uygulanan meyvelerde inokülasyondan hemen sonra CAT aktivitesinin arttığını ama uzun bir periyotda tekrar azaldığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar GP aktivitesinde de benzer bir değişim saptamışlardır. Aynı zamanda kitinaz ve β -1,3-glukanaz aktivitesinin SA uygulanan meyvelerde kontrolden yüksek olduğunu belirtmişlerdir [162].

Kadioğlu ve ark. (2011), kuraklık stresine maruz kalan *Ctenanthe setosa* bitkisinde dışsal SA uygulamasının antioksidan sistem, lipid peroksidasyonu ve endojen SA içeriği üzerine etkisini araştırmıştır. Bu çalışmada ekzojen olarak SA uygulanan bitkilerde kuraklık boyunca tüm antioksidan enzim aktivitelerinin teşvik edildiği belirtilmiştir. Ayrıca askorbat, glutatyon, karotenoid ve içsel SA seviyesinin SA uygulanan gruplarda indüklendiği ve lipid peroksidasyonunun azaldığı rapor edilmiştir [163].

Bai ve ark. (2009), hipoksia stresine maruz kalan *Malus robusta* bitkisine ekzojen uygulanan SA'nın lipid peroksidasyonu, süperoksit radikali seviyesi ve elektrolit kaybını azalttığını ve GSH ve AsA içeriğini artırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca ekzojen SA uygulaması ile SOD, POD ve AP aktivitelerinin arttığını saptamışlardır [164].

Barba-Espin ve ark. (2011) SA'nın tek başına ve NaCl ile birlikte bezelye bitkisinde antioksidan sistem üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Tek başına SA uygulamasının GST, POD ve CAT aktivitesinde bir artışa, AP, GR ve SOD aktivitesi ile AsA ve GSH içeriğinde bir azalışa neden olduğu belirtmişlerdir. SA ile birlikte 70 mM NaCl uygulanan bitkilerde ise AP, GR, POD aktivitesinde ve AsA içeriğinde sadece SA uygulananlara kıyasla genel bir azalış gözlenirken GST, CAT, SOD aktivitesi ile GSH içeriğinde artış rapor etmişlerdir [165].

Mahdavian ve ark. (2008), UV ışınlarına maruz kalan ve SA ile muamele edilen biber bitkisinde pigment sistemindeki değişimleri incelemişlerdir. Araştırmacılar UV uygulamasının klorofil ve karotenoid içeriğinde bir azalmaya neden olduğunu

saptamışlardır. Bununla birlikte SA uygulanan bitkilere UV ile muamele edildiğinde UV'nin karotenoid ve klorofil üzerindeki indirgeyici etkisinin SA tarafından azaltıldığı rapor edilmiştir [166].

Çanakçı ve Munzuroğlu (2006) mısır bitkisine farklı konsantrasyonlarda uygulanan SA'nın büyüme, yaş-kuru ağırlık ve transpirasyon hızı üzerine etkisini çalışmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre 20 ppm SA'nın fide büyümesi, yaş kuru ağırlık ve transpirasyon hızını etkilemediği, 200-2000 ppm SA'nın primer kök boyunu, fide yüksekliğini, bitki uzunluğunu ve sekonder yaprak alanı artışını önemli ölçüde etkilediği ve bu iki konsantrasyonun fidelerin yaş ağırlığında bir azalmaya, kuru ağırlıkta artışa ve transpirasyon hızında azalmaya neden olduğu belirtilmiştir [167].

Deef (2007), tuz stresine maruz kalan buğday ve arpa bitkilerinde SA'nın çimlenme ve antioksidan aktivite üzerine etkilerini araştırmıştır. Tohumların 0.05 mM SA ile ön işlem görmesinin çimlenme boyunca tuz stresine karşı toleransı artırdığı ve fidelerin antioksidan aktivitesini uyardığı araştırmacı tarafından belirtilmiştir [168].

Zhang ve ark. (2011), donma stresine maruz kalan salatalık bitkisine ekzojen SA uygulamasının MDA içeriğini azalttığını, POD ve CAT aktivitesi ile çözünür protein içeriğini artırdığını saptamışlardır [169].

Simaei ve ark. (2011), tuz stresine maruz kalan soya fasulyesinde yaş kuru ağırlık, fotosentetik pigment içeriği, POD, AP ve CAT aktivitesi ile MDA içeriği üzerine ekzojen SA uygulamasının etkisini incelemiştir. Araştırmacılar, tuz stresinin konsantrasyonunun artmasıyla yaş ve kuru ağırlığın azaldığını bununla birlikte 100 µM SA uygulamasının kontrol ve uygulama gruplarında yaş ve kuru ağırlığı artırdığını rapor etmişlerdir. Ayrıca stres altında klorofil ve karotenoid içeriğinin, AP, POD ve CAT aktivitesinin azaldığını, MDA içeriğinin ise arttığını saptamışlardır. Ekzojen SA uygulamasının pigment içeriği ve enzim aktivitelerini artırdığını ve MDA içeriğini azalttığını rapor etmişlerdir [170].

Raman ve ark. (2011), yüksek ve düşük ışık stresine maruz kalan *Haematococcus pluvialis*'de SA ve metil jasmonatın (MJ) etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar 500 µM SA uygulamasının her iki stres durumunda klorofil ve karotenoid içeriğini ve CAT aktivitesini azaltırken, SOD ve AP aktivitesini artırdığını ve MJ uygulamasının ise SA'nın tam tersi etki gösterdiğini belirtmişlerdir [171].

Beker Akbulut (2008), atrazin ve asetoklor herbisitlerinin *Z. mays* ve *P. sativum*'da pigment sistemi, toplam şeker içeriği, yaş-kuru ağırlık parametreleri,

oransal su içeriği ve bazı antioksidan enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri (1., 5., 10. ve 15. günlerde) ile yapraktaki kalıntı miktarlarını araştırmıştır. Atrazin ve asetoklor uygulanan *Z. mays* ve *P. sativum*'da günlere bağlı olarak klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve toplam şeker seviyelerinin kontrol grubuna oranla azaldığı, karotenoid seviyesinin ise önemli ölçüde artış gösterdiği araştırmacı tarafından belirtilmiştir. Aynı zamanda atrazin ve asetoklor uygulamasının oransal su içeriğinde ve yaş-kuru ağırlıkta azalmaya neden olduğu ve yaprakta yüksek miktarda kalıntı bıraktığı rapor edilmiştir. Ayrıca bu herbisitlerin uygulanan konsantrasyonlara ve zamana bağlı olarak değerlendirilen her iki bitkide de POD ve AP aktiviteleri ile MDA içeriğinde kontrole kıyasla değişime neden olduğu belirtilmiştir [172].

Doğanlar (2012), bir herbisit olan quizalofop-p-etil uygulamasının, *Lemna minor* ve *Lemna gibba*'da pigment içeriği, antioksidan sistem, lipid peroksidasyonu ve DNA profili üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmacı her iki bitkide de herbisit uygulamasının değerlendirilen parametreler üzerinde değişime neden olduğunu belirtmiştir. *L. gibba*'da fotosentetik pigment içeriğinin herbisit uygulamasına karşı *L. minor*'dan daha duyarlı olduğu, MDA içeriğinin *L. gibba*'da artarken, *L. minor*'da azaldığı ve enzim aktivitelerinin ise zamana bağlı olarak her iki bitkide de değişiklik gösterdiği araştırmacı tarafından rapor edilmiştir [173].

Bayram (2011), quizalofop-p-etil uygulamasının ayçiçeğinde pigment sistemi, lipid peroksidasyonu ve antioksidan sistem üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Araştırmacı herbisit uygulamasının POD ve AP aktiviteleri ile MDA, toplam klorofil ve fenolik madde miktarını artırdığını, karotenoid içeriğini ise 1. ve 5. günlerde artırırken 10. ve 15. günlerde azalttığını rapor etmiştir [174].

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu araştırma, iklim odasında $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ sıcaklık ve yaklaşık % 60 nemin sağladığı ortamda yürütüldü. Bitki ortamı olarak perlit ve besi ortamı olarak da Hoagland ve Arnon (1938) [175]'a göre hazırlanan Hoagland kültür çözeltisi kullanıldı (Çizelge 3.1). Tohumların bir kısmı çimlenme öncesi 0.5 mM SA çözeltisinde 6 saat bekletilirken bir kısmı da saf suda şişmeye bırakıldı. Örnekler 3 tekrarlı yetiştirildi. Hem SA ile ön işlem gören hem de SA uygulanmayan bitkilerde bitki gelişiminin 21. gününde, yapılan toksisite denemeleri sonucunda belirlenen konsantrasyonlarda (8.8, 11, 15, 19, 25, 32, 42, 55 ve 72 mM) herbisit püskürtme yoluyla çimlenme sonrası (postemergens) uygulandı. Uygulama yapılan gruplardan 1., 5., 10. ve 15. günlerde örnekler alınarak analizler yapıldı.

Bu çalışmada kullanılan herbisit flurokloridon Safa Tarım'dan, *Helianthus annuus* L. (ayçiçeği) (Reyna kültür formu) May Tohumculuktan, ve *Vicia sativa* L. (fiğ) (Selçuk-99 kültür formu) Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edildi.

Yapılan bu çalışmada *Helianthus annuus* cv "Reyna" ile *Vicia sativa* bitkilerinde flurokloridonun pigment sistemi, lipid peroksidasyonu, SOD, CAT, GST, GPX, AP ve toplam fenolik bileşik içeriği üzerine etkileri ile aynı bitki gruplarında yaş ağırlık ve kuru ağırlık tayini, oransal su içeriği incelenmiştir. Ayrıca savunma sisteminde etkili olduğu bilinen SA'nın flurokloridon zararına karşı savunmadaki rolünü aydınlatmak için SA'lı ve SA'sız uygulama gruplarındaki belirtilen parametreler karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Uygulama gruplarında 1 ve 15. günlerde içsel SA içeriğindeki değişimler ve 15. günde de herbisit kalıntı analizi araştırılmıştır.

Çizelge 3.1. Hoagland kültür çözeltisinin bileşimi [175]

Makro elementler	g/L
Ca(NO ₃) 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 .5H ₂ O	50.00
MnCl ₂ .2H ₂ O	1.47
H ₃ BO ₃	2.90
ZnCl ₂	0.12
CuCl	0.03

3.1. Pigmentlerin Ekstraksiyonu ve Saflaştırılması

Pigmentlerin ekstraksiyonu ve saflaştırılması işleminde De Kok ve Graham (1980) yöntemi kullanıldı [176].

Sıvı azotta dondurulmuş yaprak örneklerinden her bir grup için 3 tekrarlı olmak üzere 1'er gram alınıp 50 mL aseton (% 100'lük Merck) içeren cam havanda 5 dakika iyice ezilerek homojenize edildi. Işık görmeyecek şekilde alüminyum folyo ile sarılı Erlenmayerlere konulan örneklerin ağzı parafilmle sarıldı ve 30 dakika çalkalamalı etüvde inkübe edildi. İnkübe edilen örnekler +4 °C'de buzdolabında 24 saat bekletildi. Buzdolabından çıkarılan örnekler süzildükten sonra 1/5'i kadar distile su ilave edildi ve 15 dakika çalkalamalı etüvde bekletildi. Örnekler daha sonra bir gün süreyle buzdolabında bekletildi. Ertesi gün 3000 rpm'de 10 dk santrifüj edildi (Nüvefuj 615). Santrifüj edilen örneklerin absorbans değerleri Lichtenthaler ve Welburn (1983)'a göre 662, 645, 470 nm'de spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) okundu [177].

3.2. Yaş ve Kuru Ağırlık Tayini

Herbisit uygulamasını takip eden 1., 5., 10. ve 15. günlerde bitkiden alınan yaprak örnekleri tartıldı ve 48 saat boyunca 70 °C etüvde bekletildi. Belirli aralıklarla yapılan tartımlar sonucunda son 2 tartım eşit olduğunda etüvden çıkarılarak kuru ağırlıklar hesaplandı [178].

3.3. Oransal Su İçeriği Tayini

Herbisit uygulamasını izleyen 1., 5., 10. ve 15. günlerde bitkiden alınan yaprak örneklerinin yaş ağırlıkları (YA) belirlendikten sonra 4 saat suda bekletilerek turgorlu hale gelmeleri sağlandı. Yaprakların turgorlu ağırlıkları (TA) tartıldıktan sonra 70 °C’de 48 saat etüvde kurutulup kuru ağırlıkları (KA) belirlendi. % OSİ değerleri aşağıdaki formülle hesaplandı [179].

$$[(Y.A.- K.A.) / (T.A. - K.A.)] \times 100$$

3.4. Peroksidaz Aktivitesi Tayini

Peroksidaz tayini Peters ve ark. (1988) ile Mac Adam ve ark. (1992)’nın yöntemi modifiye edilerek uygulandı. 0.5 g yaprak örneğine 0.5 g polivinilprolidon (PVP) ilave edilerek, 3 mL 66 mM potasyum fosfat tamponu ve 3 mL 100 mM KCl içinde homojenize edildi [180]. 3 ml 0.1 M (pH 6.0) potasyum fosfat tamponu, 0.04 ml 0.03 M H₂O₂ ve 0.05 ml 0.2 M guaiacol vortekslenerek bir solusyon hazırlandı ve hazırlanan solusyonun 0.9 mL’sine 0.1 mL ekstrat ilave edilerek reaksiyon başlatıldı. Enzim aktivitesindeki değişim 1 dakika boyunca 436 nm’de spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) ölçüldü [181].

3.5. Askorbat Peroksidaz Aktivitesi Tayini

Askorbat peroksidaz tayini Nakano ve Asada (1981) ve Cakmak (1994)’a göre yapıldı. 0.5 gr taze yaprak dokusu 50 mM potasyum fosfat tamponunun (pH 7.6) 10 mL’sinde homojenize edildi. Homojenat 20.000 g’de 15 dk 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 spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 290 nm’de 1 dakikada elde edilen absorbans değişimi olarak belirlendi. Askorbat peroksidaz aktivitesi 2.8 mM⁻¹ cm⁻¹ ekstinksiyon katsayısıyla hesaplandı [182, 183].

3.6. Enzim Ekstraksiyonu

0.5 gr yaprak dokusu 2,5 mL 0,1 M pH 7,5 Tris-HCl tamponu, 2.5 mL 0.1mM EDTA ve 0.5 mL % 1'lik PVP içerisinde homojenize edildi. Homojenat 4 °C'de 18.000 rpm'de 30 dak santrifüj edildi. Süpernatant okuma yapılncaya kadar -40 °C derin dondurucuda saklandı [184]. Enzim değerleri toplam proteine bölünerek spesifik aktivite cinsinden hesaplanarak verilmiştir.

3.7. Katalaz Aktivitesi Tayini

Katalaz enziminin aktivite tayini Luck (1963) yöntemine göre yapıldı. 1/15 M pH 7 sodyum potasyum fosfat tamponu hazırlandı ve bu tamponun 100 mL'sine 95 µL H₂O₂ ilave edildi. H₂O₂ ilave edilen fosfat tamponunun 800 µL'nin üzerine 200 µL örnek ilave edildi ve spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 240 nm'de okuma yapılarak 1 dakikadaki absorbans farkı belirlendi [185].

3.8. Süperoksit Dismutaz Aktivitesi

SOD aktivite tayini McCord ve Fridovich (1969) yöntemine göre yapıldı. pH 7.8'lik 50 mM K₂HPO₄ tamponunun 100 mL'sinde 24.8 mg sitokrom-c ile hazırlanan çözelti ile 0.76 mg ksantin 10 mL distile suda hazırlanan çözeltisi birbirine karıştırılarak A çözeltisi hazırlandı. Diğer taraftan 0.2 U/ml ksantin oksidaz içeren B çözeltisi hazırlandı. Reaksiyon karışımı 1 mL A çözeltisi, 50 µL B çözeltisi ve 100 µL örnek kullanılarak hazırlandı. Enzim aktivitesi spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 550 nm dalga boyunda 1 dakikada elde edilen absorbans değişimi olarak belirlendi [186].

3.9. Glutasyon S-Transferaz Tayini

GST tayini Habig ve ark. (1974)'a göre yapıldı. GST aktivitesi tayini için 0.1 M potasyum fosfat tamponu, 0.01 M Tris HCl (pH 7.4) içerisinde 0.002 M redükte glutasyon ve % 96'lık etil alkol içerisinde 0.15 M CDNB (1-chloro,2-4dinitrobenzen) hazırlandı. Reaksiyon karışımı 400 µL 0.1 M potasyum fosfat tamponu, 400 µL redükte glutasyon, 100 µL örnek ve 150 µL CDNB olarak hazırlandı. Enzim aktivitesi spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 344 nm dalga boyunda 1 dakikada elde edilen absorbans değişimi olarak belirlendi [187].

3.10. Glutasyon Redüktaz Aktivitesi

Glutasyon redüktaz aktivitesi Carlberg ve Mannervik (1985)'a göre belirlendi. Enzim aktivitesinin tayini için 2 mM EDTA içeren 0.2 M potasyum fosfat tamponu (pH 7), 10 mM Tris-HCL (pH 7) içerisinde 2mM NADPH ve 10 mL distile suda 20mM

GSSG hazırlandı. Reaksiyon karışımı 500 µL 0.2 M potasyum fosfat tamponu, 50 µL 2 mM NADPH, 50 µL 20 mM GSSG, 100 µL distile su ve 300 µL örnek olarak hazırlandı. Enzim aktivitesi spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 340 nm dalga boyunda 1 dakikada elde edilen absorbans değişimi olarak belirlendi [188].

3.11. Toplam Glutasyon İçeriği

Total glutasyon içeriği Akerboom ve Sies (1981)'e göre belirlendi. Glutasyon içeriğini belirlemek için 6.3 mM EDTA içeren 125 mM sodyum difosfat tamponunun millitresinde 23.78 mg DTNB ve 0.248 mg NADPH hazırlandı. 700 µL NADPH ve 100 µL DTNB sıcak su banyosunda 30 °C'de 10-12 dakika inkübe edildikten sonra üzerine 150 µL distile su, 5 µL GR ve 50 µL örnek ilave edildi. Spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 420 nm dalga boyunda 1 dakikalık absorbans değişimi belirlendi [189].

3.12. Malondialdehit (MDA) Analizi

Yöntem Heath ve Packer (1968)'e göre yapılmıştır. 0.5 g yaprak dokusu % 0.1'lik 5 mL trikloroasetik asit (TCA) içinde homojenize edildi ve homojenat 10.000 rpm'de 5 dakika santrifüj edildi. Bu solüsyonun 2 mL'si 2 mL % 0.5'lik thiobarbiturik asit (TBA) ile 30 dakika 95 °C'de su banyosunda kaynatıldı (TBA % 20'lik TCA içinde hazırlanmıştır). Kaynatmadan sonra örnekler buz banyosunda soğutuldu. Son karışım 10.000 rpm'de 15 dakika santrifüj edildi ve süpernatanın absorbansı spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 532 nm'de ve 600 nm'de ölçülerek 532 nm'de saptanan ölçümlerden 600 nm'de yapılan ölçümler çıkarıldı ve $155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ ekstinksiyon katsayısıyla MDA miktarı hesaplandı [190].

3.13. Toplam Fenolik Madde İçeriğinin Belirlenmesi

Toplam fenolik miktarının tayini Slinkard and Singleton (1977) ve Chandler and Dodds (1983)'e göre yapıldı. 0.05 gr yaprak dokusu 2.5 mL etanol içerisinde homojenize edildikten sonra -80 °C'de 24 saat bekletildi. Ertesi gün derin dondurucudan çıkarılan örnekler çalkalamalı etüvde 24 saat bekletildi. Bu sürenin sonunda örnekler santrifüj edildi ve 1 mL süpernatan üzerine 1 mL etanol, 5 mL distile su ve 1 mL folin eklenerek 3 dk çalkalamalı etüvde bırakıldı. Elde edilen karışım üzerine 3 mL % 2'lik Na_2CO_3 eklenerek 2 saat karanlıkta bekletildi. Daha sonra örnekler spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 760 nm'de okundu. Gallik asit solüsyonu ile hazırlanan standart eğriden yararlanılarak hesaplamalar yapıldı [191, 192].

3.14. Toplam Protein Tayini

Total protein tayini Bradford vd. (1976)'e göre yapıldı. 1000 µL Bradford reaktifi üzerine 50 µL ekstrakt ilave edildi ve 15 dk karanlık ortamda bekletildi. Spektrofotometrede (Biochrom Libra S22) 595 nm dalga boyunda okuma yapıldı [193].

3.15. İçsel Salisilik Asit Tayini

İçsel SA tayini Raskin ve ark. (1989)'nın yöntemi modifiye edilerek kullanıldı. Herbisit uygulamasını takip eden 1. ve 15. günlerde alınan yaprak dokusundan 0.5 gr tartılarak % 90'lık 3 mL metanol içerisinde homojenize edildi. Daha sonra homojenat 12000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilerek süpernatant kısmı ayrıldı. Elde edilen pellet 2 mL % 100'lük metanolde tekrar homojenize edildikten sonra 12000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilerek bir kez daha süpernatant kısmı alındı. Her iki uygulamada elde edilen süpernatantlar bir araya getirilerek rotary evaporator (IKA RV 05)'de kurutuldu. Kalıntı 2,5 mL % 5'lik TCA ile alındıktan sonra 12.000 g'de 10 dk santrifüj işlemi uygulandı. Bu işlem sonucunda elde edilen süpernatant 5 mL etilasetat, siklopentan, isopropanol (100:99:1) ile muamele edildi. Bir kez daha Rotary evaporatörde kurutma işlemi yapıldıktan sonra kalıntı % 20' lik metanol ile alındı ve örnekler İnönü Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında HPLC cihazında okutuldu [194].

3.16. Kalıntı Analizi Tayini

Kalıntı analizi tayini Su vd. (2005)'nin yöntemi modifiye edilerek kullanıldı. Herbisit uygulamasını izleyen 15. günde alınan yaprak dokusundan 1 gr tartılarak 2 mL (1:1, v:v) metanol ve su karışımıyla homojenize edildikten sonra sıvı faz filtre edildi. Örnekler 3 kez tekrar metanol ve su karışımıyla homojenize edildi. Sıvı kısımlar biriktirilerek 2 mL (6.5:3.5, v:v) petrol eteri ve diklorometan ile muamele edildi. Santrifüj işleminden sonra süpernatant kısmı alınarak rotary evaporator'de kurutuldu. Kalıntı 3 mL petrol eteri ile alınarak 2 mL asetronitril ile muamele edildi. Rotary evaporatorde tekrar kurutma işleminden sonra kalıntı petrol eteri ile alındı ve örnekler İnönü Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında HPLC cihazında okutuldu [195].

3.17. Salisilik asit ve Flurokloridon İçin HPLC Standart Grafikleri

HPLC analizinde Ace 5 C 18 kolonu (4.6 mm, 25 cm) kullanıldı.

Salisilik asit için HPLC cihaz koşulları;

Enjeksiyon hacmi: 20 µL

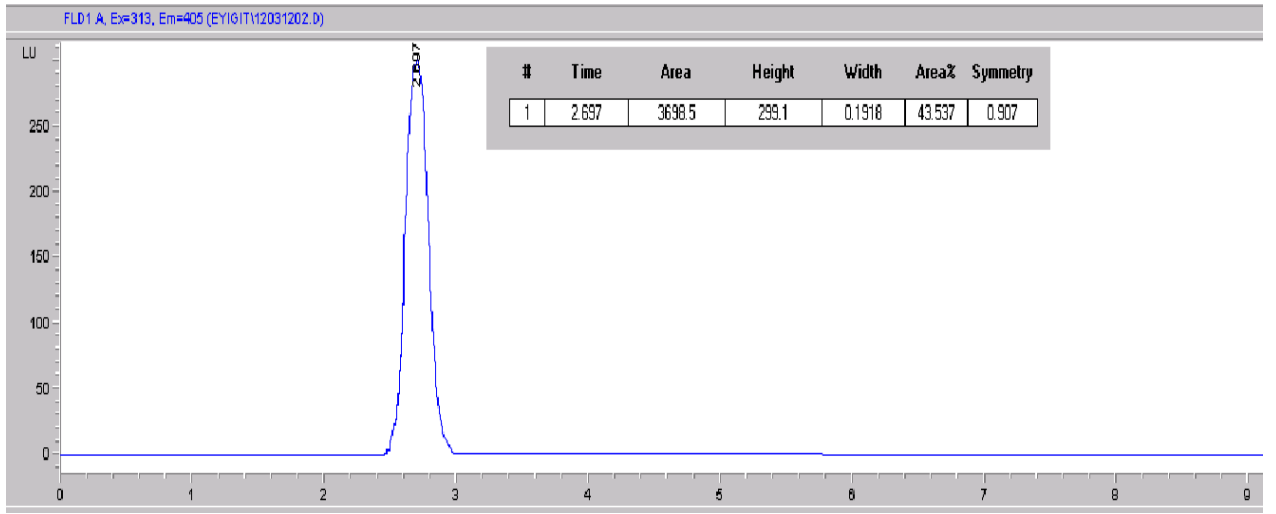
Akış: 1 mL/dk

Çözgen sistemi: % 50 metanol+ % 50 distile su

Dedektör: FLD (Floresans dedektör)

Dalga boyu: (ekstinksiyon) 313 nm, (emissiyon) 405 nm

Alıkonma zamanı: 2.697 dk



şekil 3.1. SA'nın alıkonma zamanı

Flurokloridon için HPLC cihazı koşulları;

Enjeksiyon hacmi: 20 µL

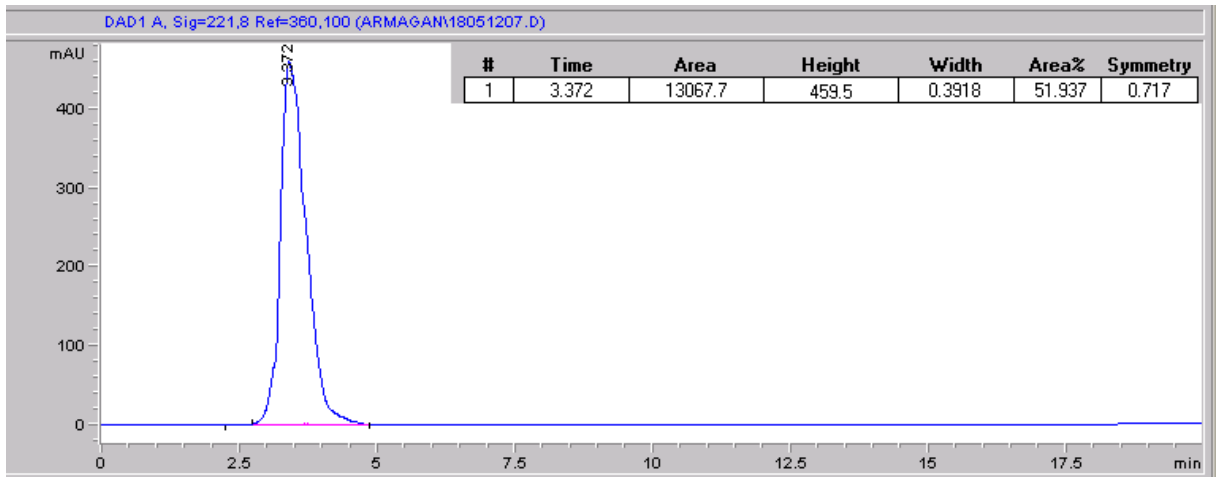
Akış: 1 mL/dk

Çözgen sistemi: % 50 metanol+ % 50 asetonitril

Dedektör: DAD dedektör

Dalga boyu: 221 (-8+8)

Alıkonma zamanı: 3.372 dk



Şekil 3.2. Flurokloridonun alıkonma zamanı

3.18. İstatistiksel Analizler

Elde edilen sonuçların istatistiksel değerlendirmeleri bilgisayarda SPSS 15.0 programında yapılmıştır. Bu programda varyans analizi yapılarak önem kontrolü için de Duncan testi uygulanmıştır ($p < 0.05$) [196].

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Fotosentetik Pigment Analizi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak Kl a değişimi incelendiğinde en yüksek Kl a değeri uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerinde kontrol grubunda belirlendi. En düşük Kl a değeri 1. günde 4.42 µg/g olarak 32 mM flurokloridon uygulanan grupta, 5. günde 3.65 µg/g olarak 55 mM flurokloridon uygulanan grupta, 10. günde 3.26 µg/g olarak 25 mM flurokloridon uygulanan grupta ve 15. günde 5.23 µg/g ile 15 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı Kl a değişimi incelendiğinde tüm uygulama konsantrasyonlarında 15. günde Kl a içeriğinde belirgin bir artış saptandı. Bulgularımızda Kl a içeriğinde 1., 5. ve 10. günlerde azalış ile 15. gündeki artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kl a (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 5.31±0.35 a	a 5.60±0.09 a	a 5.08±0.49 a	a 6.04±0.25 ab
8.8	b 4.50±0.22 b	a 5.40±0.32 ab	c 3.79±0.12 bc	a 5.73±0.25 ab
11	b 4.85±0.20 ab	b 4.12±0.39 c	b 4.59±0.13 ab	a 5.92±0.02 ab
15	ab 4.81±0.11b	b 4.22±0.42 bc	b 4.52±0.64 ab	a 5.23±0.75 b
19	b 4.83±0.08 ab	b 4.48±0.24bc	c 3.67±0.16 bc	a 6.35±0.34 a
25	b 4.47±0.35 b	b 4.01±0.13 c	c 3.26±0.06 c	a 5.90±0.05 ab
32	b 4.42±0.37 b	b4.87±0.59 abc	c 3.62±0.21 bc	a 5.93±0.05 ab
42	a 5.28±0.41 a	b4.69±0.27 abc	b 4.56±0.15 ab	a 5.45±0.05 ab
55	b 4.82±0.31 b	c 3.65±0.54 c	c 3.46±0.28 c	a 6.15±0.14 ab
72	b 4.57±0.17 b	b 4.20±0.30 bc	c 3.71 ±0.14 bc	a 5.76±0.09 ab

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı Kl a miktarlarının değişimi incelendiğinde en yüksek Kl a içeriği 1. günde 6.11 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda, 5. gün 4.94 µg/g olarak 11 mM uygulama grubunda, 10. günde 5.04 µg/g olarak kontrolde ve 15. günde 7.01 µg/g olarak 15 mM uygulama grubunda saptandı. En düşük Kl a içeriği ise 1. günde 4.78 µg/g ile 8.8 mM uygulama grubunda, 5. gün 3.21 µg/g ile 72 mM uygulama grubunda, 10. günde 3.59 µg/g ile 72 mM uygulama grubunda ve 15. günde 4.96 µg/g ile kontrol grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı Kl a değişimini incelediğimizde tüm uygulama konsantrasyonlarında 15. günde Kl a içeriğince belirgin bir artış saptandı. Günlere bağlı azalış ve artışlar istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.2).

SA uygulanan ve SA uygulanmayan gruptaki Kl a içeriği kıyaslandığında SA uygulanan kontrol grubunda Kl a içeriği SA uygulanmayan gruptaki bitkilerden belirgin şekilde yüksek olarak belirlendi. Bununla birlikte uygulama gruplarında 5. gün hariç genel olarak bir artış gösterdi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.1 ve 4.2).

Çizelge 4.2 Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kl a (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 4.93±0.19 b	a 4.39±0.33 b	a 5.04±0.98 a	a 4.96±0.14 c
8.8	b 4.78±0.71 b	c 3.47±0.49 d	c 3.97±0.38 c	a 6.13±0.21 b
11	b 5.38 ±0.48 ab	bc 4.94±0.28 a	c 4.14± 0.23 ab	a 6.92±0.22 a
15	b 5.26± 0.58 ab	c 4.16 ±0.32 b	c 3.77± 0.15 bc	a 7.01±0.13 a
19	b 5.72±0.28 a	d 3.72± 0.15 cd	c 4.18± 0.17 ab	a 6.67± 0.02a
25	b 5.54 a±0.48 ab	d 3.67± 0.13 cd	c 4.02±0.38 bc	a 6.10±0.18 b
32	b 5.47± 0.76 ab	c 3.90±0.20 bc	bc 4.79±0.55 a	a 6.73±0.34 a
42	b 5.24± 0.98 ab	c 3.65± 0.13 cd	bc 4.47± 0.33 ab	a 6.75±0.26 a
55	b 5.27±0.54 ab	c 3.87± 0.28 bc	c 3.63±0.06 c	a 6.93±0.16 a
72	b 6.11± 0.17 a	c 3.21± 0.16 d	c 3.59±0.28 c	a 6.72±0.29 a

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

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak Kl b değeri incelendiğinde 1. günde en yüksek Kl b değeri 3.99 µg/g olarak 25 mM flurokloridon uygulanan grupta ve en düşük Kl b değeri ise 2.84 µg/g olarak 32 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Uygulamadan sonraki 5. günde en yüksek Kl b içeriği 3.51 µg/g olarak 8.8 mM flurokloridon uygulanan grupta, en düşük Kl b içeriği 2.21 µg/g olarak 55 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. 10. günde en yüksek Kl b içeriği 3.28 µg/g olarak kontrol grubunda, en düşük Kl b içeriği 2.05 µg/g olarak 25 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. 15. günde en yüksek Kl b içeriği 5.60 µg/g olarak 25 mM flurokloridon uygulanan grupta, en düşük Kl b içeriği 3.42 µg/g olarak 15 mM flurokloridon uygulanan grupta görüldü. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan yapraklarda günlere bağlı olarak Kl b miktarındaki değişimler değerlendirildiğinde tüm konsantrasyonlardaki Kl b içeriğinde uygulamadan sonraki 15. günde bir artış saptandı. Gün içi ve günler arası Kl b içeriğindeki değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kl b (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	b 3.44±0.36 abc	ab 3.45±0.56 a	ab 3.28±0.38 a	a 5.07±0.62 ab
8.8	bc 2.92±0.17 c	b 3.51±0.27 a	c 2.34±0.10 bc	a 4.23±0.59 bcd
11	a 3.25±0.15 abc	b 2.56±0.32 b	ab 3.04±0.05 ab	a 3.69±0.45 cd
15	a 3.87±0.16 ab	b 2.73±0.24 ab	a 3.17±0.72 ab	a 3.42±0.54 d
19	b 3.33±0.17 abc	c 2.53±0.20 ab	c 2.41±0.20 abc	a 5.35±0.29 a
25	b 3.99±0.12 a	c 2.21±0.18 b	c 2.05±0.02 c	a 5.60±0.20 a
32	b 2.84±0.21 c	b 3.06±0.55 ab	c 2.69 ±0.32 abc	a 4.60±0.14 abc
42	b 3.45±0.15 abc	c 2.81±0.17 ab	c 2.83±0.14 abc	a 4.53±0.09 abc
55	b 3.18±0.36 abc	c 2.21±0.34 b	c 2.17±0.16 bc	a 5.11±0.13 ab
72	b 3.05±0.36 bc	c 2.39±0.22 ab	c 2.26±0.11 bc	a 5.21±0.16 ab

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı Kl b miktarlarının değişimi incelendiğinde en yüksek Kl b içeriği 1. günde 3.47 µg/g ile 19 mM uygulama grubunda, 5. gün 3.09 µg/g ile 11 mM uygulama grubunda, 10. günde 2.80 µg/g ile 32 mM uygulama grubunda ve 15. günde 6.90 µg/g ile 15 mM uygulama grubunda saptandı. En düşük Kl b içeriği ise 1. günde 2.16 µg/g olarak 42mM uygulama grubunda, 5.ve 10. günlerde sırası ile 1.87 ve 1.82 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda, 15. günde ise 3.37 µg/g olarak kontrol grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı Kl b değişimini incelediğimizde tüm uygulama konsantrasyonlarında 15. günde Kl b içeriğince belirgin bir artış saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.4).

Çimlenmeden önce SA uygulaması, kontrol grubunda ve 1., 5. ve 10. günlerde flurokloridon uygulanan gruplarda SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla Kl b içeriğinde azalmaya sebep oldu. Bununla birlikte 15. günde Kl b içeriği çimlenme öncesi SA uygulanan grupta SA uygulanmayan gruplara göre daha yüksek olarak belirlendi (Çizelge 4.3 ve 4.4).

Çizelge 4.4 Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kl b (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	ab 2.80±0.27b	ab 2.86±0.22 ab	b 2.45±0.27 ab	a 3.37±0.16 f
8.8	b 3.03±0.67 b	c 1.92±0.14 d	c 2.01±0.19 b	a 4.40±0.34 de
11	b 3.44±0.41 ab	b 3.09±0.24 a	c 2.34±0.19 ab	a5.91±0.12abc
15	b 3.15±0.53 b	bc 2.49±0.16 bc	c 1.98±0.14 b	a 6.90±0.36 a
19	b 3.47±0.29 ab	c 1.99±0.10 d	c 2.27±0.12 ab	a 5.55±0.33 bc
25	ab 3.22±0.31 ab	b 1.96±0.12 d	b 2.19±0.29 ab	a 4.04±0.66 ef
32	b 2.86±0.28 b	b 2.06 ±0.30cd	b 2.80±0.48 a	a 5.09±0.14 cd
42	b 2.16±0.19 c	b 2.01±0.28 d	b 2.51±0.28 ab	a 5.44±0.20 bc
55	b 3.11±0.46 b	c 2.24 ±0.26cd	c 1.92±0.14 b	a 6.36±0.41 ab
72	b 4.05±0.10 a	c 1.87±0.16 d	c 1.82±0.26 b	a 6.22±0.41 ab

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

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak toplam klorofil değeri incelendiğinde en yüksek toplam klorofil değeri uygulamadan sonraki 1. günde 8.76 µg/g ile, 5. günde 9.05 µg/g ile, 10. günde 8.36 µg/g ile kontrol grubunda, 15. günde ise 11.70 µg/g ile 19 mM uygulama grubunda saptandı. En düşük toplam klorofil değeri ise uygulamadan sonraki 1. günde 7.26 µg/g ile 32 mM flurokloridon uygulanan grupta, 5. günde 5.87 µg/g ile 55 mM flurokloridon uygulanan grupta, 10. günde 5.30 µg/g ile 25 mM flurokloridon uygulanan grupta ve 15. günde 8.66 µg/g ile 15 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı olarak toplam klorofil değeri incelendiğinde en yüksek toplam klorofil içeriği genel olarak uygulamadan sonraki 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Toplam Klorofil (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	ab 8.76±0.71 a	ab 9.05±0.49 a	b 8.36±0.87a	a 11.11±0.87 ab
8.8	bc 7.42±0.39 b	ab 8.92±0.59 a	c 6.13±0.22 bcd	a 9.95±0.85 abc
11	b 8.10±0.35 ab	b 6.69±0.71 c	b 7.63±0.07 ab	a 9.61±0.43 bc
15	a 8.69±0.15 a	a 6.96 ±0.66bc	a 7.69±0.99 ab	a 8.66±0.98 c
19	b 8.16±0.16 a	bc 7.02±0.44 b	c 6.09±0.36 bcd	a 11.70±0.37 a
25	b 8.46±0.30 a	c 6.21±0.31 cd	d 5.30±0.09 d	a 11.57±0.21 a
32	b 7.26±0.58 b	b 7.93±0.99 ab	b 6.31±0.27 bcd	a 10.60±.10 abc
42	ab 8.73±0.87 a	b 7.50±0.45 b	b 7.39±0.29 abc	a 9.98±0.14 abc
55	b 8.00±0.68 a	c 5.87±0.88 c	c 5.63±0.44 cd	a 11.26±0.01 ab
72	b 7.62±0.27 b	bc 6.59±0.52 c	c 5.98±0.26 bcd	a 10.97±0.15 ab

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi incelendiğinde en yüksek toplam klorofil içeriği 1. günde 10.16 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda, 5. gün 8.04 µg/g olarak 11 mM uygulama grubunda, 10. günde 7.59 µg/g olarak 32 mM uygulama grubunda ve 15. günde 13.91 µg/g olarak 15 mM uygulama grubunda saptandı. En düşük toplam klorofil içeriği ise 1. günde 7.73 µg/g olarak kontrolde, 5. ve 10. günlerde sırası ile 5.08 ve 5.41 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda, 15. günde ise 8.33 µg/g olarak kontrolde belirlendi. Günlere bağlı toplam klorofil değişimi incelendiğinde 15. günde toplam klorofil içeriğinde belirgin bir artış görüldü. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.6).

Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda SA uygulanmayan bitkilere kıyasla toplam klorofil içeriğinde belirgin bir azalmaya neden oldu. Herbisit uygulanan gruplarda ise çimlenme öncesi SA uygulaması 1. ve 15. günlerde SA uygulanmayan bitkilere kıyasla toplam klorofil içeriğini arttırırken 5. ve 10. günlerde ise azalmaya sebep oldu (Çizelge 4.6 ve 4.7) .

Çizelge 4.6. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Toplam Klorofil (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	b 7.73±0.45c	b 7.26±0.03 b	b 7.49±0.99 a	a 8.33±0.29 d
8.8	b 7.81±0.99 c	c 5.39±0.13 cd	c 5.99±0.28 b	a 10.54±0.56 c
11	b 8.82±0.89 b	bc 8.04±0.54 a	c 6.48±0.42 ab	a 12.83±0.14 ab
15	b 8.42±0.99 b	c 6.65±0.08 bcd	d 5.76±0.23 b	a 13.91±0.40 a
19	b 9.19±0.58 ab	d 5.71±0.25 cd	c 6.44±0.30 ab	a 12.23±0.34 b
25	b 8.76±0.80 b	d 5.64±0.26 cd	c 6.21±0.67 b	a 10.15±0.99 c
32	b 8.33±0.95 bc	c 5.96±0.30 c	d 7.59±0.99 a	a 11.82±0.07 bc
42	b 7.40±0.89 cd	c 5.65±0.32 cd	bc 6.98±0.21 ab	a 12.19±0.27 b
55	b 8.39±0.99 bc	c 6.11±0.55 c	c 5.54±0.09 bc	a 13.30±0.47 a
72	b 10.16±0.18 a	c 5.08±0.11 d	c 5.41±0.17 bc	a 12.94±0.13 ab

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

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak karotenoid değerleri incelendiğinde en yüksek karotenoid içeriği uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. En düşük karotenoid içeriği de 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 0.70, 0.71, 0.71 ve 0.73 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda saptandı. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında karotenoid miktarının günler arası değişimini incelendiğinde 1. günde 8.8, 11 ve 55 mM uygulama grupları hariç istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmadığı belirlendi ($p<0.05$) (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Karotenoid (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 0.92±0.02a	a 0.96±0.01a	a 0.91±0.01a	a 0.93±0.06a
8.8	b 0.72±0.02cd	a 0.90±0.02ab	a 0.85±0.02ab	ab 0.82±0.04 ab
11	b 0.73±0.01cd	ab0.85±0.05abc	ab0.86±0.02ab	a 0.91±0.05 a
15	a 0.80±0.01bcd	a 0.88±0.04ab	a 0.83±0.05 ab	a 0.80±0.05 ab
19	b 0.80±0.01bcd	a 0.92±0.03ab	a 0.83±0.05 ab	a 0.85±0.03 ab
25	a 0.83±0.05abc	a 0.80±0.04bc	a 0.83±0.02 ab	a 0.84±0.03ab
32	a 0.76±0.05bcd	a 0.84±0.04abc	a 0.84±0.03 ab	a 0.78±0.06ab
42	a 0.88±0.04ab	a 0.92±0.01ab	a 0.87±0.04 ab	a 0.91±0.04 a
55	b 0.71±0.01cd	a 0.83±0.08abc	a 0.89±0.03 a	ab 0.76 ±0.08ab
72	a 0.70±0.01d	a 0.71±0.03c	a 0.71±0.04b	a 0.73±0.11 ab

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı karotenoid içeriğinin değişimi incelendiğinde en yüksek karotenoid içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. En düşük karotenoid içeriği ise 1. günde 0.95 µg/g olarak 11 mM uygulama grubunda, 5.ve 10. günde 1.00 µg/g olarak 19 mM uygulama grubunda, 15. günde ise 0.46 µg/g olarak 15 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde flurokloridon uygulamasının günlere bağlı olarak karotenoid içeriği üzerine etkisi incelendiğinde 5. günde karotenoid içeriğinin arttığı, 15. günde ise belirgin biçimde azaldığı belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.8).

Çimlenmeden önce SA ile muamele edilen bitkilerde karotenoid içeriği kontrol grubunda ve 1., 5. ve 10. günlerde flurokloridon uygulanan gruplarda SA ile ön muamele edilmeyen bitkilere kıyasla belirgin derecede yüksek çıktı. SA uygulaması 15. günde ise genel olarak belirgin bir azalmaya sebep oldu (Çizelge 4.7 ve 4.8).

Çizelge 4.8. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Karotenoid (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 1.25±0.01a	a 1.22±0.01 a	a 1.25±0.04 a	a 1.22±0.02 a
8.8	ab 0.97±0.02 ab	ab 1.05±0.01 ab	a 1.12±0.05 ab	b 0.90±0.03 ab
11	b 0.95±0.04 ab	a 1.13±0.01 a	b 1.01±0.02 b	c 0.74±0.03 bc
15	b 0.98±0.03 ab	a 1.17±0.01 a	b 1.03±0.02 b	c 0.46±0.04 d
19	a 0.99±0.01 ab	a 1.00±0.02a	a 1.00±0.01 b	b 0.76±0.06 bc
25	a 1.04±0.05 ab	a 1.10±0.05 ab	a 1.01±0.04 b	a 1.03±0.08 ab
32	b 1.05±0.04 ab	a 1.15±0.05 a	b 1.05±0.03 b	c 0.90±0.01 ab
42	a 1.22±0.03 a	b 1.05±0.02 ab	b 1.00±0.01 b	c 0.82±0.02 b
55	b 1.01±0.03 ab	a 1.12±0.04 a	b 1.02±0.02 b	c 0.56±0.11 c
72	a 1.05±0.06 ab	a 1.09±0.03 ab	a 1.03±0.04 b	b 0.57±0.10 c

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

4.2. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Bitkisinde Yaprak, Gövde ve Kök Yaş Ağırlıkları

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara bağlı yaprak yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek yaprak yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrolde, en düşük yaprak yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 2.95, 2.82, 2.63 ve 2.45 gr olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde günlere bağlı yaprak yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek yaprak yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük yaprak yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Yaprak Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 3.01±0.02 ab	a 3.01±0.01 a	a 3.00±0.02 a	a 3.00±0.01 a
8.8	a 3.00±0.01 ab	a 2.99±0.02 ab	ab 2.90±0.05 b	b 2.84 ±0.02 b
11	a 3.00±0.01 ab	b 2.90±0.03 abc	b 2.86±0.01 bc	c 2.74±0.03 bc
15	a 2.99±0.01 abc	b 2.93±0.02 abc	c 2.88±0.01 bc	d 2.82±0.01 b
19	a 3.00±0.01 ab	ab 2.90±0.01abc	ab 2.83±0.01 c	b 2.73 ±0.01c
25	a 2.99±0.01 abc	a 2.90±0.05 abc	b 2.79±0.01 d	c 2.65±0.01 cd
32	a 2.98±0.01 bcd	ab 2.85±0.02 bc	bc 2.74±0.01 e	c 2.60±0.01de
42	a 2.97±0.01 cde	b 2.81±0.01 c	c 2.76±0.01 e	d 2.56±0.01ef
55	a 2.96±0.01 de	b 2.88±0.01 abc	c 2.66±0.02 f	d 2.53±0.01 fg
72	a 2.95±0.02 e	b 2.82±0.01 c	c 2.63±0.03 f	d 2.45±0.03 g

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara bağlı yaprak yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek yaprak yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda, en düşük yaprak yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 2.99, 2.80, 2.68 ve 2.48 gr olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde günlere bağlı yaprak yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek yaprak yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük yaprak yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.10).

Çimlenme öncesi SA uygulaması herbisit uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol ve uygulama gruplarında, SA ile ön işlem görmeyen bitkilere kıyasla yaprak yaş ağırlık değerleri üzerinde önemli bir değişime sebep olmadığı saptandı (Çizelge 4.9 ve 4.10).

Çizelge 4.10. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU(mM)	Yaprak Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 3.10±0.02 a	a 3.10±0.03 a	a 3.09±0.02 a	a 3.09±0.02 a
8.8	a 3.08±0.01 a	b 3.00±0.01 b	b 2.97±0.02 b	c 2.92±0.01 b
11	a 3.04±0.01 b	b 2.99±0.01 b	c 2.82±0.02 c	d 2.77±0.02 c
15	a 3.02±0.01 bcd	b 2.95±0.02 c	c 2.83±0.01 c	d 2.72±0.01 d
19	a 3.03±0.01 bc	b2.89±0.01de	c 2.74±0.02 d	d 2.63±0.03 e
25	a 3.00±0.01 dc	b 2.92±0.02 d	c 2.82±0.01 c	d 2.69±0.01 d
32	a 2.99 ±0.02 d	b 2.88±0.01 e	c 2.72 ±0.01 d	d 2.65±0.01 e
42	a 2.99±0.01 d	b 2.84±0.01 f	c 2.69±0.02 e	d 2.53±0.01 f
55	a 3.00±0.02 cd	b 2.80±0.03 g	c 2.69±0.01 e	d 2.52±0.01 f
72	a 2.99±0.01 d	b 2.80±0.02 g	c 2.68±0.03 e	d 2.48±0.02 g

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

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara bağlı gövde yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde gövde yaş ağırlığında herbisit uygulamasını takiben 1. gün uygulama yapılan konsantrasyonlarda istatistiksel anlamda önemli bir fark belirlenmezken, en yüksek gövde yaş ağırlığı 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda, en düşük gövde yaş ağırlığı ise herbisit uygulamasını takiben 5. ve 10. günlerde sırasıyla 2.22 ve 2.11 gr olarak 72 mM uygulama grubunda, 15. günde ise 1.88 gr olarak 55 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde günlere bağlı gövde yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek gövde yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük gövde yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU(mM)	Gövde Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 2.37±0.03 a	a 2.35±0.02 a	a 2.33±0.02 a	a 2.34±0.04 a
8.8	a 2.36±0.03 a	b 2.30±0.01 c	c 2.25±0.01 b	d 2.00±0.01 b
11	a 2.35±0.01 a	b 2.31±0.02 bc	c 2.26±0.01 b	d 2.18±0.02 bc
15	a 2.33±0.01 a	b2.25±0.01 ef	c 2.20±0.01 c	d 2.15±0.02 c
19	a 2.34±0.01 a	b 2.23±0.01de	c 2.17±0.02 d	d 2.10±0.01d
25	a 2.36±0.02 a	b 2.30±0.01 c	c 2.22±0.01 c	d 2.07±0.02 d
32	a 2.35±0.01 a	b 2.27±0.01 d	c 2.17±0.03 d	d 1.99±0.01 e
42	a 2.40±0.04 a	b 2.33±0.01 ab	c 2.20±0.01 c	d 1.96±0.02 ef
55	a 2.36±0.01 a	b 2.27±0.01 d	c 2.17±0.02 d	d 1.88±0.03 g
72	a 2.32±0.01 a	b 2.22±0.01 f	c 2.11±0.01 e	d 1.93±0.01 f

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara bağlı gövde yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek gövde yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerinde kontrol grubunda , en düşük gövde yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerinde sırasıyla 2.36, 2.28, 2.03 ve 1.72 gr olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde günlere bağlı gövde yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek gövde yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük gövde yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.12).

Çimlenme öncesi SA uygulaması herbisit uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol ve uygulama gruplarında SA ile ön işlem görmeyen bitkilere kıyasla gövde yaş ağırlık değerleri üzerinde önemli bir değişime sebep olmadı (Çizelge 4.11 ve 4.12).

Çizelge 4.12. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Gövde Yaş Ağırlık (gr)			
	1.GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 2.43±0.02 a	a 2.43±0.02 a	a 2.45±0.03 a	a 2.40±0.03 a
8.8	a 2.40±0.01 ab	b 2.38±0.01 b	c 2.32±0.01 b	d 2.28±0.02 ab
11	a 2.38±0.01 b	b 2.35±0.01 bc	c 2.30±0.01 bc	d 2.28±0.01 ab
15	a 2.39±0.01 b	b 2.30±0.02 d	c 2.25±0.01 d	d 2.20±0.02abc
19	a 2.41±0.01 ab	b 2.32±0.01 cd	c 2.26±0.02 cd	d 2.20±0.03abc
25	a 2.41±0.03 ab	b 2.31±0.02 d	c 2.25±0.01 d	d 2.05±0.02 bc
32	a 2.38±0.01 b	b 2.29±0.02 d	c 2.22±0.01 d	d 2.03±0.03 bc
42	a 2.41±0.02 ab	b 2.31±0.01 d	c 2.26±0.02 cd	d 1.98±0.01 de
55	a 2.42±0.02 ab	b 2.30±0.01 d	c 2.22±0.03 d	d 1.96±0.01 de
72	a 2.36±0.03 b	b 2.28±0.03 d	c 2.03±0.03 e	d 1.72±0.03 e

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

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara bağlı kök yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde herbisit uygulamasını takiben 1. günde kontrol ve uygulama grupları arasında önemli bir fark bulunmazken, 5., 10. ve 15. günlerde en yüksek kök yaş ağırlığı kontrol grubunda, en düşük kök yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 5. günde 1.14 gr ile 25 mM uygulama grubunda, 10. günde 0.97 gr ile 55 mM uygulama grubunda 15. günde 0.83 gr ile 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde günlere bağlı kök yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek kök yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük kök yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök yaş ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU(mM)	Kök Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 1.27±0.01 a	a 1.27±0.01 a	a 1.28±0.02 a	a 1.26±0.03 a
8.8	a 1.27±0.03 a	ab 1.20±0.05 b	bc1.11±0.04bc	c 1.02±0.04 bc
11	a 1.28±0.03 a	b 1.19±0.04 b	c 1.07±0.01 cd	d 0.96±0.01 d
15	a 1.25±0.01 a	b 1.18±0.01 b	c 1.12±0.03 b	d 1.04±0.02 b
19	a 1.27±0.02 a	b 1.16±0.02b	c 1.07±0.01 cd	d 0.98±0.01cd
25	a 1.26±0.02 a	b 1.14±0.01 b	c 1.06±0.01 d	d 0.98±0.01cd
32	a 1.25±0.01 a	b 1.18±0.03 b	c 1.06±0.02 d	d 0.91±0.02 e
42	a 1.26±0.02 a	b 1.16±0.02 b	c 1.03±0.01 d	d0.94±0.01 de
55	a 1.25±0.01 a	b 1.15±0.04 b	c 0.97±0.02 e	c 0.98±0.01 cd
72	a 1.27±0.03 a	b 1.19±0.01 b	c 0.99±0.01 e	d 0.83±0.03f

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara bağlı kök yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek kök yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda, en düşük kök yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1. günde 1.36 gr olarak 11 ve 55 mM uygulama grubunda, 5. günde 1.28 gr olarak 11, 42, 55 ve 72 mM uygulama gruplarında, 10. günde 1.12 gr olarak 42 ve 55 mM ve 15. günde sırasıyla 0.79 gr olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde günlere bağlı kök yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek kök yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük kök yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.14).

Çimlenme öncesi SA ile muamele edilen bitkilerde herbisit uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol ve uygulama gruplarında SA uygulanmayan bitkilere kıyasla kök yaş ağırlık değerleri SA uygulanmayan bitkilere kıyasla daha yüksek bulundu (Çizelge 4.13 ve 4.14).

Çizelge 4.14. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök yaş ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kök Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 1.42±0.01a	a 1.40±0.03a	a 1.40±0.02a	a 1.41±0.02 a
8.8	a 1.38±0.01bc	b 1.31±0.01bc	c 1.23±0.01 b	d 1.12±0.01 b
11	a 1.36±0.02c	b 1.28±0.01d	c 1.20±0.02 b	d 1.04±0.01 d
15	a 1.37±0.01bc	b 1.29±0.01cd	c 1.16±0.01 c	d 1.12±0.01 b
19	a 1.38±0.02bc	b 1.32±0.01c	c 1.23±0.01 b	d 1.08±0.02 c
25	a 1.39±0.01ab	b 1.33±0.02b	c 1.20±0.02 b	d 0.99±0.02 e
32	a 1.39±0.01ab	b 1.29±0.01cd	c 1.20±0.03 b	d 0.99±0.02 e
42	a 1.38±0.02bc	b 1.28±0.01d	c 1.12±0.01 d	d 0.93±0.01 f
55	a 1.36±0.01c	b 1.28±0.01d	c 1.12±0.01 d	d 0.90±0.01 f
72	a 1.38±0.01bc	b 1.28±0.01d	c 1.13±0.01 cd	d 0.79±0.05 g

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

4.3. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Bitkisinde Yaprak, Gövde ve Kök Kuru Ağırlıkları

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara bağlı yaprak, gövde ve kök kuru ağırlığındaki değişimler incelendiğinde gün artışı ile birlikte yaprak, gövde ve kök kuru ağırlıklarında azalma olduğu saptandı. Kuru ağırlıktaki azalış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.15, 4.17 ve 4.19).

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara bağlı yaprak, gövde ve kök kuru ağırlıklarındaki değişimler incelendiğinde günlere bağlı olarak yaprak, gövde ve kök kuru ağırlıklarında azalma olduğu saptandı. Kuru ağırlıktaki azalış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.16, 4.18 ve 4.20).

Çimlenme öncesi SA uygulaması, SA ile ön işlem görmeyen bitkilere kıyasla yaprak, gövde ve kök kuru ağırlıklarında genel olarak bir artışa sebep oldu (Çizelge 4.15-4.20).

Çizelge4.15. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde gün içi ve günler arası konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığının değişimi

Flurokloridon Konsantrasyonu(mM)	Yaprak Kuru Ağırlığı (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL	a 0.32±0.01 a	a 0.31±0.01 a	a 0.32±0.01 a	a 0.31±0.03 a
8.8	a 0.31±0.01 a	b 0.27±0.02 b	b 0.26±0.02 b	b 0.25±0.02 b
11	a 0.29±0.01 b	b 0.25±0.03 b	b 0.25±0.01 b	b 0.24±0.02 b
15	a 0.27±0.02 b	ab 0.24±0.01 b	b 0.23±0.02 b	b 0.20±0.01 c
19	a 0.29±0.01 b	ab 0.26±0.02 b	b 0.24±0.01 b	b 0.22±0.02 bc
25	a 0.30±0.01 ab	b 0.27±0.01 b	c 0.23 ±0.01 b	d 0.20±0.01 c
32	a 0.28±0.01 b	ab 0.26±0.01 b	b 0.23±0.03 b	b 0.21±0.01 c
42	a 0.28±0.01 b	ab 0.26±0.03 b	b 0.22 ±0.01 bc	bc 0.20±0.01 c
55	a 0.27±0.02 b	b 0.23±0.01 b	bc 0.20±0.01 c	c 0.18±0.01 d
72	a 0.27±0.01 b	b 0.24±0.01 b	c 0.19±0.03 c	c 0.17±0.01 d

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

Çizelge 4.16. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığı değişimi

Flurokloridon Konsantrasyonu(mM)	Yaprak Kuru Ağırlığı (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL (SA)	a 0.33±0.03 a	a 0.33±0.02 a	a 0.34±0.03 a	a 0.34±0.03 a
8.8	a 0.33±0.02 a	a 0.32±0.01 a	ab 0.30±0.02	b 0.28±0.02 b
11	a 0.31±0.01 a	ab 0.29±0.01 b	ab 0.28±0.01	b 0.26±0.01 b
15	a 0.29±0.01 b	a 0.28±0.02 b	b 0.25±0.01 c	b 0.24±0.01 bc
19	a 0.27±0.01 b	a 0.25±0.02 c	ab 0.22±0.02	b 0.20±0.02 c
25	a 0.26±0.01 b	a 0.24±0.01 c	b 0.21±0.01 c	b 0.19±0.02 c
32	a 0.29±0.01 b	b 0.26±0.01 bc	bc 0.24±0.01	bc 0.22±0.03 c
42	a 0.27±0.02 b	ab 0.25±0.01 c	bc 0.23±0.02	c 0.21 ±0.01c
55	a 0.28±0.01 b	ab 0.26±0.02 bc	b 0.24±0.02 c	b 0.22±0.02 c
72	a 0.27±0.02 b	ab 0.24±0.01 c	b 0.21±0.04 c	bc 0.18±0.01 d

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

Çizelge 4.17. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYON U	Gövde Kuru Ağırlık (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL	a 0.22±0.01 a	a 0.22±0.01 a	a 0.23±0.01 a	a 0.23±0.03 a
8.8	a 0.23±0.02 a	a 0.21±0.02 a	a 0.20±0.01 a	b 0.18±0.01 b
11	a 0.23±0.02 a	a 0.21±0.01 a	a 0.20±0.01 a	b 0.17±0.02 b
15	a 0.23±0.02 a	a 0.21±0.02 a	a 0.20±0.01 a	b 0.17±0.02 b
19	a 0.22±0.01 a	a 0.20±0.01 a	b 0.18±0.01b	c 0.14±0.02 b
25	a 0.20±0.01 ab	b 0.17±0.02 b	b 0.16±0.01 b	c 0.13±0.03 b
32	a 0.22±0.01 a	a 0.20±0.01 a	ab 0.19±0.01 b	c 0.14±0.02 b
42	a 0.21±0.01 a	a 0.19±0.01 a	b 0.18±0.01 b	c 0.14±0.02 b
55	a 0.18±0.01 b	a 0.17±0.01 b	ab 0.15±0.01 bc	b 0.14±0.03 b
72	a 0.19±0.01 b	b 0.16±0.01 b	bc 0.15±0.01 bc	c 0.13±0.03 b

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

Çizelge 4.18. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Gövde Kuru Ağırlık (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL (SA)	a 0.23±0.01 a	a 0.23±0.01 a	a 0.22 ±0.01a	a 0.22±0.01 a
8.8	a 0.23±0.01 a	a 0.23±0.01 a	b 0.20±0.01 a	b 0.20±0.01 a
11	a 0.21±0.01a	a 0.22±0.01 a	a 0.21±0.01 a	ab 0.19±0.01 a
15	a 0.22±0.01 a	a 0.21±0.01 ab	ab 0.19±0.01 a	ab 0.19±0.01 a
19	a 0.21±0.02 a	ab 0.19±0.01 ab	b 0.18±0.01 ab	b 0.18±0.01 ab
25	a 0.20±0.01 a	b 0.17±0.01 b	b 0.18±0.01 ab	c 0.15±0.01 b
32	a 0.21±0.01 a	a 0.20 ±0.01ab	ab 0.19±0.01 a	ab 0.18±0.01 ab
42	a 0.21±0.01 a	a 0.19 ±0.01ab	ab 0.18 ±0.01ab	b 0.17±0.01 b
55	a 0.21±0.02 a	ab 0.18±0.01 b	ab 0.17±0.01 ab	b 0.14±0.01 c
72	a 0.21±0.02 a	ab 0.18±0.01 b	b 0.16±0.01ab	b 0.14±0.01 c

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

Çizelge 4.19. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kök Kuru Ağırlık (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL	a 0.13±0.01 ab	a 0.13±0.01 a	a 0.13±0.002 a	a 0.13±0.001 a
8.8	a 0.12±0.01b	b 0.10±0.01 c	c 0.09±0.002 b	c 0.09±0.004 b
11	a 0.12±0.01 b	b 0.10±0.01 c	c 0.08±0.001 c	d 0.07±0.003 c
15	a 0.12±0.01 b	b 0.11±0.01 b	c 0.09±0.003 b	d 0.07±0.001 c
19	a 0.12±0.01 b	b 0.11±0.01 b	c 0.09±0.001 b	d 0.07±0.003 c
25	a 0.11±0.01 c	a 0.11±0.01 b	b 0.08±0.002 c	c 0.06±0.001 d
32	a 0.12±0.01 b	b 0.10±0.01 c	c 0.07±0.003 e	c 0.07±0.002 c
42	a 0.11±0.01 c	b 0.10±0.01 c	c 0.08±0.001 c	d 0.07±0.002 c
55	a 0.11±0.01 c	b 0.09±0.002 d	c 0.07±0.004 d	d 0.05±0.004 e
72	a 0.11±0.01 c	b 0.09±0.001 d	c 0.07±0.001 d	d 0.04±0.001f

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

Çizelge 4.20. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kök Kuru Ağırlık (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL (SA)	a 0.14±0.02 a	a 0.14±0.01 a	a 0.14±0.02 a	a 0.14±0.01 a
8.8	a 0.14±0.01 a	b 0.12±0.01 ab	c 0.10 ±0.01 ab	c 0.10±0.0 04 b
11	a 0.13±0.01 a	b 0.10 ±0.01 b	c 0.09±0.003 b	c 0.08±0.006 c
15	a 0.14±0.01 a	b 0.10±0.01 b	c 0.08±0.006 c	c 0.07±0.006 c
19	a 0.12±0.02 ab	a 0.12 ±0.02 ab	b 0.09±0.004 b	b 0.08±0.004 c
25	a 0.12±0.02 ab	a 0.12±0.02 ab	b 0.08 ±0.003 c	b 0.07±0.006 c
32	a 0.11±0.001 b	a 0.11±0.01 b	b 0.08±0.004 c	b 0.07±0.005 c
42	a 0.12±0.01 ab	b 0.10±0.01 b	b 0.08±0.005 c	b 0.07±0.007 c
55	a 0.11±0.01 b	b 0.09±0.003 c	c 0.07±0.006 c	c 0.06±0.004 cd
72	a 0.12 ±0.01 ab	b 0.09±0.003 c	c 0.06±0.003 d	c 0.05±0.005 d

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

4.4. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Oransal Su İçeriği

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı oransal su içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek oransal su içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrolde, en düşük oransal su içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla % 48.27, 45.12, 31.54 ve 26.76 olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı oransal su içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek oransal su içeriği 1. günde, en düşük oransal su içeriği ise 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Oransal Su içeriği (%)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 72.53±0.69 a	a 72.30±0.42 a	a 72.23±0.58 a	a 72.28±0.71 a
8.8	a 72.30±0.42 a	b 61.67±0.66 b	c 52.54±0.46 b	d 43.50±0.69 b
11	a 70.12±0.54 b	b 61.31±0.55 b	c 51.84±0.52 bc	d 41.51±0.65 c
15	a 72.04±0.57 a	b 57.23±0.56 c	c 50.43±0.41 c	d 35.53±0.49 d
19	a 70.12±0.54 b	b 56.15±0.69 c	c 48.22±0.57 d	d 34.60±0.58 d
25	a 70.08±0.61 b	b 57.17±0.61 c	c 47.31±0.42 d	d 31.55±0.45 e
32	a 60.29±0.58 c	b 52.66±0.68 d	c 44.58±0.63 e	d 34.32±0.66 d
42	a 56.27±0.53 d	b 50.42±0.78 e	c 42.41±0.71 f	d 27.63±0.61 f
55	a 53.38±0.64 e	b 46.42±0.81 f	c 35.59±0.62 g	d 27.44±0.76 f
72	a 48.27±0.56 f	b 45.12±0.63 f	c 31.54±0.45 h	d 26.76±0.70 f

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak oransal su içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek oransal su içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrolde, en düşük oransal su içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla % 54.26, 48.34, 38.62 ve 31.51 olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı oransal su içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek oransal su içeriği 1. günde, en düşük oransal su içeriği ise 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.22).

Çimlenme öncesi SA uygulaması, SA uygulanmayan bitkilere kıyasla herbisit uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol ve uygulama gruplarında oransal su içeriğini arttırdı (Çizelge 4.21 ve 4.22).

Çizelge 4.22. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriği değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Oransal Su içeriği (%)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 81.32±0.57 a	a 81.45±0.64 a	a 80.69±0.35 a	a 81.23±0.61 a
8.8	a 76.81±0.64 b	b 67.31±0.57 b	c 59.31±0.50 b	d 53.53±0.56 b
11	a 75.56±0.46 b	b 63.07±0.63 c	c 56.37±0.64 c	d 47.57±0.77 c
15	a 72.28±0.65 c	b 62.54±0.49 c	c 49.32±0.67 d	d 42.47±0.81 d
19	a 69.53±0.80 d	b 57.20±0.57 d	c 49.33±0.61 d	d 41.58±0.33 de
25	a 67.32±0.51 e	b 55.31±0.68 e	c 50.59±0.75 d	d 40.42±0.61 ef
32	a 67.57±0.48 e	b 57.23±0.54 d	c 50.08±0.58 d	d 40.23±0.77 ef
42	a 59.38±0.43 f	b 49.49±0.53 g	c 44.21±0.56 e	d 38.45±0.71 f
55	a 61.09±0.58 g	b 52.30±0.65 f	c 41.65±0.47 f	d 32.68±0.63 g
72	a 54.26±0.43 h	b 48.34±0.67 g	c 38.62±0.65 g	d 31.51±0.58 g

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

4.5. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Peroksidaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı POD değişimler incelendiğinde en yüksek POD aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırası ile 3.79, 3.84, 5.27 ve 6.50 U/mg protein olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. En düşük POD aktivitesi herbisit uygulamasından sonraki 1. günde 1.25 U/mg protein olarak 11 mM flurokloridon uygulanan grupta, 5., 10. ve 15. günlerde ise kontrol grubunda bulundu. *H. annuus* yapraklarına çimlenme sonrası uygulanan flurokloridon günlere bağlı olarak POD aktivitesinde değişimlere sebep oldu. En yüksek POD aktivitesi uygulama yapılan tüm konsantrasyonlarda 15. günde saptandı. POD aktivitesindeki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	POD Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 2.00 ±0.02 f	a 2.07 ±0.04 e	a 2.04±0.03 h	a 2.03±0.02 h
8.8	c 1.87 ±0.01 g	ab2.87±0.01 b	b2.50 ±0.01 e	a 3.01±0.01 g
11	d 1.25±0.01 h	c 2.28±0.02 d	b 2.48±0.01 e	a 4.25±0.02 f
15	c 2.44 ±0.03 e	b 2.66±0.02 c	d 2.30 ±0.01f	a 4.55±0.01 d
19	b 2.85 ±0.02 d	c 2.22±0.02 e	bc 2.53±0.01 e	a 4.21±0.04 f
25	b 2.86 ±0.01 d	c 2.64±0.02 c	d 2.15±0.01 g	a 4.44±0.01e
32	b 3.08 ±0.04 c	d 2.58±0.01 cd	c 2.69±0.04 d	a 4.67±0.01c
42	b 3.15±0.25 c	c 2.44±0.01 d	b 3.29±0.01 c	a 5.28±0.01 b
55	c 3.40 ±0.01 b	d 2.68±0.01 c	b 4.00±0.03 b	a 6.48±0.01a
72	c 3.79 ±0.01 a	c 3.84 ±0.03 a	b 5.27±0.02 a	a 6.50±0.01a

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı POD aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek POD aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 5. ve 15. günlerde sırası ile 7.81, 7.92 ve 9.60 U/mg protein olarak 72 mM flurokloridon uygulama grubunda, 10. günde ise 8.99 U/mg protein olarak 55 mM flurokloridon uygulama grubunda saptandı. En düşük POD aktivitesi ise herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ile muamele edilen bitkilere flurokloridon uygulaması günlere bağlı olarak POD aktivitesinde değişime neden oldu ve en yüksek POD aktivitesi uygulama yapılan tüm konsantrasyonlar için 15. günde belirlendi. POD aktivitesindeki bu artış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.24).

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında herbisit uygulamasını takiben 1., 5. ve 10. günlerde düşük konsantrasyonlarda POD aktivitesi, 0.5mM SA ile muamele edilmeden flurokloridon uygulanan bitkilere kıyasla daha düşük çıktı. Yüksek konsantrasyonlarda ve 15. günde ise SA uygulaması POD aktivitesini arttırdı. Bununla birlikte çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda POD aktivitesinin azalmasına sebep oldu (Çizelge 4.23 ve 4.24).

Çizelge 4.24. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	POD Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 1.30±0.01 g	a 1.32±0.01 ı	a 1.28 ±0.01 ı	a 1.36±0.02 ı
8.8	b 1.95±0.04 e	c 1.59±0.01 g	bc 1.77±0.21g	a 3.72±0.03 h
11	bc 1.85±0.03 f	c 1.50±0.01 h	b 1.98±0.12 g	a 4.42±0.01 g
15	d 1.91±0.03 e	c 2.09±0.07 e	b 2.73±0.02 f	a 4.43 ±0.01 g
19	bc 1.83±0.02 f	b 1.91±0.04 ef	c 1.68±0.02 h	a 5.10±0.01 f
25	c 2.34±0.01 d	d 1.96±0.05 e	b 2.95±0.01 e	a 5.75±0.04 e
32	d 2.35±0.01 d	c 2.84±0.01 d	b 4.88±0.01 d	a 6.35±0.01 d
42	c 3.31±0.03 c	b 6.68±0.01 c	b 6.72±0.04 c	a 7.16±0.02 c
55	c 4.10±0.01 b	b 7.10 ±0.06 b	a 8.99±0.01 b	b 7.01±0.04 b
72	c 7.81±0.04 a	c 7.92±0.08 a	b 8.26±0.01 a	a 9.60±0.02 a

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

4.6. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Askorbat Peroksidaz Aktivitesi

Flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağılı olarak AP aktivitesi incelendiğinde en yüksek AP aktivitesi uygulamadan sonraki 1. günde 0.84 U/mg protein ile 15 mM uygulama grubunda 5. günde 0.96 U/mg protein ile 42 mM uygulama grubunda, 10. günde 2.43 U/mg protein ile 8.8 mM uygulama grubunda, 15. günde ise 0.53 U/mg protein ile, kontrol grubunda saptandı. En düşük AP aktivitesi ise uygulamadan sonraki 1. günde 0.11 U/mg protein olarak 42 ve 55 mM uygulama grubunda, 5., 10. ve 15. günde ise sırası ile 0.14, 0.20 ve 0.04 U/mg protein ile 72 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağılı olarak AP aktivitesindeki değişimler incelendiğinde genel olarak AP aktivitesinde 10. günde bir artış ve 15. günde ise bir azalış saptandı. AP aktivitesindeki bu azalış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.25).

Çizelge 4.25. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağılı AP aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	AP Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 0.51±0.03 e	a 0.53±0.02 e	a 0.53±0.03 g	a 0.53±0.02 a
8.8	b 0.66±0.02 c	b 0.64±0.01 d	a 2.43±0.04 a	c 0.34±0.04 b
11	c 0.56±0.01 d	b 0.68±0.01 c	a 1.99±0.02 b	d 0.24±0.02 c
15	b 0.84±0.01 a	c 0.69 ±0.01 c	a 1.02±0.01 e	d 0.15±0.03 d
19	b 0.80±0.02 b	c 0.69±0.01 c	a 1.27±0.01 c	d 0.10±0.01 e
25	c 0.62±0.01 d	b 0.70±0.01 c	a 1.15±0.02 d	d 0.09±0.01 ef
32	c 0.59 ±0.03 d	b 0.85±0.01 b	a 1.27±0.01 c	d 0.06±0.01 gh
42	c 0.11±0.01 g	a 0.96±0.01 a	b 0.64±0.01 f	d 0.08 ±0.01 fg
55	b 0.11±0.01 g	a 0.46±0.04 f	a 0.49±0.05 g	c 0.06±0.01 gh
72	b 0.16±0.01 f	b 0.14±0.05 g	a 0.20±0.01 h	c 0.04 ±0.02 h

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı AP aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek AP aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. En düşük AP aktivitesi ise herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırası ile 0.04, 0.38, 0.03 ve 0.02 U/mg protein ile 72 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı AP aktivitesi değişimler incelendiğinde AP aktivitesinde 5. günde 8.8-15 mM uygulama grupları hariç genel bir artış görülürken, 15. günde 8.8, 32 ve 42 mM uygulama grupları hariç genel bir azalış gözlemlendi. AP aktivitesindeki bu azalış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.26).

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında kontrol grubunda AP aktivitesi SA uygulanmayan bitkilere kıyasla daha yüksek belirlenirken, herbisit uygulanan gruptaki AP aktivitesi SA uygulanmayan bitkilerden daha düşük çıktı (Çizelge 4.25 ve 4.26).

Çizelge 4.26. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	AP Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 0.83±0.01 a	a 0.85±0.0 a	a 0.86 ±0.03 a	a 0.84±0.02 a
8.8	c 0.10±0.01 e	b 0.43±0.03 e	b 0.37±0.04 b	a 0.75±0.03 b
11	a 0.56±0.01 c	b 0.46±0.01 de	c 0.18±0.02 c	c 0.15±0.01 c
15	a 0.67±0.01 b	b 0.52±0.01 cd	c 0.23±0.01 c	d 0.12±0.01 d
19	b 0.19±0.01 b	a 0.55 ±0.02bc	bc 0.12±0.01 d	c 0.09±0.01 e
25	b 0.14±0.08 b	a 0.63 ±0.01 b	bc 0.12±0.01 d	c 0.07±0.01 ef
32	b 0.08±0.01 e	a 0.66 ±0.03 b	c 0.05±0.01 e	b 0.07±0.01 ef
42	b 0.06±0.01 e	a 0.63 ±0.01 b	b 0.05±0.01 e	b 0.06±0.01 f
55	b 0.06 ±0.01e	a 0.47 ±0.01de	c 0.04±0.01 e	c 0.03±0.01 g
72	b 0.04 ±0.01e	a 0.38±0.01 f	b 0.03±0.02 e	b 0.02±0.01 g

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

4.7. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Katalaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı CAT aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek CAT aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. En düşük CAT aktivitesi 1., 5. ve 15. günlerde sırasıyla 5.86, 4.44 ve 4.96 mg protein olarak 42 mM flurokloridon uygulanan grupta ve 10. günde 7.36 mg protein olarak 55 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı CAT aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek CAT aktivitesi 10. günde saptandı. CAT aktivitesindeki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.27).

Çizelge 4.27. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Katalaz Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 15.84±0.02 a	a 15.09±0.03 a	a 15.10±0.04 a	a 15.01±0.01
8.8	b 9.50±0.05 c	d 7.41±0.01 d	a 9.91±0.02 b	c 8.37±0.03
11	a 9.44±0.04 c	c 7.40±0.01 d	b 9.03±0.03 e	d 6.04±0.04
15	a 9.72±0.02 b	c 8.46±0.02 c	b 9.44±0.05 c	d 5.60±0.02
19	b 7.02±0.03 f	b 7.09±0.01 e	a 9.30±0.02 d	c 6.19±0.02
25	b 7.79±0.01 e	a 8.68±0.08 b	a 8.82±0.06 f	c 6.08±0.03
32	c 8.00±0.01 d	b 8.65±0.01 b	a 9.28±0.02 d	d 4.73±0.04
42	b 5.86±0.02 h	d 4.44±0.04 h	a 7.74±0.02 h	c 4.96±0.02
55	b 6.84 ±0.01 g	d 4.98±0.01 g	a 7.36±0.01 ı	c 5.38±0.04
72	b 7.09±0.04 f	d 5.41±0.03 f	a 8.01±0.03 g	c 6.50±0.02

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı CAT aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek CAT aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. En düşük CAT aktivitesi ise herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırası ile 7.03, 5.47, 3.42 ve 0.27 U/mg protein olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı CAT aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek CAT aktivitesi 8.8, 11, 15 ve 72 mM uygulama grupları hariç 10. günde gözlenirken en düşük CAT aktivitesi 15. günde 32 mM uygulama grubunda saptandı. CAT aktivitesindeki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.28).

Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda CAT aktivitesinin azalmasına sebep oldu. Ayrıca çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde genel olarak 10. ve 15. günlerde CAT aktivitesi SA ile ön işlem görmeyen bitkilerden daha düşük çıkarken 5. günde çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde CAT aktivitesi genel olarak daha yüksek belirlendi (Çizelge 4.27 ve 4.28).

Çizelge 4.28. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Katalaz Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 13.50±0.04 a	a 13.38±0.02a	a 14.07±0.05a	a 13.65±0.03 a
8.8	b 8.22±0.01 c	a 8.79±0.04 b	c 7.68±0.01 e	d 4.66±0.02 c
11	a 8.23±0.01 bc	b 7.91±0.08 d	c 7.39±0.03 f	d 4.68±0.02 c
15	a 8.25±0.01 b	a 8.38 ±0.12 c	b 7.02±0.01 g	c 6.39±0.04 b
19	c 7.06±0.03 gh	b 8.06±0.07 d	a 9.58±0.02 b	d 3.78±0.02 d
25	b 8.17±0.02 d	c 7.21±0.04 e	a 9.59±0.03 b	d 3.46±0.04 e
32	c 7.41±0.04 f	b 8.31±0.03 c	a 9.52±0.03 c	d 2.93±0.03 f
42	b 7.12±0.07 g	c 6.15±0.02 f	a 8.05±0.01 d	d 1.90±0.03 g
55	a 7.56±0.04 e	b 5.70±0.04 g	a 7.43±0.09 f	c 1.21±0.02 h
72	a 7.03±0.01 h	b 5.47±0.03 h	c 3.42±0.04 h	d 0.27±0.04 ı

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

4.8. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Süperoksit Dismutaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı SOD aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek SOD aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1. günde 40.57 U/mg protein ile kontrol grubunda, 5. günde 51.92 U/mg protein ile 72 mM uygulama grubunda, 10. günde 50.78 U/mg protein ile 8.8 mM uygulama grubunda ve 15. günde 51.70 U/mg protein ile 72 mM uygulama grubunda gözlemlendi. En düşük SOD aktivitesi 1. günde 15.62 U/mg protein olarak 19 mM uygulama grubunda, 5. günde 28.51 U/mg protein olarak 42 mM uygulama grubunda, 10. ve 15. günlerde sırasıyla 40.59 ve 41.25 U/mg protein olarak kontrol grubunda saptandı. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında SOD aktivitesindeki günlere bağlı değişimin uygulama konsantrasyonuna göre değiştiği ve 1. günde tüm uygulama konsantrasyonlarında en düşük seviyede olduğu belirlendi. SOD aktivitesindeki bu azalış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.29).

Çizelge 4.29. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	SOD aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) KONTROL	a 40.57±0.21 a	a 40.02±0.26 d	a 40.59±0.06 e	a 41.25±0.16d
8.8	c 23.47±0.19 bc	b 31.89±0.12 e	a 50.78±0.12 a	a 51.12±0.48 ab
11	d 18.68±0.19 de	c 40.48±0.32 d	b 43.57±0.41 d	a 50.44±0.42 ab
15	c 16.71±0.61 e	bc 43.80±0.16 c	a 49.29±0.08 b	b 45.40±0.11 c
19	c 15.62±0.52 e	a 50.05±0.09 ab	b 45.06±0.12 d	b 45.23±0.12 c
25	c 19.84±0.16 cde	a 50.55±0.11 ab	b 45.17±0.12 d	ab 48.26±0.54c
32	c 21.64±0.22 cd	a 51.58 ±0.13 a	ab49.41±0.09 ab	b 46.66±0.72 c
42	c 21.83±0.31 cd	b 28.51±0.43f	a 47.35±0.13c	a 48.37±0.11 bc
55	d 21.83±0.18 cd	c 29.41±0.61 f	b 45.63±0.71 d	a 48.26±0.12c
72	c 22.67±0.15 c	a 51.92±0.04 cd	b 44.25±0.58 d	a 51.70±0.15 a

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı SOD aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek SOD aktivitesi 1. ve 5. günde sırasıyla 33.95 ve 45.86 U/mg protein olarak 11 mM uygulama grubunda, 10. günde 52.84 U/mg protein olarak 25 mM uygulama grubunda ve 15. günde 47.46 U/mg protein olarak 15 mM uygulama grubunda belirlendi. En düşük SOD aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı SOD aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek SOD aktivitesi 10. günde ve en düşük SOD aktivitesi 1. günde belirlendi. SOD aktivitesindeki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.30).

SA ile ön muamele edilen bitkilerde kontrol grubunda SOD aktivitesi SA uygulanmayan bitkilerden belirgin derecede düşük çıkarken uygulama gruplarında SA'nın etkisi konsantrasyona bağlı olarak değişiklik gösterdi (Çizelge 4.29 ve 4.30).

Çizelge 4.30. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi ve günler arası SOD aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	SOD aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 18.15±0.41d	a 18.27±0.99 f	a 18.25±0.49 f	a 18.13±0.49g
8.8	c 31.09±0.79 b	b 44.83±0.79 a	a 47.80±0.99 de	b 44.83±0.39b
11	c 33.95±0.41 a	b 45.86±0.39 a	a 49.75±0.49 bcd	b 45.97±0.60b
15	c 29.94±0.60 b	b 41.28±0.99 b	a 49.64±0.79 bcd	a 47.46±0.99 a
19	d 20.44±0.90d	c 34.75±0.60 c	a 51.01±0.59 ab	b 40.93±0.93c
25	d 26.74±0.98 c	c 34.75±0.82 c	a 52.84±0.30 a	b 41.51±0.41c
32	d 26.97±0.59 c	c 33.72±0.41 c	a 51.70±0.59 ab	b 36.01±0.30d
42	d 19.18±0.82 d	c 26.28±0.86 d	a 48.38±0.97 cde	b 35.67±0.30d
55	c 20.44±0.75 d	c 23.49±0.59 e	a 46.89±0.39 c	b 32.46±0.39e
72	cd 18.96±0.90 d	c 20.02±0.71 ef	a 40.44±0.63 e	a 28.95±0.59f ef

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

4.9. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Glutatyon S-Transferaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı GST aktivitesindeki değişimler incelendiğinde en yüksek GST aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1. günde 0.0287 U/mg protein ile 19 mM uygulama grubunda, 5. günde 0.0138 U/mg protein ile 72 mM uygulama grubunda, 10. günde 0.0132 U/mg protein ile 25 mM uygulama grubunda ve 15. günde 0.0281 U/mg protein ile 8.8 mM uygulama grubunda gözlemlendi. En düşük GST aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. Günlere bağlı olarak GST aktivitesi değerlendirildiğinde 1. ve 15. günlerde genel olarak yüksek GST aktivitesi belirlenirken ve en düşük GST aktivitesi 5. günde tespit edildi. GST aktivitesindeki azalış istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.31).

Çizelge 4.31. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GST Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 0.0052±0.001 g	a 0.0051±0.001g	a 0.0052±0.001 f	a 0.0055±0.001 f
8.8	b 0.0154±0.001 e	d 0.0057±0.001f	c 0.0090±0.001 c	a 0.0281±0.001 a
11	b 0.0188±0.001 d	c 0.0077±0.001c	bc 0.0091±0.001c	a 0.0224±0.001 b
15	a 0.0258±0.001 b	c 0.0081±0.001b	bc 0.0094±0.001c	b 0.0102±0.001 e
19	a 0.0287±0.001 a	d 0.0066±0.001e	c 0.0105±0.001 b	b 0.0220±0.001 b
25	a 0.0126±0.002 f	b 0.0081±0.001 b	a 0.0132±0.001 a	a 0.0150±0.001 d
32	b 0.0123±0.001 f	c 0.0085±0.001b	b 0.0101±0.001 b	a 0.0222±0.001 c
42	b 0.0130±0.001 f	c 0.0055±0.001f	bc 0.0094±0.001	a 0.0205±0.001 bc
55	a 0.0136±0.001 f	b 0.0072±0.001 d	b 0.0066±0.001 d	b 0.0068±0.001 f
72	a 0.0215±0.001 c	b 0.0138±0.001a	c 0.0059±0.001 e	c 0.0059±0.001 f

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı GST aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek GST aktivitesi 1. günde 0.0165 U/mg protein olarak 15 mM uygulama grubunda, 5. günde 0.0218 U/mg protein olarak 25 mM uygulama grubunda ve 10. günde 0.0196 U/mg protein olarak 15 mM uygulama grubunda ve 15. günde 0.0103 U/mg protein olarak kontrol grubunda belirlendi. En düşük GST aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 10. ve 15. günlerde sırası ile 0.0053, 0.0049 ve 0.0018 U/mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda, 5. günde 0.0099 U/mg protein olarak 8.8 mM uygulama grubunda saptandı. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı GST aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek GST aktivitesi 5. günde ve en düşük GST aktivitesi 15. günde görüldü. GST aktivitesindeki bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.32).

Çimlenme öncesi SA uygulanan tohumlarda SA uygulanmayanlara kıyasla kontrol grubunda GST aktivitesi daha yüksek belirlendi. Ayrıca SA ile ön muamele, bitkilerde herbisit uygulama gruplarında 1. 5. ve 10. günlerde genel olarak GST aktivitesinde bir artışa, 15. günde ise azalmaya sebep oldu (Çizelge 4.31 ve 4.32).

Çizelge 4.32. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GST Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 0.0106±0.001 f	a 0.0108±0.001 e	a 0.0107±0.001 e	a 0.0103±0.001 a
8.8	a 0.0102±0.001 f	ab 0.0099 ±0.001 f	b 0.0066±0.001 g	c 0.0027±0.001 d
11	a 0.0131±0.001 c	a 0.0119±0.001 cd	a 0.0127±0.001 d	b 0.0030±0.001 cd
15	a 0.0165±0.001 a	b 0.0119±0.001 cd	a 0.0196±0.001 a	c 0.0031±0.001 c
19	b 0.0109±0.001 e	a 0.0195±0.001 b	ab 0.0140±0.001 c	c 0.0030±0.001 cd
25	b 0.0112±0.001 d	a 0.0218±0.001 a	b 0.0128 ±0.001 d	c 0.0021±0.001 f
32	b 0.0137 ±0.001 b	a 0.0164±0.001 c	a 0.0182±0.001 b	c 0.0039±0.001 b
42	a 0.0101±0.001 f	a 0.0125±0.001 d	a 0.0129±0.001 d	b 0.0038±0.001 b
55	b 0.0096±0.001 g	a 0.0119±0.001 cd	b 0.0098 ±0.001 f	c 0.0024±0.001 e
72	b 0.0053±0.001 h	a 0.0113±0.001 de	b 0.0049±0.001 h	c 0.0018±0.001 g

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

4.10. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Glutatyon Redüktaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak GR aktivitesi incelendiğinde en yüksek GR aktivitesi uygulamadan sonraki 1. günde 0.105 U/mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda 5. ve 15. günde sırasıyla 0.035 ve 0.037 U/mg protein olarak kontrolde, 10. günde 0.065 U/mg protein olarak, 25 mM uygulama grubunda bulundu. En düşük GR aktivitesi 1. günde 0.033 U/mg protein olarak 8.8 ve 19 mM uygulama gruplarında, 5. ve 15. günde sırasıyla 0.016 ve 0.015 U/mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda ve 10. günde 0.035 U/mg protein olarak kontrol grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı olarak GR aktivitesi incelendiğinde genel olarak en yüksek GR aktivitesi 5. günde ve tüm uygulama gruplarında en düşük GR aktivitesi 10. günde tespit edildi. GST aktivitesindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.33).

Çizelge 4.33. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GR Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 0.035±0.001 g	a 0.035±0.001 a	a 0.035±0.001 ef	a 0.037±0.001 a
8.8	a 0.033±0.001 h	b 0.021±0.001 e	a 0.036±0.001 f	b 0.025±0.001g
11	b 0.034±0.001 gh	d 0.020±0.001 e	a 0.046±0.001 d	c 0.028±0.001 g
15	a 0.047±0.001 d	c 0.018±0.001 g	a 0.049±0.001 c	b 0.036±0.001b
19	b 0.033±0.001 h	c 0.021±0.001 d	a 0.055±0.001 b	b 0.030±0.001 f
25	b 0.045±0.001 e	d 0.024 ±0.001c	a 0.065±0.001 a	c 0.032±0.001 e
32	a 0.052±0.001 c	c 0.024±0.001 c	a 0.050±0.001 c	b 0.033±0.001d
42	b 0.036±0.001 f	c 0.028±0.001 b	a 0.052±0.001 bc	b 0.035±0.001 c
55	a 0.058±0.001 b	c 0.019±0.001 f	b 0.042±0.001 e	d 0.016±0.001h
72	a 0.105 ±0.001 a	c 0.016±0.001 h	b 0.040±0.001 e	c 0.015±0.001 h

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı GR aktivitesi değişimler incelendiğinde en yüksek GR aktivitesi 1. ve 15. günde sırasıyla 0.051 ve 0.052 U/mg protein olarak kontrol grubunda, 5. günde 0.057 U/mg protein olarak 8.8 mM uygulama grubunda ve 10. günde 0.074 U/mg protein olarak 11 mM uygulama grubunda belirlendi. En düşük GR aktivitesi 1. günde 0.027 U/mg protein olarak 8.8 ve 11 mM uygulama grubunda, 5., 10. ve 15. günlerde sırası ile 0.03, 0.018 ve 0.008 U/mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda saptandı. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında GR aktivitesi günlere göre değişmekle birlikte en yüksek GR aktivitesi 72 mM uygulama grubu hariç uygulamayı takip eden 10. günde belirlendi. En düşük GR aktivitesi ise 8.8 ve 11 mM uygulama gruplarında 1. günde ve 19-72 mM uygulama gruplarında 15. günde saptandı. GST aktivitesindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu($p<0.05$)(Çizelge 4.34).

SA ile çimlenme öncesi muamele gören bitkilerde kontrol grubunda GR aktivitesi SA uygulanmayan bitkilere kıyasla daha yüksek olarak belirlendi. SA uygulanan bitkilerde genel olarak 5. ve 10. günlerde uygulama gruplarındaki GR aktivitesi SA uygulanmayan bitkilerden daha yüksek çıkarken, 1. ve 15. günlerde SA uygulaması herbisit uygulanan gruplarda genel olarak GR aktivitesinde azalmaya sebep oldu (Çizelge 4.33 ve 4.34).

Çizelge 4.34. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GR Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 0.051±0.001 a	a 0.051±0.001 b	a 0.050±0.0012	a 0.052±0.001 a
8.8	d 0.027±0.001 g	b 0.057±0.001 a	a 0.073±0.001 b	c 0.047±0.001 b
11	d 0.027±0.001 g	b 0.049±0.001 c	a 0.074±0.001 a	c 0.037±0.001 c
15	c 0.032±0.001 f	b 0.056±0.001 a	a 0.061±0.001 d	c 0.033±0.001 d
19	c 0.032±0.001 f	b 0.050±0.001 b	a 0.062±0.001 c	d 0.027±0.001 e
25	b 0.047±0.001 b	b 0.045±0.001 d	a 0.058±0.001 e	c 0.025±0.001 f
32	b 0.036±0.001 d	c 0.030±0.001 g	a 0.045±0.001 ı	d 0.016±0.001 g
42	c 0.037±0.001 d	b 0.041±0.001 e	a 0.047±0.001 h	d 0.016±0.001 g
55	b 0.036±0.001 e	b 0.035±0.0014 f	a 0.048±0.001 g	c 0.015±0.001 h
72	a 0.045±0.001 c	b 0.030±0.001 g	c 0.018±0.001 i	d 0.008±0.001 ı

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

4.11. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Toplam Glutatyon İçeriği

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak GSH içeriği incelendiğinde en yüksek GSH içeriği uygulamadan sonraki 1. günde 2.94 U/mg protein ile 42 mM uygulama grubunda, 5. günde 0.64 U/mg protein ile kontrolde, 10. günde 2.40 U/mg protein ile 25 mM uygulama grubunda ve 15. günde 1.23 U/mg protein ile 15 mM uygulama grubunda bulundu. En düşük GSH içeriği 1. ve 10. günlerde sırasıyla 0.65 ve 0.63 U/mg protein ile kontrolde, 5. günde 0.36 U/mg protein ile 8.8 mM uygulama grubunda ve 15. günde 0.37 U/mg protein ile 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı olarak GSH içeriği incelendiğinde tüm uygulama gruplarında en yüksek GSH içeriği 1. günde ve 55 ve 72 mM konsantrasyonlar hariç diğer uygulama gruplarında en düşük GSH içeriği 5. günde gözlemlendi. GSH içeriğindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam GSH içeriği değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GSH İçeriği (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 0.65 ±0.01 ı	a 0.64±0.02 a	a 0.63±0.02 h	a 0.68±0.02 e
8.8	a 1.91±0.01 f	d 0.36±0.01 g	b 1.00 ±0.01e	c 0.60±0.01 f
11	a 2.08 ±0.02e	d 0.39 ±0.01f	b 1.59 ±0.01b	c 0.99 ±0.02 b
15	a 2.64 ±0.01c	d 0.47 ±0.02d	c 0.95±0.01 f	b 1.23±0.03 a
19	a 2.06 ±0.01e	c 0.43±0.01 e	b 0.91 ±0.01g	b 0.93±0.02 c
25	a 2.34±0.01 d	c 0.61±0.02 a	a 2.40±0.04 a	b 0.82 ±0.01d
32	a 2.70±0.01 b	d 0.44±0.01 e	b 1.42±0.04 c	c 0.64 ±0.01ef
42	a 2.94 ±0.03a	c 0.62 ±0.02a	b 1.28 ±0.02d	c 0.65±0.01 e
55	a 1.55±0.01 g	c 0.56 ±0.01b	b 0.95±0.01 f	d 0.39±0.03 g
72	a 1.42±0.03 h	c 0.50 ±0.01c	b 0.66±0.02 h	d 0.37±0.02 g

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı GSH içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek GSH içeriğindeki 1. günde 1.17 U/mg protein olarak 8.8 mM uygulama grubunda, 5. günde 1.45 U/mg protein olarak 19 mM uygulama grubunda, 10. günde 2.09 U/mg protein olarak 25 mM uygulama grubunda ve 15. günde 2.19 U/mg protein olarak 15 mM uygulama grubunda saptandı. En düşük GSH içeriği 1., 5. ve 10. günlerde sırasıyla 0.46, 0.26 ve 0.84 U/mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda ve 15. günde 1.09 U/mg protein olarak kontrolde belirlendi. Çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde flurokloridonun GSH içeriği üzerine etkisi günlere göre değişmekle birlikte 25-55 mM hariç diğer uygulama gruplarında en yüksek GSH içeriği 15. günde, 25-55 mM konsantrasyonlarının uygulandığı gruplarda 10. günde saptandı. En düşük GSH içeriği 8.8, 11 ve 72 mM hariç diğer uygulama gruplarında 1. günde, 8.8, 11 ve 72 mM uygulama gruplarında ise 5. günde tespit edildi. GSH içeriğindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.36).

Çimlenme öncesi SA uygulaması tüm günlerde kontrol grubunda ve 5., 10. ve 15. günlerde herbisit uygulanan gruplarda, SA ile ön işlem görmeyen bitkilere kıyasla GSH içeriğinde genel bir artışa, 1. günde ise 8.8 mM konsantrasyon hariç GSH içeriğinde azalışa sebep oldu (Çizelge 4.35 ve 4.36).

Çizelge 4.36. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GSH içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GSH İçeriği (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 1.07±0.02 b	a 1.05±0.01 b	a 1.08±0.02 f	a 1.09±0.03 ı
8.8	a 1.17±0.01 a	c 0.90±0.01 c	b 1.04±0.03 f	a 1.18±0.02 h
11	c 1.04±0.01 b	d 0.87±0.01 d	b 1.59±0.01 d	a 1.95±0.03 c
15	c 0.95±0.02 c	b 1.44±0.02 a	b 1.46±0.01 e	a 2.19±0.01 a
19	d 0.91±0.03 c	c 1.45±0.01 a	b 1.69 ±0.03c	a 2.07±0.01 b
25	d 0.46±0.01 f	c 1.43±0.02 a	a 2.09±0.01 a	b 1.51±0.01 d
32	c 0.92±0.02 c	c 0.92±0.01 c	a 1.82±0.01 b	b 1.37 ±0.01 f
42	d 0.62 ±0.01d	c 0.88±0.01 d	a 1.77±0.02 b	b 1.42±0.02 e
55	c 0.53 ±0.01e	b 0.79±0.03 e	a 1.39±0.01 e	a 1.37±0.01 f
72	c 0.46 ±0.01f	d 0.26±0.03 f	b 0.84 ±0.04g	a 1.31±0.01 g

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

4.12. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında MDA İçeriği

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı MDA içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek MDA içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerinde sırasıyla 8.92, 7.61, 8.68 ve 10.19 $\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık olarak 72 mM uygulama grubunda, en düşük MDA içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerinde kontrol grubunda belirlendi. Flurokloridon uygulamasından sonra günlere bağlı MDA değişimi incelendiğinde genel olarak en yüksek MDA içeriği 15. günde, en düşük MDA içeriği ise 5. günde tespit edildi. MDA içeriğindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.37).

Çizelge 4.37. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	MDA İçeriği ($\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 4.21 $\pm$ 0.07 e	a 4.21 $\pm$ 0.04 h	a 4.28 $\pm$ 0.03 i	a 4.23 $\pm$ 0.03 h
8.8	a 7.43 $\pm$ 0.05 d	c 5.27 $\pm$ 0.03 g	b 6.22 $\pm$ 0.06 ı	a 7.37 $\pm$ 0.02 g
11	a 7.63 $\pm$ 0.04 cd	c 5.63 $\pm$ 0.02 f	b 6.45 $\pm$ 0.02 h	a 7.63 $\pm$ 0.03 f
15	b 7.66 $\pm$ 0.01 cd	d 5.97 $\pm$ 0.02 e	c 6.76 $\pm$ 0.04 g	a 7.98 $\pm$ 0.22 e
19	b 7.83 $\pm$ 0.06 d	d 5.97 $\pm$ 0.02 e	c 6.89 $\pm$ 0.03 f	a 8.18 $\pm$ 0.11 e
25	b 8.13 $\pm$ 0.07 b	d 6.26 $\pm$ 0.03 d	c 7.22 $\pm$ 0.02 e	a 8.80 $\pm$ 0.02 d
32	b 8.38 $\pm$ 0.08 b	d 6.82 $\pm$ 0.09 c	c 7.67 $\pm$ 0.02 d	a 9.40 $\pm$ 0.14 c
42	a 8.78 $\pm$ 0.09 a	d 6.75 $\pm$ 0.06 c	c 7.91 $\pm$ 0.01 c	a 9.60 $\pm$ 0.12 c
55	b 8.78 $\pm$ 0.08 a	d 7.25 $\pm$ 0.02 b	c 8.31 $\pm$ 0.02 b	a 9.94 $\pm$ 0.02 b
72	b 8.92 $\pm$ 0.02 a	d 7.61 $\pm$ 0.01 a	c 8.68 $\pm$ 0.01 a	a10.19 $\pm$ 0.02a

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı MDA içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek MDA içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerinde sırasıyla 6.20, 5.96, 6.42 ve 9.24 $\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık olarak 72 mM uygulama grubunda, en düşük MDA içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerinde kontrol grubunda belirlendi. Flurokloridon uygulamasından sonra günlere bağlı MDA değişimi incelendiğinde tüm uygulama gruplarında MDA içeriğinde 15. günde belirgin bir artış saptandı. MDA içeriğindeki bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.38).

Çimlenme öncesi SA ile muamele edilen bitkilerde MDA içeriği kontrol ve uygulama gruplarında uygulamadan sonraki tüm günlerde SA uygulanmayan bitkilere kıyasla daha düşük olarak saptandı (Çizelge 4.37 ve 4.38).

Çizelge 4.38. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	MDA İçeriği ($\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 2.45 $\pm$ 0.04 g	a 2.40 $\pm$ 0.08 h	a 2.45 $\pm$ 0.08 g	a 2.40 $\pm$ 0.09 i
8.8	b 4.23 $\pm$ 0.02 f	c 3.27 $\pm$ 0.09 g	b 4.24 $\pm$ 0.13 f	a 6.36 $\pm$ 0.11 ı
11	b 4.69 $\pm$ 0.21 e	c 3.56 $\pm$ 0.10 f	b 4.46 $\pm$ 0.09 f	a 6.67 $\pm$ 0.13 h
15	b 5.25 $\pm$ 0.07 d	d 4.32 $\pm$ 0.02 e	c 4.79 $\pm$ 0.11 e	a 6.92 $\pm$ 0.06 g
19	b 5.17 $\pm$ 0.09 d	c 4.85 $\pm$ 0.06 d	c 4.99 $\pm$ 0.09 e	a 7.19 $\pm$ 0.06 f
25	b 5.45 $\pm$ 0.02 c	c 5.11 $\pm$ 0.02 c	c 5.21 $\pm$ 0.02 d	a 7.85 $\pm$ 0.08 e
32	b 5.79 $\pm$ 0.05 b	c 5.32 $\pm$ 0.02 bc	bc 5.58 $\pm$ 0.02 c	a 8.35 $\pm$ 0.11 d
42	b 5.91 $\pm$ 0.02 b	c 5.25 $\pm$ 0.12 b	b 5.93 $\pm$ 0.02 b	a 8.64 $\pm$ 0.08 c
55	c 5.89 $\pm$ 0.02 b	d 5.42 $\pm$ 0.19 b	b 6.21 $\pm$ 0.11 a	a 8.99 $\pm$ 0.06 b
72	bc 6.20 $\pm$ 0.01 a	c 5.96 $\pm$ 0.11 a	b 6.42 $\pm$ 0.12 a	a 9.24 $\pm$ 0.12 a

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

4.13. Flurokloridon ve Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Toplam Fenolik Madde İçeriği

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde içeriği uygulamadan sonraki 1. günde 3.86 µg/g yaş ağırlık olarak 11 mM uygulama grubunda, 5. günde 3.69 µg/g yaş ağırlık olarak 32 mM uygulama grubunda, 10. günde 4.22 µg/g yaş ağırlık olarak 8.8 mM uygulama grubunda ve 15. günde 2.49 µg/g yaş ağırlık olarak kontrol grubunda bulundu. En düşük toplam fenolik madde içeriği 1. günde 2.46 µg/g yaş ağırlık olarak kontrolde, 5. günde 1.50 µg/g yaş ağırlık olarak 11 mM uygulama grubunda, 10. günde 2.35 µg/g yaş ağırlık olarak 42 mM uygulama grubunda ve 15. günde 1.95 µg/g yaş ağırlık olarak 55 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı olarak toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde içeriği 8.8-15 mM uygulama gruplarında 1. günde, 19-72 mM uygulama gruplarında en yüksek toplam fenolik madde içeriği 5. günde bulunurken en düşük toplam fenolik madde içeriği 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.39. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Toplam Fenolik Madde Miktarı (µg/g yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
(0) KONTROL	a 2.46±0.01 c	a 2.45±0.01 c	a 2.46±0.02 c	a 2.49±0.05 ab
8.8	a 3.84±0.22 a	c 1.50 ±0.04 e	a 4.22±0.12 a	b 1.95±0.02 e
11	a 3.86±0.02 a	d 1.76±0.09 d	b 2.86±0.04 bc	c 2.58±0.05 a
15	a 3.72±0.12 a	d 1.93±0.08 d	b 2.97±0.07 b	c 2.38±0.05 abc
19	ab 2.58±0.20 c	a 3.27 ±0.09ab	ab 2.88±0.09 bc	b 2.41±0.04 abc
25	ab 2.91±0.04 bc	a 3.12±0.02 b	b 2.73±0.08 bc	c 2.35±0.02 bcd
32	b 2.51±0.03 c	a 3.69±0.04 a	b 2.44±0.04 c	c 2.10±0.06 de
42	b 3.32±0.11 ab	a 3.63±0.02 a	c 2.35±0.06 c	d 2.20±0.04 de
55	ab 2.61±0.08 c	a 3.13±0.01 b	b 2.42±0.02 c	c 1.95±0.02 e
72	b 2.49±0.06 c	a 3.44±0.12 ab	ab 3.13±0.09 b	c 2.24±0.02 bcd

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde içeriği uygulamadan sonraki 1. günde 3.38 µg/g yaş ağırlık ile 72 mM uygulama grubunda, 5. günde 3.41 µg/g yaş ağırlık ile 11 mM uygulama grubunda, 10. günde 3.13 µg/g yaş ağırlık ile 8.8 mM uygulama grubunda ve 15. günde 2.60 µg/g yaş ağırlık ile kontrol grubunda bulundu. En düşük toplam fenolik madde içeriği 1. günde 1.76 µg/g yaş ağırlık olarak 8.8 mM uygulama grubunda, 5. günde 2.09 µg/g yaş ağırlık olarak 32 mM uygulama grubunda ve 10. günde 1.97 µg/g yaş ağırlık olarak 15 mM uygulama grubunda ve 15. günde 1.49 µg/g yaş ağırlık olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günlere bağlı olarak toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde içeriği 8.8 ve 11 mM uygulama gruplarında 5. günde, 15-72 mM uygulama gruplarında en yüksek toplam fenolik madde içeriği 1. günde bulunurken en düşük toplam fenolik madde içeriği uygulama yapılan konsantrasyonlarda 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.40).

Çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde toplam fenolik madde içeriği SA uygulanmayan bitkilere kıyasla kontrol grubunda yüksek, sadece flurokloridon uygulanan bitkilerde ise daha düşük bulundu (Çizelge 4.39 ve 4.40).

Çizelge 4.40. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriği değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Toplam Fenolik Madde Miktarı (µg/g yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 2.61±0.04 cd	a 2.66±0.02 b	a 2.64±0.02 b	a 2.60±0.03 a
8.8	b 1.76±0.03 e	a 3.32±0.06 a	a 3.13±0.13 a	c 1.50±0.02 f
11	c 1.80±0.02 e	a 3.41±0.04 a	b 2.41±0.02 bc	d 1.57±0.03 ef
15	a 2.52±0.05 cd	a 2.46±0.02 bc	ab 1.97±0.02 d	b 1.80±0.01 bc
19	ab 2.87±0.04 c	b 2.36±0.03 c	a 3.12±0.02 a	c 1.64±0.03 de
25	a 2.53±0.04 cd	a 2.53±0.09 bc	b 1.82±0.03 de	c 1.74±0.02 cd
32	a 2.38±0.04 d	b 2.09±0.03 d	bc 2.02±0.04 cd	c 1.79±0.02 bc
42	a 2.89±0.02 bc	b 2.49±0.03 bc	c 2.16±0.02 bcd	d 1.64±0.02 de
55	a 3.18±0.03 ab	b 2.26±0.04 cd	c 1.56±0.04 e	d 1.86±0.05 b
72	a 3.38±0.02 a	b 2.31±0.03 cd	c 2.11±0.04 bcd	d 1.49±0.01 f

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

4.14. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında İçsel Salisilik Asit Değişimleri

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkilerinde 1. ve 15. günlerde konsantrasyonlara bağlı içsel SA değişimi incelendiğinde 1. günde en yüksek içsel SA içeriği 48.27 ng/g olarak 72 mM uygulama grubunda, en düşük içsel SA içeriği ise 45.09 ng/g olarak 11 mM uygulama grubunda belirlenirken 15. günde en yüksek içsel SA içeriği 63.18 ng/g olarak 32 mM uygulama grubunda, en düşük içsel SA içeriği ise kontrol grubunda saptandı. İçsel SA miktarındaki bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.41).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkilerinde 1. ve 15. günlerde günlere bağlı içsel SA değişimi incelendiğinde 15. günde uygulama gruplarında içsel SA içeriğinde belirgin bir artış tespit edildi. İçsel SA miktarındaki bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.41).

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkilerinde konsantrasyonlara bağlı içsel SA değişimi incelendiğinde 1. günde en yüksek içsel SA miktarı 57.98 ng/g olarak kontrol grubunda, en düşük SA miktarı ise 47.17 ng/g olarak 11 mM uygulama grubunda bulundu. 15. günde en yüksek içsel SA miktarı 68.67 ng/g olarak 72 mM uygulama grubunda, en düşük SA miktarı ise 58.05 ng/g olarak kontrol grubunda saptandı. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkilerinde günlere bağlı içsel SA değişimi 1. ve 15. günlerde incelendiğinde 15. günde uygulama gruplarında içsel SA içeriğinde belirgin bir artış tespit edildi. İçsel SA miktarındaki bu artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.42).

Çimlenme öncesi SA uygulaması, SA uygulanmayan bitkilere kıyasla kontrol ve uygulama gruplarında içsel SA miktarında belirgin bir artışa sebep oldu (Çizelge 4.41 ve 4.42).

Çizelge 4.41. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU(mM)	SA Miktarı (ng/g YA)	
	1. Gün	15. Gün
KONTROL	a 46.83±0.19 b	a 46.80±0.12 c
11	b 45.09±0.21 c	a 60.02±0.27 b
32	b 47.87±0.15 a	a 63.18±0.35 a
72	b 48.27 ±0.34 a	a 62.60±0.29 a

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

Çizelge 4.42. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU(mM)	SA Miktarı (ng/g YA)	
	1. Gün	15. Gün
KONTROL (SA)	a 57.98±0.21 a	a 58.05±0.11 d
11	b 47.17±0.22 d	a 62.80±0.18 c
32	b 51.93±0.32 c	a 65.88±0.24 b
72	b 53.94±0.14 b	a 68.67±0.31 a

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

4.15. Flurokloridon ve SA Uygulanan *H. annuus* Yapraklarında Kalıntı Analizi Sonuçları

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkilerinde 15. günde yaprakta kalıntı miktarı incelendiğinde artan konsantrasyonla birlikte flurokloridon kalıntı miktarında artış gösterdiği saptandı. En yüksek kalıntı miktarı 115.2 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda en düşük kalıntı miktarı ise 71.5 µg/g olarak 11 mM uygulama grubunda belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.43).

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında da kalıntı miktarının herbisit artan konsantrasyonu ile arttığı, en yüksek kalıntı miktarının 98.6 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda en düşük kalıntı miktarının ise 67.9 µg/g olarak 11 mM uygulama grubunda bulunduğu saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.43).

Çizelge 4.43. Flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında 15. günde kalıntı miktarı

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU(mM)	Yaprakta Kalıntı Miktarı (µg/g)	
	SA Uygulanmayan	SA Uygulanan
11	a 71.5±0.24 c	b 67.9±0.37 c
32	a 86.3±0.41 b	b 75.7±0.31 b
72	a 115.2±0.52 a	b 98.6±0.39 a

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p<0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sağ kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sol kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder (Duncan Karşılaştırma Testi).

4.16. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Fotosentetik Pigment Analizi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak Kl a değişimi incelendiğinde en yüksek Kl a değeri uygulamadan sonraki 1. günde 3.96 µg/g olarak 8.8 mM uygulama grubunda, 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. En düşük Kl a değeri 1. günde 3.12 µg/g, 5. günde 2.89 µg/g, 10. günde 2.77 µg/g ve 15. günde 2.66 µg/g olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı Kl a değişimi incelendiğinde en yüksek Kl a içeriğinin 1. günde ve en düşük Kl a içeriğinin 15. günde artan konsantrasyonlarda olduğu saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.44).

Çizelge 4.44. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kl a (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 3.62±0.01 b	b 3.53±0.01 a	b 3.54±0.01 a	b 3.52±0.02 a
8.8	a 3.96±0.01 a	b 3.35±0.01 c	b 3.34±0.01 b	b 3.40±0.05 b
11	a 3.23±0.01 e	a 3.22±0.02 e	a 3.20±0.02 e	b 3.10 ±0.02 d
15	a 3.23±0.01 e	a 3.27±0.02 de	a 3.23±0.02 de	b 3.10±0.05 d
19	c 3.17±0.01 f	a 3.41±0.01 b	ab 3.35±0.01 b	b 3.28±0.04 c
25	a 3.32±0.01 d	a 3.32±0.01 cd	ab3.28±0.01cd	b 3.21±0.05 cd
32	a 3.35±0.02 cd	ab 3.30±0.01 cd	ab3.30±0.01bc	b 3.21±0.04 cd
42	a 3.35 ±0.02 cd	b 3.06 ±0.01 g	b 3.04±0.01 f	c 2.89 ±0.02 e
55	a 3.39±0.01 c	b 3.11±0.01 f	c 3.01±0.02 g	d 2.87±0.03 e
72	a 3.12±0.01 g	b 2.89±0.01 h	c 2.77±0.01 h	d 2.66 ±0.03 f

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı Kl a içeriğinin değişimi incelendiğinde en yüksek Kl a içeriği uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. En düşük Kl a içeriği 1. günde 3.90 µg/g, 5. günde 3.87 µg/g, 10. günde 3.73 µg/g ve 15. günde 3.55 µg/g olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı Kl a değişimi incelendiğinde genel olarak en yüksek Kl a içeriğinin 1. günde ve en düşük Kl a içeriğinin 15. günde olduğu saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.45).

Çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde kontrol ve uygulama gruplarında, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla Kl a içeriğinde belirgin bir artış saptandı (Çizelge 4.44 ve 4.45).

Çizelge 4.45. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Klorofil a (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 4.51±0.01 a	a 4.45±0.01 a	a 4.52±0.03 a	a 4.50±0.04 a
8.8	a 4.11±0.03 e	b 4.00±0.01 cd	b 4.01±0.02 b	c 3.56±0.21 b
11	a 4.17±0.01 d	b 4.03±0.02 b	c 3.91±0.01 c	d 3.87±0.01 b
15	a 4.21±0.01 bc	b 4.00±0.01 cd	c 3.84±0.01 de	c 3.83±0.01 b
19	a 4.15±0.01 d	b 3.97±0.02 de	c 3.80±0.01 ef	d 3.74±0.09 b
25	a 4.19 ±0.01bc	b 4.00±0.01 cd	c 3.86±0.01 d	d 3.72±0.09 b
32	a 4.03±0.01 f	a 4.01±0.01 bc	b 3.83±0.01 def	c 3.76±0.01 b
42	a 3.98±0.01 g	a 3.95 ±0.02 e	b 3.80±0.01 ef	c 3.68±0.11 b
55	a 3.93±0.01 h	a 3.91±0.01 f	b 3.78±0.01 g	c 3.62±0.11 b
72	a 3.90±0.01 h	a 3.87±0.01 g	b 3.73±0.01 h	c 3.55±0.21 b

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

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak Kl b değişimi incelendiğinde en yüksek Kl b değeri uygulamadan sonraki 1. günde 2.71 µg/g olarak 8.8 mM uygulama grubunda, 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. En düşük Kl b değeri 1. günde 2.09 µg/g, 5. günde 1.81 µg/g, 10. günde 1.74 µg/g ve 15. günde 1.49 µg/g olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı Kl b değişimi incelendiğinde genel olarak en yüksek Kl b içeriğinin 1. günde ve en düşük Kl b içeriğinin 15. günde olduğu saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.46. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Klorofil b (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 2.67±0.02 a	a 2.67±0.01 a	a 2.65±0.03 a	a 2.70±0.04 a
8.8	a 2.71±0.01 a	ab2.40±0.01 bc	b 2.24±0.13 bc	b2.17±0.02 b
11	ab 2.24±0.02 c	a 2.28±0.01 bcd	b 2.15±0.05 bcd	c2.01±0.03 cde
15	a 2.21±0.03 c	a 2.27±0.03 bcd	b 1.99 ±0.06d	b 1.99±0.02 de
19	a 2.26±0.03 c	b 2.15±0.06 cd	bc 1.99±0.06 d	c 1.80±0.06 f
25	b 2.22±0.01 c	a 2.41±0.03 b	b 2.15±0.05 bcd	b 2.16 ±0.05 bc
32	a 2.48 ±0.01b	b 2.24 ±0.02 bcd	ab 2.34±0.06 c	c 2.09±0.06bcd
42	a 2.21±0.05 c	a 2.13±0.03 d	a 2.11±0.05 cd	b 1.91±0.06 ef
55	a 2.48±0.01 b	b 2.17±0.02 cd	c 2.07±0.02 cd	d 1.87±0.04 ef
72	a 2.09 ±0.03 d	b 1.81±0.03 e	b 1.74±0.05 e	c 1.49±0.05 g

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı Kl b içeriğinin değişimi incelendiğinde en yüksek Kl b içeriği uygulamadan sonraki 1., 5. 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. En düşük Kl b içeriği 1. günde 2.62 µg/g, 5. günde 2.57 µg/g, 10. günde 2.49 µg/g ve 15. günde 2.42 µg/g olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı (Çizelge 4.47).

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı Kl b değişimi incelendiğinde genel olarak en yüksek Kl b içeriğinin 1. günde ve en düşük Kl b içeriğinin 15. günde olduğu saptandı. Kl b içeriğindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.47).

Çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde kontrol ve uygulama gruplarında, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla Kl b içeriğinde belirgin bir artış saptandı (Çizelge 4.46 ve 4.47).

Çizelge 4.47. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Klorofil b (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 2.90±0.01 a	a 2.91±0.01 a	a 2.92±0.01 a	a 2.89±0.01 a
8.8	a 2.84±0.01 a	a 2.81±0.01 c	b 2.75±0.01 b	c 2.69±0.01 b
11	a 2.83±0.01 a	a 2.85±0.01 b	b 2.77±0.01 b	c 2.71±0.01 b
15	a 2.82±0.01 a	a 2.80±0.01 c	b 2.76±0.01 b	c 2.70±0.01 b
19	a 2.80±0.03 a	b 2.75±0.01 d	c 2.71±0.01 c	d 2.63±0.01 c
25	a 2.71±0.01 ab	a 2.68 ±0.01ef	b 2.63±0.01 d	c 2.54±0.01 d
32	a 2.75 ±0.01ab	b 2.70±0.01 e	c 2.63±0.01 d	d 2.51±0.02 d
42	a 2.69±0.01 b	b 2.65±0.01 f	c 2.56±0.01 e	d 2.50±0.03 d
55	a 2.71±0.01 ab	b 2.60±0.02 g	c 2.50±0.03 f	c 2.46±0.01 e
72	a 2.62±0.01 b	b 2.57±0.01 g	c 2.49±0.01 f	d 2.42 ±0.01e

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

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak toplam klorofil içeriği değişimi incelendiğinde en yüksek toplam klorofil içeriği uygulamadan sonraki 1. günde 6.67 µg/g olarak 8.8 mM uygulama grubunda, 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. En düşük toplam klorofil içeriği 1. günde 5.21 µg/g, 5. günde 4.70 µg/g, 10. günde 4.51 µg/g ve 15. günde 4.14 µg/g olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı toplam klorofil içeriğinin değişimi incelendiğinde genel olarak en yüksek toplam klorofil içeriğinin 1. günde ve en düşük toplam klorofil içeriğinin 15. günde olduğu saptandı. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.48).

Çizelge 4.48. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Toplam Klorofil (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 6.29±0.01 b	a 6.20±0.01 a	a 6.19±0.05 a	a 6.23±0.03 a
8.8	a 6.67±0.03 a	b 5.75±0.25 b	b 5.58±0.14 bc	b 5.57±0.04 b
11	a 5.47±0.01 e	a 5.50±0.02bc	b 5.35±0.05 de	c 5.11±0.01 d
15	a 5.44±0.02 e	a 5.54±0.01 bc	b 5.22±0.09 def	b 5.09±0.03 d
19	a 5.43±0.02 e	a 5.56±0.01 bc	b 5.33±0.04 de	c 5.08±0.01 d
25	ab 5.54±0.01 d	a 5.73±0.03 b	b 5.43±0.06 cd	b 5.36±0.10 c
32	a 5.82±0.04 c	c 5.54±0.01 bc	b 5.64±0.04 b	d 5.30±0.02 c
42	a 5.56±0.07 d	b 5.19±0.01 d	b 5.15±0.02 ef	c 4.80±0.08 e
55	a 5.87±0.02 c	b 5.29±0.01 cd	c 5.08±0.04 f	d 4.74±0.07 e
72	a 5.21±0.05 f	b 4.70±0.01 e	c 4.51±0.04 g	d 4.14±0.04 f

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı toplam klorofil içeriğinin değişimi incelendiğinde en yüksek toplam klorofil içeriği uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. En düşük toplam klorofil içeriği 1. günde 6.52 µg/g, 5. günde 6.44 µg/g, 10. günde 6.21 µg/g ve 15. günde 5.97 µg/g olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı toplam klorofil içeriğindeki değişimi incelendiğinde genel olarak en yüksek K1 b içeriğinin 1. günde ve en düşük toplam klorofil içeriğinin 15. günde olduğu saptandı. Toplam klorofil içeriğindeki değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.49).

Çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde kontrol ve uygulama gruplarında, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla toplam klorofil içeriğinde belirgin bir artış saptandı (Çizelge 4.48 ve 4.49).

Çizelge 4.49. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Toplam Klorofil (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 7.41±0.01 a	a 7.36±0.01 a	a 7.44±0.02 a	a 7.39±0.05 a
8.8	a 6.95±0.02 b	ab 6.81±0.04 c	ab 6.75±0.04 b	b 6.25±0.32 cde
11	a 6.99±0.01 b	b 6.88±0.01 b	c 6.69±0.01 c	d 6.58±0.02 b
15	a 7.03±0.03 b	b 6.80±0.01 c	c 6.60±0.03 d	d 6.53±0.03 bc
19	a 6.95±0.01 b	b 6.72±0.02 d	c 6.51±0.04 e	d 6.37±0.01 bcd
25	a 6.89±0.05 b	b 6.68±0.03 d	c 6.49±0.02 e	d 6.27±0.01 cde
32	a 6.78±0.04 bc	b 6.71±0.02 d	c 6.46±0.03 e	d 6.28±0.02 cde
42	a 6.67±0.06 bc	a 6.60±0.03 e	b 6.36±0.01 f	c 6.19±0.02 de
55	a 6.24±0.25 d	a 6.51±0.01 f	b 6.28±0.01 g	c 6.08±0.02 e
72	a 6.52±0.01 cd	b 6.44±0.01 g	c 6.21±0.02 h	d 5.97±0.01 f

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

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak karotenoid içeriği değişimi incelendiğinde en yüksek karotenoid içeriği uygulamadan sonraki 1., 5. 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. En düşük karotenoid içeriği 1. günde 0.49 µg/g, 5. günde 0.44 µg/g, 10. günde 0.36 µg/g ve 15. günde 0,21 µg/g olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı karotenoid içeriği değişimi incelendiğinde genel olarak en yüksek karotenoid içeriğinin 15. günde azaldığı saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.50).

Çizelge 4.50. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Karotenoid (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 1.15±0.02 a	a 1.14±0.01 a	a 1.16±0.03 a	a 1.15±0.01 a
8.8	a 0.95±0.03 b	a 0.89±0.01 b	b 0.76±0.04 b	c 0.60±0.05 b
11	a 0.71±0.02 c	ab 0.66±0.02 cd	bc 0.57 ±0.03 c	c 0.48±0.04 cd
15	a 0.69±0.01 cd	a 0.69±0.01 c	a 0.62±0.06 c	b 0.47±0.04 cd
19	a 0.68±0.01 cd	a 0.69±0.03 c	a 0.61±0.05 c	b 0.49±0.03 bc
25	a 0.64±0.02 de	a 0.70±0.03 c	a 0.66±0.01 c	b 0.45±0.02 cd
32	b 0.60±0.01 ef	a 0.69±0.01 c	ab 0.64±0.02 c	c 0.38±0.03 cde
42	b 0.57±0.01 f	a 0.64±0.01 d	b 0.56±0.06 c	c 0.35±0.02 de
55	a 0.54±0.01 fg	a 0.55±0.05 e	a 0.44±0.06 d	b 0.31±0.05 ef
72	a 0.49±0.03 g	ab 0.44±0.03 f	b 0.36±0.04 d	c 0.21±0.03 f

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı karotenoid içeriğinin değişimi incelendiğinde en yüksek karotenoid içeriği uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. En düşük karotenoid içeriği 1. günde 0.62 µg/g, 5. günde 0.53 µg/g, 10. günde 0.50 µg/g ve 15. günde 0.30 µg/g olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı karotenoid içeriğindeki değişim incelendiğinde genel olarak en yüksek karotenoid içeriğinin 1. günde ve en düşük karotenoid içeriğinin 15. günde olduğu saptandı. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.51).

Çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol grubunda ve özellikle 8.8-19 mM uygulama gruplarında karotenoid içeriğinde belirgin bir artış saptandı (Çizelge 4.50 ve 4.51).

Çizelge 4.51. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Karotenoid (µg/g)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 1.29±0.01 a	b 1.30±0.01 a	b 1.29±0.01 a	b 1.39±0.02 a
8.8	a 1.04±0.02 b	b 0.93±0.01 b	c 0.87±0.01 b	d 0.70±0.01 b
11	a 0.84±0.01 c	a 0.83±0.01 c	b 0.77±0.01 c	c 0.61±0.01 c
15	a 0.80±0.01 d	b 0.73±0.03 de	c 0.70±0.01 d	d 0.57±0.01 d
19	a 0.75±0.01 e	a 0.75±0.01 d	a 0.72±0.03 d	b 0.52±0.01 e
25	a 0.71±0.01 f	a 0.71±0.02 e	b 0.64±0.01 e	c 0.41±0.02 f
32	a 0.68±0.01 fg	a 0.70±0.03 e	b 0.58±0.01 f	c 0.41±0.01 f
42	a 0.65±0.01 gh	a 0.64±0.01 f	b 0.51±0.01 g	c 0.38±0.01 f
55	a 0.65±0.01 gh	b 0.58±0.01 g	c 0.53±0.01 g	d 0.33±0.01 g
72	a 0.62±0.01 h	b 0.53±0.02 h	b 0.50±0.01 g	c 0.30±0.01 h

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

4. 17. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Bitkisinde Yaprak, Gövde ve Kök Yaş Ağırlıkları

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkilerinde konsantrasyonlara bağlı yaprak yaş ağırlığındaki değişimler değerlendirildiğinde en yüksek yaprak yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrolde, en düşük yaprak yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 2.81, 2.64, 2.53 ve 2.47 gr olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı yaprak yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek yaprak yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük yaprak yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Yaprak yaş ağırlığında görülen değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.52).

Çizelge 4.52. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Yaprak Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 2.87±0.02 a	a 2.87±0.02 a	a 2.86±0.03 a	a 2.87±0.02 a
8.8	a 2.84±0.01 b	b 2.79±0.02 ab	bc 2.76±0.01 b	c 2.68±0.01 b
11	a 2.85±0.01 ab	b 2.78±0.01 ab	c 2.71±0.01 c	d 2.63±0.01 c
15	a 2.84±0.01 b	b 2.78±0.01 ab	c 2.69±0.01 c	d 2.60±0.01 de
19	a 2.84±0.01 b	ab 2.81±0.02 ab	b 2.67±0.01 c	c 2.61±0.01 cd
25	a 2.86 ±0.02ab	b 2.77±0.01 ab	c 2.62±0.01 de	d 2.55±0.01 f
32	a 2.84±0.01 b	b 2.73±0.01abc	c 2.66±0.01 cd	d 2.58±0.01 e
42	a 2.84±0.01 ab	b 2.71±0.01 abc	c 2.61±0.01 ef	d 2.50±0.01 g
55	a 2.83±0.01 b	b 2.68±0.01 bc	c 2.57±0.02 fg	d 2.51±0.01 g
72	a 2.81±0.01 c	b 2.64±0.01 c	c 2.53±0.01 g	d 2.47±0.02 h

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkilerinde konsantrasyonlara bağlı yaprak yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek yaprak yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda, en düşük yaprak yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1. günde 2.90 gr olarak 19, 55 ve 72 mM uygulama gruplarında, 5. ve 15. günlerde sırasıyla 2.80 ve 2.50 gr olarak 72 mM ve 10. günde 2.68 gr olarak 55 mM uygulama grubunda belirlendi.

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı yaprak yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek yaprak yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük yaprak yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.53).

Çimlenme öncesi SA uygulamasının herbisit uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol ve uygulama gruplarında yaprak yaş ağırlık değerlerini azalttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.52 ve 4.53).

Çizelge 4.53. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Yaprak Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 2.96±0.03 a	a 2.94±0.01 a	a 2.93±0.01 a	a 2.93±0.02 a
8.8	a 2.92±0.01 ab	a 2.91±0.01 ab	b 2.84±0.01 b	b 2.78±0.01 b
11	a 2.94±0.01 ab	b 2.88±0.01 b	ab 2.80±0.01 c	b 2.71±0.01 c
15	a 2.95±0.01 a	a 2.90±0.01 b	b 2.81±0.01 bc	c 2.77 ±0.01 b
19	a 2.90±0.02 b	b 2.84±0.02 c	b 2.80±0.01 c	c 2.70 ±0.01 c
25	a 2.92 ±0.02ab	b 2.83±0.01 c	c 2.71±0.01 d	d 2.61±0.01 d
32	a 2.94±0.01 ab	b 2.81±0.01 cd	c 2.70±0.01 de	d 2.62±0.01 d
42	a 2.92±0.01 ab	b 2.80±0.01 d	c 2.76±0.01 cd	d 2.66±0.01 d
55	a 2.90±0.01 b	b 2.81±0.01 cd	c 2.68±0.01 e	d 2.54±0.01 e
72	a 2.90±0.01 b	b 2.80±0.02 d	c 2.72±0.01 d	d 2.50 ±0.02 e

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

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkilerinde konsantrasyonlara bağlı gövde yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde 1. günde kontrol ve uygulama grupları arasında önemli bir farklılık saptanmadı. Herbisit uygulamasını takiben, 5., 10. ve 15. günlerde en yüksek gövde yaş ağırlığı kontrolde belirlendi. En düşük gövde yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 2.12, 2.01 ve 1.86 gr olarak 72 mM uygulama grubunda saptandı. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* gövdelerinde günlere bağlı gövde yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek gövde yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük gövde yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Gövde yaş ağırlığındaki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.54).

Çizelge 4.54. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak gövde ağırlığının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Gövde Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 2.25±0.02 a	a 2.25±0.03a	a 2.24±0.04 a	a 2.24±0.01 a
8.8	a 2.26±0.01 a	b 2.19±0.02 b	c 2.11±0.02 b	d 2.02±0.01 b
11	a 2.23±0.01 a	b 2.14±0.01 c	c 2.06±0.02 cd	d 1.99 ±0.02 bc
15	a 2.24±0.01 a	b 2.16±0.01 c	c 2.02±0.01 e	c 1.99±0.02 bc
19	a 2.25±0.03 a	b 2.19±0.01 b	c 2.03±0.01 e	d 1.98±0.01 c
25	a 2.26 ±0.01 a	b 2.17±0.01b	c 2.08±0.01 bc	d 2.01±0.01 b
32	a 2.27 ±0.01 a	b 2.21±0.01 ab	c 2.09±0.01 bc	d 1.97±0.01 c
42	a 2.26±0.01 a	b 2.13±0.01 c	c 2.06±0.01 cd	d 2.01±0.01 b
55	a 2.25 ±0.01 a	b 2.16±0.01 c	c 2.05±0.01 d	d 1.90±0.01 d
72	a 2.27 ±0.03 a	b 2.12 ±0.02c	c 2.01±0.03 e	d 1.86 ±0.02 e

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkilerinde konsantrasyonlara bağlı gövde yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde herbisit uygulamasını takiben 1. günde en yüksek gövde yaş ağırlığı 2.34 gr olarak 11 ve 19 mM uygulama gruplarında, 5. ve 10. ve 15. günlerde kontrolde belirlendi. En düşük gövde yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 1. günde 2.30 gr olarak 25, 32 ve 72 mM uygulama gruplarında, 5. ve 10. günlerde sırasıyla 2.18 ve 2.03 gr olarak 55 mM uygulama grubunda, 15. günde ise 1.80 gr olarak 72 mM uygulama grubunda saptandı.

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı gövde yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek yaprak yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük gövde yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Bu değişim istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.55).

Çimlenme öncesi SA uygulaması herbisit uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol ve uygulama gruplarında gövde yaş ağırlık değerlerini genel olarak arttırdığı tespit edildi (Çizelge 4.54 ve 4.55).

Çizelge 4.55. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYON U (mM)	Gövde Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 2.32±0.01 a	ab 2.30±0.02 a	a 2.32 ±0.03 a	a 2.31±0.01 a
8.8	a 2.33±0.01 a	b 2.29 ±0.01a	c 2.22±0.05 ab	d 2.15±0.01 b
11	a 2.34±0.01 a	b 2.25±0.01 b	c 2.16±0.03 b	d 2.04±0.01 c
15	a 2.32±0.01 a	b 2.26±0.01 b	c 2.13±0.04 b	d 2.06±0.01 c
19	a 2.34±0.01 a	b 2.23±0.01 bc	c 2.12±0.04 b	d 1.99±0.01 d
25	a 2.30±0.01 b	b 2.22±0.01 bc	c 2.16±0.01 b	d 2.04±0.01 c
32	a 2.30±0.01 b	b 2.21±0.01 bc	c 2.04±0.02 c	d 1.93±0.01 f
42	a 2.32±0.01 a	b 2.23 ±0.01bc	c 2.15±0.02 b	d 1.98±0.02 de
55	a 2.31 ±0.01ab	b 2.18±0.01 d	c 2.03±0.02 c	d 1.94±0.02 ef
72	a 2.30±0.01 b	b 2.20±0.01 cd	c 2.05±0.02 c	d 1.80±0.01 g

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

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkilerinde konsantrasyonlara bağlı kök yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde 1. günde kontrol ve uygulama grupları arasında önemli bir farklılık saptanmadı. Herbisit uygulamasını takiben, 5., 10. ve 15. günlerde en yüksek kök yaş ağırlığı kontrolde belirlendi. En düşük kök yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 5. ve 15. günlerde sırasıyla 1.07 ve 0.80 gr olarak 72 mM uygulama grubunda, 10. günde ise 0.93 gr olarak 55 mM uygulama grubunda saptandı. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* gövdelerinde günlere bağlı kök yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek kök yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük kök yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.56).

Çizelge 4.56 Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök yaş ağırlığının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kök Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 1.20±0.01 a	a 1.20±0.03 a	a 1.19±0.03 a	a 1.19±0.01 a
8.8	a 1.21±0.02 a	b 1.11 ±0.02bc	c 1.03±0.03 b	d 0.98±0.01 b
11	a 1.18±0.02 a	b 1.07 ±0.01cd	c 1.01±0.01 b	d 0.92±0.01 cd
15	a 1.19 ±0.01a	b 1.09±0.01 bcd	c 1.02±0.01 b	d 0.93±0.01 cd
19	a 1.18±0.03 a	b 1.09±0.01bcd	c 0.97±0.01 c	d 0.90±0.02 de
25	a 1.21±0.01 a	b 1.11±0.02 bc	c 1.01±0.01 b	d 0.94 ±0.01 c
32	a 1.19±0.01 a	b 1.08±0.01 cd	c 0.96±0.01 c	d 0.90±0.02 de
42	a 1.21±0.01 a	b 1.06 ±0.01d	c 0.98±0.01 c	d 0.88±0.01 e
55	a 1.20±0.03 a	b 1.12±0.01 b	c 0.93±0.01 d	d 0.82±0.01 f
72	a 1.18 ±0.04a	b 1.07±0.01 cd	c 0.94±0.01 d	d 0.80±0.02 f

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa*'da konsantrasyonlara bağlı kök yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde 1. günde kontrol ve uygulama grupları arasında önemli bir farklılık saptanmadı. Herbisit uygulamasını takiben, 5. ve 10. ve 15. günlerde en yüksek kök yaş ağırlığı kontrolde belirlendi. En düşük kök yaş ağırlığı herbisit uygulamasını takiben 5. günde 1.15 gr olarak 25 ve 72 mM uygulama grubunda, 10. ve 15. günlerde sırasıyla 0.92 ve 0.83 gr olarak 55 mM uygulama grubunda saptandı. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı kök yaş ağırlığındaki değişimler incelendiğinde en yüksek kök yaş ağırlık değerleri 1. günde, en düşük kök yaş ağırlık değerleri ise 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.57).

Çimlenme öncesi SA uygulaması herbisit uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol ve uygulama gruplarında kök yaş ağırlık değerlerini arttırdığı tespit edildi (Çizelge 4.56 ve 4.57).

Çizelge 4.57. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kök Yaş Ağırlık (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 1.27±0.01 a	a 1.27±0.01 a	a 1.27±0.02 a	a 1.27±0.01 a
8.8	a 1.26±0.02 a	b 1.19±0.01 b	c 1.12±0.01 ab	d 1.04±0.01 b
11	a 1.28±0.01 a	b 1.17±0.02 b	c 1.10±0.01 b	d 0.99±0.01 cd
15	a 1.27±0.02 a	b 1.21±0.01 b	c 1.13±0.01 ab	d 1.04±0.02 b
19	a 1.27 ±0.01a	b 1.16±0.02 b	c 1.07±0.02 b	d 0.99±0.01 cd
25	a 1.26±0.01 a	b 1.15±0.03 b	c 1.07±0.03 b	d 1.01±0.01 bc
32	a 1.29±0.01 a	b 1.16±0.01 b	c 1.02±0.01 c	d 0.95±0.01 de
42	a 1.27±0.01 a	b 1.18±0.01 b	c 1.02±0.01 c	d 0.91±0.01 e
55	a 1.28±0.01 a	b 1.17±0.01 b	c 1.07±0.01 b	d 0.96±0.01 de
72	a 1.29±0.02 a	b 1.15±0.01 b	c 0.92±0.01 d	d 0.83±0.01 f

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

4.18. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Bitkisinde Yaprak, Gövde ve Kök Kuru Ağırlıkları

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa*'da konsantrasyonlara bağlı yaprak, gövde ve kök kuru ağırlığındaki değişimler incelendiğinde gün artışı ile birlikte yaprak, gövde ve kök kuru ağırlıklarında azalma olduğu saptandı. Bu azalış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (izelge 4.58, 4.60 ve 4.62).

Çimlenme ncesi SA uygulaması yaprak, gövde ve kök kuru ağırlıklarında genel olarak bir artışa sebep oldu (izelge 4.59, 4.61 ve 4.63).

Çizelge 4.58. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Yaprak Kuru Ağırlık (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL	a 0.25±0.01ab	a 0.23 ±0.01b	a 0.24±0.01 a	a 0.24±0.02 a
8.8	a 0.28±0.01 a	a 0.27±0.03 a	a 0.26±0.01 a	b 0.24±0.01 a
11	a 0.25 ±0.01ab	b 0.22±0.01 b	b 0.22±0.01 b	b 0.21±0.02 a
15	a 0.26 ±0.03a	a 0.24±0.01 ab	ab 0.23±0.01 b	b 0.21±0.01 a
19	a 0.25±0.01 ab	ab 0.23±0.01 b	b 0.22±0.02 b	b 0.19±0.01 b
25	a 0.24±0.01 b	b 0.20±0.01 b	c 0.17±0.02 c	c 0.16±0.02 b
32	a 0.26±0.01 a	b 0.21±0.01 b	c 0.18±0.01 c	c 0.15±0.02 bc
42	a 0.27±0.02 a	b 0.21±0.01 b	b 0.18±0.01 c	c 0.14±0.01bc
55	a 0.24±0.01 b	b 0.19±0.02 bc	b 0.17±0.03 c	b 0.16±0.01 b
72	a 0.23±0.01 b	b 0.18±0.03 bc	b 0.16±0.03 c	c 0.12±0.01 c

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

Çizelge 4.59. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Yaprak Kuru Ağırlık (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL (SA)	a 0.31±0.01a	a 0.31±0.01a	a 0.30±0.01 a	a 0.30±0.02 a
8.8	a 0.32±0.01 a	b 0.25±0.02 b	b 0.25±0.02 b	b 0.24±0.03 b
11	a 0.28±0.01b	b 0.23±0.01 b	bc 0.20±0.01 c	c 0.18±0.01 c
15	a 0.28±0.01 b	b 0.20±0.01 c	b 0.18±0.01 c	c 0.16±0.01 c
19	a 0.27±0.01 b	b 0.20±0.01 c	b 0.18±0.01 c	bc 0.16±0.01 c
25	a 0.27±0.01 b	b 0.21±0.02 bc	bc 0.18±0.01 c	c 0.16±0.01 c
32	a 0.28±0.01 b	a 0.26±0.01 b	b 0.21±0.01 bc	c 0.16±0.02 c
42	a 0.29±0.01 b	ab 0.26±0.01 b	b 0.21±0.01 bc	bc 0.17±0.01 c
55	a 0.28±0.01 b	b b 0.23 ±0.01 b	0.21±0.01 bc	c 0.16±0.03 c
72	a 0.29±0.01 b	b 0.22±0.01 bc	b 0.21±0.01 bc	c 0.16±0.02 c

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

Çizelge 4.60. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığının değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Gövde Kuru Ağırlık (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL	a 0.20±0.01 a	a 0.20±0.02 a	a 0.19±0.02 a	a 0.19±0.03 a
8.8	b 0.19±0.01 a	b 0.19±0.01 a	b 0.18±0.01 a	ab 0.16±0.01 a
11	b 0.19±0.01 a	b 0.18±0.01 ab	ab 0.16±0.01 a	b 0.15±0.01 ab
15	a 0.18±0.02 ab	ab 0.16±0.01 b	ab 0.16±0.01 a	b 0.14±0.01 b
19	a 0.18±0.01 ab	ab 0.16±0.01 b	ab 0.15±0.02 ab	b 0.13±0.02 b
25	a 0.16±0.01 b	a 0.16±0.01 b	b 0.14±0.01 b	b 0.13±0.01 b
32	a 0.16±0.01 b	b 0.14±0.01 b	b 0.13±0.01 b	b 0.12±0.01 b
42	a 0.15±0.02 b	a 0.13±0.03 bc	ab 0.12±0.01 b	ab 0.11±0.01 bc
55	a 0.15±0.02 b	a 0.14±0.02 b	ab 0.12±0.01 b	b 0.10±0.01 bc
72	a 0.16±0.01 b	b 0.14±0.01 b	b 0.12±0.01 b	b 0.10±0.02 bc

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

Çizelge 4.61. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Gövde Kuru Ağırlık (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL (SA)	a 0.23±0.02 a	a 0.24±0.01 a	a 0.23±0.01 a	a 0.22 ±0.02 a
8.8	a 0.22±0.01 a	a 0.21±0.01 b	a 0.22±0.01 a	a 0.21±0.01 a
11	a 0.21±0.01 a	a 0.20±0.01 b	a 0.20±0.01 ab	a 0.19±0.01 a
15	a 0.20 ±0.01ab	a 0.19±0.02 b	a 0.19±0.01 b	a 0.18±0.02 ab
19	a 0.19±0.01 ab	a 0.19±0.01 b	a 0.17±0.02 b	ab 0.16±0.01 ab
25	a 0.18±0.01 b	a 0.17±0.01 c	ab 0.16±0.01 bc	b 0.15±0.01 b
32	a 0.19±0.02 ab	a 0.17±0.01 c	ab 0.15±0.03 bc	ab 0.15±0.01 b
42	a 0.18±0.01 b	a 0.18±0.02 bc	a 0.17±0.01 b	a 0.16±0.01 ab
55	a 0.18±0.01 b	a 0.17±0.01 c	b 0.16±0.01 bc	b 0.15±0.01 b
72	a 0.17±0.02 b	a 0.16±0.02 c	ab 0.15±0.02 bc	b 0.13±0.02 b

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

Çizelge 4.62. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kök Kuru Ağırlık (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL	a 0.10±0.002a	a 0.10±0.006 a	a 0.11±0.006 a	a 0.10±0.002 a
8.8	a 0.09±0.003 a	ab 0.08±0.003 b	b0.07±0.006 b	c 0.06±0.001 b
11	a 0.08 ±0.002ab	b 0.07±0.005 b	b 0.07±0.008 b	b 0.07±0.005 b
15	a 0.08 ±0.001ab	b 0.07±0.003 b	bc 0.06±0.005 b	bc 0.06±0.001 b
19	a 0.08±0.005 ab	ab 0.07±0.005 b	ab 0.07±0.006 b	b 0.05±0.004 c
25	a 0.08±0.009 ab	b 0.06±0.005 bc	b 0.06±0.002 b	c 0.05±0.002 c
32	a 0.08±0.006 ab	ab 0.07±0.004 b	b 0.06±0.003 c	c 0.05±0.006 b
42	a 0.07±0.001 b	b 0.06±0.001 bc	b 0.06±0.002 b	c 0.05±0.004 c
55	a 0.08±0.005 ab	b 0.05±0.004 c	b 0.05±0.001 c	b 0.05±0.002 c
72	a 0.07±0.003 b	b 0.06±0.002 bc	b 0.06±0.003 b	bc 0.05±0.007 c

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

Çizelge 4.63. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Kök Kuru Ağırlık (gr)			
	1. gün	5. gün	10. gün	15. gün
KONTROL (SA)	a 0.10±0.002 a	a 0.10±0.006 a	a 0.10±0.006a	a 0.10±0.006 a
8.8	a 0.09±0.003 b	b 0.08±0.003 b	c 0.07±0.005 b	d 0.06±0.002 b
11	a 0.09±0.001 b	b 0.07±0.005 c	b 0.07±0.008 b	c 0.06±0.001 b
15	a 0.09±0.001 b	b 0.07±0.003 c	c 0.06±0.001 c	d 0.05±0.003 c
19	a 0.09±0.004 b	b 0.08±0.004 b	c 0.07 ±0.002 b	d 0.05±0.004 c
25	a 0.10 ±0.003 a	b 0.08±0.005 b	c 0.06±0.004 c	c 0.06±0.005 b
32	a 0.09±0.006 b	b 0.06 ±0.002d	c 0.05±0.001 d	c 0.05±0.006 c
42	a 0.08±0.002 c	b 0.07±0.002 c	c 0.06±0.001 c	d 0.05±0.001 c
55	a 0.08±0.002 c	b 0.07±0.005 c	c 0.06±0.001 c	d 0.05±0.001 c
72	a 0.09±0.003 b	b 0.07±0.006 c	c 0.06±0.002 c	d 0.05±0.002 c

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

4.19. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Oransal Su İçeriği

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı oransal su içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek oransal su içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrolde, en düşük oransal su içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla % 60.20, 51.15, 38.20 ve 32.36 olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı oransal su içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek oransal su içeriği 1. günde, en düşük oransal su içeriği ise 15. günde belirlendi. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.64).

Çizelge 4.64. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Oransal Su İçeriği (gr)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 71.25±0.58 a	a 71.41±0.30 a	a 71.21±0.51 a	a 71.21±0.51 a
8.8	a 68.46±0.81 b	b 62.27±0.63 b	c 56.45±0.40 b	d 48.17±0.60 b
11	a 66.32±0.50 c	b 61.21±0.58 bc	c 55.12±0.55 b	d 45.60±0.79 c
15	a 65.63±0.68 c	b 60.43±0.61 cd	c 51.20±0.61 c	d 43.29±0.65 de
19	a 66.40±0.78 c	b 59.14 ±0.50 d	c 51.25±0.60 c	d 44.13±0.63 cd
25	a 63.50±0.53 d	b 55.33±0.73 e	c 48.69±0.64 d	d 42.26±0.63 de
32	a 64.40±0.60 cd	b 55.13±0.52 e	c 48.05±0.58 d	d 41.77±0.53 e
42	a 61.37±0.44 e	b 51.40±0.26 f	c 43.31±0.66 e	d 37.15±0.68 f
55	a 61.24±0.61 e	b 51.80±0.31 f	c 41.24±0.61 f	d 34.75±0.67 g
72	a 60.20 ±0.58 e	b 51.15±0.52 f	c 38.2±0.52 g	d 32.36±0.72 h

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak oransal su içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek oransal su içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrolde, en düşük oransal su içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla % 58.25, 49.13, 40.61 ve 31.62 olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı oransal su içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek oransal su içeriği 1. günde, en düşük oransal su içeriği ise 15. günde artan konsantrasyonlarda belirlendi. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.65).

Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda ve uygulama gruplarında önemli bir değişime sebep olmadı (Çizelge 4.64 ve 4.65).

Çizelge 4.65. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriği değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Oransal Su içeriği (%)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 71.73±0.44 a	a 71.35±0.74 a	a 71.78±0.47a	a 71.36±0.68 a
8.8	a 65.86±0.61 b	a 64.37±0.71 b	c 57.33±0.64 b	d 49.34±0.47 b
11	a 65.24 ±0.57 bc	b 59.39 ±0.45 c	c 53.80±0.55 c	d 46.91±0.44 c
15	a 66.24±0.20 b	b 59.46±0.35 c	c 51.37±0.52 d	d 41.21±0.38de
19	a 63.43 ±0.67 cd	b 57.17±0.60 d	c 50.28±0.19 d	d 40.37±0.38 e
25	a 62.35±0.59 d	b 56.20±0.59 de	c 51.38 ±0.67d	d 42.28±0.39 d
32	a 56.81±0.63 f	a 56.31±0.59 de	c 50.31±0.45 d	d 36.23±0.33 f
42	a 59.86±0.58 e	b 54.62 ±0.57 f	c 47.52±0.68 e	d 36.38±0.34 f
55	a 59.59±0.62 e	b 49.76±0.60 g	c 43.68±0.59 f	d 33.33±0.31 g
72	a 58.25±0.59 ef	b 49.13±0.50 g	c 40.61±0.74 g	d 31.62±0.29 h

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

4.20. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Peroksidaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı POD aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek POD aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1. ve 5. ve 15. günlerde sırasıyla 3.46, 1.48, 2.43 U/mg protein olarak 15 mM flurokloridon uygulanan grupta ve 10. günde 4.28 U/mg protein olarak 25 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. En düşük POD aktivitesi herbisit uygulamasından sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 0.24, 0.31, 0.98 ve 0.48 U/mg protein olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta bulundu. *V. sativa* yapraklarına çimlenme sonrası uygulanan flurokloridon günlere bağlı olarak POD aktivitesinde değişimlere sebep oldu. En yüksek POD aktivitesi genel olarak 10. günde, en düşük POD aktivitesi 8.8-15 mM uygulama gruplarında 5. günde, 19-72 mM uygulama gruplarında ise 1. günde belirlendi. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.66).

Çizelge 4.66. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	POD Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 0.42±0.01 ef	a 0.42±0.01 ef	a 0.42±0.01 h	a 0.41±0.01 d
8.8	ab 1.57±0.34 c	b 0.52±0.01 de	a 2.16 ±0.09 de	b1.04 ±0.62 cd
11	b 1.96±0.31 b	c 0.64±0.14 cd	a 2.67±0.12 bc	b 1.33±0.35 bc
15	a 3.46±0.48 a	b 1.48±0.24 a	ab 2.35±0.27 cd	ab 2.43±0.70 a
19	c 0.72±0.01 d	c 0.86±0.09 b	a 3.13±0.13 b	b 2.16±0.09 ab
25	d 0.69±0.07 d	c 0.83±0.06 b	a 4.28±0.07 a	b 1.79±0.09 ab
32	c 0.56±0.02 de	bc 0.78±0.31 bc	a 1.46±0.35 fg	ab1.36±0.25 bcd
42	c 0.52±0.07 de	b 0.65±0.03 cd	a 1.30±0.04 g	bc 0.58±0.01d
55	c 0.42±0.22 ef	b 0.64 ±0.05 cd	a 1.85±0.01 e	bc 0.55±0.07d
72	c 0.24±0.21 f	c 0.31±0.01 f	a 0.98±0.01 g	b 0.48±0.07 d

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı POD aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek POD aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1. günde 1.34 U/mg protein olarak kontrol grubunda, 5. ve 10. günlerde sırası ile 3.41 ve 2.09 U/mg protein olarak 15 mM flurokloridon uygulama grubunda, 15. günde ise 3.43 U/mg protein olarak 8.8 mM flurokloridon uygulama grubunda saptandı. En düşük POD aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 10. ve 15. günlerde sırası ile 0.46, 0.61 ve 0.55 U/mg protein olarak 72 mM ve 5. günde ise 0.36 U/mg protein olarak 55 mM flurokloridon uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ile muamele edilen bitkilere flurokloridon uygulaması günlere bağlı olarak POD aktivitesinde değişime neden oldu ve en yüksek POD aktivitesi 8.8 ve 11 mM konsantrasyonlar hariç 10. günde ve en düşük POD aktivitesi 42 ve 55 mM konsantrasyonlar hariç 1. günde belirlendi. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.67).

Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda POD aktivitesinin artmasına sebep oldu. Bununla birlikte çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında SA ile muamele edilmeden flurokloridon uygulanan bitkilere kıyasla, herbisit uygulamasını takiben 1. ve 5. günlerde POD aktivitesinde bir artış, 10. ve 15. günlerde ise genel olarak bir azalış saptandı (Çizelge 4.66 ve 4.67).

Çizelge 4.67. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	POD Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 1.34±0.01 g	a 1.34±0.01 c	a 1.33±0.01 b	a 1.34±0.01 c
8.8	c 0.62 ±0.01gh	b 1.91±0.11 b	b 2.08±0.01 a	a 3.43±0.15 a
11	b 0.65±0.01 fg	a 2.14±0.10 b	a 2.01±0.53 a	a 2.16±0.18 b
15	d 0.77±0.01 e	a 3.41±0.07 a	b 2.09±0.08a	c 1.22±0.01 c
19	b 1.03±0.01 c	a 1.91±0.12 b	a 2.01±0.64 a	b 1.27±0.09 c
25	b 1.11±0.01 b	b 1.12±0.10 cd	a 1.85±0.26 ab	b 1.18±0.02 c
32	b 0.93±0.06 d	b 0.93±0.08 d	a 1.46±0.15 b	b 1.15±0.06 cd
42	c 0.68±0.02 f	c 0.66±0.01 e	a 1.89±0.50 ab	b 0.90±0.05 d
55	b 0.60±0.01 h	c 0.36±0.11 f	a 0.88±0.02 c	b 0.55±0.05 e
72	b 0.46 ±0.01ı	a 0.53±0.04 ef	a 0.61±0.01 cd	a 0.55±0.08 e

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

4.21. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Askorbat Peroksidaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak AP aktivitesi incelendiğinde en yüksek AP aktivitesi uygulamadan sonraki 1. günde 0.56 U/mg protein olarak 15 mM uygulama grubunda, 5., 10. ve 15. günlerde ise sırasıyla 0.71, 0.54 ve 0.27 U/mg protein olarak 11 mM uygulama grubunda saptandı. En düşük AP aktivitesi ise uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde ise sırası ile 0.14, 0.14, 0.13 ve 0.08 U/mg protein olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı olarak AP aktivitesindeki değişimler incelendiğinde en yüksek AP aktivitesi 5. günde, en düşük AP aktivitesi ise 15. günde saptandı. AP aktivitesindeki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulundu ($p>0.05$) (Çizelge 4.68).

Çizelge 4.68. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	AP Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 0.24±0.01 cd	a 0.24±0.02 d	a 0.24±0.06 bc	a 0.24±0.01 a
8.8	b 0.51±0.08 a	a 0.71±0.05a	b 0.54±0.08 ab	c 0.27±0.01 a
11	a 0.53±0.02 a	a 0.58±0.07 b	b 0.31±0.02 b	c 0.13±0.01 bc
15	a 0.56 ±0.01a	a 0.60±0.13 b	b 0.25±0.02 bc	c 0.14±0.01 bc
19	a 0.37±0.04 b	a 0.40±0.01 c	b 0.22±0.01 bc	b 0.18±0.03 b
25	ab 0.21±0.01 cd	a 0.36±0.12 cd	ab 0.20±0.03 bc	c 0.09±0.01 e
32	b 0.23±0.01 cd	a 0.39±0.01 c	c 0.14±0.03 c	c 0.10±0.02 de
42	ab 0.29±0.02 bc	a 0.33±0.05 cd	bc 0.20±0.01 bc	c 0.15±0.01 bc
55	b 0.16±0.01 d	a 0.33±0.10 cd	b 0.16±0.01 c	b 0.13±0.01 bc
72	a 0.14±0.03 d	a 0.14±0.02 e	a 0.13±0.01 c	b 0.08±0.01 e

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı AP aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek AP aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1. günde 0.39 U/mg protein olarak 19 mM flurokloridon uygulanan grupta, 5. günde 0.48 U/mg protein olarak 11 ve 19 mM flurokloridon uygulanan grupta, 10. günde 0.45 U/mg protein olarak 25 mM flurokloridon uygulanan grupta ve 15. günde ise 0.33 U/mg protein olarak 15 mM flurokloridon uygulanan grupta saptandı. En düşük AP aktivitesi ise herbisit uygulamasını takiben 1. ve 5. günlerde sırası ile 0.15 ve 0.13 U/mg protein olarak 72 mM, 10. ve 15. günlerde 0.12 ve 0.11 U/mg protein olarak 55 ve 72 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı AP aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek AP aktivitesi genel olarak 5. günde, en düşük AP aktivitesi 8.8-15 mM uygulama gruplarında 1. günde, 19-72 mM uygulama gruplarında 15. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.69).

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında kontrol grubunda AP aktivitesi SA uygulanmayan bitkilere kıyasla daha düşük olarak belirlenirken, flurokloridon uygulanan bitkilerde çimlenme öncesi SA uygulamasının genelde 15. günde AP aktivitesini arttırdığı, 5. günde ise AP aktivitesini azalttığı belirlendi (Çizelge 4.68 ve 4.69).

Çizelge 4.69 Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	AP Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 0.19±0.01 b	a 0.19±0.01 d	a 0.19±0.01 c	a 0.19±0.01 cd
8.8	c 0.19±0.01 b	a 0.44±0.03 ab	b 0.31±0.01 b	b 0.30±0.05 ab
11	c 0.19±0.02 b	a 0.48±0.01 a	b 0.35±0.02 ab	b 0.30±0.02 ab
15	a 0.32±0.02 a	a 0.38±0.04 bc	a 0.39±0.08 ab	a 0.33±0.01 a
19	b 0.39±0.01 a	a 0.48±0.02 a	b 0.36±0.01 ab	c 0.25±0.02abc
25	ab 0.37±0.03a	bc 0.33±0.01cd	a 0.45±0.04 a	c 0.24±0.02 bc
32	a 0.36±0.03 a	b 0.28±0.01 d	bc 0.20±0.02 c	c 0.15±0.03 de
42	a 0.31±0.04 a	a 0.34±0.02 cd	b 0.18 ±0.02 c	b 0.15±0.01 de
55	a 0.17±0.01 b	ab 0.13±0.02 e	ab 0.12±0.01 c	b 0.11±0.01 e
72	a 0.15±0.02 b	a 0.13±0.03 e	a 0.12±0.02 c	ab 0.11±0.01 e

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

4.22. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Katalaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı CAT aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek CAT aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1. ve 5. günlerde sırasıyla 21.24 ve 20.56 U/ mg protein olarak 11 mM flurokloridon uygulanan grupta, 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. En düşük CAT aktivitesi 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 12.43, 10.48, 9.16 ve 8.46 U/mg protein olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı CAT aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek CAT aktivitesi 1. günde, en düşük CAT aktivitesi 15. günde saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.70).

Çizelge 4.70. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	CAT Aktivitesi (U/ mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 18.22±0.22 b	a 18.27±0.09 b	a 18.23±0.15 a	a 18.10 ±0.06 a
8.8	a 20.72±0.28 a	a 20.04±0.41 a	b 17.70±0.16 b	c 15.28±0.11 b
11	a 21.24±0.31 a	b 20.56±0.26 a	c 17.08±0.04 c	d 15.02±0.02 b
15	a 20.26±0.25 a	b 18.17±0.30 bc	c 16.71±0.14 d	d 14.53±0.13 c
19	a 18.35 ±0.26 b	b 17.54±0.47 c	c 16.31±0.07 e	d 13.27±0.10 d
25	a 17.88±0.51 b	b 15.51±0.28 d	b 14.60±0.14 f	c 12.52±0.25 e
32	a 16.11±0.41 c	b 13.54±0.57 e	b 12.96±0.13 g	c 11.88±0.06 f
42	a 15.07±0.05 d	b 13.09±0.09 e	c 12.09±0.09 h	d 9.95±0.08 g
55	a 13.37±0.63 e	b 12.51±0.19 f	c 11.09±0.05 ı	d 9.13±0.08 h
72	a 12.43±0.37 e	b 10.48±0.35 g	c 9.16±0.05 i	d 8.46±0.28 ı

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı CAT aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek CAT aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1. ve 5. günlerde sırasıyla 17.89 ve 17.08 U/ mg protein olarak 15 mM flurokloridon uygulanan grupta, 10. ve 15. günlerde ise kontrol grubunda saptandı En düşük CAT aktivitesi ise herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırası ile 10.96, 9.44, 8.38 ve 6.28 U/ mg protein olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı CAT aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek CAT aktivitesi 1. günde, en düşük CAT aktivitesi 15. günde saptandı. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.71).

Çimlenme öncesi SA uygulamasının, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol ve uygulama gruplarında CAT aktivitesinin azalmasına neden olduğu saptandı (Çizelge 4.70 ve 4.71).

Çizelge 4.71. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	CAT Aktivitesi (U/ mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 15.21±0.13 d	a 15.29±0.07 c	a 15.23±0.11 a	a 15.27±0.16 a
8.8	a 16.54±0.24 c	b 16.06±0.04 b	c 15.07±0.05 a	d 14.19±0.05 b
11	a 17.29±0.18 b	b 16.76±0.25 a	c 14.83±0.08 b	d 14.09±0.09 b
15	a 17.89±0.10 a	b 17.08±0.07 a	c 13.85±0.08 c	d 12.82±0.08 c
19	a 16.15±0.07 c	b 15.40±0.11 c	c 12.88±0.05 d	d 12.39±0.08 d
25	a 15.14±0.07 d	a 15.26±0.15 c	b 12.16±0.08 e	c 11.77±0.10 e
32	a 14.19±0.13 e	b 13.72 ±0.13 d	c 11.82±0.09 f	d 10.85±0.08 f
42	a 13.32 ±0.10 f	b 12.46±0.11 e	c 11.25±0.03 g	d 10.41±0.11 g
55	a 12.40±0.14 g	b 12.02±0.04 f	c 10.38±0.07 h	d 9.70±0.09 h
72	a 10.96±0.04 h	b 9.44±0.13 g	c 8.38±0.08 ı	d 6.28±0.09 ı

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

4.23. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Süperoksit Dismutaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı SOD aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek SOD aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. En düşük SOD aktivitesi 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 21.15, 67.23, 42.30 ve 36.15 U/mg protein olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı SOD aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek SOD aktivitesi 5. günde, en düşük SOD aktivitesi 1. günde saptandı. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.72).

Çizelge 4.72. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	SOD Aktivitesi (U/ mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 110.87±0.91 a	a 111.51±0.83 a	a 110.31±0.78 a	a 110.31±0.81a
8.8	c 31.61±0.81 c	a 91.54±0.41 c	a 90.92±0.81 b	b 73.08±0.62 b
11	c 31.00±0.41 c	a 93.39±0.41b	a 91.85±0.98 b	b 64.77±0.66 c
15	c 33.46±0.81 b	a 88.15±0.62 d	a 90.00±0.51 c	b 63.54±0.57 c
19	d 32.23±0.94 b	a 86.62±0.90 d	c 46.92±0.78 e	b 64.77±0.68 c
25	d 32.23±0.68 b	a 78.92±0.81 e	c 50.30±0.71 d	b 58.92±0.81 d
32	d 27.61±0.30 d	a 70.31±0.41 f	c 45.07±0.55 e	b 59.54±0.71 d
42	d 24.84±0.40 e	a 68.15±0.75 g	c 45.69±0.71 e	b 56.46±0.45 e
55	d 27.00 ±0.87 d	a 68.77±0.71 g	c 43.23±0.20 f	b 58.61±0.83 d
72	d 21.15±0.71 f	a 67.23 ±0.81 g	b 42.30±0.73 f	c 36.15±0.42 f

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı SOD aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek SOD aktivitesi 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. En düşük SOD aktivitesi 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 19.31, 68.77, 47.23 ve 51.84 U/ mg protein olarak 72 mM flurokloridon uygulanan grupta belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı SOD aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek SOD aktivitesi 5. günde, en düşük SOD aktivitesi 1. günde saptandı. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.73).

Çimlenme öncesi SA uygulamasının, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol grubunda SOD aktivitesini azalttığı, flurokloridon uygulanan gruplarda ise genel olarak arttırdığı tespit edildi (Çizelge 4.72 ve 73).

Çizelge 4.73. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	SOD Aktivitesi (U/ mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 95.23±0.54 a	a 95.23±0.53 a	a 95.23±0.53 a	a 95.23±0.79 a
8.8	d 51.92±0.92 b	a 94.31±0.54 ab	c 65.38±0.87 d	b 74.00±0.72 b
11	d 49.77±0.34 b	a 91.23±0.95 b	b 81.38±0.53 b	c 60.77±0.62 d
15	d 33.77±0.52 c	a 94.00±0.71 ab	b 57.38±0.91 e	b 61.07±0.59 d
19	d 34.69±0.92 c	a 84.15±0.41 c	b 63.84±0.48 d	c 56.46±0.41 e
25	c 35.92±0.81 c	a 89.08±0.92 b	a 93.39±0.42 a	b 65.08±0.71 c
32	c 33.46±0.87 c	a 74.61±0.34 d	a 75.54±0.81 c	b 57.38±0.92 f
42	c 26.69 ±0.69 d	a 74.61±0.62 d	b 55.84±0.67 e	b 59.23±0.53 f
55	c 24.54±0.51 e	a 72.77±0.61 e	b 55.84±0.78 e	b 56.77±0.91 f
72	c 19.31±0.81 f	a 68.77±0.71 f	b 47.23±0.84 f	b 51.84±0.44 g

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

4.24. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Glutatyon S-Transferaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı GST aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek GST aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1. günde 0.168 U/ mg protein olarak 15 mM uygulama grubunda, 5. ve 10. günlerde sırasıyla 0.102 ve 0.168 U/ mg protein olarak 25 mM uygulama grubunda gözlemlendi. En düşük GST aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1. ve 15. günlerde kontrol grubunda, 5. ve 10. günlerde ise sırasıyla 0.025 ve 0.044 U/ mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda saptandı. Günlere bağlı olarak GST aktivitesi değerlendirildiğinde en yüksek GST aktivitesi uygulamadan sonraki 15. günde, en düşük GST aktivitesi ise genel olarak 5. günde belirlendi. GST aktivitesindeki bu değişim istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.74).

Çizelge 4.74. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GST Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 0.055±0.002 e	a 0.055±0.003 cd	a 0.054±0.011 de	a 0.054±0.001 d
8.8	c 0.054±0.006 e	b 0.075±0.005 b	c 0.066±0.006 d	a 0.380±0.04 a
11	c 0.091±0.005 c	c 0.083±0.001 ab	b 0.134±0.021 b	a 0.350±0.01 a
15	b 0.168±0.022 a	c 0.040 ±0.004 de	b 0.143±0.001 a	a 0.351±0.01 a
19	c 0.108±0.001 b	d 0.048±0.004 cde	b 0.148±0.021 b	a 0.200±0.001 b
25	c0.098±0.002 c	c 0.102±0.011 a	b 0.168±0.011 b	a 0.201±0.001 b
32	c 0.073±0.001 d	c 0.064±0.005 bcd	b 0.102±0.001 c	a0.146±0.004 bc
42	c 0.050 ±0.003 e	c 0.046±0.003 de	b 0.065±0.003 d	a0.150±0.005 bc
55	b0.062±0.004 de	c 0.032±0.006 e	c 0.046±0.005 e	a0.091±0.021 cd
72	a 0.056±0.003 e	c 0.025±0.005 e	b 0.044±0.004 e	a 0.063±0.011 d

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı GST aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek GST aktivitesi 1. ve 5. günlerde sırasıyla 0.118 ve 0.067 U/ mg protein olarak 25 mM uygulama grubunda, 10. ve 15. günlerde sırasıyla 0.159 ve 0.189 U/ mg protein olarak 15 mM uygulama grubunda belirlendi. En düşük GST aktivitesi herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı GST aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek GST aktivitesi 15. günde belirlendi. En düşük GST aktivitesi ise 8.8 ve 11 mM konsantrasyonları için 1. günde, 15-72 mM konsantrasyonlarda ise 5. günde tespit edildi. GST aktivitesindeki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.75).

Çimlenme öncesi SA uygulanan tohumlarda SA uygulanmayanlara kıyasla kontrol grubunda GST aktivitesi daha düşük olarak belirlendi. Ayrıca SA ile ön muamelenin, bitkilerde herbisit uygulama gruplarında 1., 5. ve 15. günlerde GST aktivitesinde bir azalışa, 10. günde ise artışa sebep olduğu tespit edildi (Çizelge 4.74 ve 4.75).

Çizelge 4.75. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GST Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 0.038±0.001 d	a 0.038±0.001 b	a 0.038±0.001 d	a 0.038±0.001 d
8.8	d 0.040 ±0.001d	c0.066±0.001 a	b 0.136±0.001 b	a 0.171±0.005 a
11	c 0.047±0.002 cd	c 0.064±0.002 a	b 0.143±0.001 a	a 0.174±0.005 a
15	b 0.054±0.001 c	c 0.031±0.001 b	a 0.159±0.019 a	a 0.189±0.011 a
19	b 0.062±0.009 bc	b 0.032±0.021 b	a 0.140±0.003 a	a 0.155±0.011 ab
25	b 0.118±0.002 a	c 0.067±0.002 a	a 0.130±0.006 ab	a 0.143±0.007 ab
32	a 0.105 ±0.010ab	c 0.066±0.001 a	b 0.087±0.007 bc	a 0.104±0.003 bc
42	c 0.042±0.001 cd	c 0.040 ±0.001b	b 0.071±0.003 cd	a 0.096±0.005 bc
55	b 0.039±0.001 d	b 0.039±0.001 b	a 0.074±0.004 cd	a 0.076±0.004 c
72	b 0.040±0.001 d	b 0.039±0.001 b	a 0.056±0.018 d	a 0.061±0.009 c

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

4.25. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Glutasyon Redüktaz Aktivitesi

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak GR aktivitesi incelendiğinde en yüksek GR aktivitesi uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 0.141, 0.353, 0.217 ve 0.335 U/ mg protein olarak 8.8 mM uygulama grubunda bulundu. En düşük GR aktivitesi 1. günde 0.062 U/ mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda, 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı olarak GR aktivitesi incelendiğinde genel olarak en yüksek GR aktivitesi 5. günde ve tüm uygulama gruplarında en düşük GR aktivitesi 1. günde tespit edildi. GR aktivitesindeki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.76).

Çizelge 4.76. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında gün konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GR Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 0.071±0.01 fg	a 0.071±0.01 f	a 0.071±0.01 e	a 0.071±0.01 f
8.8	c 0.141±0.007 a	a 0.353±0.05 a	b 0.217±0.02 a	a 0.335±0.02 a
11	c 0.132±0.001 b	a 0.320 ±0.02 ab	b 0.203±0.01 a	a 0.295±0.02 ab
15	c 0.115±0.009 c	a 0.251±0.01 bc	b 0.158±0.01b	a 0.245±0.01 bc
19	c 0.110±0.005 c	a 0.245±0.01 c	b 0.152±0.02 b	b 0.206±0.02 cd
25	c 0.086±0.01 d	a 0.255±0.03 bc	b 0.145±0.01 bc	b 0.173±0.02 de
32	d 0.080±0.01 de	a 0.227±0.02 cd	c 0.125±0.01 cd	b 0.169±0.02 de
42	c 0.075±0.01 ef	a 0.158±0.01 de	b 0.123±0.01 cd	a 0.157±0.03 de
55	c 0.066±0.01 gh	a 0.157±0.01 de	b 0.112±0.01 d	a 0.144±0.02 de
72	b 0.062±0.01 h	a 0.124±0.01 ef	b 0.074±0.02 e	a 0.133±0.01 ef

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı GR aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek GR aktivitesi 1. ve 15. günde sırasıyla 0.124 ve 0.313 U/mg protein ile 25 mM uygulama grubunda, 5. günde 0.187 U/mg protein ile 19 mM uygulama grubunda ve 10. günde 0.231 U/ mg protein ile 15 mM uygulama grubunda belirlendi. En düşük GR aktivitesi 1. günde 0.057 U/ mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda, 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda saptandı. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı GR aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek GR aktivitesi 5. günde ve en düşük GR aktivitesi 1. günde tespit edildi. GR aktivitesinin değişimi istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.77).

Çimlenme öncesi SA uygulanan tohumlarda SA uygulanmayanlara kıyasla kontrol grubunda GR aktivitesi daha düşük olarak belirlendi (Çizelge 4.76 ve 4.77).

Çizelge 4.77. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GR Aktivitesi (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 0.065±0.007 e	a 0.065±0.005 e	a 0.065±0.01 d	a 0.065±0.01 d
8.8	b 0.081±0.006 d	b 0.094±0.003 d	a 0.197±0.02 b	a 0.200±0.02 c
11	d 0.082±0.005 d	c 0.125±0.02 c	b 0.204±0.03 ab	a 0.285±0.03 ab
15	c 0.096±0.002 c	b 0.150±0.01 b	a 0.231±0.02 a	a 0.258±0.01 b
19	c 0.100±0.003 c	b 0.187±0.01 a	b 0.191±0.01 b	a 0.245±0.02 bc
25	d 0.124±0.01 a	c 0.162±0.01 b	b 0.204±0.01 ab	a 0.313±0.04 a
32	b 0.113±0.01 b	a 0.158±0.01 b	a 0.204±0.04 ab	a 0.208±0.03 bc
42	c 0.077±0.006 d	b 0.121±0.01 c	b 0.108±0.01 c	a 0.217±0.02 bc
55	b 0.067±0.001 e	a 0.098±0.003d	a 0.103±0.01 c	a 0.106±0.01 d
72	b 0.057±0.01 f	ab 0.066±0.01 e	ab 0.072±0.01 d	a 0.081±0.01 d

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

4.26. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Toplam Glutatyon İçeriği

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak GSH içeriği incelendiğinde en yüksek GSH içeriği uygulamadan sonraki 1., 5., ve 15. günlerde sırasıyla 4.29, 7.35 ve 7.38 U/mg protein olarak 25 mM uygulama grubunda, 10. günde 4.72 U/mg protein olarak 15 mM uygulama grubunda bulundu. En düşük GSH içeriği 1. günde 1.36 U/ mg protein olarak 55 mM uygulama grubunda, 5. ve 15. günlerde kontrol grubunda ve 10. günde 1.47 U/mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı GR aktivitesi değişimleri incelendiğinde en yüksek GSH içeriği 15. günde ve en düşük GSH içeriği genel olarak 1. günde tespit edildi. Bu değişim istatistiksel olarak önemli bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.78).

Çizelge 4.78. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam GSH içeriği değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GSH İçeriği (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 1.86±0.33 cd	a 1.86±0.01 d	a 1.85±0.01 c	a 1.86±0.21 e
8.8	b 2.33±0.21 cd	a 3.06±0.32 cd	a 2.84±0.75 b	a 3.22±0.18 cde
11	b 2.79±0.76 bc	a 3.67±0.73 cd	a 3.18±0.25 b	a 3.74±0.13 bcd
15	c 2.79±0.30 bc	a 6.00±0.63 ab	b 4.72±0.57 a	bc 3.71±0.58 bcd
19	b 3.64±0.42 ab	a 6.93±0.71 a	b 3.23±0.14 b	a 6.89±0.30 a
25	b 4.29±0.15 a	a 7.35±0.69 a	c 3.59±0.22 b	a 7.38±0.30 a
32	c 2.11±0.27 cd	b 4.19±0.46 b	c 2.90±0.53 b	a 5.13±0.37 b
42	c 1.69±0.45 cd	b 2.86±0.32 cd	b 2.86±0.05 b	a 5.10 ±0.58 b
55	c 1.36±0.15 d	b 2.64±0.18 cd	c 1.75±0.26 c	a 4.82±0.22 bc
72	c 1.40±0.05 d	b 2.23±0.78 cd	c 1.47±0.27 c	a 2.94±0.01 de

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı GSH içeriğindeki değişimleri incelendiğinde en yüksek GSH içeriğindeki 1. ve 5. günlerde 1.71 ve 3.72 U/mg protein olarak 15 mM uygulama grubunda, 10. günde 4.68 U/mg protein olarak 8.8 mM uygulama grubunda, 15. günde 7.46 U/ mg protein olarak 19 mM uygulama grubunda saptandı. En düşük GSH içeriği 1., 5. ve 10. günlerde sırasıyla 1.54, 1.84 ve 1.88 U/mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda ve 15. günde 1.62 U/mg protein olarak kontrol grubunda belirlendi. En düşük GSH içeriği 1. günde 1.54 U/ mg protein olarak 72 mM uygulama grubunda, 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda tespit edildi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı GSH içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek GSH içeriği 15. günde ve en düşük GSH içeriği genel olarak 1. günde tespit edildi. GSH içeriğinin gün içi ve günler arası değişimi istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.79).

Çimlenme öncesi SA uygulanan tohumlarda SA uygulanmayanlara kıyasla kontrol grubunda GSH içeriği daha düşük olarak belirlendi (Çizelge 4.78 ve 4.79).

Çizelge 4.79. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GSH içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	GSH İçeriği (U/mg protein)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 1.62±0.03 b	a 1.62 ±0.09d	a 1.62±0.19 d	a 1.62±0.11 e
8.8	b 1.65±0.01 b	b 1.77±0.06 d	a 4.68±0.52 a	a 5.02±0.29 bc
11	c 1.64±0.01 b	b 3.18±0.28 ab	b 3.43±0.27 b	a 5.29±0.10 b
15	c 1.71±0.03 a	b 3.72 ±0.31a	b 3.80±0.24 ab	a 5.43±0.64 b
19	d 1.58±0.01 c	c 2.66±0.31 bc	b 3.88±0.36 ab	a 7.46±0.11 a
25	c 1.58±0.03 c	b 2.26 ±0.15 cd	b 2.68±0.22 cd	a 4.32 ±0.42 bc
32	d 1.57±0.01 c	c 2.06±0.03 cd	b 2.49±0.05 cd	a 3.40 ±0.30 cd
42	c 1.57±0.05 c	b 2.00±0.09 cd	b 2.04±0.20 d	a 3.38±0.08 cd
55	c 1.55±0.01 c	b 1.98±0.21 cd	b 2.04±0.48 d	a 2.43±0.14 d
72	c 1.54±0.04 c	b 1.84±0.03 d	b 1.88±0.31 d	a 2.22±0.23 d

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

4.27. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında MDA İçeriği

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı MDA içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek MDA içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 5.83, 4.01, 5.90 ve 7.47 $\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık olarak 72 mM uygulama grubunda, en düşük MDA içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. Flurokloridon uygulamasından sonra günlere bağlı MDA değişimi incelendiğinde en yüksek MDA içeriği 15. günde, en düşük MDA içeriği ise genel olarak 5. günde tespit edildi. Gruplar arasındaki MDA içeriğindeki değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.80).

Çizelge 4.80. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	MDA İçeriği ($\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 2.21 $\pm$ 0.01 e	a 2.22 $\pm$ 0.02 g	a 2.21 $\pm$ 0.02 f	a 2.22 $\pm$ 0.07 e
8.8	a 4.47 $\pm$ 0.66 bc	a 4.15 $\pm$ 0.20 a	a 4.30 $\pm$ 0.01 d	a 4.57 $\pm$ 0.41 d
11	a 4.35 $\pm$ 0.34 bc	b 3.65 $\pm$ 0.01 d	b 3.64 $\pm$ 0.02 e	a 4.43 $\pm$ 0.04 d
15	b 4.34 $\pm$ 0.13 bc	c 3.84 $\pm$ 0.04 bcd	b 4.28 $\pm$ 0.13 d	a 5.61 $\pm$ 0.04 c
19	bc 3.80 $\pm$ 0.38 cd	c 3.42 $\pm$ 0.04 e	b 4.09 $\pm$ 0.07 d	a 6.48 $\pm$ 0.24 b
25	b 4.57 $\pm$ 0.47 c	c 3.22 $\pm$ 0.12 f	b 4.57 $\pm$ 0.04 c	a 6.42 $\pm$ 0.04 b
32	c 3.01 $\pm$ 0.41 d	b 3.95 $\pm$ 0.12 abc	b 4.13 $\pm$ 0.11 d	a 4.56 $\pm$ 0.03 d
42	b 4.71 $\pm$ 0.06 cc	d 3.79 $\pm$ 0.13 cd	c 4.32 $\pm$ 0.21 d	a 5.21 $\pm$ 0.12 c
55	c 4.82 $\pm$ 0.04 b	d 3.64 $\pm$ 0.01 d	b 5.39 $\pm$ 0.09 b	a 6.45 $\pm$ 0.12 b
72	b 5.83 $\pm$ 0.01 a	c 4.01 $\pm$ 0.03 ab	b 5.90 $\pm$ 0.05 a	a 7.47 $\pm$ 0.04 a

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı MDA içeriğindeki değişimler incelendiğinde en yüksek MDA içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5. ve 15. günlerde sırasıyla 5.95, 5.76 ve 6.95 $\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık olarak 72 mM uygulama grubunda, 10. günde ise 6.42 $\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık olarak 25 mM uygulama grubunda, en düşük MDA içeriği herbisit uygulamasını takiben 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlendi. Flurokloridon uygulamasından sonra günlere bağlı MDA değişimi incelendiğinde en yüksek MDA içeriği 15. günde, en düşük MDA içeriği ise genel olarak 5. günde tespit edildi. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.81).

Çimlenme öncesi SA ile muamele edilen bitkilerde MDA içeriği kontrol grubunda SA uygulanmayan bitkilere kıyasla daha düşük olarak saptandı (Çizelge 4.80 ve 4.81).

Çizelge 4.81. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	MDA İçeriği ($\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 1.70 $\pm$ 0.11 f	a 1.69 $\pm$ 0.01 g	a 1.71 $\pm$ 0.01 h	a 1.69 $\pm$ 0.02 f
8.8	a 5.94 $\pm$ 0.05 a	d 2.71 $\pm$ 0.02 f	c 3.98 $\pm$ 0.01 g	b 5.02 $\pm$ 0.37 cd
11	b 4.31 $\pm$ 0.20 c	c 4.14 $\pm$ 0.07 c	b 4.44 $\pm$ 0.01 e	a 5.00 $\pm$ 0.38 cd
15	c 4.11 $\pm$ 0.31 cd	c3.82 $\pm$ 0.08 d	b 4.71 $\pm$ 0.05 d	a 5.65 $\pm$ 0.25 b
19	c 3.94 $\pm$ 0.08 de	d 3.07 $\pm$ 0.08 f	b 4.26 $\pm$ 0.06 f	a 5.10 $\pm$ 0.12 cd
25	c 4.09 $\pm$ 0.06 cd	d 3.45 $\pm$ 0.04 e	a 6.42 $\pm$ 0.02 a	b 5.48 $\pm$ 0.06 bc
32	a 5.32 $\pm$ 0.13 b	d 2.89 $\pm$ 0.12 f	b 4.19 $\pm$ 0.03 f	c 3.40 $\pm$ 0.08 e
42	b 3.63 $\pm$ 0.21 e	c 3.16 $\pm$ 0.01 f	a 5.32 $\pm$ 0.03 b	a 5.06 $\pm$ 0.35cd
55	a 5.08 $\pm$ 0.11 b	a 5.12 $\pm$ 0.01 b	b 4.89 $\pm$ 0.04 c	c 4.67 $\pm$ 0.07 d
72	b 5.95 $\pm$ 0.05 a	b 5.76 $\pm$ 0.14 a	c 4.45 $\pm$ 0.07 e	a 6.95 $\pm$ 0.08 a

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

4.28. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Toplam Fenolik Madde İçeriği

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde içeriği uygulamadan sonraki 1. günde 2.05 µg/g yaş ağırlık olarak 72 mM uygulama grubunda, 5. günde ve 10. günde kontrol grubunda ve 15. günde 2.15 µg/g yaş ağırlık olarak 72 mM uygulama grubunda bulundu. En düşük toplam fenolik madde içeriği 1. ve 15. günlerde sırasıyla 0.87 ve 1.02 µg/g yaş ağırlık olarak 15 mM uygulama grubunda 5. ve 10. günlerde sırasıyla 1.02 ve 0.58 µg/g yaş ağırlık olarak 19 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı olarak toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde içeriği 19, 25 ve 55 mM uygulama grupları hariç 15. günde, en düşük toplam fenolik madde içeriği 10. günde belirlendi. Bu değişimler istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.82).

Çizelge 4.82. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriğinin değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Toplam Fenolik Madde Miktarı (µg/g yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL	a 1.57 ±0.02c	a 1.52±0.02 a	a 1.58±0.01 a	a 1.55±0.04 c
8.8	b 1.13±0.01 h	a 1.44±0.01 b	c 0.75±0.02 e	b 1.14±0.05 de
11	c 1.03±0.01 ı	a 1.37±0.03 c	d 0.68 ±0.04 def	b 1.19 ±0.02 d
15	b 0.87±0.11 i	a 1.12±0.03 e	b 0.70±0.06 de	ab 1.02±0.07 e
19	a 1.25±0.02 g	b 1.02±0.02 f	c 0.58±0.04 f	b 1.05±0.01 e
25	a 1.41±0.01 e	b 1.16 ±0.02 d	c 0.64±0.03 ef	b 1.21±0.03 d
32	b 1.33±0.02 f	c 1.19±0.02 d	d 1.02±0.04 c	a 1.53±0.04 c
42	a 1.43±0.04 d	ab 1.33±0.08 c	b 1.22±0.04 b	a 1.44±0.05 c
55	a 1.87±0.06 b	b 1.27 ±0.01cd	c 0.98±0.04 c	a 1.73±0.08 b
72	a 2.05±0.06 a	b 1.17±0.01 d	b 1.07±0.02 c	a 2.15±0.04 a

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

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde içeriği uygulamadan sonraki 1. günde 1.91 µg/g yaş ağırlık olarak 55 mM uygulama grubunda, 5., 10. ve 15. günlerde sırasıyla 1.51, 1.44 ve 1.50 µg/g yaş ağırlık olarak 72 mM uygulama grubunda bulundu. En düşük toplam fenolik madde içeriği 1. günde 1.22 µg/g yaş ağırlık olarak kontrol grubunda, 5. günde 0.79 µg/g yaş ağırlık olarak 15 mM uygulama grubunda ve 10. ve 15. günlerde sırasıyla 0.88 ve 0.64 µg/g yaş ağırlık olarak 8.8 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında günlere bağlı olarak toplam fenolik madde içeriği incelendiğinde en yüksek toplam fenolik madde içeriği 1. günde belirlendi. Bu değişim istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.83).

Çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde toplam fenolik madde içeriği SA uygulanmayan bitkilere kıyasla kontrol grubunda ve 5. ve 15. günlerde uygulama gruplarının genelinde azalırken, genel olarak 1.ve 5. günlerde uygulama gruplarının genelinde daha yüksek bulundu (Çizelge 4.82 ve 4.83).

Çizelge 4.83. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriği değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU (mM)	Toplam Fenolik Madde Miktarı (µg/g yaş ağırlık)			
	1. GÜN	5. GÜN	10. GÜN	15. GÜN
KONTROL (SA)	a 1.22±0.01 e	a 1.22±0.02 c	a 1.22±0.02 c	a 1.21±0.03 c
8.8	a 1.89±0.02 a	b 0.98±0.02 e	c 0.88±0.02 e	d 0.64±0.01 g
11	a 1.86±0.03a	b 0.90±0.01 f	b 0.86±0.04 e	c 0.71±0.03 f
15	a 1.71±0.02 c	d 0.79 ±0.02g	c 0.93±0.04 e	b 1.12±0.01 e
19	a 1.51±0.02 d	d 0.91±0.01 f	b 1.35±0.04 b	c 1.19±0.01 d
25	a 1.58±0.01 d	d 1.03±0.02 e	c 1.10±0.03 d	b 1.25±0.01 c
32	a 1.81±0.01 b	c 1.11±0.01 d	c 1.13±0.01 d	b 1.25±0.02 c
42	a 1.87±0.03 a	c 1.21±0.03 c	c 1.17±0.02 c	b 1.31±0.01 b
55	a 1.91±0.01 a	b 1.42±0.03 b	c 1.35±0.04 b	b 1.47±0.02 a
72	a 1.83±0.05 b	b 1.51±0.01 a	c 1.44±0.03a	b 1.50±0.03 a

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

.29. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında İçsel Salisilik Asit Değişimleri

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkilerinde konsantrasyonlara bağlı içsel SA değişimi incelendiğinde 1. ve 15. günlerde günde en yüksek içsel SA miktarı sırası ile 52.94 ve 78.49 ng/g olarak 72 mM uygulama grubunda, en düşük içsel SA miktarı ise kontrol grubunda saptandı. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkilerinde 1. ve 15. günlerde günlere bağlı içsel SA değişimi incelendiğinde 15. günde uygulama gruplarında içsel SA içeriğinde belirgin bir artış tespit edildi. İçsel SA'da görülen artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.84).

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkilerinde konsantrasyonlara bağlı içsel SA değişimi incelendiğinde 1. günde en yüksek içsel SA miktarı 75.30 ng/g olarak kontrol grubunda, en düşük SA miktarı ise 44.05 ng/g olarak 11 mM uygulama grubunda bulundu. 15. günde en yüksek içsel SA miktarı 127.38 ng/g olarak 72 mM uygulama grubunda, en düşük SA miktarı ise 61.06 ng/g olarak 11 mM uygulama grubunda belirlendi. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkilerinde 1. ve 15. günlerde günlere bağlı içsel SA değişimi incelendiğinde 15. günde uygulama gruplarında içsel SA içeriğinde belirgin bir artış tespit edildi. İçsel SA'da görülen artış istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0.05$) (Çizelge 4.85).

Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol ve uygulama gruplarında, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla içsel SA miktarında belirgin bir artışa sebep oldu (Çizelge 4.84 ve 4.85).

Çizelge 4.84. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU(mM)	SA Miktarı (ng/g YA)	
	1. Gün	15. Gün
KONTROL	a 37.10 ±0.51 d	a 38.11±0.40 d
11	b 41.27±0.47 c	a 58.28±0.26 c
32	b 43.39±0.21 b	a 77.73 ±0.68 b
72	b 52.94±0.29 a	a 78.49±0.39 a

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

Çizelge 4.85. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU(mM)	SA Miktarı (ng/g YA)	
	1. Gün	15. Gün
KONTROL (SA)	a 75.30±0.17 a	a 76.01 ±0.47 c
11	b 44.05±0.53 d	a 61.06 ±0.59 d
32	b 54.81±0.30 c	a 112.80±0.67 b
72	b 71.83 ±0.73 b	a 127.38 ±0.28 a

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

4.30. Flurokloridon ve SA Uygulanan *V. sativa* Yapraklarında Kalıntı Analizi Sonuçları

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkilerinde 15. günde yaprakta kalıntı miktarı incelendiğinde artan konsantrasyonla birlikte flurokloridon kalıntı miktarında artış gösterdiği saptandı. En yüksek kalıntı miktarı 117.1 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda en düşük kalıntı miktarı ise 72.8 µg/g olarak 11 mM uygulama grubunda belirlendi (Çizelge 4.86).

Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında da kalıntı miktarının herbisit artan konsantrasyonu ile arttığı, en yüksek kalıntı miktarının 96.8 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda en düşük kalıntı miktarının ise 68.8 µg/g olarak 11 mM uygulama grubunda bulunduğu saptandı (Çizelge 4.86).

Çizelge 4.86. Flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında 15. günde kalıntı miktarı

FLUROKLORİDON KONSANTRASYONU(mM)	Yaprakta Kalıntı Miktarı (µg/g)	
	SA Uygulanmayan	SA Uygulanan
11	a 72.8 ± 0.23 c	b 68.8 ± 0.64 c
32	a 85.2 ± 0.38 b	b 78.6 ± 0.82 b
72	a 117.1 ± 0.57 c	b 96.8 ± 0.74 a

Farklı harflerle gösterilen değerlerin istatistiki açıdan ($p < 0.05$) önemli, aynı harflerle gösterilen değerlerin önemsiz olduğu bulundu. Sağ kısımdaki harfler sütun içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı, sol kısımdaki harfler satır içerisindeki ortalamalar arasındaki karşılaştırmayı ifade eder. (Duncan Karşılaştırma Testi).

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çağımızdaki hızlı nüfus artışı, insanlığın karşılaştığı en büyük sorunlardan biri olan beslenme problemini de beraberinde getirmektedir. Bu problemi çözümlmek 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 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 [197, 198].

Pestisitler, tarım ürünlerini zararlı böceklerden, patojenlerden ve yabancı otlardan korumak ve üretimi artırmak için kullanılan kimyasal maddelerdir. Pestisitlerin toprağa, bitkiye veya tohuma uygulanması esnasında etkili maddenin kimyasal özelliklerine bağlı olarak çeşitli taşınımolar sonucu su, hava ve toprağa ulaşarak önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Bir pestisidin çevredeki hareketlerini onun kimyasal yapısı, fiziksel özellikleri, uygulama şekli, iklim ve tarımsal koşullar gibi faktörler etkilemektedir [198, 199]. Kullanılan pestisitlerin bir bölümü buharlaşarak atmosferde çevre sorunlarına neden olurken, bir bölümü de fotokimyasal yollarla parçalanarak toksik maddelere dönüşmektedir. Diğer bir bölümü 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 ortaya koymaktadır [200].

Birçok araştırmacı tarafından fitotoksisite cevaplarında genellikle antioksidan sistem ile ilgili parametreler değerlendirilmiştir [117-139]. Örneğin, Liu ve ark. (2009), kuraklık stresi ve paraquat uyguladıkları kabak kültüründe MDA, $O_2^{\cdot-}$ ve H_2O_2 içeriğı ile antioksidan enzim aktivitelerini araştırmışlardır. Kuraklık stresi etkisi ile MDA, $O_2^{\cdot-}$ ve H_2O_2 içeriğinde bir artış saptamışlardır. Bununla birlikte paraquatla ön muamele uygulanan bitkilerde MDA, $O_2^{\cdot-}$ ve H_2O_2 içeriğinin ön muamele yapılmayanlara kıyasla

daha düşük çıktığını bildirmişlerdir. Bununla beraber araştırmacılar kuraklık stresi ve paraquat uygulamasının SOD, CAT, GP, AP, DHAR (dehidroaskorbat redüktaz), MDHAR (monodehidroaskorbat redüktaz) ve GR enzim aktiviteleri ile GSH ve AsA (redükte askorbat) içeriğini artırdığını saptamışlardır. Ayrıca her iki stres faktörünün kombine etkisini incelediklerinde antioksidanların en yüksek aktiviteye ulaştığını gözlemişlerdir [120].

Literatürde çeşitli stres şartlarında antioksidan sistem üzerine SA'nın etkisini gösteren pek çok çalışma mevcuttur [153-171]. Ananieva ve ark. (2004), yaptıkları bir çalışmada 10 µmol/L paraquat uygulanan arpa bitkilerinde AP ve GR aktivitesinde bir azalma ve CAT aktivitesinde artış saptanırken, GP ve DHAR (dehidroaskorbat redüktaz) aktivitesinin uygulamadan etkilenmediğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte 500 µmol/L SA ile ön muamele yapılan fidelerde hem kloroplast hem de hücrenin diğer kompartmanlarında çalışılan enzimlerin aktivitelerinin arttığı rapor edilmiştir. Araştırmacılar arpada SA uygulamasının antioksidan cevabı meydana getirerek paraquatın oluşturduğu etkiyi tersine çevirdiğini saptamışlardır [153].

Araştırmamızda kullandığımız flurokloridonun gerek büyüme kriterleri gerekse antioksidan sistem üzerindeki etkilerini ayrı ayrı değerlendirecek olursak;

5.1. *H. annuus* ve *V. sativa*'da Büyüme Kriterleri Üzerine Flurokloridonun Etkileri

Araştırmamızda kullandığımız herbisit karotenoid biyosentezi inhibitörü olarak bilinmektedir. Flurokloridon kök ve gövdeden absorblanıp, karotenoid, klorofil ve absisik asit metabolitlerinin biyosentezinin engellenmesiyle yapraklarda klorozise neden olan seçici bir herbisittir. Flurokloridon tahıl, ayçiçeği ve patates ve şemsiye şeklindeki bitkilerde yabani hardal, yabani fiğ, köpek üzümü, tilki kuyruğu gibi yabani otların kontrolünde kullanılır [46, 201].

Yapılan toksisite denemeleri ile *H. annuus* ve *V. sativa* için 8.8-72 mM uygulama konsantrasyonu olarak belirlenmiştir. Bu denemelerde arazi uygulama konsantrasyonu baz olarak alınmıştır.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak Kl a değişimi incelendiğinde en yüksek Kl a değeri uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerinde kontrol grubunda belirlenmiştir. Kl a miktarı genel olarak kontrole kıyasla uygulama gruplarında bir azalma göstermiştir. Bununla birlikte Kl a miktarındaki değişimler günler arası değerlendirildiğinde 15. günde kontrol ve uygulama gruplarında Kl a içeriğinde belirgin bir artış dikkat

çekmektedir. En yüksek Kl a içeriği 6.04 µg/g olarak 15. günde kontrol grubunda, en düşük Kl a içeriği ise 3.26 µg/g olarak 10. günde 25 mM uygulama grubunda saptanmıştır (Çizelge 4.1). Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol grubunda uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde Kl a içeriğinde bir azalma gözlenmiştir. Uygulamadan sonraki 5. ve 15. günlerde ise Kl a içeriği uygulama gruplarında SA uygulamasının etkisi ile azalmıştır. Bununla birlikte çimlenme öncesi SA ile ön muamele gören bitkilerde de 15. günde Kl a içeriğinde bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak Kl a değişimi incelendiğinde 1. günde 8.8 mM uygulama grubu hariç genel olarak Kl a içeriği kontrolden düşük çıkmıştır. En yüksek Kl a değeri uygulamadan sonraki 1. günde 3.96 µg/g olarak 8.8 mM uygulama grubunda, en düşük Kl a içeriği ise 15. günde 2.66 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda saptanmıştır. Günler arası Kl a değişimi incelendiğinde 15. günde bir azalış görülmüştür ve bu azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte *V. sativa*'da kontrol ve uygulama gruplarında belirlenen Kl a içeriği *H. annuus*'dan düşük çıkmıştır (Çizelge 4.44). Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol ve uygulama gruplarında uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde Kl a içeriğinde bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.45).

Couderchet ve Vernet (2003) flazasulfuron herbisitine maruz kalan *S. obliquus*'da pigment değişimlerini incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda araştırmacılar herbisit konsantrasyonunun artışına bağlı olarak pigment içeriğinde bir azalma saptamışlardır. Bununla birlikte Kl a'daki azalmanın diğer pigmentlerden daha belirgin olduğunu belirtmişlerdir [124]. Yan ve ark. (1997), 300 lüks ışık altında yetiştirilen ve farklı konsantrasyonlarda molinat uygulanan *Anabaena sphaerica*'da Kl a değişimini incelemişlerdir. Araştırmacılar artan herbisit konsantrasyonuna ve uygulamadan sonra değerlendirilen sürenin uzunluğuna bağlı olarak Kl a içeriğinde bir azalma belirlemişlerdir [202]. Sonuçlar *V. sativa* bitkisinde belirlediğimiz bulgularla paralellik göstermektedir. Flurokloridonun karotenoid biyosentezini bloke ederek toksik etkisini gösterdiği bilinmektedir. Bulgularımız aynı zamanda flurokloridonun klorofil sentezi üzerinde de baskılayıcı bir etkinliği olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.44).

Buna paralel olarak Kl a yıkımını teşvik eden ve sentezini baskılayan başka mekanizmaların ne olduğu moleküler düzeyde yapılacak çalışmalarla aydınlatılması gerekmektedir.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak Kl b değeri incelendiğinde 1. günde 15 ve 25 mM uygulama grupları hariç tüm uygulama gruplarında Kl b içeriğinde kontrole kıyasla bir azalış dikkat çekmektedir. Kl b içeriğinin günler arası değişimi incelendiğinde kontrol ve uygulama gruplarında 15. günde belirgin bir artış saptanmıştır. En yüksek Kl b içeriği 5.07 µg/g olarak 15. günde kontrol grubunda bulunurken, en düşük Kl b içeriği 2.21 µg/g olarak 5. günde 55 mM uygulama grubunda belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol grubunda uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde Kl b içeriğinde bir azalma gözlenmiştir. Bununla birlikte 1. 5. ve 10. günlerde Kl b içeriği SA ile ön muamele gören gruplarda daha düşük çıkmıştır (Çizelge 4.4).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak Kl b değişimi incelendiğinde 1. günde 8.8 mM uygulama grubu hariç genel olarak Kl b içeriği kontrolden düşük çıkmıştır. En yüksek Kl b değeri uygulamadan sonraki 1. günde 2.71 µg/g olarak 8.8 mM uygulama grubunda, en düşük Kl b içeriği ise 15. günde 1.49 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda saptanmıştır. Günler arası Kl b değişimi incelendiğinde genel olarak 15. günde bir azalış görülmüştür ve bu azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bununla birlikte *V. sativa*'da kontrol ve uygulama gruplarında belirlenen Kl b içeriği *H. annuus*'dan düşük çıkmıştır (Çizelge 4.46). Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol ve uygulama gruplarında uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde Kl b içeriğinde bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.47).

Beker Akbulut (2008) tarafından yapılan bir araştırmada farklı konsantrasyonlarda atrazine maruz kalan *Z. mays* ve *P. sativum* bitkilerinde Kl b içeriğinde kontrole kıyasla bir azalma olduğunu rapor etmiştir [172]. Ralph (2000), *Halophila ovalis*'de farklı herbisitlerin pigment sistemi üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar atrazin, DMCU, simazin ve glifosat uygulamasının kontrole kıyasla tüm uygulama gruplarında Kl a ve Kl b içeriğini azalttığını, bununla

birlikte uygulama grupları kendi içerisinde değerlendirildiğinde konsantrasyon artışına bağlı olarak atrazin, DMCU ve glifosatın K la ve Kl b içeriğini arttırdığını, simazinin ise azalttığını saptamışlardır [203]. Yapılan araştırmalarda Kl b içeriğinde herbisit uygulamasının etkisi ile kontrole kıyasla bir azalma belirlenmesi bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.3 ve 4.46).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak toplam klorofil değeri incelendiğinde en yüksek toplam klorofil değeri uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda belirlenmiştir. Toplam klorofil içeriğinin günler arası değişimi incelendiğinde kontrol ve uygulama gruplarında 15. günde belirgin bir artış saptanmıştır. En yüksek toplam klorofil değeri 11.26 µg/g olarak 15. günde 55 mM uygulama grubunda bulunurken, en düşük toplam klorofil içeriği 5.30 µg/g olarak 10. günde 25 mM uygulama grubunda belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde, kontrol grubunda uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla toplam klorofil içeriğinde bir azalma gözlenmiştir. SA ile ön muamele gören bitkilerde 1. ve 15. günlerde uygulama grubunda toplam klorofil içeriğinde bir artış, 5. ve 10. günlerde ise genel olarak azalış dikkat çekmektedir (Çizelge 4.6).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak toplam klorofil değişimi incelendiğinde 1. günde 8.8 mM uygulama grubu hariç genel olarak toplam klorofil içeriği kontrolden düşük çıkmıştır. En yüksek toplam klorofil değeri uygulamadan sonraki 1. günde 6.67 µg/g olarak 8.8 mM uygulama grubunda, en düşük toplam klorofil içeriği ise 15. günde 4.14 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda saptanmıştır. Günler arası toplam klorofil değişimi incelendiğinde genel olarak 15. günde bir azalış görülmüştür ve bu azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.48). Bununla birlikte *V. sativa*'da kontrol ve uygulama gruplarında belirlenen toplam klorofil içeriği *H. annuus*'dan düşük çıkmıştır (Çizelge 4.5 ve 4.48). Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol ve uygulama gruplarında uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde toplam klorofil içeriğinde bir artış belirlenmiştir (Çizelge 4.49).

Klorofil içeriğindeki azalma flurokloridonun bitkide oluşturduğu zararın bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Strese maruz kalan bitkilerde klorofilin azaldığını

gösteren çeşitli çalışmalar mevcuttur. Kana ve ark. (2004) bir herbisit olan klomazon uygulamasının arpa bitkisinde toplam klorofil ve karotenoid içeriği üzerinde bir azalmaya sebep olduğunu rapor etmiştir [122]. Bu durum bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.5 ve 4.48). Yılmaz ve ark. (2011) stres durumunda klorofil içeriğindeki azalışın özellikle klorofilaz enziminin artmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir [204].

Wang ve Zhou (2006) klomuron etil herbisitinin uygulama konsantrasyonuna ve süresine bağlı olarak buğday bitkisinde toplam klorofil içeriğinde değişime sebep olduğunu saptamışlardır. Herbisit uygulamasından sonraki 1., 2., 3. ve 4. günlerde yüksek konsantrasyonlarda herbisit uygulamasının toplam klorofil içeriğinde bir azalmaya sebep olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte klorofil içeriğinin günler arası değişimi incelendiğinde uygulamadan sonraki 3. günde kontrol ve uygulama gruplarında klorofil içeriğinde belirgin bir artış olduğunu rapor etmişlerdir [130]. Günler arası değerlendirildiğinde klorofilin kontrol ve uygulama gruplarında gösterdiği bu artış *H. annuus*'dan elde ettiğimiz bulgularla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.5 ve 4.6). Uygulamadan sonraki 4. günde ise uygulama gruplarında tekrar bir azalış saptamışlardır. Misra ve ark. (1997), stres durumunda klorofil içeriğinde görülen artışın, stres altındaki yapraklarda kloroplast içeriğinin artmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir [205, 206].

Literatürde SA'nın toplam klorofil içeriği üzerine etkisini gösteren çalışmalar mevcuttur. Raman ve Ravi (2011) yüksek ve düşük ışık şiddetine maruz kalan *H. pluvialis*'de SA uygulamasının her iki stres durumunda da klorofil ve karotenoid içeriğini azalttığını rapor etmişlerdir [171]. Anandhi ve Ramanujam (1997) SA ile ön muamele gören bitkilerde toplam klorofil içeriğinde bir azalma görüldüğünü belirtmişlerdir [207]. Bununla birlikte SA uygulamasının klorofil içeriğini arttırdığına dair bulgularda mevcuttur. Mahdavian ve ark. (2008) UV stresine maruz kalan biber bitkisinde Kl a, Kl b ve karotenoid içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte 1.5 mM SA ile ön muamele gören bitkilerde Kl a, Kl b ve karotenoid içeriğinde belirgin bir artış saptamışlardır. Araştırmacılar SA uygulamasının hassas dokulara UV'nin girişini engelleyebileceğini ya da oksidatif strese karşı bitkileri koruyabileceğini rapor etmişlerdir [166]. Bu durum *V. sativa*'da belirlediğimiz bulgularla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.44-4.51). Wang ve ark. (2009) Ni stresine maruz kalan mısır bitkisinde toplam klorofil içeriğinde bir azalma belirlemişlerdir. Bununla birlikte

yapraklarına 1mM SA püskürtülen bitkilerde, SA uygulanmayan bitkilere kıyasla kontrol grubunda toplam klorofil içeriği azalırken uygulama grubunda klorofil içeriği artmıştır [158]. SA uygulamasının kontrol grubundaki toplam klorofil içeriğini azaltması *H. annuus*'da belirlediğimiz bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.6).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi karotenoid içeriğindeki değişimler incelendiğinde kontrol grubuna kıyasla uygulama gruplarında bir azalma söz konusudur. Karotenoid içeriğinin günler arası değişimi incelendiğinde ise 8.8, 11 ve 55 mM uygulama grupları hariç önemli bir farklılık belirlenmemiştir. Ancak 15. günde SA uygulanan bitkilerde, uygulama gruplarındaki karotenoid içeriği SA uygulanmayan bitkilere kıyasla daha düşük çıkmıştır. Ayrıca SA ile ön muamele gören bitkilerde karotenoid içeriği günlere bağlı olarak değerlendirildiğinde 15. günde bir azalma dikkat çekmektedir. En yüksek karotenoid içeriği kontrol grubunda, en düşük karotenoid içeriği 0.70 µg/g olarak 1. günde 72 mM uygulama grubunda saptanmıştır. SA ile ön muamele gören bitkilerde karotenoid içeriği kontrol ve uygulama gruplarında belirgin bir biçimde artmıştır (Çizelge 4.7 ve 4.8). SA uygulanan gruplarda genel olarak karotenoid içeriğindeki artış antioksidan cevap olarak önemli bulunmuştur.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara bağlı olarak karotenoid değişimi incelendiğinde genel olarak karotenoid içeriği kontrolden düşük çıkmıştır. En yüksek karotenoid değeri kontrol grubunda, en düşük karotenoid içeriği ise uygulamadan sonraki 15. günde 0.21 µg/g olarak 72 mM uygulama grubunda saptanmıştır. Günler arası karotenoid değişimi incelendiğinde genel olarak 15. günde bir azalış görülmüştür ve bu azalış istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4.50). Bununla birlikte *V. sativa*'da uygulama gruplarında belirlenen karotenoid içeriği *H. annuus*'dan düşük, kontrol grubunda belirlenen karotenoid içeriği ise yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.7 ve 4.50). Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde, SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla kontrol ve uygulama gruplarında uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde genel olarak karotenoid içeriğinde bir artış belirlenmiştir. SA uygulamasının karotenoid sentezini teşvik etmesinin strese cevapta etkili olduğu görülmektedir (Çizelge 4.51).

Flurokloridon bir fitoen desaturaz (PDS) inhibitörüdür. Fitoen desaturaz karotenoid biyosentez yolunda anahtar bir enzimdir. Bu nedenle flurokloridon hedef bitkide karotenoid biyosentezini inhibe eder [42]. İncelediğimiz bitkilerde artan konsantrasyonlarda karotenoid içeriğinin azalması herbisitinin karotenoid biyosentezini inhibe etmesinden kaynaklanmaktadır. Çimlenme sonrası flurokloridon *V. sativa* yapraklarında gün içi ve günler arası karotenoid değişimi incelendiğinde bu bitkide karotenoid yıkımının *H. annuus*'dan daha belirgin olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.7 ve 4.50). Bu durum *V. sativa*'nın herbisitinin hedef bitki olarak etkilenmesini açıklamaktadır. Moharekar ve ark. (2003) buğday ve mercimeğe SA uygulamasının klorofil pigmentlerinin içeriğindeki azalmanın sonucu olarak de-epoksidasyon oranını arttırdığını ve ksantofil ve karotenoid sentezini teşvik ettiğini belirtmişlerdir [208]. Bu çalışmada belirlenen SA'nın etkisiyle klorofil içeriğinin azalması ve karotenoid içeriğinin artması özellikle *H. annuus*'dan elde ettiğimiz bulgularımıza paralellik gösterirken, aynı zamanda bir antioksidan olan karotenoidin SA uygulaması ile oransal artışı strese cevapta önemli bir kriter olarak değerlendirilebilir (Çizelge 4.8).

Literatürde büyüme kriterleri içerisinde bitkilerde yaş kuru ağırlık içeriklerindeki değişimler strese karşı önemli kriterler olarak değerlendirilmiştir [125, 152, 170]. Flurokloridon uygulamasına bağlı olarak *H. annuus*'da yaş ağırlık değişimleri değerlendirmelerinde, yaprak, kök ve gövde yaş ağırlığında konsantrasyonlara ve süreye bağlı olarak bir azalmaya neden olmuştur. Yaprakta en yüksek yaş ağırlık kontrol grubunda, en düşük yaş ağırlık ise 2.45 gr olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda saptanmıştır. Kök ve gövdede yaş ağırlık değerleri gün içi değerlendirildiğinde 1. günde önemli bir değişim görülmemiştir. Bununla birlikte 5., 10. ve 15. günlerde gün içi ve günler arası değerlendirildiğinde yaş ağırlıkta belirgin bir azalma saptanmıştır (Çizelge 4.9, 4.11 ve 4.13). Çimlenmeden önce SA ile muamele edilen bitkilerde uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kök, gövde ve yaprak yaş ağırlığında kontrol ve uygulama gruplarında bir artış saptandı (Çizelge 4.10, 4.12 ve 4.14). Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinin kök, gövde ve yaprak kuru ağırlığında kontrole kıyasla bir azalma saptanmıştır. Bununla birlikte çimlenme öncesi SA uygulamasının kök, gövde ve yaprakta kuru ağırlığı arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.15-4.20).

Flurokloridon uygulamasına bağlı olarak *V. sativa*'da yaş ağırlık değerlendirmelerinde, yaprak, kök ve gövde yaş ağırlığında konsantrasyonlara ve süreye

bağlı olarak bir azalmaya neden olmuştur. Kök ve gövdede yaş ağırlık değerleri gün içi değerlendirildiğinde 1. günde önemli bir değişim görülmemiştir. Bununla birlikte 5., 10. ve 15. günlerde gün içi ve günler arası değerlendirildiğinde yaş ağırlıkta belirgin bir azalma saptanmıştır (Çizelge 4.52, 4.54 ve 4.56). *V. sativa*'da kök, gövde ve yaprakta belirlenen yaş ağırlık değerleri *H. annuus*'da belirlenen değerlerden düşük çıkmıştır.

Çimlenmeden önce SA ile muamele edilen *V. sativa*'da uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kök, gövde ve yaprak yaş ağırlığında kontrol ve uygulama gruplarında bir artış saptanmıştır (Çizelge 4.53, 4.55 ve 4.57). SA ile ön muamelenin her iki bitkide de kök, gövde ve yaprakta yaş ağırlığının artması, SA ile strese karşı bitkide artan dirence bağlı olarak gerçekleşmiştir.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinin kök, gövde ve yaprak kuru ağırlığında kontrole kıyasla bir azalma saptanmıştır. Bununla birlikte çimlenme öncesi SA uygulamasının kök, gövde ve yaprakta kuru ağırlığı arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.58-4.63). *V. sativa*'da kök, gövde ve yaprakta belirlenen kuru ağırlık değerleri *H. annuus*'da belirlenen değerlerden düşük çıkmıştır (Çizelge 4.58-4.63 ve Çizelge 4.16-4.20). Bu durum, herbisitinin *V. sativa*'da hedef bitki olmasından dolayı *H. annuus*'a kıyasla stresten daha çok etkili olması ile açıklanabilir.

Saladin ve ark. (2003) asma bitkisine flumioksazin uyguladıklarında yaprakta kuru ağırlıkta kontrole kıyasla bir azalma saptamışlardır [125]. Flumioksazin herbisitinin asmada meydana getirdiği bu durum bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.16, 4.17, 4.58, 4.59). Rivero ve ark. (2001) sıcak ve soğuk streslerine maruz kalan domates ve kavun bitkilerinde kuru ağırlık üzerine değişimlerini incelemişlerdir. Araştırmacılar domatesde her iki stres faktörünün de sürgün kuru ağırlığını azalttığını, kavunda ise soğuk stresi sürgün kuru ağırlığını azaltırken, sıcak stresinin ise arttırdığını rapor etmişlerdir [152]. Simai ve ark. (2011) yaptıkları bir araştırmada, tuz stresinin konsantrasyonunun artmasıyla yaş ve kuru ağırlığın azaldığını bununla birlikte 100 µM SA uygulamasının kontrol ve uygulama gruplarında yaş ve kuru ağırlığı arttırdığını rapor etmişlerdir [170]. Bu sonuçlar bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.9-4.20 ve Çizelge 4.52-4.63) .

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında herbisit konsantrasyonuna bağlı olarak oransal su içeriğinde bir azalma saptanmıştır. Oransal su içeriğindeki değişim günler arası incelendiğinde ise 15. günde belirgin bir azalma görülmüştür. En yüksek oransal su içeriği kontrol grubunda, en düşük oransal su içeriği

% 26.76 olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda tespit edilmiştir. Çimlenme öncesi SA ile ön muamele gören bitkilerde oransal su içeriği kontrol ve uygulama gruplarında artmıştır (Çizelge 4.21 ve 4.22).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında herbisit konsantrasyonuna bağlı olarak oransal su içeriğinde bir azalma saptanmıştır. En yüksek oransal su içeriği kontrol grubunda, en düşük oransal su içeriği % 32.36 olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda tespit edilmiştir. Çimlenme öncesi SA uygulaması *V. sativa* yapraklarında oransal su içeriği üzerinde genel olarak bir artışa sebep olmuştur (Çizelge 4.64 ve 4.65).

Erkılıç (2005), biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinde tuz (NaCl) ve tuzla birlikte uygulanmış çeşitli konsantrasyonlarda salisilik asitin (SA) serbest prolin birikimi ile bazı fizyolojik parametreler üzerine etkileri incelemiştir. Tuza-dayanıklı olduğu tespit edilen Demre-8 çeşidine ait fidelerde, tuz uygulaması sonucu kontrole oranla kök, sürgün uzunluğu ve yaprak alanı indeksinde azalma; yaprak dokusu taze ve kuru ağırlığı ile alt ve üst yaprak serbest prolin miktarlarında artış rapor edilmiştir. İlk günlerde azalma saptanan yaprak oransal su içeriğinde (OSİ) ise ilerleyen günlerde belirgin olmayan artışlar görüldüğü belirtilmiştir. 0.1, 0.5 ve 1.0 mM SA'lı ortamlarda yetiştirilen Demre-8 fidelerine tuz uygulamasıyla, kök, sürgün uzunluğu ve yaprak alanı indeksinde sadece tuz uygulanan fidelere oranla azalma; yaprak dokusu taze, kuru ağırlığı ve OSİ ile alt ve üst yaprak serbest prolin miktarlarında artış olduğu saptanmıştır [209]. SA'nın yaş-kuru ağırlık ve oransal su içeriği üzerinde gösterdiği bu olumlu etki bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.21-4.22 ve Çizelge 4.64-4.65) .

Flurokloridonun uygulandığı her iki bitkide de fizyolojik parametreler üzerine etkisi değerlendirildiğinde klorofil ve karotenoid içeriğindeki azalmayla birlikte yaş kuru ağırlık ve oransal su içeriğindeki azalma dikkat çekmektedir. Bununla birlikte herbisit sebep olduğu bu etki *V. sativa*'da daha belirgindir. Bu durum *V. sativa*'nın herbisit etki gösterdiği hedef bitki olmasının nedenini açıklamaktadır. Çimlenme öncesi SA uygulaması *H. annuus* ve *V. sativa* bitkilerinde stresin sebep olduğu bu olumsuz etkileri azaltmaktadır.

5.2. *H. annuus* ve *V. sativa*'da Oksidatif Sistem Üzerine Flurokloridonun Etkileri

Serbest radikaller dış yörüngesinde paylaşılmamış bir elektron taşıyan kimyasal ürünlerdir. Radikal olmayan bir atom veya molekülden bir elektron çıkmasıyla ya da atom veya moleküle bir elektron ilavesiyle oluşurlar. Oluşan radikaller çok reaktif ve kararlı değildirler. Diğer moleküllere elektron verdiklerinden ya da onlardan elektron aldıklarından dolayı vücutta indirgeyici veya yükseltgeyici olarak davranırlar [55, 210, 211].

Bitkilerde serbest radikaller endojen olarak kloroplastlardaki fotosentez reaksiyonlarında, plastit ve peroksizomlarda, mitokondrilerdeki sitrik asit döngüsünde NADPH oksidaz, hücre duvarı peroksidazları ve amino oksidazlar gibi enzimlerin etkisiyle oluşur. Kuraklık, düşük ve yüksek ısı değerleri, ağır metaller, UV ışık, beslenme noksanlıkları, yüksek derecede tuzlu ortam, yüksek ışık stresi ve hipoksi ise ekzojen serbest radikal kaynaklarıdır [212-215].

Stres altındaki bitkiler yaşamlarını sürdürebilmek için serbest radikallere ve ROT'a karşı enzimatik olan ve olmayan çeşitli antioksidanlarla cevap verirler. Enzimatik olmayan antioksidanlar askorbik asit, karoten, glutatyon vb. içerirken, enzimatik antioksidanlar SOD, CAT, POD, AP, GST, GR gibi enzimleri içerir.

POD, herbisit bitki üzerindeki etkisini gösteren hassas bir monitör olarak iş görmektedir [117]. POD yüksek bitkilerde oksidatif stres indikatörleridir. Peroksidazın stres altında arttığına dair çok sayıda çalışma mevcuttur [170, 174, 216]. Song ve ark. (2007) tarafından yapılan araştırmada stres altında belirlenen POD artışının oksidatif stresin bir göstergesi olabileceği belirtilmiştir [121].

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında POD aktivitesinde 1. günde 8.8 ve 11 mM uygulama grupları hariç kontrole kıyasla bir artış belirlenmiştir ve günler arası POD aktivitesinin değişimi incelendiğinde 15. günde POD aktivitesinde belirgin bir artış saptanmıştır. En yüksek POD aktivitesi 6.50 U/mg protein olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda belirlenirken, en düşük POD aktivitesi 1.25 U/mg protein olarak 1. günde 1.25 U/mg protein olarak 11 mM uygulama grubunda saptanmıştır. Çimlenme öncesi 0.5 mM SA uygulaması kontrol grubunda POD aktivitesini azaltmıştır, uygulama grubunda SA'nın etkisi uygulanan konsantrasyonlara ve günlere bağlı olarak değişmiştir. (Çizelge 4.23 ve 4.24).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında POD aktivitesi düşük konsantrasyonlarda herbisit uygulanan gruplarda daha yüksek, artan

konsantrasyonlarda herbisit uygulanan gruplarda ise nispeten daha düşük çıkmakla birlikte genel olarak kontrolden yüksektir. En yüksek POD aktivitesi 4.28 U/mg protein olarak 10. günde 25 mM uygulama grubunda belirlenirken, en düşük POD aktivitesi 0.24 U/mg protein olarak 1. günde 72 mM uygulama grubunda saptanmıştır. Artan konsantrasyonlarda POD aktivitesinin azalması, herbisit yüksek konsantrasyonlarda uygulanması sonucu artan ROT'un ilgili gen ifadesini değiştirmesi buna bağlı olarak da enzim aktivitesini baskılaması ile açıklanabilir. Günler arası POD aktivitesindeki değişim incelendiğinde en yüksek aktivite 10. günde tespit edilmiştir. Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda POD aktivitesini artırmıştır ve en yüksek POD aktivitesi yine 10. günde belirlenmiştir (Çizelge 4.66 ve 4.67). Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında peroksidaz aktivitesi, *H. annuus* yapraklarında belirlenen peroksidaz aktivitesinden düşük çıkmıştır (Çizelge 4.23 ve 4.66).

Choundry ve Panda (2004), Cd stresine maruz kalan pirinç bitkisinde Cd konsantrasyonuna bağlı olarak POD, CAT, SOD ve GR aktivitesinde bir artış saptamıştır. Bununla birlikte çimlenme öncesi 100 µM SA ile ön muamele gören bitkilerde tüm bu enzimlerin aktivitesi kontrol ve uygulama gruplarında, SA uygulanmayan bitkilere kıyasla düşük çıkmıştır [216]. Peroksidaz aktivitesinin stres durumunda artması ve SA ile ön muamele gören bitkilerde POD aktivitesinin azalması bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.24). Peroksidaz hem içeren bir enzimdir. Peroksidazlar H₂O₂ giderimini de içeren farklı fizyolojik fonksiyonlarda rol oynayan heterojen gruplardır. Üstelik peroksidazın bazı izoformları doğrudan ROT'a karşı bitki savunmasıyla ilişkilidir [217, 218]. Araştırmacılar SA'nın hücrelerin H₂O₂'yi metabolize etme yeteneğini etkileyebileceği ya da peroksidazın bazı substratlarının yükseltgenme yeteneğini değiştirebildiği bundan dolayı hormon dengesindeki değişimler ya da hücre duvarı lignifikasyonu gibi metabolik olaylarda rol oynayabileceği belirtilmiştir [153]

Simaei ve ark. (2011), tuz stresine maruz kalan soya fasulyesinde POD aktivitesinin arttığını, ekzojen SA uygulamasının kontrol ve uygulama gruplarında POD aktivitesini arttırdığını belirtmişlerdir [170]. SA uygulamasının etkisiyle kontrol grubunda görülen bu artış *V.sativa* yapraklarından elde ettiğimiz bulgularımızla uyumludur (Çizelge 4.67).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında AP aktivitesi uygulamadan sonraki 1., 5. ve 10. günlerde düşük konsantrasyonlarda kontrole kıyasla artarken yüksek konsantrasyonlarda azalmıştır. 15. günde ise tüm uygulama gruplarında kontrolden düşük çıkmıştır. En yüksek AP aktivitesi 2.43 U/mg protein olarak 10. günde 8.8 mM uygulama grubunda, en düşük AP aktivitesi ise 0.04 U/mg protein olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda belirlenmiştir. Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda bir artışa ve herbisit uygulanan gruplarda genel olarak bir azalmaya sebep olmuştur (Çizelge 4.25 ve 4.26).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında AP aktivitesi uygulamadan sonraki 1., 5. ve 10. günlerde düşük konsantrasyonlarda kontrole kıyasla artarken yüksek konsantrasyonlarda azalmıştır. 15. günde ise genel olarak kontrolden düşük çıkmıştır. En yüksek AP aktivitesi 0.60 U/mg protein olarak 5. günde 15 mM uygulama grubunda, en düşük AP aktivitesi ise 0.08 U/mg protein olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda belirlenmiştir. Çimlenme öncesi SA uygulaması AP aktivitesinde kontrol grubunda ve uygulamadan sonraki 1. ve 5. günlerde uygulama gruplarında bir azalışa, 10. ve 15. günlerde uygulama gruplarında genel olarak bir artışa sebep olmuştur. SA uygulanan ve uygulanmayan gruplarda günler arası AP aktivitesi değerlendirildiğinde 5. günde genel olarak enzim aktivitesinin arttığı bulunmuştur (Çizelge 4.68 ve 4.69). Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında AP aktivitesi, *H. annuus* yapraklarında belirlenen AP aktivitesinden düşük çıkmıştır. Bu durum hedef bitki olan *V. sativa*'nın herbisit stresinden daha çok etkilenmesi sonucu meydana gelen fazla miktarda ROT birikiminin etkisi ile hem içeren peroksidaz enzimlerinin aktivitelerinin baskılanması ile açıklanabilir.

Jiang ve Yang (2009), yaptıkları bir araştırmada buğday bitkisine prometrin uyguladıklarında düşük konsantrasyonlarda herbisit peroksidaz, AP, SOD ve GST aktivitesini teşvik ettiği ancak yüksek konsantrasyonlarda herbisit bu enzimlerin aktivitesini azalttığını belirtmişlerdir. Herbisit konsantrasyonuna bağlı olarak enzim aktivitesinde görülen bu değişim *V. sativa*'dan elde ettiğimiz bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.68, 4.73 ve 4.75). Ayrıca CAT aktivitesinde tüm uygulama gruplarında kontrole kıyasla bir azalma saptamışlardır. CAT aktivitesinde kontrole kıyasla belirlenen bu azalış *H. annuus*'da tüm uygulama gruplarında ve *V. sativa*'da yüksek konsantrasyonlardaki uygulama gruplarında elde ettiğimiz bulgularla paralellik göstermektedir (Çizelge 2.27, 4.70). Araştırmacılar enzim aktivitesinde görülen bu

azalmayı yüksek konsantrasyonlarda herbisit uygulaması sonucu ortamda fazla miktarda biriken H_2O_2 ve süperoksit radikalinin, özellikle CAT ve grup III peroksidazlar gibi hem içeren enzimlerin aktivitelerini inhibe edebilmesiyle açıklamışlardır [117].

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında CAT aktivitesi kontrol grubuna kıyasla uygulama gruplarında azaldı. En yüksek CAT aktivitesi uygulamadan sonraki 1., 5., 10. ve 15. günlerde kontrol grubunda, en düşük CAT aktivitesi ise 0.27 U/mg protein olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda belirlenmiştir. Çimlenme öncesi SA ile muamele edilen bitkilerde CAT aktivitesi SA uygulanmayan bitkilere kıyasla kontrol grubunda ve uygulama gruplarında genel olarak azalmıştır. (Çizelge 4.27 ve 4.28).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa*'da CAT aktivitesi uygulamadan sonraki 1. ve 5. günlerde düşük konsantrasyonda herbisit uygulanan bitkilerde kontrole kıyasla artarken yüksek konsantrasyonlarda herbisit uygulanan bitkilerde azalmıştır. Uygulamadan sonraki 10. ve 15. günlerde ise tüm uygulama gruplarında CAT aktivitesi kontrolden düşük çıkmıştır. En yüksek CAT aktivitesi 21.24 U/mg protein olarak uygulamadan sonraki 1. günde 11 mM uygulama grubunda, en düşük CAT aktivitesi ise 8.46 U/mg protein olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda belirlenmiştir. Çimlenme öncesi SA ile muamele edilen bitkilerde CAT aktivitesi kontrol ve uygulama gruplarında SA uygulanmayan bitkilere kıyasla daha düşük olarak belirlenmiştir. SA uygulanan ve uygulanmayan gruplarda en yüksek CAT aktivitesinin 1. günde görüldüğü ve 15. güne doğru azaldığı saptanmıştır (Çizelge 4.70 ve 4.71). Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında kontrol ve uygulama gruplarında belirlenen CAT aktivitesi, *H. annuus* yapraklarında belirlenen CAT aktivitesinden yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.27, 4.28 ve Çizelge 4.70 ve 4.71).

SA bitki hücrelerinin sistemik sinyal ağının ikinci mesajcısıdır. H_2O_2 'nin birikim yollarından birisi H_2O_2 'yi temizleyen katalaz enziminin inhibitörüdür. SA'nın *in vitro* da katalaz aktivitesini spesifik olarak inhibe ettiği ve *in vivo* da H_2O_2 birikimini indüklediği bilinmektedir [86]. Bizim araştırmamızda da SA ile ön muamele gören bitkilerde CAT aktivitesinde saptanan bu azalış SA'nın H_2O_2 birikimini uyarma mekanizmasının bir sonucu olarak açıklanabilir.

Zhang ve ark. (2011) donma stresine maruz kalan salatalık bitkisine ekzojen SA uygulamasının MDA içeriğini azalttığını, POD ve CAT aktivitesi ile çözünür protein

içeriğini arttırdığını saptamışlardır [142]. MDA içeriğindeki azalış bizim *H. annuus*'dan elde ettiğimiz bulgularımızla paralellik gösterirken, SA'nın CAT üzerindeki etkisi bizim bulgularımızla uyuşmamaktadır (Çizelge 4.27, 4.28 ve Çizelge 4.80, 4.81).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında SOD aktivitesinde 1. günde kontrole kıyasla bir azalış gözlenirken, 5., 10. ve 15. günlerde kontrole kıyasla genel olarak bir artış saptanmıştır. En yüksek SOD aktivitesi 51.70 U/mg protein olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda, en düşük SOD aktivitesi 16.71 U/mg protein olarak 1. günde 15 mM uygulama grubunda belirlenmiştir. Çimlenme öncesi SA uygulanan kontrol grubunda SOD içeriğinde bir azalmaya neden oldu (Çizelge 4.29 ve 4.30).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında SOD aktivitesi uygulamadan sonra değerlendirilen tüm günlerde kontrolden düşük çıkmıştır ve yüksek konsantrasyonlarda herbisit uygulanan bitkilerde giderek azalmıştır. En yüksek SOD aktivitesi kontrol grubunda, en düşük SOD aktivitesi 21.15 U/mg protein olarak 1. günde 72 mM uygulama grubunda belirlenmiştir. Çimlenme öncesi SA uygulaması SOD aktivitesinde kontrol grubunda azalışa ve uygulama gruplarının genelinde bir artışa sebep olmuştur. SA uygulanan ve uygulanmayan bitki gruplarında günler arası SOD aktivitesinin değişimi incelendiğinde en yüksek SOD aktivitesi 5. günde belirlenmiştir (Çizelge 4.72 ve 4.73). Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında kontrol ve uygulama gruplarında belirlenen SOD aktivitesi, *H. annuus* yapraklarında belirlenen SOD aktivitesinden yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.29, 4.30 ve Çizelge 4.72, 4.73).

Coundry ve Panda (2004) Cd stresine maruz kalan pirinç bitkisinde SOD aktivitesinin kontrole kıyasla düşük konsantrasyonlarda (10 ve 100 μ M) artıp yüksek konsantrasyonda (1000 μ M) azalttığını belirtmişlerdir. Çimlenme öncesi 0.1 mM SA uygulaması bu bitkilerdeki SOD aktivitesini kontrol ve düşük konsantrasyonlarda (10 ve 100 μ M) Cd uygulanan bitkilerde azaltırken 1000 μ M Cd uygulanan bitkilerde arttırmıştır [216]. SA uygulamasının etkisiyle SOD aktivitesinde kontrol grubunda görülen bu azalış bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.73). Krantev ve ark. (2006) Cd stresine maruz kalan mısır bitkisinde SOD aktivitesinin kontrole kıyasla uygulama gruplarında arttığını ve SA ile ön muamele gören bitkilerde SOD aktivitesinin SA uygulanmayan bitkilerden daha yüksek çıktığını belirtmişlerdir [154]. SA strese cevap olarak radikalleri doğrudan temizleyebilir ya da antioksidan enzim

aktivitelerini artırabilir. Bizim çalışmamızda *V. sativa*'da SA ile ön muamele gören uygulama gruplarında SOD aktivitesinin azalması SA'nın doğrudan radikalleri temizleyebilmesi ile açıklanabilir.

Sandalio ve ark. (2001), Cd stresine maruz kalan bitkilerde LPO'da bir artış, CAT, SOD ve POD aktivitelerinde ise azalış saptamışlardır [219]. Araştırmacılar SOD aktivitesinde görülen azalmayı, Fe-SOD ve CuZn SOD'un Cd tarafından teşvik edilen H₂O₂ üretimine hassas olması ve bu nedenle aşırı H₂O₂ üretiminin SOD aktivitesini baskılaması ile açıklamışlardır [219]. SOD aktivitesindeki bu azalış *V. sativa* yapraklarında SOD aktivitesinde elde ettiğimiz bulgularla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.72).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında GST aktivitesi uygulamadan sonraki değerlendirilen tüm günlerde kontrolden yüksek çıkmıştır. Günler arası GST aktivitesinin değişimi değerlendirildiğinde GST aktivitesinde genel olarak 15. günde artış belirlenmiştir. En yüksek GST aktivitesi 0.0281 U/mg protein olarak 15. Günde 8.8 mM uygulama grubunda, en düşük GST aktivitesi ise kontrol grubunda saptanmıştır. Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda GST aktivitesini arttırmıştır. Bununla birlikte 5. ve 10. günde SA ile ön muamele gören bitkilerde GST aktivitesi SA uygulanmayan bitkilere kıyasla artarken, 1. ve 15. günlerde azalmıştır (Çizelge 4.31 ve 4.32).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında GST aktivitesi uygulamadan sonraki 1., 5. ve 10. günlerde düşük konsantrasyonlarda kontrole kıyasla artarken yüksek konsantrasyonlarda azalmıştır. 15. günde ise genel olarak kontrolden yüksek çıkmıştır. En yüksek GST aktivitesi 0.38 U/mg protein olarak 15. günde 8.8 mM uygulama grubunda, en düşük GST aktivitesi ise 0.025 U/mg protein olarak 5. günde 72 mM uygulama grubunda belirlenmiştir. Çimlenme öncesi SA uygulaması GST aktivitesinde kontrol grubunda ve 10. gün hariç uygulama gruplarında genel olarak bir azalmaya sebep olmuştur. SA uygulanan ve uygulanmayan bitkilerde en yüksek GST aktivitesi 15. günde tespit edilmiştir (Çizelge 4.74 ve 4.75). *V. sativa* yapraklarında GST aktivitesi *H. annuus* yapraklarında belirlenenden daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.31, 4.32 ve Çizelge 4.74 ve 4.75).

GST; herbisitleri, insektisitleri ve diğer ksenobiyotikleri içeren çeşitli elektrofilik moleküllere GSH'ın thiol grubunun –SH nükleofilik bağlanmasını katalizleyerek ksenobiyotiklerin detoksifikasyonunda anahtar rol oynar [220, 221] Çeşitli stres

şartlarında GST aktivitesinin arttığını gösteren çalışmalar mevcuttur [117, 165, 222]. Espin ve ark. (2011), değişik konsantrasyonlarda (25, 50 ve 100 μ M) SA uygulanan bezelye bitkilerinde GST aktivitesinin kontrole kıyasla arttığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte yukarıdaki konsantrasyonlarda SA uygulamasına ilaveten 70 mM NaCl stresine maruz kalan bezelye bitkilerinde kontrol ve uygulama gruplarında GST içeriğinin belirgin biçimde arttığını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar GST aktivitesindeki bu artışı GST genlerinin, hem stres şartlarında hem de SA uygulaması tarafından uyarılabilmesiyle açıklamışlardır [221]. Stres şartları altında GST aktivitesinde görülen bu artış bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.31 ve 4.74).

BTH (S-metilbenzo-1,2,3-thiadizol-7-karbotihat), bitkilerde bulaşıcı hastalıklara karşı direnci indükleyen SA'nın fonksiyonel analogu olarak kullanılan bir maddedir. Skladowska ve ark. (2010), BTH'yi normal şartlarda yetişen elma bitkisine uyguladıklarında, uygulamadan sonraki 2. ve 7. günlerde BTH uygulanmayan kontrol grubuna kıyasla GST aktivitesinde bir artış, 14. günde ise azalış saptamışlardır. Araştırmacılar GST aktivitesi üzerine BTH uygulamasının sebep olduğu bu azalmanın; enzim aktivitesi üzerine GSH konjugatının inhibitör etkisinden, BTH'nin sitozoldeki seviyesinin azalmasından ya da aktive edilmiş savunma cevabının baskılanmasından kaynaklandığını rapor etmiştir [223].

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında GR aktivitesi herbisit uygulamasından sonraki 1. ve 10. günlerde kontrole kıyasla artarken, 5. ve 15. günlerde azalmıştır. En yüksek GR aktivitesi 0.105 U/mg protein olarak 1. günde 72 mM uygulama grubunda, en düşük GR aktivitesi ise 0.015 U/mg protein olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda saptanmıştır. GR aktivitesinin günler arası değişimi incelendiğinde en yüksek GR aktivitesi 10. günde saptanmıştır. Çimlenme öncesi SA ile ön muamele gören bitkilerde kontrol grubunda ve uygulamadan sonraki 5. ve 10. günlerde herbisit uygulanan gruplarda GR aktivitesi artmıştır (Çizelge 4.33 ve 4.34).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında GR aktivitesi uygulamadan sonraki değerlendirilen tüm günlerde kontrolden yüksek bulunmakla birlikte flurokloridonun yüksek konsantrasyonları enzim aktivitesinde azalmaya sebep olmuştur. Günler arası GR aktivitesinin değişimi değerlendirildiğinde en yüksek GR aktivitesi genel olarak 5. günde belirlenmiştir. Çimlenme öncesi SA ile ön muamele gören bitkilerde kontrol grubunda GR aktivitesi azalmıştır. SA uygulanan bitkilerde en

yüksek GR aktivitesi uygulamadan sonraki 15. günde saptanmıştır. *V. sativa* yapraklarında GR aktivitesi *H. annuus* yapraklarında belirlenen aktiviteden daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.76 ve 4.77).

Ananieva ve ark. (2003), paraquat herbisitinin arpa bitkisinde antioksidan sistem üzerine etkisini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, herbisit uygulamasının pirinçte kontrole kıyasla peroksidaz ve SOD aktivitesini arttırdığını, AP ve GR aktivitesinin ise azaldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte çimlenme öncesi SA ile ön muamele gören bitkilerde POD, SOD, AP ve GR aktivitelerinin kontrol grubunda ve uygulama grubunda SA ile ön muamele görmeyen bitkilere kıyasla arttığını rapor etmişlerdir [153]. SA uygulanan bitkilerde kontrol grubunda GR ve POD aktivitesinin artması *H. annuus*'dan, AP aktivitesinin artması ise *V. sativa*'dan elde ettiğimiz bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.25, 4.26, 4.33, 4.34, 4.66 ve 4.67).

Wang ve Li (2006) soğuk ve sıcak stresine maruz kalan üzüm yapraklarında kontrole kıyasla AP ve GR aktivitesinin ve GSH içeriğinin azaldığını belirtmişlerdir. Bununla beraber bitki yapraklarına SA püskürtmesinin hem kontrol hem de uygulama gruplarında AP, GR aktivitesini ve GSH içeriğini arttırdığını rapor etmişlerdir [157].

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında GSH içeriği herbisit uygulamasından sonraki 5. gün hariç genel olarak kontrole kıyasla artmıştır. Günler arası GSH içeriği değerlendirildiğinde en yüksek GSH içeriği 1. günde belirlenmiştir. En yüksek GSH içeriği 2.94 U/mg protein olarak 1. günde 42 mM uygulama grubunda, en düşük GSH içeriği ise 0.37 U/mg protein olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda saptanmıştır. Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda ve 5., 10. ve 15. günlerdeki uygulama gruplarında SA uygulanmayan bitkilere kıyasla GSH içeriğini arttırmıştır (Çizelge 4.35 ve 4.36).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında GSH içeriğinde uygulamadan sonraki değerlendirilen tüm günlerde genel olarak kontrolden yüksek bulunmakla birlikte flurokloridonun yüksek konsantrasyonları GSH içeriğinde azalmaya sebep olmuştur. En yüksek GSH içeriği 7.38 U/mg protein olarak 15. günde 25 mM uygulama grubunda, en düşük GSH içeriği ise 1.36 U/mg protein olarak 1. günde 55 mM uygulama grubunda saptanmıştır. Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda ve uygulama gruplarının genelinde bir azalmaya sebep olmuştur. SA uygulanan ve uygulanmayan bitkilerde en yüksek GSH içeriği 15. günde belirlenmiştir

(Çizelge 4.78 ve 4.79). *V. sativa* yapraklarında GSH içeriği *H. annuus* yapraklarında belirlenenden aktiviteden daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.35, 4.36, 4.78 ve 4.79) .

Araştırmamızda sadece herbisite maruz kalan *H. annuus* yapraklarında 5. günde, SA ile ön muamele gören bitkilerde ise 1. ve 5. günlerde GSH içeriği kontrole kıyasla azaldığı saptanmıştır (Çizelge 4.35 ve 4.36). Bu durum ROT ve oluşturduğu yıkıcı etkiler nedeniyle askorbat ve glutatyon gibi düşük moleküllü antioksidanların etkisizleştirme reaksiyonları boyunca kullanılıp tüketilmesiyle ya da GSH üretimini tetikleyen genlerin ifadesinin baskılanması sonucu GSH üretiminin baskılanması ile açıklanabilir.

GSH, ROT'a karşı savunmada önemli rol oynadığı bilinen bir antioksidandır [164]. Literatürde çeşitli stres şartlarında bitkilerde GSH içeriğinin arttığına ve ekzojen SA uygulamasının bu bitkilerde GSH içeriğindeki artışı teşvik ettiğine dair çalışmalar mevcuttur [157, 163]. Bu durum *H. annuus*'da 5. 10. ve 15. günlerde uygulama gruplarında elde ettiğimiz bulgularla uyumludur (Çizelge 4.36). Bununla birlikte, Bai ve ark. (2009) hipoxia stresine maruz kalan *M. robusta* bitkisinde kontrole kıyasla GSH içeriğinin arttığını, ancak ekzojen olarak SA uyguladıklarında GSH içeriğinin uygulama grubunda SA uygulanmayan bitkilere kıyasla azaldığını rapor etmişlerdir [164]. *V. sativa*'dan elde ettiğimiz bulgular bu sonuçlarla uyumludur (Çizelge 4.78 ve 4.79). Bu sonuçlar SA'nın GSH içeriği üzerinde yaptığı etkinin bitkinin türüne ve strese duyarlılığına göre değişebileceğini göstermektedir.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında MDA içeriği herbisit uygulamasından sonraki değerlendirilen tüm günlerde kontrole kıyasla artış saptanmıştır. En yüksek MDA içeriği 10.19 $\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda, en düşük MDA içeriği ise kontrol grubunda saptanmıştır. Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol ve uygulama gruplarında MDA içeriğini belirgin biçimde azaltmıştır. Günler arası değerlendirildiğinde hem SA uygulaması yapılan hem de sadece herbisite maruz kalan bitkilerde tüm konsantrasyonlarda MDA içeriğinde 15. günde saptanmıştır (Çizelge 4.37 ve 4.38).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında MDA içeriği herbisit uygulamasından sonraki değerlendirilen tüm günlerde kontrole kıyasla artış saptanmıştır. En yüksek MDA içeriği 7.47 $\mu\text{mol MDA/g}$ yaş ağırlık olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda, en düşük MDA içeriği ise kontrol grubunda saptanmıştır. Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda MDA içeriğini azaltırken uygulama

grubunda etkisi konsantrasyona bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Günler arası MDA içeriği değerlendirildiğinde hem SA uygulanan hem de uygulanmayan bitkilerde 15. günde MDA içeriğinde genel olarak bir artış, 5. günde ise azalış söz konusudur (Çizelge 4.80 ve 4.81). Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında MDA içeriğinin herbisit uygulamasından sonraki değerlendirilen tüm günlerde genel olarak *H. annuus*'dan düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.37, 4.38 ve Çizelge 4.80, 4.81).

MDA, lipid peroksidasyonunun sitotoksik bir ürünüdür ve serbest radikal üretiminin ve dolayısıyla lipid peroksidasyonunun bir indikatörüdür [224]. MDA miktarı bitkide oksidatif stresin boyutunu gösterir [164]. Akbulut ve Yigit (2010), mısır bitkisine farklı konsantrasyonlarda atrazin uyguladıklarında kontrole kıyasla uygulama gruplarında 1., 5. ve 10. günde MDA içeriğinin arttığını, 15. günde ise azaldığını belirtmişlerdir ve bu azalışı herbisit sitotoksik bir semptomu olarak yorumlamışlardır [127]. Doganlar (2012), quizalofop-p-etil herbisitinin farklı konsantrasyonlarına maruz kalan *L. gibba*'da kontrole kıyasla MDA içeriğinde artış ve *L. minor*'da ise bir azalma belirlemiştir [173]. Bayram (2011), quizalofop-p-etil herbisitinin farklı konsantrasyonlarına maruz kalan ayçiçeğinde herbisit uygulamasının MDA içeriğini arttırdığını ve SA ile ön muamele gören bitkilerde MDA içeriğinin kontrol grubunda azalırken uygulama gruplarında arttığını saptamıştır [174]. Omethoat organafosfolu bir insektisittir. Zhang ve ark. (2011), omethoata maruz kalan buğday fidelerinde kontrole kıyasla MDA içeriğinde bir artış belirlemiştir [142]. Stres altındaki bitkilerde MDA içeriğinin artması bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.37, 4.38, 4.80 ve 4.81). Araştırmamızda kullandığımız herbisit bitkilerde kaotenoid yıkımını ve dolaylı olarak klorofil yıkımını artırarak muhtemelen radikal oluşumunu teşvik etmiştir. Radikal içeriğindeki artış ise membranda LPO'ya neden olmuş olabilir.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında fenolik içeriği 1., 5. ve 10. günlerde genel olarak kontrole kıyasla artarken 15. günde azalmıştır. En yüksek fenolik madde içeriği 4.22 µg /g yaş ağırlık olarak 10. günde 8.8 mM uygulama grubunda, en düşük fenolik madde içeriği ise 1.50 µg /g yaş ağırlık olarak 5. günde 8.8 mM uygulama grubunda belirlenmiştir. Çimlenme öncesi SA uygulaması kontrol grubunda fenolik madde içeriğini arttırırken uygulama gruplarında genel olarak azalttığı saptandı (Çizelge 4.39 ve 4.40).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında fenolik madde içeriği 1. ve 15. günlerde 55-72 mM uygulama grupları hariç herbisit

uygulamasından sonraki değeriendirilen tüm günlerde kontrole kıyasla azalış saptanmıştır. En yüksek fenolik madde içeriğı 2.15 µg /g yaş ağırlık olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda, en düşük fenolik madde içeriğı ise 0.58 µg /g yaş ağırlık olarak 10. günde 19 mM uygulama grubunda saptanmıştır. Çimlenme öncesi SA uygulanan bitkilerde fenolik madde içeriğinin SA uygulanmayan bitkilere kıyasla kontrol grubunda ve 5. ve 15. günlerde uygulama gruplarının genelinde azaldığı, genel olarak 1.ve 5. günlerde uygulama gruplarının genelinde daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.82 ve 4.83). Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında fenolik madde içeriğinin herbisit uygulamasından sonraki değeriendirilen tüm günlerde genel olarak *H. annuus*'dan düşük olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.39, 4.40, Çizelge 4.82 ve 4.83).

Radwan (2012), celathodim uygulanan mısır yapraklarında artan herbisit konsantrasyonuyla birlikte fenolik madde miktarının arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar ekzojen SA uygulamasının kontrolde fenolik madde miktarını arttırdığını, uygulama gruplarında ise azalttığını rapor etmişlerdir [161]. Bu durum *H. annuus*'dan elde ettiğimiz bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.39 ve 4.40).

Ferreira ve ark. (2007) fungal hastalıklarla mücadelede kullanılan farklı konsantrasyonlarda bakır içeren (% 50, % 40 ve % 20) üç farklı bileşigi zeytin yapraklarına püskürtmüşler ve yapraklardaki fenol içeriğı ile antioksidan aktiviteyi araştırmışlardır. Uygulama yapılan tüm gruplarda fenolik bileşik içeriğinin kontrolden düşük olduğunu ve uygulanan bakır konsantrasyonu arttıkça fenolik bileşik içeriğinin azaldığını saptamışlardır. Araştırmacılar fenolik madde içeriğindeki bu azalmayı, bakır stresinin sebep olduğu ROT'un temizlenmesi için polifenolik bileşiklerin antioksidan olarak kullanılıp tüketilmesiyle açıklamışlardır [147]. Stres altında fenolik madde içeriğinde görülen bu azalma *V. sativa* yapraklarında fenolik madde içeriğinde elde ettiğimiz bulgularla uyumludur (Çizelge 4.82 ve 4.83).

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında strese cevap olarak POD, AP ve SOD aktivitesindeki artış belirlenmiştir. Bununla birlikte CAT aktivitesinde ise konsantrasyon artışına bağlı olarak bir azalış saptanmıştır.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında ise POD ve AP aktiviteleri kontrole kıyasla artmakla beraber yüksek herbisit konsantrasyonlarında baskılanmıştır. CAT aktivitesi uygulamadan sonraki 1. ve 5. günlerde POD ve AP ile paralellik gösterirken. 10. günden itibaren azalmıştır. SOD aktivitesi ise tüm uygulama

gruplarında kontrolden daha düşük çıkmıştır. AP ve POD aktiviteleri hedef bitki olan *V. sativa* yapraklarında daha düşükken, SOD ve CAT aktivitesi belirgin bir farkla daha yüksektir.

H. annuus yapraklarında SA ile ön muamele görmeyen bitkilerde 1. günde SOD aktivitesinde kontrole kıyasla belirlenen azalış hariç, genel olarak SA uygulanan ve uygulanmayan gruplarda SOD aktivitesi kontrole kıyasla artmıştır. SOD, ROT'dan süperoksida bir elektron vererek H_2O_2 'ye indirgerken, katalaz ve peroksidaz ise H_2O_2 'yi suya indirger [55]. Bizim çalışmamızda flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında SOD aktivitesinde ve POD aktivitesinde kontrole kıyasla bir artış saptanmıştır. Bu durum SOD'un faaliyeti sırasında oluşan H_2O_2 'nin POD tarafından temizlenmesiyle açıklanabilir. Bununla birlikte *V. sativa* yapraklarında SA uygulanan ve uygulanmayan gruplarda SOD aktivitesi kontrolden düşük çıkmıştır ve enzim aktivitesi yüksek konsantrasyonlarda baskılanmıştır. *V. sativa* yapraklarında CAT ve peroksidaz enzimleri de SOD ile uyumlu olarak herbisit artan konsantrasyonlarında baskılanmıştır. Özellikle CAT aktivitesi 10. ve 15. günlerde SOD aktivitesiyle paralel olarak azalmıştır. Bu durum düşük konsantrasyonlarda yüksek olan SOD aktivitesiyle oluşan H_2O_2 'nin temizlenmesi için POD ve CAT aktivitesinin arttığını, yüksek konsantrasyonlarda azalan SOD aktivitesine bağlı olarak CAT ve POD'un azaldığını göstermektedir. CAT, H_2O_2 için çok düşük bir affiniteye sahiptir. *V. sativa* yapraklarında SOD aktivitesi *H. annuus* yapraklarında belirlenenden daha yüksek çıkmıştır. Bu durum *V. sativa* yapraklarında H_2O_2 'nin üretiminin de daha fazla olduğunu gösterir. Artan H_2O_2 seviyesi nedeniyle CAT aktivitesinin de *V. sativa* yapraklarında daha yüksek olduğu saptanmıştır.

GST aktivitesinin patojen saldırıları, herbisit, ağır metal ve diğer faktörlerin etkisiyle arttığı bilinmektedir. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında GST aktivitesi uygulamadan sonra değerlendirilen tüm günlerde herbisit uygulamasının etkisiyle kontrolden yüksek çıkmıştır. GR aktivitesi ve GSH içeriği uygulamadan sonra değerlendirilen tüm günlerde olmasa da genel olarak kontrolden yüksek çıkmıştır.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında GST ve GR aktivitesi ile GSH içeriği herbisit uygulamasının etkisiyle kontrole kıyasla artmakla birlikte herbisit yüksek konsantrasyonlarında nispeten azalmıştır. Ayrıca herbisit uygulama yapılan tüm konsantrasyonlarında GR aktivitesi ve GSH içeriği arasında

pozitif bir korelasyon saptanmıştır. GR aktivitesinin yüksek olduğu günlerde GSH içeriği artarken, GR aktivitesinin düşük olduğu günlerde GSH içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Bu durum stres altında GR'nin GSSG'nin GSH'a dönüşümünü katalizleyen bir enzim olmasından kaynaklanabilir.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* ve *V. sativa* yapraklarında MDA içeriğinde kontrole kıyasla bir artış söz konusudur. Bununla birlikte hedef bitki olan *V. sativa*'da kontrol ve uygulama gruplarında MDA içeriği *H. annuus*'dan daha düşük çıkmıştır. Bu durum stres toleransında önemli rol oynayan SOD, CAT, GST ve GR enzim aktiviteleri ile GSH içeriğinin fiğde daha fazla olmasıyla açıklanabilir. Bu araştırmada pigment ve MDA içeriğindeki değişimler ilişkili bulunmuştur. Uygulama yapılan her iki bitkide de flurokloridonun etkisiyle klorofil ve karotenoid içeriğinde görülen azalmayla birlikte MDA içeriğinde bir artış tespit edilmiştir. Bu durum herbisitinin neden olduğu pigment sistemindeki yıkımın MDA artışını da beraberinde getirmesi ile açıklanabilir.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* ve *V. sativa* yapraklarında saptanan fenolik madde içeriği değişiklik gösterir. Genel olarak fenolik madde içeriği *H. annuus*'da kontrole kıyasla artarken, *V. sativa*'da azalmıştır. Ancak her iki bitkide de fenolik madde içeriği ve POD aktivitesi arasında negatif bir korelasyon söz konusudur.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında günler arası fenolik madde içeriği değişimi incelendiğinde 15. günde bir azalma belirlenmiştir. Fenolik madde içeriğinin en düşük seviyede bulunduğu 15. günde POD aktivitesi en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bununla birlikte fenolik madde içeriğinin nispeten yüksek olduğu 1. ve 5. günlerde POD aktivitesi düşük seviyede tespit edilmiştir. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında ise fenolik madde içeriğinin yüksek olduğu 1. ve 5. günlerde POD aktivitesinin arttığı, fenolik içeriğinin düşük olduğu 10. günde POD aktivitesinin azaldığı saptanmıştır.

Rivero ve ark. (2001) domates ve kavun bitkilerine termal stres uygulayarak fenolik madde içeriği, POD ve polifenol oksidaz aktivitelerindeki değişimi incelemişlerdir. Domates bitkisinde hem soğuk hem de sıcak stresi uyguladıklarında fenolik bileşik içeriğinde bir artış ve POD aktivitesinde azalış saptamışlardır. Kavunda ise soğuk stresinin fenolik içeriğini arttırırken, sıcak stresinin azalttığını belirlemişlerdir. POD aktivitesinin ise fenolik içeriği ile ters orantılı olarak değiştiğini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar fenolik birikiminin strese alışma mekanizmasının bir

parçası olabileceğini ve POD ve polifenol oksitlerin ise fenolik bileşikler oksitleyerek birikimini engelleyebileceğini belirtmişlerdir [152]. Bu durum bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.23, 4.24, 4.39, 4.40 ve Çizelge 4.66, 4.67, 4.82, 4.83) .

SA çevresel streslere karşı bitkilerin cevabını düzenleyen önemli bir sinyal molekülüdür ve potansiyel bir antioksidan olarak rol oynar [170]. Bizim araştırmamızda çimlenme öncesi SA uygulamasının genel olarak antioksidan savunma sisteminde ve MDA içeriğinde bitkinin türüne, uygulama konsantrasyonuna ve uygulamadan sonra değerlendirilen zamana bağlı olarak farklı etki gösterdiği belirlenmiştir.

Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* ve *V. sativa* yapraklarında bir stres indikatörü olan MDA içeriğinin kontrole kıyasla belirgin biçimde artması herbisit her iki bitkide de oksidatif strese sebep olduğunun bir göstergesidir. Strese maruz kalan her iki bitkide de antioksidan savunma cevabı teşvik edilmiştir. Flurokloridonun esas etki mekanizması olan karotenoid yıkımının belirgin şekilde gözlemlendiği *V. sativa*'nın, herbisit hedef bitkisi olarak strese karşı daha duyarlı olduğunu göstermektedir. Bu nedenle herbisit detoksifikasyonunda anahtar rol oynayan GST başta olmak üzere SOD, CAT ve GR aktiviteleri ile GSH içeriği *V. sativa*'da daha yüksek çıkmıştır.

5.3. *H. annuus* ve *V. sativa*'da Salisilik Asit ve Herbisit İlişkisi

SA termogenesis, stomaların kapanması ya da çiçeklenme gibi çeşitli fizyolojik cevaplarla ilişkili bir fitohormondur. Mikrobiyal patojenlere karşı savunma cevabının aktivasyonunda önemli bir sinyal molekül olarak rol oynar. SA patojenle enfeksiyon ya da UV ve ozon gibi abiyotik stres faktörlerine maruz kalma yoluyla indüklenir [105, 225].

Günümüzde, özellikle herbisit gibi abiyotik stres faktörleri ve ekzojen SA uygulamasının etkileşimi hakkında çok az şey bilinmektedir. Başka bir deyişle herbisit toksisitesinin düzenlenmesinde SA kullanımının etkisi hala açık değildir [161].

Yaptığımız bu araştırmada hem çimlenme sonrası flurokloridon (11, 32 ve 72 mM) uygulanan hem de çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon (11, 32 ve 72 mM) uygulanan *H. annuus* yapraklarında uygulamadan sonraki 1. ve 15. günlerde içsel SA değişimi araştırılmıştır. Elde ettiğimiz verilere göre içsel SA miktarı genel olarak artan herbisit konsantrasyonu ile birlikte artış göstermiştir. En yüksek içsel SA miktarı 63.18 ng/ g YA olarak 15. günde 32 mM uygulama grubunda, en düşük içsel SA

miktarı ise kontrol grubunda bulunmuştur. Ekzojen SA uygulamasının kontrol ve uygulama gruplarında SA içeriğini arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.41 ve 4.42).

Çimlenme sonrası flurokloridon (11, 32 ve 72 mM) uygulanan *V. sativa* yapraklarında içsel SA miktarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı olarak bir artış saptanmıştır. En yüksek içsel SA miktarı 78.49 ng/ g YA olarak 15. günde 72 mM uygulama grubunda, en düşük içsel SA miktarı ise kontrol grubunda bulunmuştur. Ekzojen SA uygulamasının kontrol ve uygulama gruplarında SA içeriğini arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.84 ve 4.85). Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında içsel SA miktarı kontrol grubunda *H. annuus*'dan düşük belirlenmiştir.

Krantev ve ark. (2008) mısır bitkisine Cd uyguladıklarında artan Cd konsantrasyonlarının endojen SA'yı arttırdığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte çimlenme öncesi SA ile ön muamele edilen bitkilerde serbest SA birikiminin azaldığını endojen SA birikiminin arttırğını rapor etmişlerdir. Araştırmacılar endojen SA'nın oksidatif stresten mısır bitkisini korumak için bir antioksidan olarak rol oynayabileceğini ve doğrudan demir şelatlayıcı bileşikler ve hidroksil radikallerini temizleyebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca yüksek seviyelerde SA'nın ROT temizleyici antioksidan olarak rol oynayabileceği ya da dolaylı olarak antioksidan cevapları aktive ederek redoks dengesini ayarlayabileceği rapor edilmiştir [154].

Bizim araştırmamızda flurokloridon uygulanan her iki bitkide de içsel SA miktarının konsantrasyona ve zamana bağlı olarak artması, onun artan stres şartlarında antioksidan olarak rol oynaması ile açıklanabilir.

5.4. Bitkilerde Herbisit Kalıntı Analizleri

Uygulama sonrası bir pestisit değişik düzeylerde biyolojik ve kimyasal parçalanmaya maruz kalmaktadır. Sahip olduğu yetenekler sayesinde parçalanmaya karşı bir direnç göstermektedirler. Genel olarak doğal orijinli pestisitler örneğin pyrethrum güneş ışığında hızla parçalanmaktadır. Bunun aksine birçok sentetik pestisit yüksek düzeyde kalıcıdır. Bazı pestisitler parçalandıklarında ana bileşikten çok daha tehlikeli ürünlere dönüşebilmektedirler [21].

Bu araştırmada flurokloridon uygulanan *H. annuus* ve *V. sativa* yapraklarında herbisit kalıntı miktarı değerlendirildiğinde, artan herbisit konsantrasyonlarına paralel olarak herbisit kalıntı miktarında bir artış saptanmıştır (Çizelge 4.43 ve 4.86). *V. sativa* yapraklarında belirlenen herbisit kalıntı miktarı *H. annuus* yapraklarında belirlenen

herbisit miktarından fazla olmakla birlikte, her iki bitkide de çimlenme öncesi SA uygulaması yaprakta kalıntı miktarını azaltmıştır. Bu durum çimlenme öncesi SA uygulamasının sistemik kazanılmış direnci arttırarak herbisit'in iç dokulara geçişini engelleyici etki göstermesinden kaynaklanabilir. Bununla birlikte herbisit'in hedef bitkisi olmayan ve bir kültür bitkisi olan *H. annuus*'da 15. günde herbisit kalıntısının bulunması dikkat çekicidir. Beker Akbulut (2008), asetoklor ve atrazinin uygulandığı mısır ve bezelye bitkilerinde herbisitlerin konsantrasyon artışına paralel olarak yaprakta biriken kalıntı miktarının arttığını belirtmiştir [172]. Bu durum bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir (Çizelge 4.43 ve 4.86). SA uygulamasının, herbisit alımını kısmen engellemesinden dolayı özellikle kültür bitkilerinde toksisitenin azalması açısından kullanılmasının önemli olduğunu düşündürmektedir.

Bu araştırmada kullanılan flurokloridonun, bir kültür bitkisi olan *H. annuus* ve herbisit'in hedef bitkisi olan *V. sativa*'da pigment sistemi, yaş kuru ağırlık, oransal su içeriği, MDA seviyesi, antioksidan savunma sistemi ve içsel SA düzeyi üzerine etkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca herbisit'in artan konsantrasyonuna bağlı olarak her iki bitkide de kalıntı miktarının arttığı belirlenmiştir. Bununla birlikte dışsal SA uygulamasının özellikle fizyolojik parametreler üzerinde herbisit'in olumsuz etkilerini azaltarak, herbisit direncini arttırdığı tespit edilmiştir (Şekil 5.1-5.8). Herbisit'in araştırdığımız bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri dikkate alındığında kültür bitkisi yetiştirilecek alanlarda kullanılacak herbisitlerin oldukça dikkatli seçilmesi gerekliliği ön plana çıkmaktadır. Herbisit seçimi yaparken sadece kültür bitkisinde sorun olan yabancı otlar dikkate alınmamalı; herbisit uygulaması yapılacak alanın toprak özellikleri, iklim koşulları, ekim sistemi, yer altı su kaynaklarına yakınlığı, ve herbisit'in yapısı da dikkate alınmalıdır. Çünkü uygun olmayan herbisit seçimi bir süre sonra telafisi olmayan zararlar oluşmasına neden olabilmektedir [35].

Sonuç olarak, hedef olan ve olmayan bitkilerde herbisit'in oluşturduğu zararlı etkiler bu araştırmada ortaya konulmuştur. Doğal koşullarda herbisit kullanımının riskleri konusunda üreticilerin bilinçlendirilmesi ve tüketilen ürünlerdeki herbisit kalıntısından dolayı ihracat aşamasındaki ürünlerin iadesine paralel, bu ürünlerin yurt içinde kullanılmasının sakıncaları konusunda herkesin bilinçlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.1. Flurokloridon uygulanan (Kontrol-25 mM) *H. annuus*'da 15.gün



Şekil 5.2. Flurokloridon uygulanan (32-72 mM) *H. annuus*'da 15.gün



Şekil 5.3. SA+Flurokloridon uygulanan (Kontrol-25 mM) *H. annuus*'da 15.gün



Şekil 5.4. SA+Flurokloridon uygulanan (32-72 mM) *H. annuus*'da 15.gün



Şekil 5.5. Flurokloridon uygulanan (Kontrol-25 mM) *V. sativa*'da 15.gün



Şekil 5.6. Flurokloridon uygulanan (32-72 mM) *V. sativa*'da 15.gün



Şekil 5.7. SA+Flurokloridon uygulanan (Kontrol-25 mM) *V. sativa*'da 15.gün



Şekil 5.8. SA+Flurokloridon uygulanan (32-72 mM) *V. sativa*'da 15.gün

6. KAYNAKLAR

- [1] N. Çepel, *Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri*, **TÜBİTAK**, (2003) 20-51.
- [2] www.epa.gov/climatechange, Office of Air and Radiation (6207J), EPA 430-F-10-004, (2010).
- [3] M. Aydoğdu, K. Gezer, *Çevre Bilimi*, **Anı Yayıncılık**, (2006).
- [4] K. Yıldız, Ş. Sipahioğlu and M. Yılmaz, *Çevre Bilimi*, **Gündüz Eğitim ve Yayıncılık**, (2000) 92-125.
- [5] H. Sandermann, *Molecular Ectotoxicology of Plants*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2004).
- [6] <http://www.kuresel-isinma.org/kuresel-isinma/cevre-kirliligi.html>
- [7] <http://transition.usaid.gov/policy/ads/200/environ/environ.pdf>
- [8] R. Kelishadi, *Environmental Pollution: Health Effects and Operational Implications for Pollutants Removal*, **Journal of Environmental and Public Health** Volume (2012) DOI:10.1155/2012/341637.
- [9] Ö. Çınar, *Çevre Kirliliği ve Kontrolü*, **NOBEL Yayınları**, (2008).
- [10] <http://www.cevreonline.com/CevreKR/cevrekirliligi%20ve%20turleri.htm>
- [11] M. Akın, G. Akın, *Suyun önemi, Türkiye’de su potansiyeli, su havzaları ve su kirliliği*, **Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi**, 47: 2 (2007) 105-118.
- [12] G.Akın, E. Güleç, M. Sağır, T. Gültekin, Y. Bektaş, “Yaşlanma ve yaşlanmayı geciktiren çevresel etmenler”. **III. Ulusal Yaşlılık Kongresi**, 16-19 Kasım (2005) 127-137, İzmir.
- [13] C. Kara, U. Çömlekçioğlu, *Karaçay (Kahramanmaraş)’ın Kirliliğinin Biyolojik ve Fiziko-Kimyasal Parametrelerle İncelenmesi*, **KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi** 7:1 (2004).
- [14] J. Fenoll, E. Ruiz, P. Flores, P. Hellin and S. Navarro, *Reduction of the movement and persistence of pesticides in soil through common agronomic practices*, **Chemosphere**, 85 (2011) 1375–1382.
- [15] <http://www.obi.bilkent.edu.tr/images/duyuru/yedek/ekokose5.pdf>
- [16] S. C. L. Farhat, C .A. Silva, M.A.M. Orione, L. M. A. Campos, A. M. E. Sallum and A. L. F. Braga, *Air pollution in autoimmune rheumatic diseases: A review*, **Autoimmunity Reviews**, 11 (2011) 14–21.

- [17] V. A. Bus, “Der Boden Wird aufgefressen” Dialog Zeitschrift, Ausgabe 2, Mai/April (1996).
- [18] N. Çepel, Çevre Koruma ve Ekoloji Terimleri Sözlüğü, Türkçe-Almanca-İngilizce, **TEMA Vakfı Yayınları**, No:6 İstanbul, (1996).
- [19] M. Arias-Estevez, E. Lopez-Periago, E. Martınez-Carballo, J. Simal-Gańdara, J.C. Mejuto, L. Garcıa-Rıo, *The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources*, **Agriculture, Ecosystems and Environment**, 123 (2008) 247–260.
- [20] W. E. Barth, Praktischer Umwelt und Naturschutz, Paul Parey, Hamburg und Berlin, (1987).
- [21] M. Yıldız, O. Gürkan, C. Turgut, Ü. Kaya, *Tarımsal savaşımında kullanılan pestisitlerin yol açtığı çevre sorunları*, <http://www.zmo.org.tr>.
- [22] D. J. Ecobichon, *Occupational Hazards of pesticide exposure, sampling, monitoring, measuring*, **Taylor&Francis, Philadelphia**, (1998).
- [23] C. D. Klaassen, *Casarett & Doull’s Toxicology The Basic Science of Poisons*, **Medical Publition Division**, 6 th Edition, (2001) 760-800.
- [24] S. Ağar, H. Aydınogulları, O. Temel, K. İkizunal ve H. Ece, *Pestisit kullanımının tarihçesi, bugünü ve geleceğı*, **Türk Entomoloji Derneğı**, 15:4 (1991) 247-256.
- [25] CPA, *Crop Protection association Handbook*, **Crop Protection Association, Peterborough**, (2000).
- [26] G. R Conway, and J. N. Pretty, *Unwelcome Harvest: Agriculture and Pollution*. **Earthscan, London**, (1991).
- [27] <http://www.eto.org.tr/for-magel.html>
- [28] L. M. L. Nollet and H. S. Rathore, *Handbook of pesticides*, **Taylor and Francis Group**, LLC ISBN 978-1-4200-8245-6 (2010).
- [29] H. V. K. Bhatt, S. K. Ghosh (Ed), *Pesticides and Health*, **ENVIS-NIOH**, 2:1 (2007).
- [30] M. F. Waxman, *Agrochemical pesticide safety handbook*, **CRC Press**, (1998).
- [31] Y. Akman, O. Ketenoglu, H. Evren, L. Kurt, S. Düzenli, **Çevre Kirliliğı-Çevre Biyolojisi**, **Palme Yayıncılık**, (2000) 140-160.

- [32] <http://www.ziraatciyiz.biz/organik-tarimda-biyoteknik-mucadele-yontemleri>
- [33] <http://www.epa.gov/oppsrrd1/reregistration/rodenticides>
- [34] <http://en.wikipedia.org/wiki/Nematicide>
- [35] M. S. Başaran ve A. T. Serim, *Herbisitlerin toprakta parçalanması*, **Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi** 24:2 (2010) 54-61.
- [36] S. O. Duke, Taking stock of herbicide-resistant crops ten years after introduction, **Pest Manag Sci**, 61:3 (2005) 211-218.
- [37] D. E. Peterson, C. R. Thompson, D. L. Regehr and K. Al-Katib, *Herbicide mode of action*, **Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service**, (2001) 1–24.
- [38] M. D. Devine and A. Shukla, *Altered target sites as a mechanism of herbicide resistance*, **Crop Protection** 19 (2000) 881-889.
- [39] N. T. Santhakumar, *Mechanism of herbicide resistance in weeds*, **Plant & Soil Sciences, University of Massachusetts, Amherst, MA** 01003.
- [40] <http://en.wikipedia.org/wiki/2,4-Dinitrophenol>
- [41] http://plantandsoil.unl.edu/croptechology2005/weed_science
- [42] Z. Xut, B. Tiant, Z. Sun, J. Lin and Y. Hua, *Identification and functional analysis of a phytoene desaturase gene from the extremely radioresistant bacterium Deinococcus radiodurans*, **Microbiology**, 153 (2007) 1642–1652.
- [43] J. Rouchaud, O. Neus, D. Callens and R. Bulcke, *Herbicide flurochloridone soil biodegradation in potato crops*, **Toxicol Environ Chem**, 61:1 (2010) 251-257.
- [44] EFSA, *Peer review report to the conclusion regarding the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance flurochloridone*. **EFSA J.** 8 (2010) 1869-1935.
- [45] D. Yuzbasioglu, F. Unal, C. Sancak and R. Kasap, *Cytological effects of the herbicide racer “flurochloridone” on Allium cepa*. **Caryologia**, 56 (2003) 97–105.
- [46] N. Nikoloff, S. Soloneski and M. L. Larramendy, *Genotoxic and cytotoxic evaluation of the herbicide flurochloridone on Chinese hamster ovary (CHO-K1) cells*, **Toxicol in Vitro**, 26 (2012) 157–163.

- [47] H. Qian, W. Chen, J. Li, J. Wang, Z. Zhou, W. Liu and Z. Fu, *The effect of exogenous nitric oxide on alleviating herbicide damage in Chlorella vulgaris*, **Aquatic Toxicology**, 92 (2009) 250–257.
- [48] Y.Sunohara, S.Shirai, N.Wongkantrakorn, H.Matsumoto, *Sensitivity and physiological responses of Eleusine indica and Digitaria adscendens to herbicide quinclorac and 2,4-D*, **Environ Exp Bot**, 68 (2010) 157-164.
- [49] G. Bounous and J. H. Molson, *The antioxidant system*, **Anticancer Research**, 23 (2003) 1411-1416.
- [50] E. Atmaca ve A. Aksoy, *Oksidatif DNA hasarı ve kromotografik yöntemlerle tespit edilmesi*, **YYU Veteriner Fakültesi Dergisi**, 20:2 (2009) 79-83.
- [51] S. S. Gill, N. Tuteja, *Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants*, **Plant Physiol Biochemi**, 48 (2010) 909-930.
- [52] C. H. Foyer, J. Harbinson, *Oxygen metabolism and the regulation of photosynthetic electron transport. In: Foyer CH, Mullineaux PM, eds. Causes of photooxidative stress and amelioration of defense systems in plants. Boca Raton: CRC Press, (1994) 1-42.*
- [53] B. Halliwell, J. M. C Gutteridge, *Free radicals in biology and medicine. 2nd ed. Oxford: Clarendon Press, (1989) 188-196.*
- [54] E. W. Tsang, C. Bowler, D. Herouart, *Differential regulation of superoxide dismutases in plants exposed to environmental stress*, **Plant Cell** 3 (1991) 783-792.
- [55] E. Çaylak, *Hayvan ve bitkilerde oksidatif stres ile antioksidanlar*, **Tıp Araştırmaları Dergisi**, 9:1 (2011) 73-83.
- [56] E. Özbey, “Radyasyona Dirençli *Deinococcus radiodurans* ile *Escherichia coli*’de Radyasyonun Antioksidan Sistem Üzerine Etkisinin Araştırılması”, **Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya**, (2009).
- [57] M. Altınışık, *Serbest Oksijen Radikalleri ve Oksidanlar*, **ADÜ Tıp Fakültesi Biyokimya A.D, Aydın**, (2000).
- [58] İ. Pektaş, “Bitki gelişim düzenleyicilerin antoksidan enzimler üzerine etkilerinin açıklanması” **Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir**, (2009).

- [59] C. Çavdar, A. Sifil, T. Çamsarı, *Reaktif oksijen partikülleri ve antioksidan savunma*, **Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi**, 3:4 (1997) 92-95.
- [60] S. Mandal, S. Yadav, S. Yadav, R. K. Nema, *Antioxidants: A Review*, **Journal of Chemical and Pharmaceutical Research**, 1:1 (2009) 102-104.
- [61] N. Smirnoff, *Ascorbate, tocopherol and carotenoids: metabolism, pathway engineering and functions*. in: N. Smirnoff (Ed.), *Antioxidants and Reactive Oxygen Species in Plants*. **Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK** (2005) 53-86.
- [62] H.R. Athar, A. Khan, M. Ashraf, *Exogenously applied ascorbic acid alleviates salt-induced oxidative stress in wheat*, **Env. Exp. Bot.** 63 (2008) 224-231.
- [63] N. Smirnoff, *Ascorbic acid: metabolism and functions of a multifaceted molecule*, **Curr. Opin. Plant Biol.** 3 (2000) 229-235.
- [64] G. Noctor, C.H. Foyer, *A re-evaluation of the ATP: NADPH budget during C3 photosynthesis. A contribution from nitrate assimilation and its associated respiratory activity?* **J. Exp. Bot.** 49 (1998) 1895-1908.
- [65] C. Xiang, B.L. Werner, E.M. Christensen, D.J. Oliver, *The biological functions of glutathione revisited in Arabidopsis transgenic plants with altered glutathione levels*, **Plant Physiol.** 126 (2001) 564-574.
- [66] P.M. Mullineaux, T. Rausch, *Glutathione, photosynthesis and the redox regulation of stress-responsive gene expression*, **Photosynthetic Res.** 86 (2005) 459-474.
- [67] C.H. Foyer, B. Halliwell, *The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplasts: a proposed role in ascorbic acid metabolism*, **Planta**, 133 (1976) 21-25.
- [68] T. Tausz, H. Sircelj, D. Grill, *The glutathione system as a stress marker in plant ecophysiology: is a stresserresponse concept valid?* **J. Exp. Bot.** 55 (2004) 1955.
- [69] M. Ashraf, M.R. Foolad, *Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance*, **Env. Exp. Bot.** 59 (2007) 206.
- [70] M. Trovato, R. Mattioli, P. Costantino, *Multiple roles of proline in plant stress tolerance and development*, **Rendiconti Lincei**, 19 (2008) 325.

- [71] N. Smirnoff, Q.J. Cumbes, *Hydroxyl radical scavenging activity of compatible solutes*, **Phytochemistry**, 28 (1989) 1057-1060.
- [72] P. Alia, Pardha Saradhi, *Proline accumulation under heavy metal stress*, **J. Plant Physiol.** 138 (1991) 554-558.
- [73] H. Hollander-Czytko, J. Grabowski, I. Sandorf, K. Weckermann, E.W. Weiler, *Tocopherol content and activities of tyrosine aminotransferase and cystine lyase in Arabidopsis under stress conditions*, **J. Plant Physiol.** 162 (2005) 767-770.
- [74] A. Kamal-Eldin, L.A. Appelqvist, *The chemistry and antioxidant properties of tocopherols and tocotrienols*, **Lipids**, 31 (1996) 671-701.
- [75] S. Bozcuk, *Bitki Fizyolojisi*, **Hatipoğlu Yayınevi**, (1997) 117-131.
- [76] A. Kadioğlu, *Bitki, Fizyolojisi*, **Esen Ofset Matbaacılık**, (2007) 137-148.
- [77] D. Sieferman-Harms, *The light harvesting function of carotenoids in photosynthetic membrane*, **Plant Physiol**, 69 (1987) 561-568.
- [78] A. Collins, *Carotenoids and genomic stability*, **Mutat. Res.** 475 (2001) 1-28.
- [79] R.D. Vierstra, T.R. John, K.L. Proff, *Kaempferol 3-O-galactoside 7-O-rhamnoside is the major green fluorescing compound in the epidermis of Vicia faba*, **Plant Physiol.** 69 (1982) 522-532.
- [80] K.M. Olsen, A. Hehn, H. Jugde, R. Slimestad, R. Larbat, F. Bourgaud, C. Lillo, *Identification and characterisation of CYP75A31, a new flavonoid 3050-hydroxylase, isolated from Solanum lycopersicum*, **BMC Plant Biol.** (2010). doi:10.1186/1471-2229-10-21.
- [81] T. Løvda, K.M. Olsen, R. Slimestad, M. Verheul, C. Lillo, *Synergetic effects of nitrogen depletion, temperature, and light on the content of phenolic compounds and gene expression in leaves of tomato*, **Phytochemistry**, 71 (2010) 605.
- [82] O. Blokhina, E. Virolainen and K. V. Fagerstedt, *Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: a Review*, **Annals of Botany**, 91(2002) 179
- [83] G.O. Noriega, K.B. Balestrasse, A. Batlle, M.L. Tomaro, *Cadmium induced oxidative stress in soybean plants also by the accumulation of d-aminolevulinic acid*, **Biomaterials**, 20 (2007) 841-851.
- [84] S. Hiraga, K. Sasaki, H. Ito, Y. Ohashi and H. Matsui, *A large family of class III plant peroxidases*, **Plant Cell Physiol**, 42:5 (2001) 462-468.

- [85] F. V. Minibaeva and L. Kh. Gordon, *Superoxide production and the activity of extracellular peroxidase in plant tissues under stress conditions*, **Russ J Plant Physl**, 50:3 (2003) 411-416.
- [86] K. Asada, *The water-water cycle in chloroplast: scavenging of active oxygen and dissipation of excess photons*, **Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol.**, 50 (1999) 601-639.
- [87] D.P. Dixon, M. Skipsey, R. Edwards, *Roles for glutathione transferases in plant secondary metabolism*, **Phytochemistry**,(2010). doi:10.1016/j.phytochem.2009.12.012.
- [88] G. Noctor, L. Gomez, H. Vanacker, C.H. Foyer, *Interactions between biosynthesis, compartmentation, and transport in the control of glutathione homeostasis and signalling*, **J. Exp. Bot.** 53 (2002) 1283-1304.
- [89] M. C. Romero-Puertas, F. J. Corpas, L. M. Sandalio, M. Leterrier, M. Rodriguez-Serrano, L. A. del Rio, J.M. Palma, *Glutathione reductase from pea leaves: response to abiotic stress and characterization of the peroxisomal isozyme*, **New Phytol.** 170 (2006) 43-52.
- [90] E .A. Edwards, S. Rawsthorne, P. M. Mullineaux, *Subcellular distribution of multiple forms of glutathione reductase in leaves of pea (Pisum sativum L.)*, **Planta**, 180 (1990) 278-284.
- [91] G. P. Creissen, P. Broadbent, B. Kular, H. Reynolds, A.R. Wellburn, P. M. Mullineaux, *Manipulation of glutathione reductase in transgenic plants: implications for plant responses to environmental stress*, **Proc. R. Soc. Edinb.** **102B** (1994) 167-175.
- [92] S. Sari, “Farelerde erhlich asit solid tümör modelinde thymus spiyleus ve taurinin, böbrek MDA, glutatyon, AOPP düzeylerine ve SOD aktivitesine etkileri”, **Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Bilimleri Enstitüsü, Ankara**, (2008).
- [93] A. Aberoumand and S.S. Deokule,, *Comparison of phenolic compounds of Some Edible Plants of Iran and India*, **Pakistan Journal of Nutrition** 7:4 (2008) 582-585.
- [94] Randhir, Lin and Shetty, Phenolics, their Sellappan, *Phenolic compounds and antioxidant antioxidant and antimicrobial activity in dark germinated fenugreek sprouts in response to peptide and phytochemical elicitors*, **Asia Pacific J. Clin. Nut.**, 13 (2004) 295-307.
- [95] L. Ferrat , C. Pergent-Martini, M. Rome’o, *Assessment of the use of biomarkers in aquatic plants for the evaluation of environmental quality: application to seagrasses*, **Aquatic Toxicology**, 65 (2003) 187-/204.

- [96] M. V. Rao, G. Paliyath, D. P. Ormrod, D. P. Murr, and C. B. Watkins, *Influence of Salicylic Acid on H₂O₂ Production, Oxidative Stress, and H₂O₂-Metabolizing Enzymes*, **Plant Physiol.** 115 (1997) 137-149.
- [97] L. Popova, T. Pancheva¹, A. Uzunova, *Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role*, **Bulg. J. Plant Physiol.**, 23:1–2 (1997) 85–93.
- [98] E. Özeker, *Salisilik Asit ve Bitkiler Üzerindeki Etkileri*, **Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.**, 42:1 (2005) 213-223.
- [99] W. Khan, , B. Prithviraj, , D. L. Smith, *Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates*. **J. Plant Physiol.** 160 (2003), 485– 492.
- [100] F. M. Shakirova, A. R. Sakhabutdinova, M. V. Bezrukova, R. A. Fatkhutdinova, D. R. Fatkhutdinova. *Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity*. **Plant Sci.** 164 (2003), 317–322.
- [101] Q. Fariduddin, S.Hayat, A. Ahmad,. *Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in Brassica juncea*. **Photosynthetica**, 41 (2003) 281–284.
- [102] Q. Hayat, S. Hayat, M. Irfan, A. Ahmad, *Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review*, **Environ. Exp. Bot.** (2009), DOI:10.1016/j.envexpbot.2009.08.005.
- [103] S. Hayat, Q. Fariduddin, B. Ali, A. Ahmad, *Effect of salicylic acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings*. **Acta Agron. Hung.** 53 (2005) 433–437.
- [104] I. Raskin, *Role of salicylic acid in plants*, **Annu Rev Plant Phys**, 43 (1992a) 439–463.
- [105] C. Fragnière, M. Serrano, E. Abou-Mansour, J. P. Métraux, F. L’Haridon, *Salicylic acid and its location in response to biotic and abiotic stress*, **FEBS Letters** 585, (2011) 1847–1852.
- [106] O. C. Knorzer, B. Lederer, J. Durner, P. Boger, *Antioxidative defense activation in soybean cells*. **Physiol. Plant.** 107 (1999) 294–302.
- [107] Ö. Seçmen, Y. Gemici, E. Leblebici, G. Görk ve L. Bekat, “Tohumlu Bitkiler Sistematığı”, **E.Ü. Fen Fakültesi Kitaplar Serisi** 116 (1989).

- [108] M. M. Aslan, Kahramanmaraş İlinde Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Bitkisinde Tozlaşma Yapan *Bombus* (Hymenoptera, Apidae, Bombini) Arı Türleri Üzerine Faunistik ve Taksonomik Çalışma, **KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi** 6:1 (2003).
- [109] A. Tosun ve N. Özkal, *Helianthus türlerinin kimyasal içeriği ve biyolojik etkileri*, **Ankara Ecz. Fak. Derg.** 29:2 (2000) 49-74.
- [110] B. Bucak, *Bazı fiğ (Vicia spp) hat ve çeşitlerinin Harran Ovası şartlarında tarımsal karakterlerinin belirlenmesi*, **HR. Ü. Z. F. Dergisi** 11 :3/4 (2007) 53-58.
- [111] <http://www.aydintarim.gov.tr/yetistiricilik/adifig.htm>
- [112] M. H. Siddiqui, M. A. Al-Whaibi, A. M. Sakran, M. O. Basalah and H. M. Ali, *Effect of Calcium and Potassium on Antioxidant System of Vicia faba L. Under Cadmium Stress*, **Int. J. Mol. Sci.** 13 (2012) 6604-6619.
- [113] H. N. Azad, A. H. Shiva and R. Malekpour, *Toxic Effects of Lead on Growth and Some Biochemical and Ionic Parameters of Sunflower (Helianthus annuus L.) Seedlings*, **Current Research Journal of Biological Sciences** 3(4): (2011) 398-403.
- [114] I.S. Alsaadawi, A. Khaliq, A.A. Al-Temimi, and A. Matloob, *Integration of sunflower (Helianthus annuus) residues with a pre-plant herbicide enhances weed suppression in broad bean (Vicia faba)*, **Planta Daninha, Viçosa-MG**, 29 (2011) 849-859.
- [115] J. Conant, *Pesticides are poisons*, Hesperian Foundation, (2005).
- [116] P. M. Fusade, M. Aissaoui, M. H. Chabane, N. Moudenji and F. Leynadier. *Chronic generalized eczema by multiple dye sensitization*, **Am. Journal Contact Dermat.**, 7 (1996) 224-225.
- [117] L. Jiang, H. Yang, *Prometryne-induced oxidative stress and impact on antioxidant enzymes in wheat*. **Ecotox Environ Safe**, 72 (2009) 1687–1693.
- [118] F. P. Peixoto, J. G. Laranjo, J. A. Vicente , V. M. C. Madeira, *Comparative effects of the herbicides dicamba, 2,4-D and paraquat on non-green potato tuber cali*. **J Plant Physiol**, 165 (2008) 1125-1133.
- [119] J. A. F. Vicence, F. Peixoto, M. L. Lopes, V. M. C. Madeira, *Differential sensitivities of plant and animal mitochondria to the herbicide paraquat*, **J Biochem Mol Toxic**, 15: 6 (2001) 322-330.

- [120] Z. J. Liu, X. L. Zhang, J.G. Bai , B.X. Suo, P. L. Xu, L. Wang, *Exogenous paraquat changes antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in drought-stressed cucumber leaves*, **Scientia Horticulturae**, 121 (2009) 138–143.
- [121] N. H. Song, X. L. Yin, G. F.Chen, H. Yang, *Biological responses of wheat (*Triticum aestivum*) plants to the herbicide chlorotoluron in soils*. **Chemosphere**, 68 (2007) 1779–1787.
- [122] R. Kana, M. Spundova, P. Ilík, 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*, **Pestic Biochem Phys**, 78 (2004) 161-170.
- [123] K. Samuel, S. Bose, *Bleaching of photosynthetic pigments in *Chlorella protothecoides* grown in the presence of SANDOZ 9785 (4-chloro-5-dimethylamino 2-phenyl-3 (2H) pyridazinone)*, **J. Biosci.**, 12 (4) (1987) 399–404.
- [124] M. Couderchet and G. Vernet, *Pigments as biomarkers of exposure to the vineyard herbicide flazasulfuron in freshwater algae*, **Ecotox Environ Safe**, 55 (2003) 271–277.
- [125] G. Saladin, C. Magne, C. Clement, *Stress reactions in *Vitis vinifera* L. following soil application of the herbicide flumioxazin*, **Chemosphere**, 53 (2003) 199–206.
- [126] M.M. Nemat Alla, N.M. Hassan, *Changes of antioxidants levels in two maize lines following atrazine treatments*, **Plant Physiology and Biochemistry**, 44 (2006) 202–210.
- [127] G. Beker Akbulut, E. Yigit, *The changes in some biochemical parameters in *Zea mays* cv. ‘Martha F1’ treated with atrazine*, **Ecotox Environ Safe**, 73 (2010) 1429–1432.
- [128] N. Burhan. S. S. Shaukat, *Effects of atrazine and phenolic compounds on germination and seedling growth of some crop plants*, **Pakistan Journal of Biological Sciences**, 3:2 (2000) 269-274.
- [129] K. Mitsou, A. Koulianou, D. Lambropoulou, P. Pappas, T. Albanis, M. Lekka, *Growth rate effects, responses of antioxidant enzymes and metabolic fate of the herbicide Propanil in the aquatic plant *Lemna minor**, **Chemosphere**, 62 (2006) 275-284.

- [130] M. Wang, Q. Zhou, *Effects of herbicide chlorimuron-ethyl on physiological mechanisms in wheat (Triticum aestivum)*, **Ecotox Environ Safe**, 64 (2006) 190–197.
- [131] L. C. Ferreira , A. C. Cataneo, L. M. R.Remaeh , N. Corniani, T. F. Fumis, Y. A. Souza, J. Scavroni , B. J. A. Soares, *Nitric oxide reduces oxidative stress generated by lactofen in soybean plants*, **Pestic Biochem Phys**, 97 (2010) 47–54.
- [132] F. Duman, E. Urey, R. Temizgül, F. Bozok, *Biological responses of a non-target aquatic plant (Nasturtium officinale) to the herbicide, tribenuron-methyl*, **Weed Biology And Management**, 10: 2 (2010) 81–90.
- [133] J. S. Choi, H. J. Lee, I. T. Hwang, J. Y. Pyon and K. Y. Cho, *Differential susceptibilities of wheat and barley to diphenyl ether herbicide oxyfluorfen*, **Pestic Biochem Phys**, 65 (1999) 62–72.
- [134] C.A. Moldes, L. O. Medici, O. S. Abraha, S. M. Tsai, R. A. Azevedo, *Biochemical responses of glyphosate resistant and susceptible soybean plants exposed to glyphosate*, **Acta Physiol Plant**, 30: (2008) 469–479.
- [135] M. Basantani, A. Srivastava, S. Sen, *Elevated antioxidant response and induction of tau-class glutathione S-transferase after glyphosate treatment in Vigna radiata (L.) Wilczek*, **Pestic Biochem Phys**, 99 (2011) 111–117.
- [136] N. Soltani, C. Shropshire, P. H. Sikkema, *Control of winter cereals in the spring with glyphosate*, **Crop Protection**, 29 (2010) 492–495.
- [137] D. M. Romero, M. C. Rios de Molina, A. B. Juarez, *Oxidative stress induced by a commercial glyphosate formulation in a tolerant strain of Chlorella kessleri*, **Ecotox Environ Safe**, (2010).
- [138] J.S. Kim, B.W. Yun, J. S. Choi, T.J. Kim, S.S. Kwak and K.Y. Cho, *Death mechanisms caused by carotenoid biosynthesis inhibitors in green and in undeveloped plant tissues*, **Pestic Biochem Phys**, 78 (2004) 127–139.
- [139] A. Zabalza, S. Gaston, L. M. Sandalio, L. Alfonso del R'io, M. Royuela, *Oxidative stress is not related to the mode of action of herbicides that inhibit acetolactate synthase*, **Environ Expl Bot**, 59 (2007) 150–159.
- [140] G. Robert, M. Melchiorre, R. Racca, V. Trippi, H. R. Lascano, *Apoplastic superoxide level in wheat protoplast under photooxidative stress is regulated by chloroplast redox signals: Effects on the antioxidant system*, **Plant Science**, 177 (2009) 168–174.

- [141] X. Li, X. P, S. Xiumei, W. Zhenbin, and X. Liqiang, *Toxicity of cypermethrin on growth, pigments, and superoxide dismutase of Scenedesmus obliquus*, **Ecotox Environ Safe**, 60 (2005) 188–192.
- [142] B. Zhang, G. Chu, C. Wei, J. Ye, Z. Li, Y. Liang, *The growth and antioxidant defense responses of wheat seedlings to omethoate stress*, **Pestic Biochem Phys**, 100 (2011) 273–279.
- [143] V. Mishra , P. Mishra,. G. Srivastava, S. M. Prasad, *Effect of dimethoate and UV-B irradiation on the response of antioxidant defense systems in cowpea (Vigna unguiculata L.) seedlings*, **Pestic Biochem Phys**, 100 (2011) 118–123.
- [144] G. Sinam, S. Sinha, S. Mallick, *Effect of chromium on accumulation and antioxidants in Cucumis utillissimus L.: Response under enhanced bioavailability condition*, **J Environ Sci**, 23:3 (2011) 506–512.
- [145] C. Zhang, Y. Ge, *Response of glutathione and glutathione S-transferase in rice seedlings exposed to cadmium stress*, **Rice Science**, 15:1 (2008) 73-76.
- [146] A. Giannakoula, M. Moustakas, T. Syros, T. Yupsanis, *Aluminum stress induces up-regulation of an efficient antioxidant system in the Al-tolerant maize line but not in the Al-sensitive line*, **Environ Exp Bot**, 67 (2010) 487–494.
- [147] I. C.F.R. Ferreira, L. Barros, M. E. Soares, M. L. Bastos, J. A. Pereira, *Antioxidant activity and phenolic contents of Olea europaea L. leaves sprayed with different copper formulations*, **Food Chemistry**, 103 (2007) 188–195.
- [148] E. N. Silva, S. L. F. Silva, A. V. Fontenele, R. V. Ribeiro, R. A. Viegas, J. A. G. Silveira, *Photosynthetic changes and protective mechanisms against oxidative damage subjected to isolated and combined drought and heat stresses in Jatropha curcas plants*, **J Plant Physiol**, 167 (2010) 1157–1164.
- [149] H. Gülen, C. Çetinkaya, M. Kadioğlu, M. Kesici, A. Cansev and A. Eriş, *Peroxidase activity and lipid peroxidation in strawberry (Fragaria X ananassa)*, **J. Biol. Environ Sci**, 2:6 (2008), 95-100.
- [150] Y. Özdener and H. G. Kutbay, *Physiological and biochemical responses of the leaves of Verbascum wiedemannianum fisch. & mey. to cadmium*, **Pak. J. Bot.**, 43:3 (2011) 1521-1525.

- [151] M. A. Ashraf, M. Ashraf and Q. Ali, *Response of two genetically diverse wheat cultivars to salt stress at different growth stages: leaf lipid peroxidation and phenolic contents*, **Pak. J. Bot.**, 42:1 (2010) 559-565.
- [152] R. M. Rivero, J. M. Ruiz, P. C. Garcí'a, L. R. L. Lefebvre, E. Sa'nchez, L. Romero, *Resistance to cold and heat stress: accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants*, **Plant Science**, 160 (2001) 315–321.
- [153] E. A. Ananieva, K. N. Christov, L. P. Popova, *Exogenous treatment with Salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to Paraquat*, **J. Plant Physiol**, 161 (2004) 319–328.
- [154] A. Krantev, R. Yordanova, T. Janda, G. Szalai, L. Popova, *Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants*, **J Plant Physiol**, 165 (2008) 920-931.
- [155] L. P. Popova, L. T. Maslenkova, R. Y. Yordanova, A. P. Ivanova, A. P. Krantev, G. Szalai, T. Janda, *Exogenous treatment with salicylic acid attenuates cadmium toxicity in pea seedlings*, **Plant Physiol Bioch**, 47 (2009) 224–231.
- [156] A. Belkhadi, H. Hediji, Z. Abbes, I. Nouairi , Z. Barhoumi, M. Zarrouk, W. Chaïbi , W. Djebali, *Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in Linum usitatissimum L.*, **Ecotox Environ Safety**, 73 (2010) 1004–1011.
- [157] L. J. Wang, S. H. Li, *Salicylic acid-induced heat or cold tolerance in relation to Ca²⁺ homeostasis and antioxidant systems in young grape plants*, **Plant Science**, 170 (2006) 685–694.
- [158] H. Wang, T. Feng, X. Peng, M. Yan, Xi. Tang, *Up-regulation of chloroplastic antioxidant capacity is involved in alleviation of nickel toxicity of Zea mays L. by exogenous salicylic acid*, **Ecotox Environ Safety**, 72 (2009) 1354–1362.
- [159] N. Kazemi, R. A. Khavari-Nejad, H. Fahimi, S. Saadatmand, T. N. Sattari, *Effects of exogenous salicylic acid and nitric oxide on lipid peroxidation and antioxidant enzyme activities in leaves of Brassica napus L. under nickel stress*, **Scientia Horticulturae**, 126 (2010) 402-407.
- [160] Z. Chan and S. Tian, *Induction of H₂O₂-metabolizing enzymes and total protein synthesis by antagonistic yeast and salicylic acid in harvested sweet cherry fruit*, **Postharvest Biol Tec**, 39 (2006) 314–320.

- [161] D. E. M. Radwan, *Salicylic acid induced alleviation of oxidative stress caused by clethodim in maize (Zea mays L.) leaves*, **Pestic Biochem Phys**, (2012).
- [162] X. Xu, S. Tian, *Salicylic acid alleviated pathogen-induced oxidative stress in harvested sweet cherry fruit*, **Postharvest Biol Tec**, 49 (2008) 379–385.
- [163] A. Kadioglu, N. Saruhan, A. Saglam, R. Terzi, T. Acet, *Exogenous salicylic acid alleviates effects of long term drought stress and delays leaf rolling by inducing antioxidant system*, **Plant Growth Regul**, 64 (2011) 27–37.
- [164] Tu. Bai, C. Li, F. Ma, H. Shu, M. Han, *Exogenous salicylic acid alleviates growth inhibition and oxidative stress induced by hypoxia stress in Malus robusta Rehd*, **J Plant Growth Regul**, 28 (2009) 358–366.
- [165] G. Barba-Espin, M. J. Clemente-Moreno, S. Alvarez, M. F. Garcí'a-Legaz, J. A. Herná'ndez & P. Dí'az-Vivancos, *Salicylic acid negatively affects the response to salt stress in pea plants*, **Plant Biology ISSN 1435-8603**, (2011).
- [166] K. Mahdavian, K. M. Kalantari, M. Ghorbanli and M. Torkzade, *The effects of salicylic acid on pigment contents in ultraviolet radiation stressed pepper plants*, **Biologia Plantarum**, 52:1 (2008) 170-172.
- [167] S. Çanakçı ve Ö. Munzuroğlu, *Asetilsalisilik Asit 'in mısır (Zea mays L.) fidelerinde büyüme ve transpirasyon hızı üzerine etkileri*, **Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Dergisi**, 18:4 (2006) 479-484.
- [168] H. E. Deef, *Influence of salicylic acid on stress tolerance during seed germination of Triticum aestivum and Hordeum vulgare*, **Advances in Biological Research** 1:1-2 (2007) 40-48.
- [169] W. P. Zhang, B. Jiang, L. N. Lou, M. H. Lu, M. Yang and J.F. Chen, *Impact of salicylic acid on the antioxidant enzyme system and hydrogen peroxide production in Cucumis sativus under chilling stress*, **Z. Naturforsch.** 66 (2011) 413 – 422.
- [170] M. Simaei, R. A. Khavari-Nejad¹, S. Saadatmand, F. Bernard and H. Fahimi, *Effects of salicylic acid and nitric oxide on antioxidant capacity and proline accumulation in Glycine max L. treated with NaCl salinity*, **African Journal of Agricultural Research Vol. 6:16** (2011) 3775-3782.

- [171] V. Raman and S. Ravi, *Effect of salicylic acid and methyl jasmonate on antioxidant systems of Haematococcus pluvialis*, **Acta Physiol Plant** 33 (2011) 1043-1049.
- [172] G. Beker Akbulut, "Atrazin ve asetoklor herbisitlerinin *Zea mays* L. (Mısır) ve *Pisum sativum* L. (Bezelye) Bitkilerinde Biyokimyasal ve Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri", **Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya**, (2008).
- [173] Z. B. Doganlar, *Quizalofop-p-ethyl-induced phytotoxicity and genotoxicity in Lemna minor and Lemna gibba*, **J Environ Sci Heal A**, 47 (2012) 1631–1643.
- [174] D. Bayram, "Quizalofop-P-Ethyl uygulanan *Helianthus annuus* L. bitkisinde salisilik asidin bazı biyokimyasal parametreler üzerine etkisi", **Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya**, (2011).
- [175] D.R. Hoagland, and D. I. Arnon (1938) "The water culture method for growing plants without soil" **California Agr. Expt. Sta. Circ.** 37.
- [176] L. De-Kok and M. Graham, *Levels of pigments, soluble proteins, amino acids and sulphydryl compounds in foliar tissue of Arabidopsis thaliana during dark induced and natural senescence*, **Plant Physiol. Biochem.**, 27 (1980) 133-142.
- [177] K. Lichtenthaler and A. R. Welburn, *Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents*, **Botanisches Institut der Universität, Kaiserstrasse 12, Postfach** (1983) 591-592.
- [178] B. Kacar, *Toprağın ve bitkinin kimyasal analizleri*, **Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, A. Ü. Basımevi, Ankara** (1972) 53.
- [179] H. D. Barr and P. E. Weatherley, *A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficit in leaves*, **Aust. J. Biol. Sci.**, 15 (1962) 413-428.
- [180] 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 Physiol.**, 89 (1988) 159-164.
- [181] J. W. Mac Adam, C. J. Nelson and R. E. Sharp, *Peroxidase activity in the leaf elongation zone of tall fescue*, **Plant Physiol.** 99 (1992) 872-878.

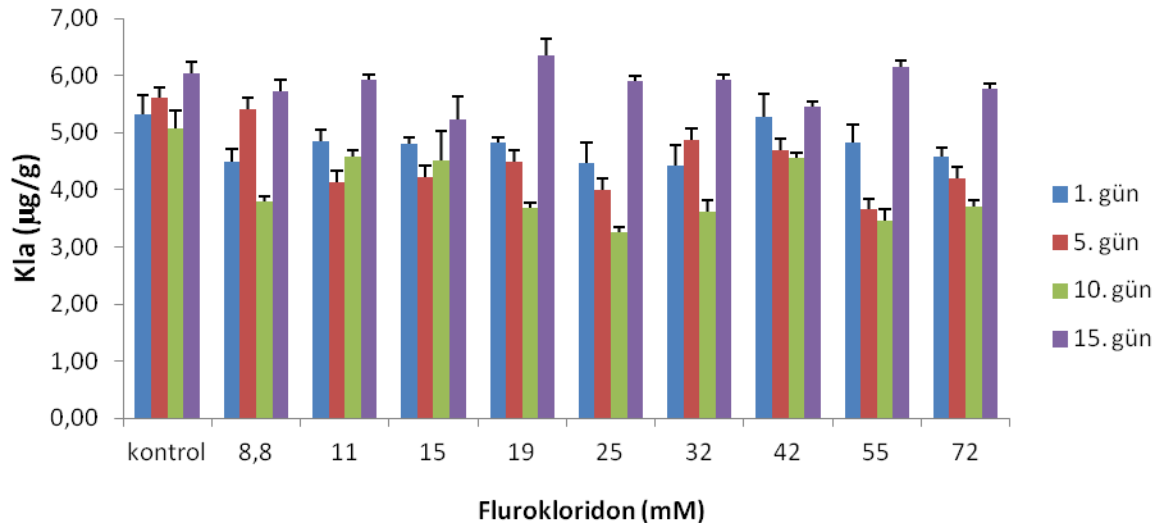
- [182] Y. Nakano, K. Asada, *Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts*, **Plant Cell Physiol**, 22 (1981) 867–880.
- [183] I. Cakmak, *Activity of ascorbate-dependent H₂O₂-scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium-deficient and potassiumdeficient leaves, but not in phosphorus-deficient leaves*, **J. Exp. Bot.**, 45 (1994) 1259–1266.
- [184] C. J. Andrews et al., *Purification and characterisation of a family of glutathione transferases with roles in herbicide detoxification in soybean (Glycine max L.);selective enhancement by herbicides and herbicide safeners*, **Pestic Biochem Phys**, 82 (2005) 205–219.
- [185] H. Luck, *Catalase*. **Methods of Enzymatic Analysis**, (1963) 885–888.
- [186] J.M. McCord, I. Fridovich, *Superoxide Dismutase: An Enzymic Function for Erytreoeuprein (Hemo euprein)*, **J. Biol. Chem**, 244: 22 (1969) 6049–6055.
- [187] W.H. Habig, M.J. Pabst, W.B. Jakoby, *The first enzymatic step in mercapturic acid formation Glutathion S-Transferases*, **J. Biol. Chem**, 249 (1974) 7130-7139.
- [188] I. Carlberg, B. Mannervik, *Glutathione reductase*. **Method. Enzymol**, 113 (1985) 484-490.
- [189] T.P.M. Akerboom, H. Sies, *Assay of glutathione, glutathione disulfide and glutathione mixed disulfides in biological samples*. **Method Enzymol**. 77 (1981) 373-382.
- [190] R. L. Heath, L. Packer, *Photoperoxidation in isolated chloroplast , I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation*, **Arch. Biochem. Biophys**. 125 (1968) 180-198.
- [191] K. Slinkard and V.L. Singleton, *Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods*, **Am J Enol Viticult**, 28 (1977) 49–55.
- [192] 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 lacinitum*, **Plant Cell Reports**, 2 (1983) 105–108.
- [193] M. M. Bradford, *A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantitites of protein utilizing the principle of protein-dye binding*, **Analytical Biocemistry**, 72 (1976) 248–254.

- [194] I. Raskin, I. M. Turner and W. R. Melander, *Regulation of heat production in the inflorescences of an Arum lily by endogenous salicylic acid*, **Proc. Natl. Acad. Sci., USA**, 86 (1989) 2214–2218.
- [195] Y. H. Su, Y. G. Zhu and Xin Du, *Co-uptake of atrazine and mercury by rice seedlings from water*, **Pestic Biochem Phys**, 82 (2005) 226–232.
- [196] D. B. Duncan, *Multiple range and multiple F tests biometrics*, **International Biometric Society**, 11:1 (1955) 1–42.
- [197] İ. Öztürk, N. Tosun, *Famoxadone ve Cymoxanil etkili maddeli bir fungusitin domates (Lycopersicon esculentum Mill.) bitkisi üzerine fizyolojik etkisi*, **Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.** 41(2004) 77–87.
- [198] S. Ögüt, H. Seçilmiş, *Tarım ilaçlarının (pestisitler) olası çevre etkileri*, <http://idc.sdu.edu.tr/tammetinler/yonetim/yonetim33.pdf>
- [199] N. Delen, E. Durmuşoğlu, A. Güncan, N. Güngör, C. Turgut, A. Burçak, *Türkiye’de pestisit kullanımı, kalıntı ve organizmalarda duyarlılık azalışı sorunları*, **Türkiye Ziraat Mühendisliği. VI. Teknik Kongre**, (2005) 629–648.
- [200] Ü. Tarakçı, İ. Türel, *Halk sağlığı amaçlı kullanılan pestisitlerin (Biyosidal) güvenilirlik standartlarının karşılaştırılması*, **Y.Y.U Veterinerlik Fakültesi Dergisi**, 20:1(2009) 11-18.
- [201] <http://www.safatarim.com/ProductDetail.aspx?Product=1807>
- [202] 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.
- [203] P. J. Ralph, *Herbicide toxicity of Halophila ovalis assessed by chlorophyll a fluorescence*, **Aquatic Botany**, 66 (2000) 141–152.
- [204] E. Yılmaz, A. L. Tuna, B. Bürün, *Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri*, **C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi**, 7:1 (2011) 47–66.
- [205] A. N. Misra, S. M. Sahu, M. Misra, P. Singh, I. Meera N. Das, M. Kar, P. Sahu, *Sodium chloride induced changes in leaf growth and pigment and protein contents in two rice cultivars*. **Biol. Plant**, 39:2 (1997) 257-262.

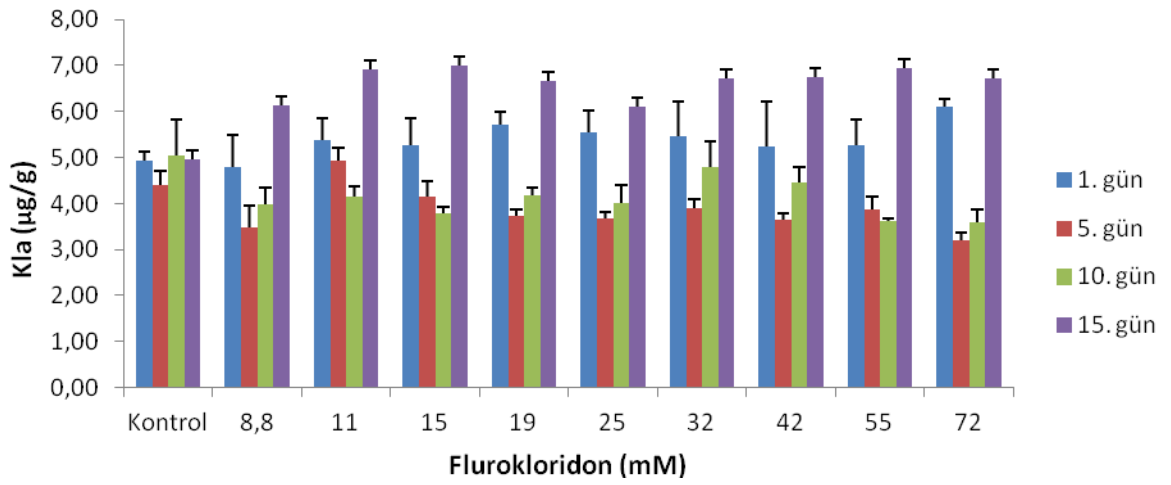
- [206] Z. B. Doganlar, K. Demir, H. Basak and I. Gul, *Effects of salt stress on pigment and total soluble protein contents of three different tomato cultivars*, **African Journal of Agricultural Research**, 5:15 (2010) 2056-2065.
- [207] S. Anandhi, M. P. Ramanujam, *Effect of salicylic acid on black gram (Vigna mungo) cultivars*. **Ind. J. Plant Physiol.** 2 (1997) 138–141.
- [208] S.T. Moharekar, S.D. Lokhande (Moharekar), T. Hara, R. Tanaka, A. Tanaka, and P.D. Chavan, *Effect of salicylic acid on chlorophyll and carotenoid contents of wheat and moong seedlings*, **Photosynthetica**, 41:2 (2003) 315-317.
- [209] E. G. Erki1iç, *Tuz stresi altındaki biber (Capsicum annuum L.) fidelerinde Salisilik asitin prolin birikimi ve bazı fizyolojik özelliklere etkisi*, **Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara**, (2005).
- [210] S. J. Flora, *Role of free radicals and antioxidants in health and disease*, **Cell Mol Biol.** 53 (2007) 1-2.
- [211] S. I. Baskin, H. Salem *Oxidants, antioxidants, and free radicals*, **Washington DC: Taylor and Francis**, (1997) 1-16.
- [212] F. Van Breusegem, J. F. Dat, *Reactive oxygen species in plant cell death*. **Plant Physiol**, 141 (2006) 384-390.
- [213] F. Verniquet, J. Gaillard, M. Neuburger, R. Douce, *Rapid inactivation of plant aconitase by hydrogen peroxide*. **Biochem J**, 276 (1991) 643- 648.
- [214] W. Van Camp, M. Van Montagu, D. Inze. *H₂O₂ and NO: redox signals in disease resistance*. **Trends Plant Sci** 3 (1998) 330-334.
- [215] T. Gechev, H. Willekens, M. Van Montagu, *Different responses of tobacco antioxidant enzymes to light and chilling stress*. **J Plant Physiol**, 160 (2003) 509-515.
- [216] S. Choudhury, S. K. Panda, *Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in Oryza sativa L. roots*. **Bulg. J. Plant Physiol.** 30:3–4 (2004) 95-110.
- [217] M. D. Anderson, T. K. Prasad, C. R. Stewart, *Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotyls of maize seedlings*. **Plant Physiol**, 109 (1995) 1247–1257.

- [218] T. Guetchev, H. Willekens, M. Van Montagu, D. Inze, W. Van Camp, V. Toneva, I. Minkov *Different responses of tobacco antioxidant enzymes to light and chilling stress*. **J Plant Physiol**, 160 (2003).
- [219] L. M. Sandalio, H. C. Dalurzo, M. Gomez, M. C. Romero-Puertas, L. A. Del Rio, *Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants*, **J Exp Bot**, 52:364 (2001) 2115-2126.
- [220] R. Edwards, D. P. Dixon, V. Walbot, *Plant glutathione S-transferases: enzymes with multiple functions in sickness and health*. **Trends Plant Sci.** 5 (2000) 193–198.
- [221] X.L. Yin, L. Jiang, N. H. Song, H. Yang, *Toxic reactivity of wheat (*Triticum aestivum*) plants to herbicide isoproturon*. **J. Agric. Food. Chem.** 56 (2008) 4825–4831.
- [222] F.B. Wu, F. Chen, K. Wei, G.P. Zhang, *Effect of cadmium on free amino acid, glutathione and ascorbic acid concentrations in two barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) differing in cadmium tolerance*, **Chemosphere**, 57 (2004) 447–454.
- [223] M. Skłodowska, E. Gajewska, E. Kuz'niak, A. Mikicinski, P. Sobiczewski, *BTH-mediated antioxidant system responses in apple leaf tissues*, **Scientia Horticulturae**, 125 (2010) 34–40.
- [224] F.Q. Zhang, Y.S. Wang, Z. P. Lou, J.D. Dong, *Effect of heavy metal stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of two mangrove plant seedlings (*Kandelia candel* and *Bruguiera gymnorhiza*)*, **Chemosphere** 67 (2007) 44-50.
- [225] Garcion, C. and Métraux, J.P. Salicylic acid (Hedden, P. and Thomas, S.G., Eds.), *Plant Hormone Signaling*, **Annual Plant Reviews, Blackwell Press, Oxford**, 24 (2006) 229–257.

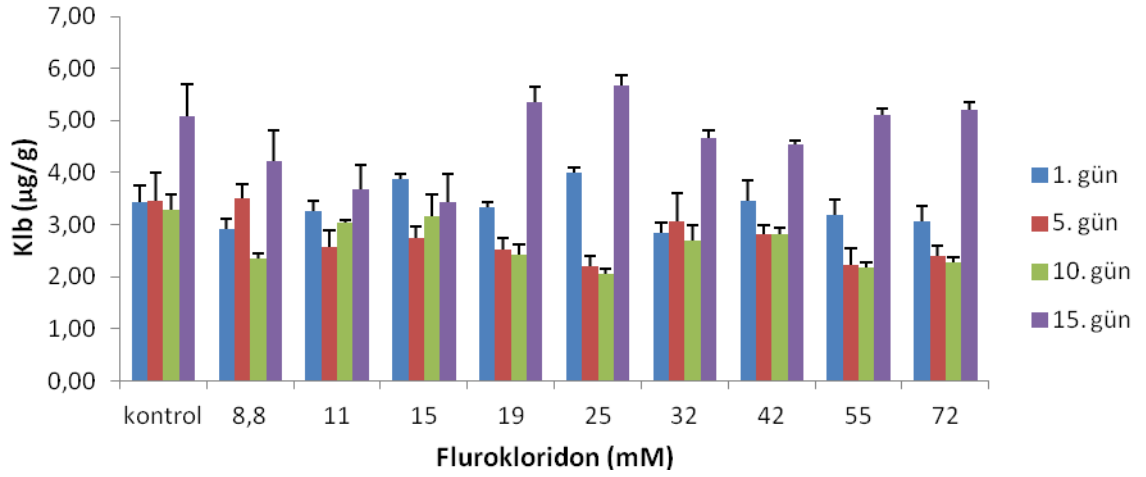
7. EKLER



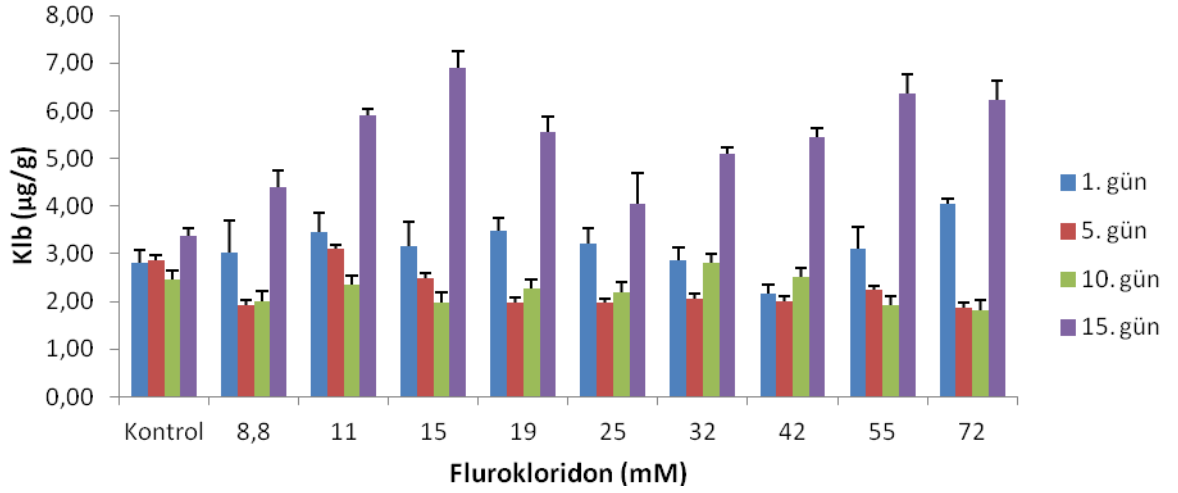
Ek Şekil 1. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı K_{La} miktarlarının değişimi



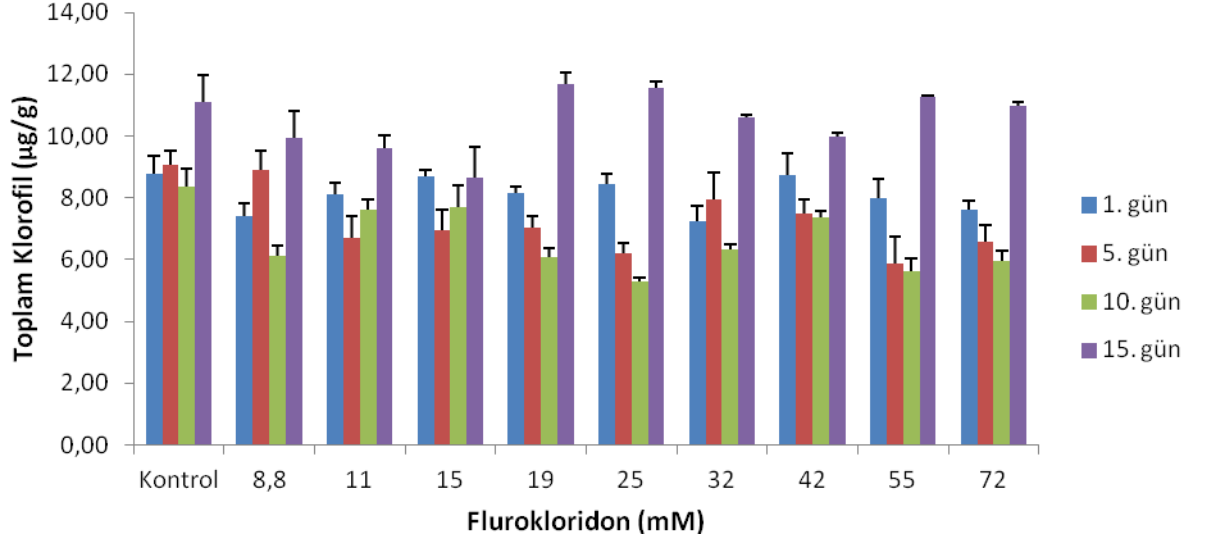
Ek Şekil 2. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı K_{La} miktarlarının değişimi



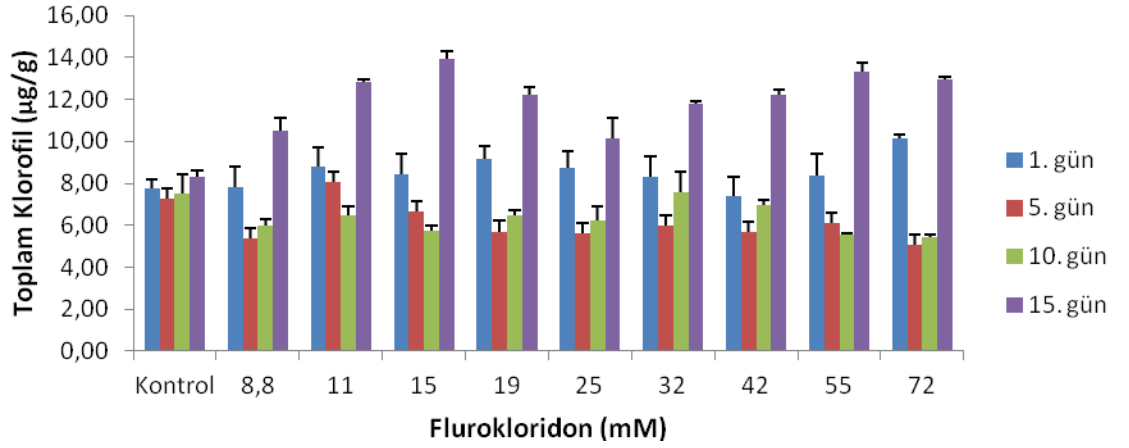
Ek Şekil 3. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi



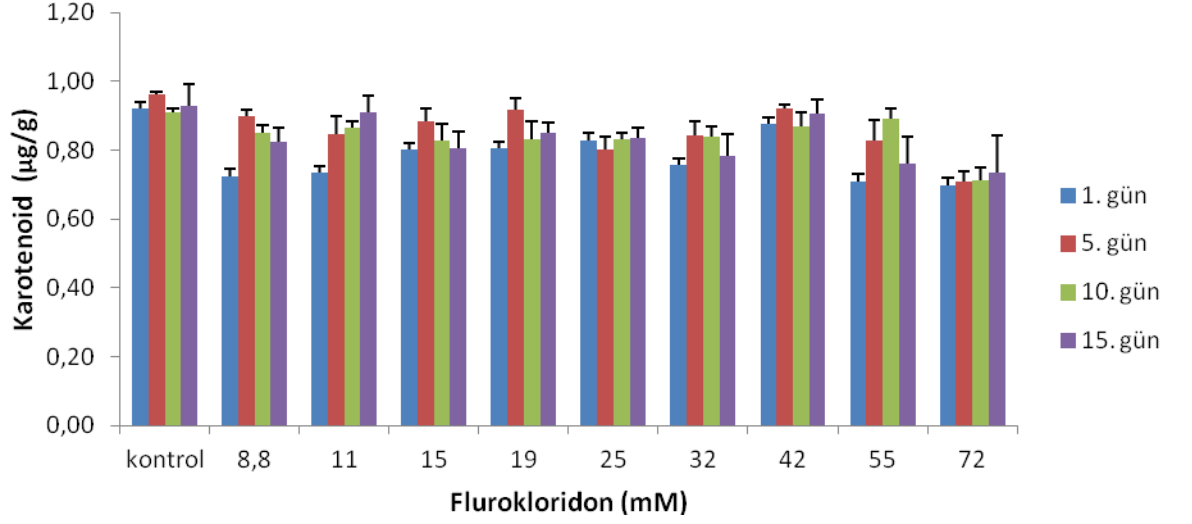
Ek Şekil 4. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi



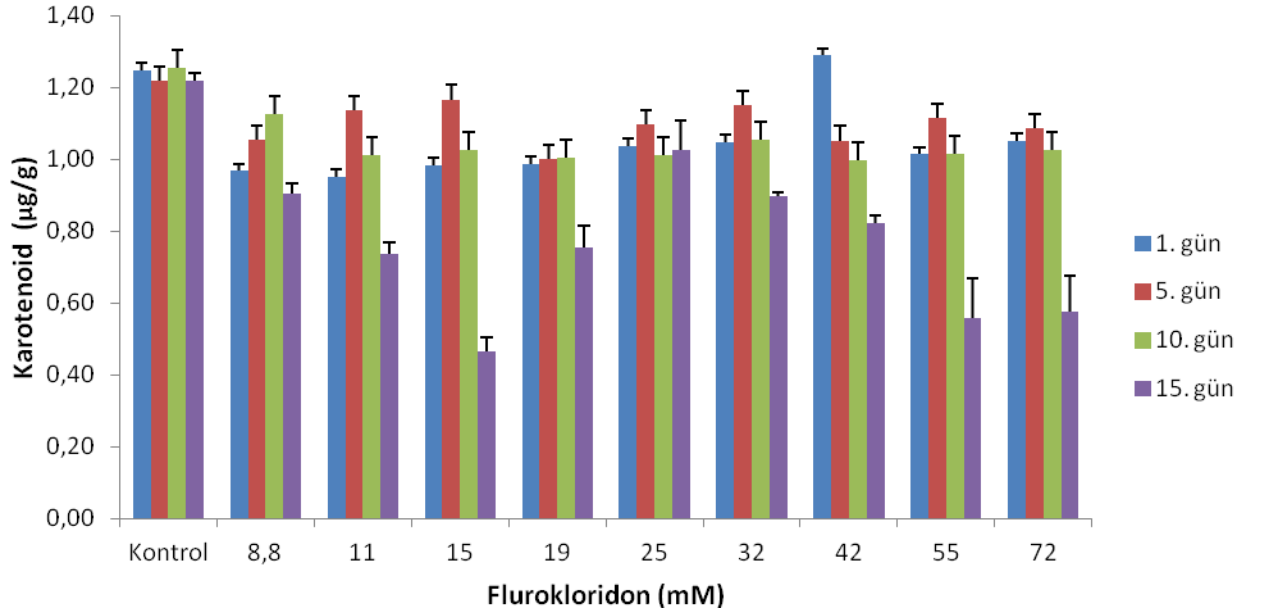
Ek Şekil 5. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi



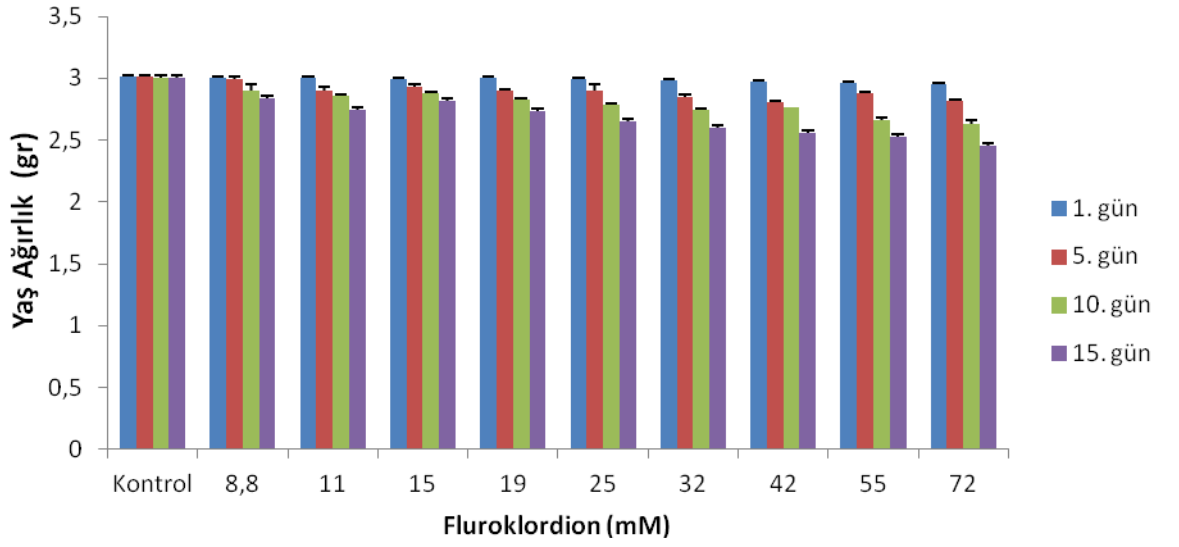
Ek Şekil 6. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi



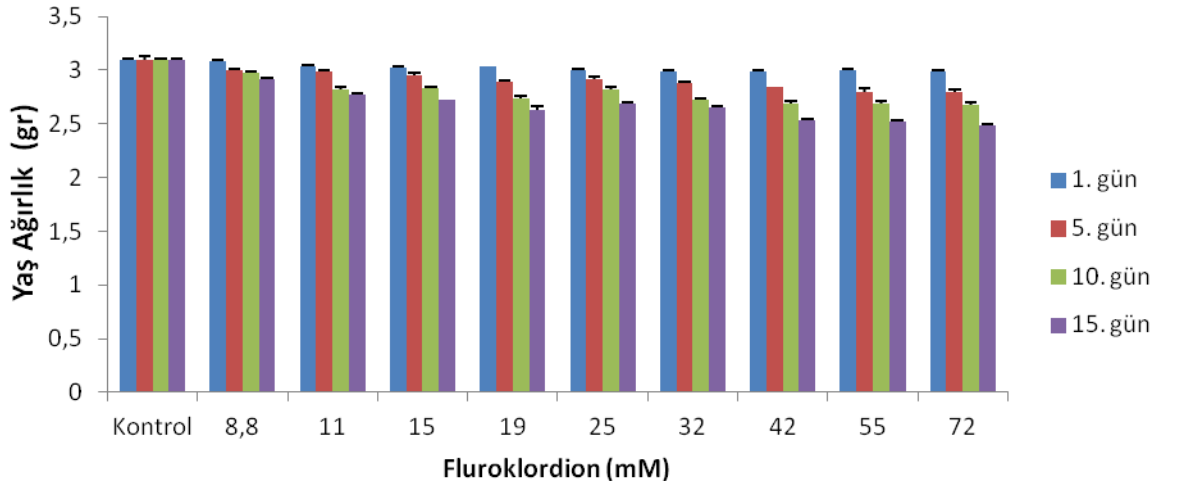
Ek Şekil 7. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi



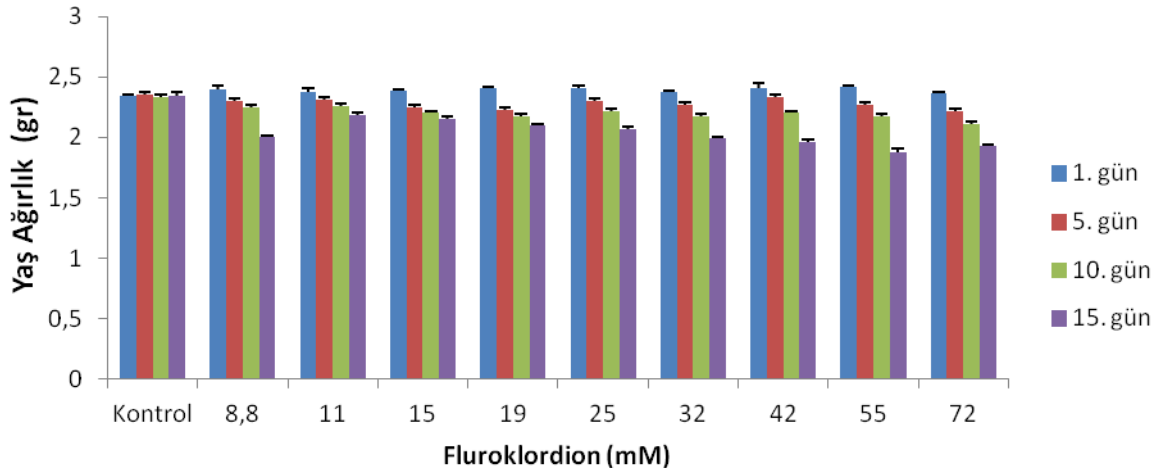
Ek Şekil 8. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi



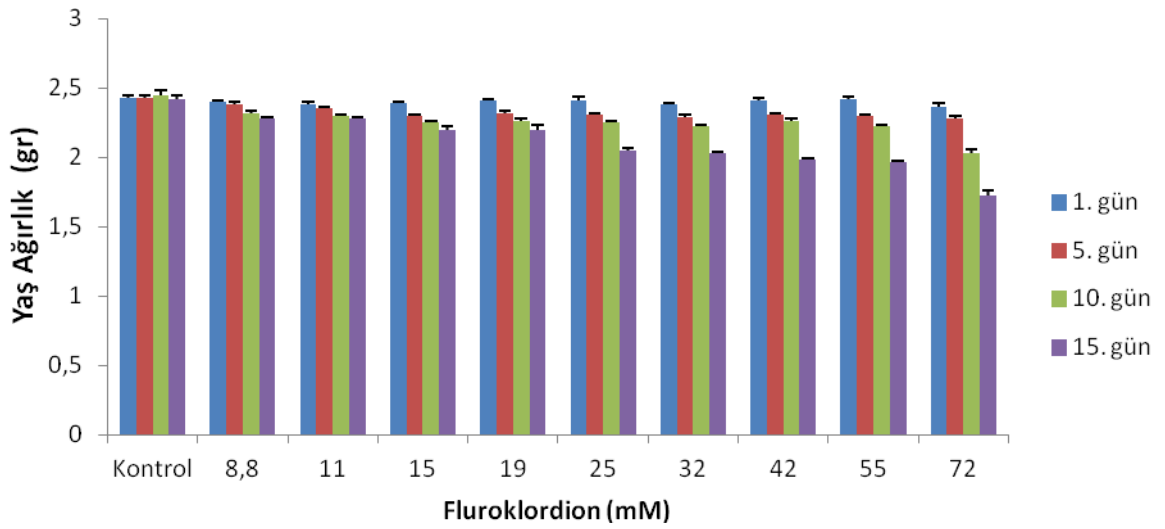
Ek Şekil 9. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığının değişimi



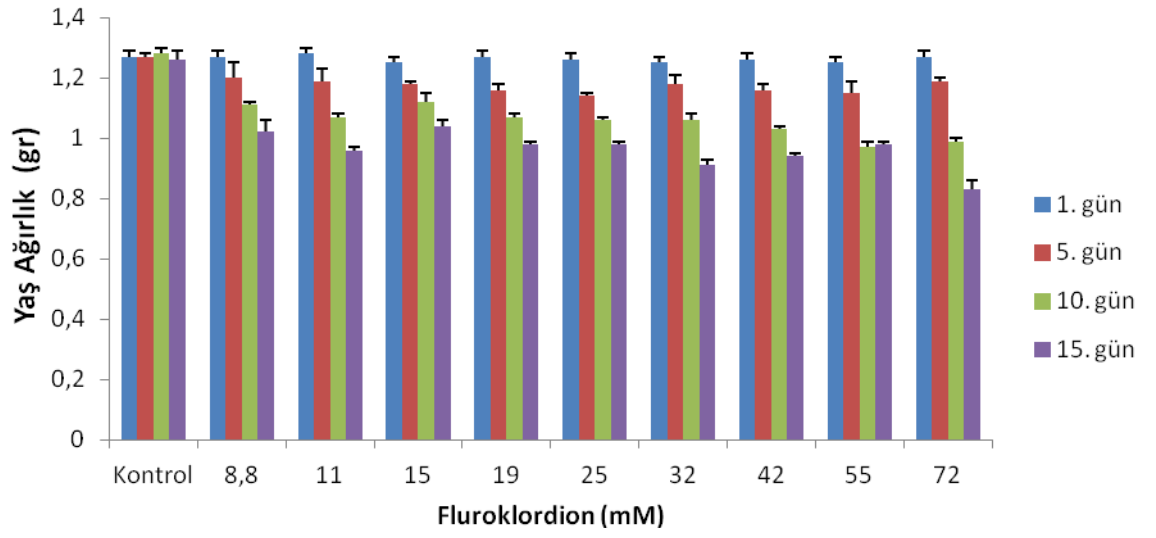
Ek Şekil 10. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığı değişimi



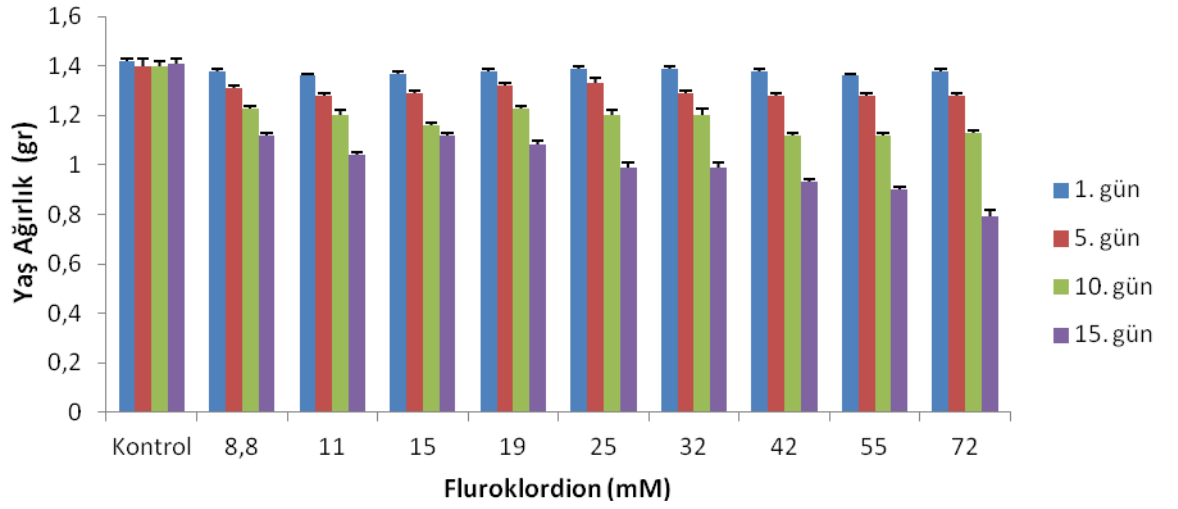
Ek Şekil 11. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığının değişimi



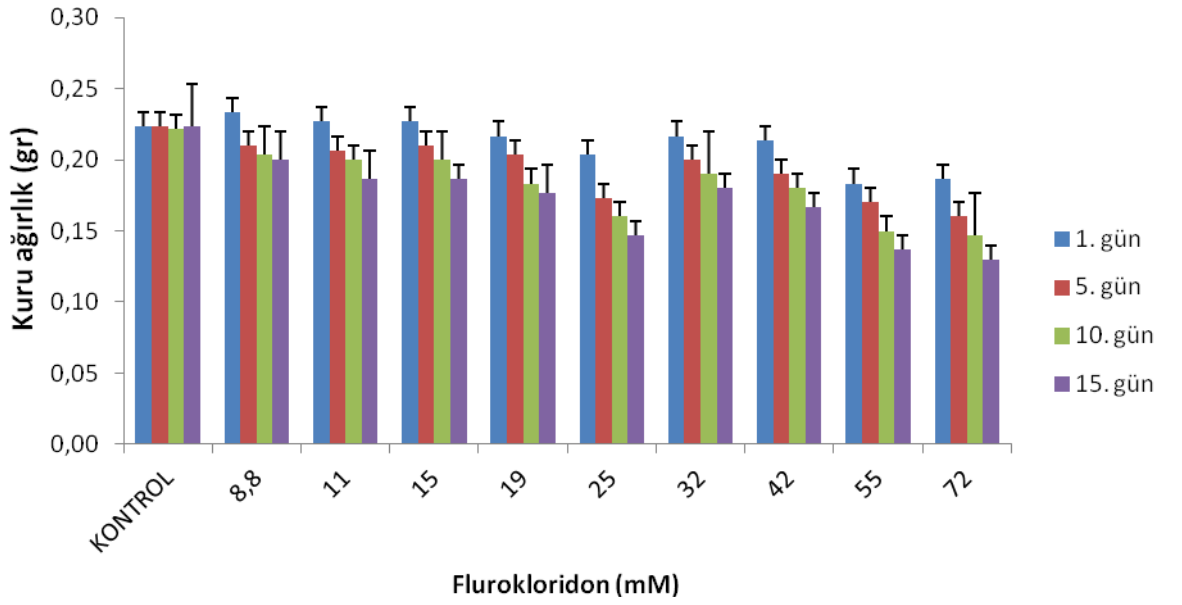
Ek Şekil 12. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığı değişimi



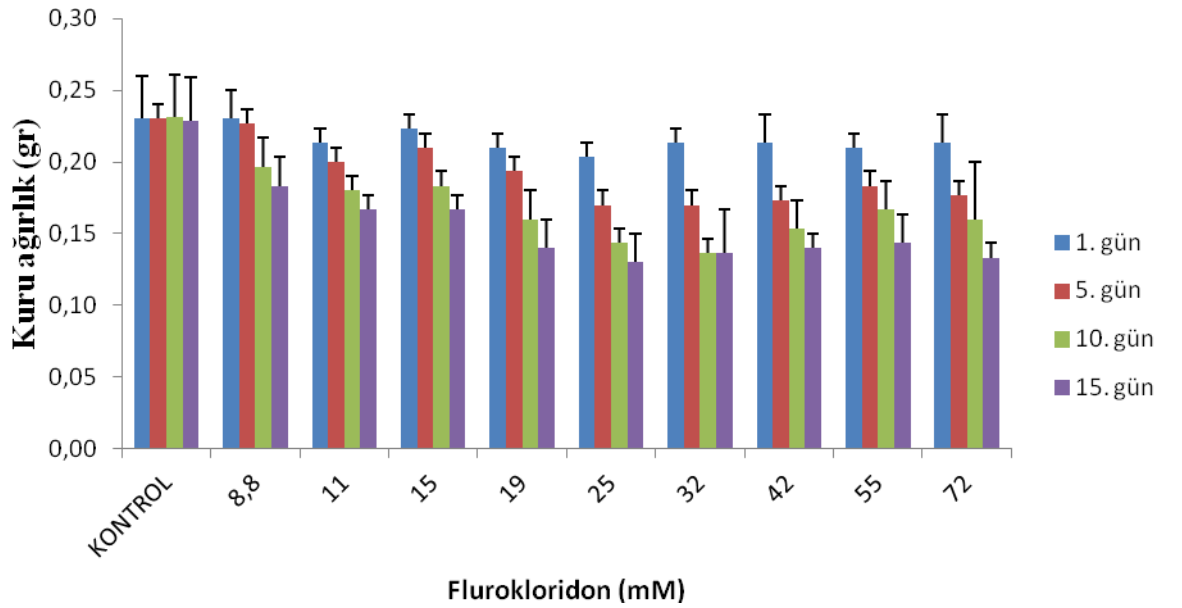
Ek Şekil 13. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök yaş ağırlığı değişimi



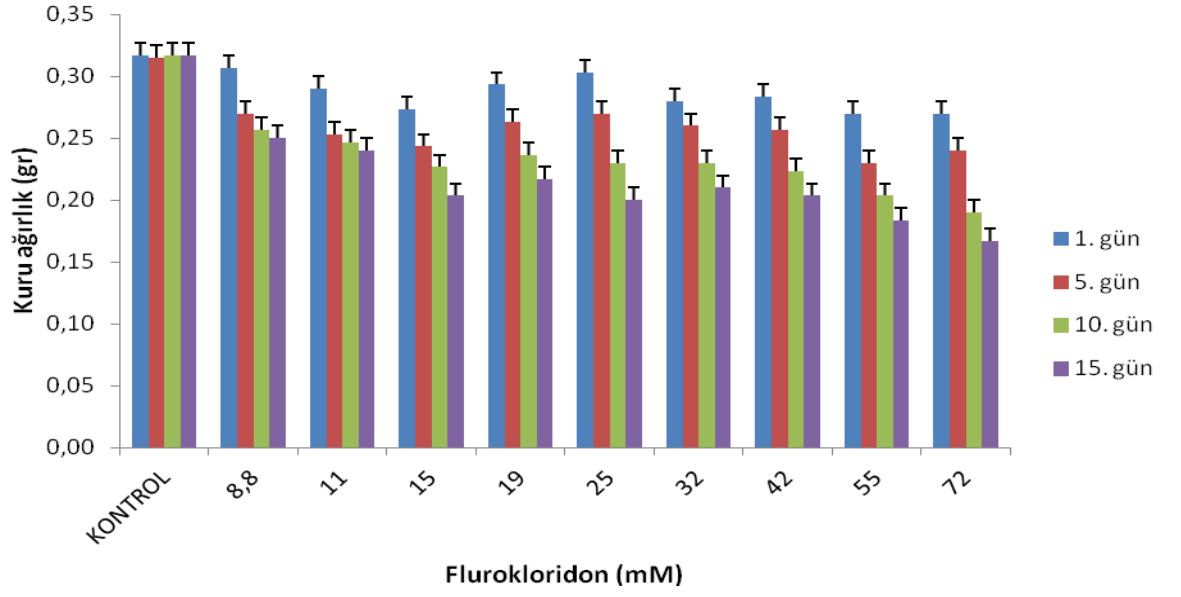
Ek Şekil 14. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök yaş ağırlığı değişimi



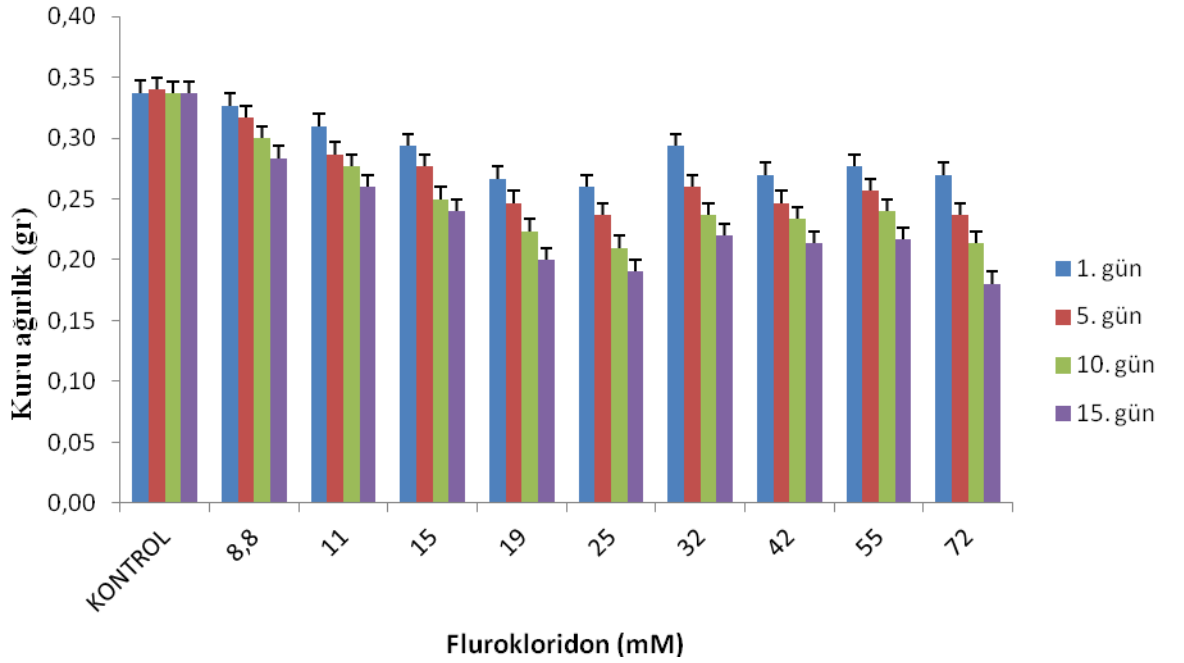
Ek Şekil 15. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığının değişimi



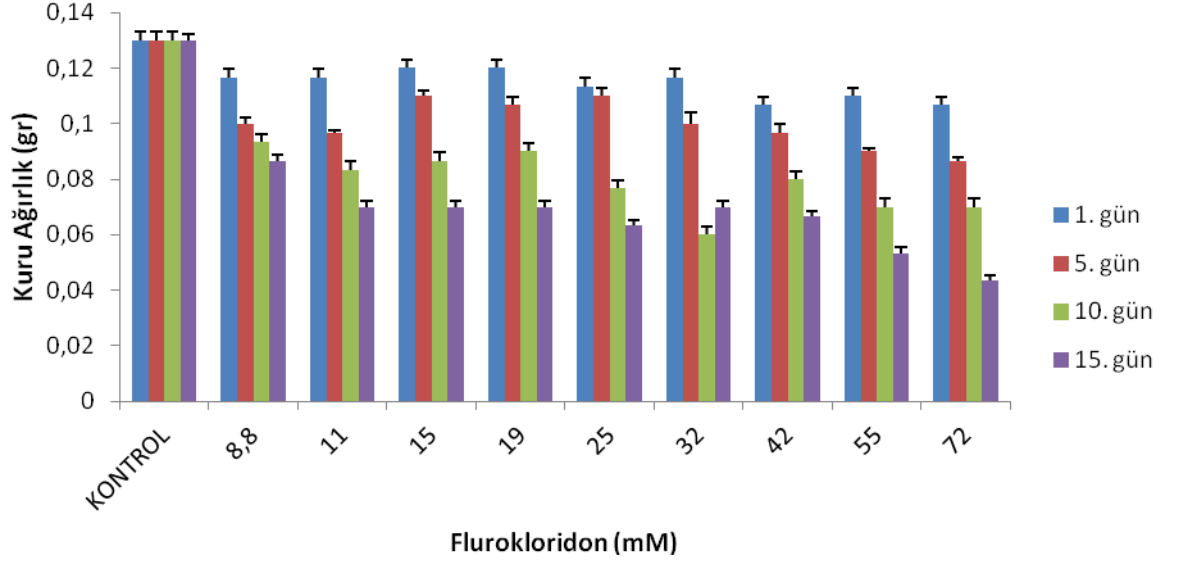
Ek Şekil 16. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığı değişimi



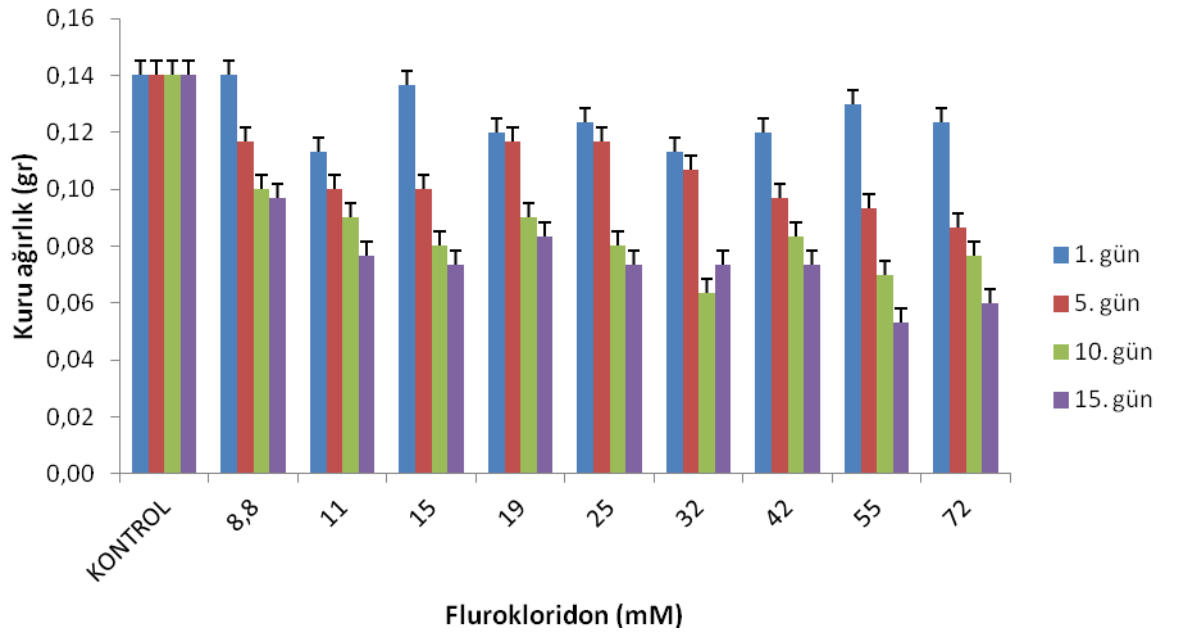
Ek Şekil 17. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığının değişimi



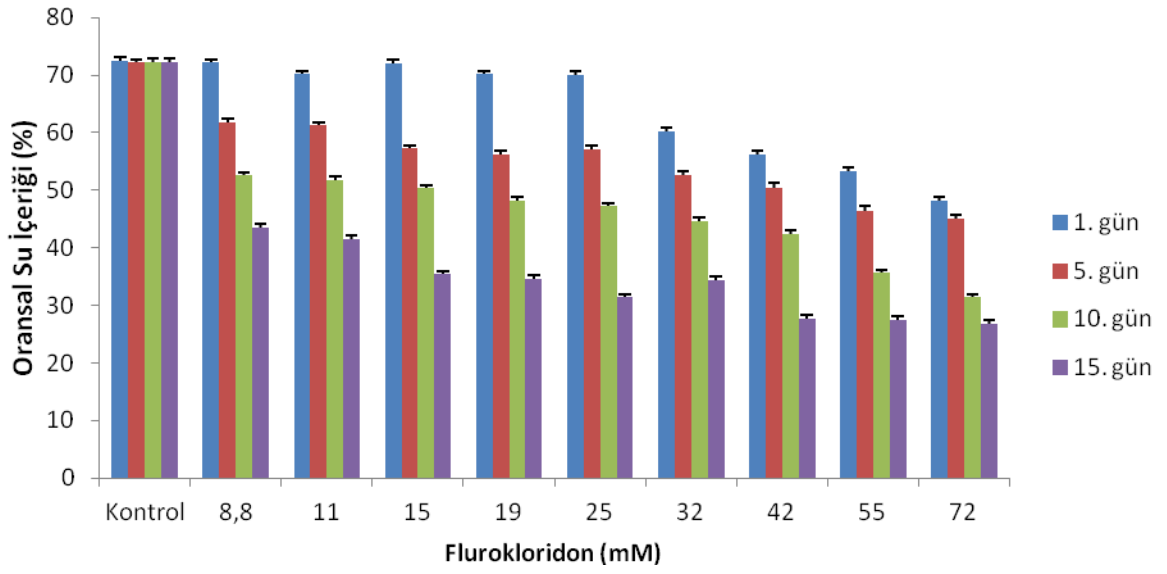
Ek Şekil 18. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığı değişimi



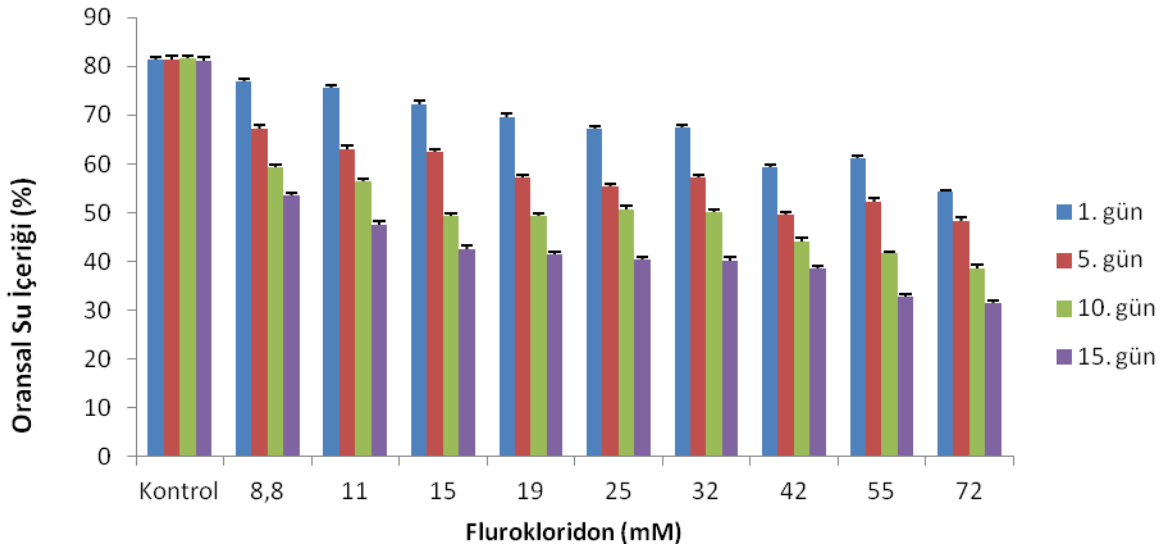
Ek Şekil 19. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığının değişimi



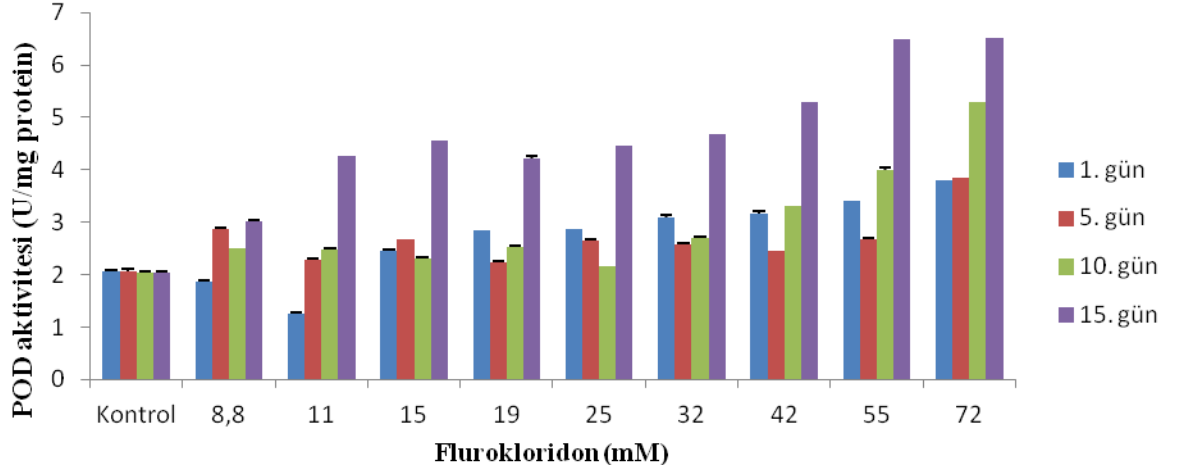
Ek Şekil 20. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığı değişimi



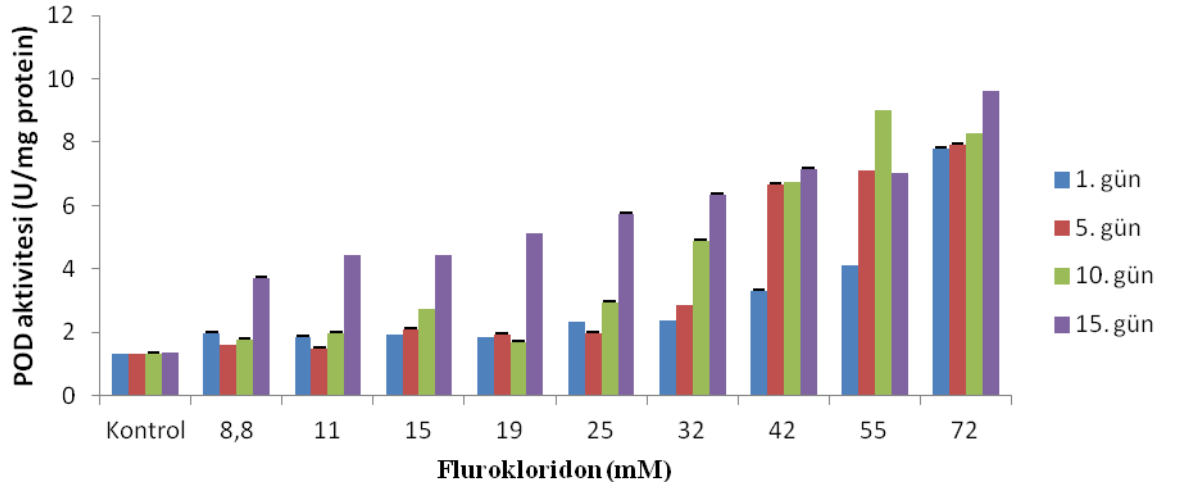
Ek Şekil 21. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriğinin değişimi



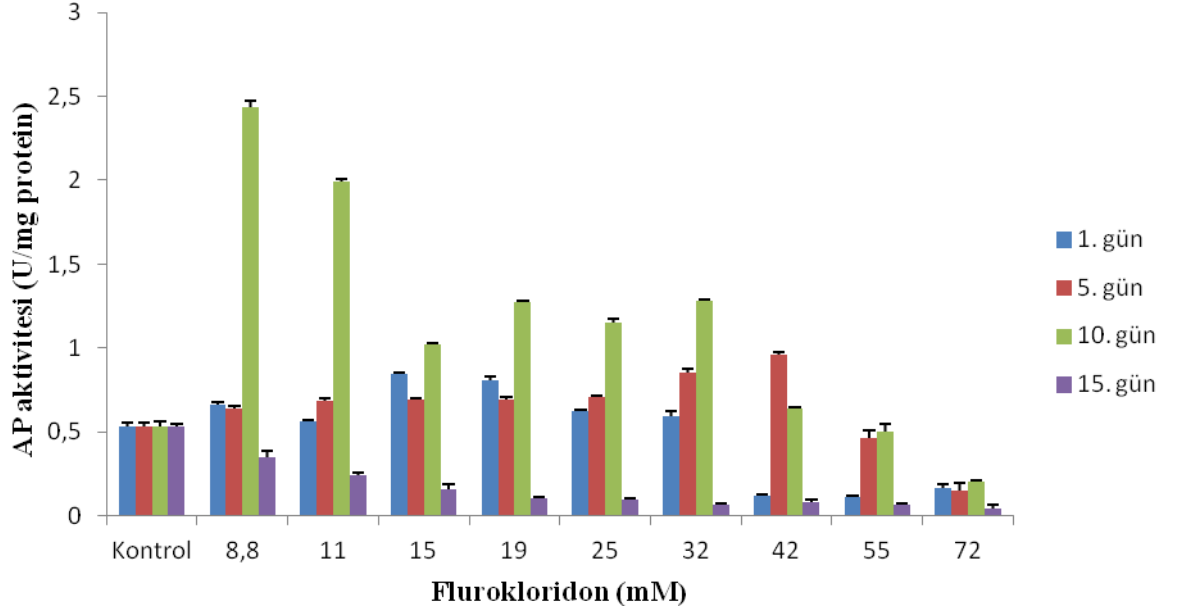
Ek Şekil 22. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriği değişimi



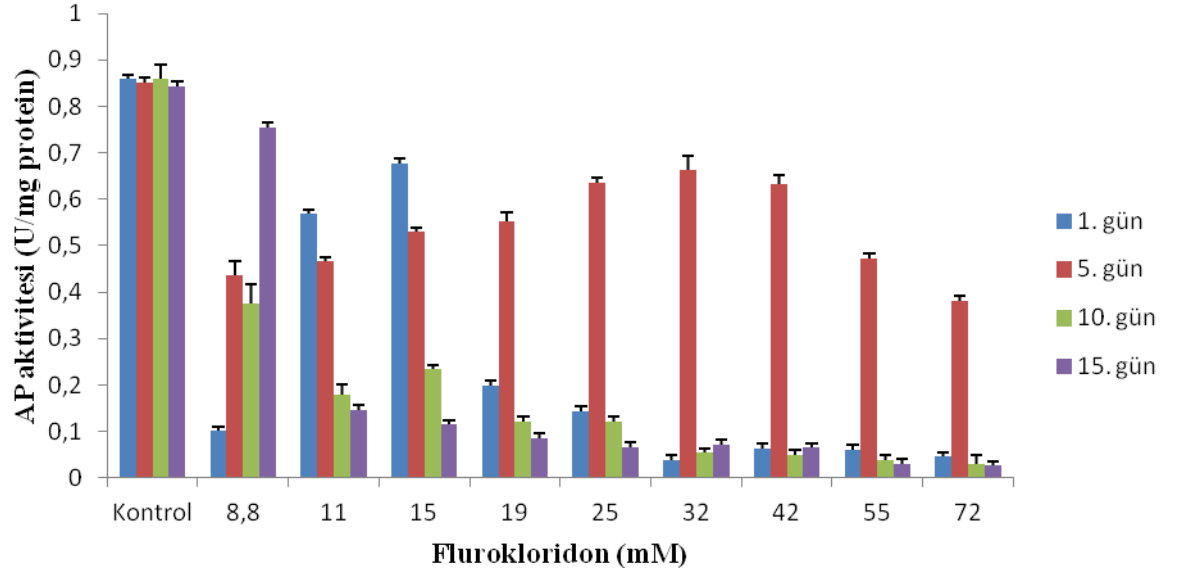
Ek Şekil 23. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi



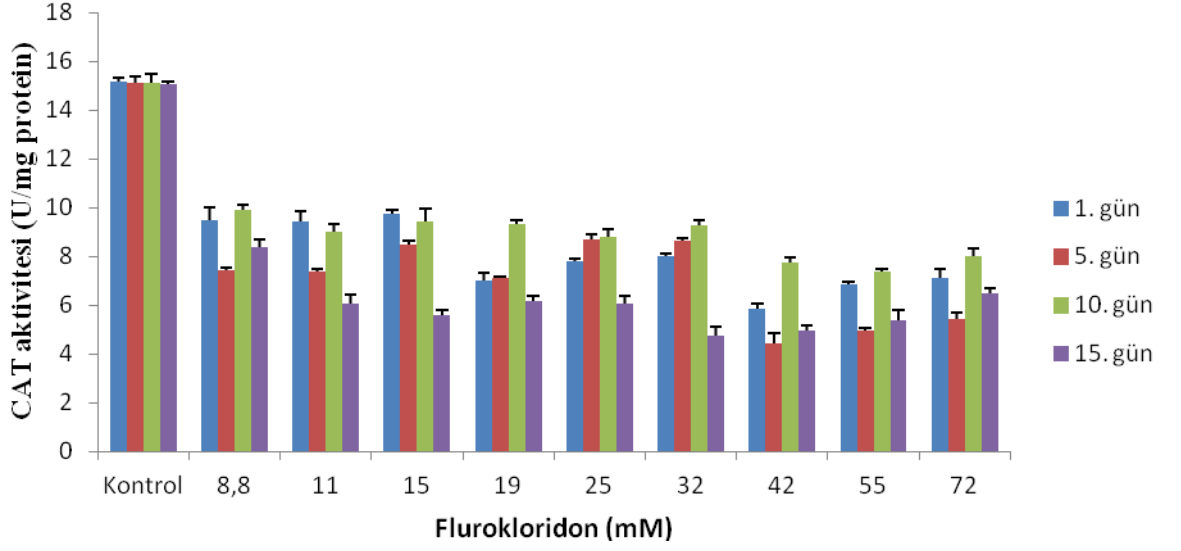
Ek Şekil 24. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi



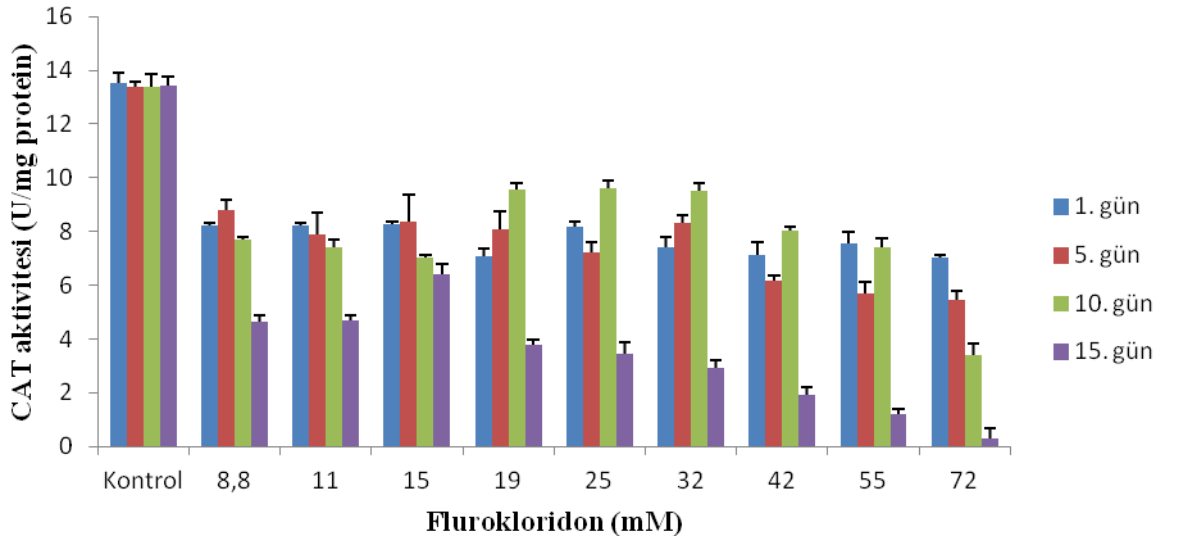
Ek Şekil 25. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi



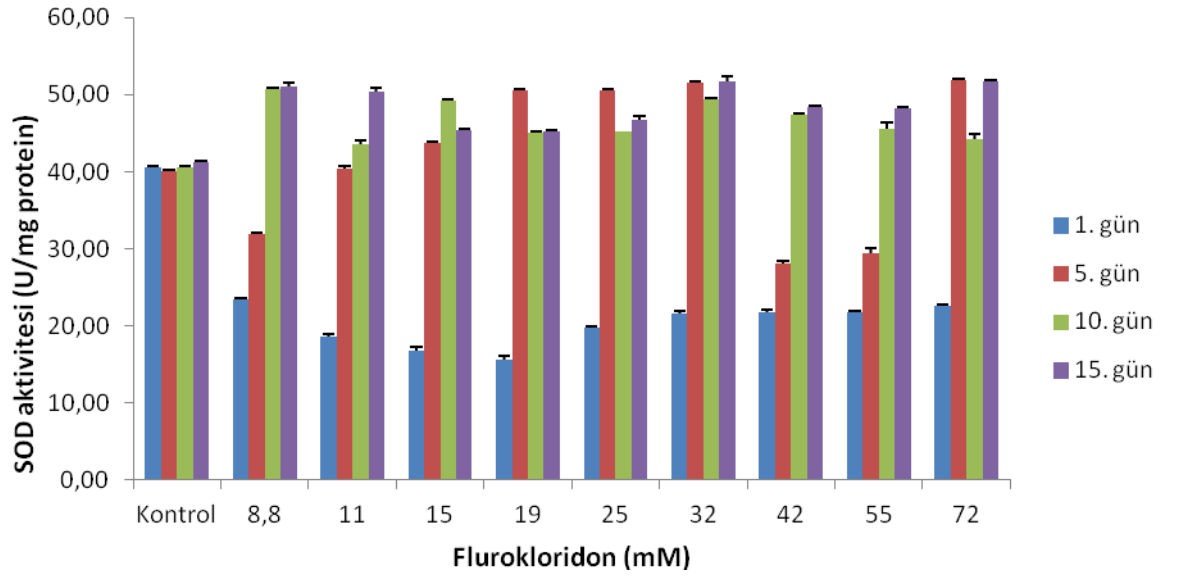
Ek Şekil 26. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi



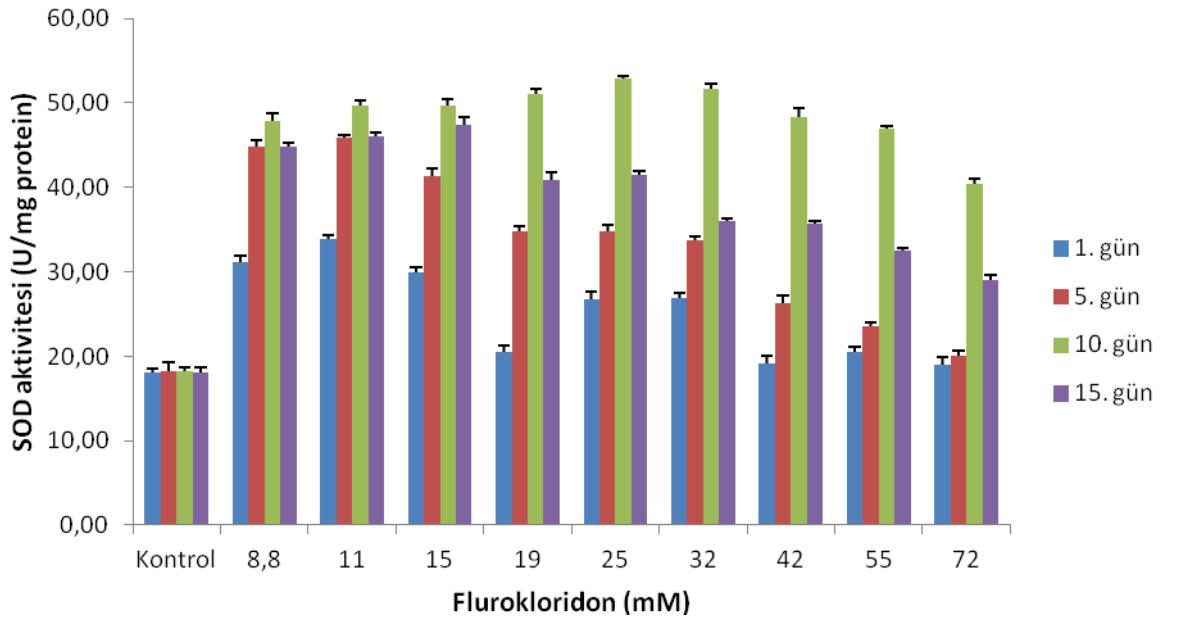
Ek Şekil 27. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi



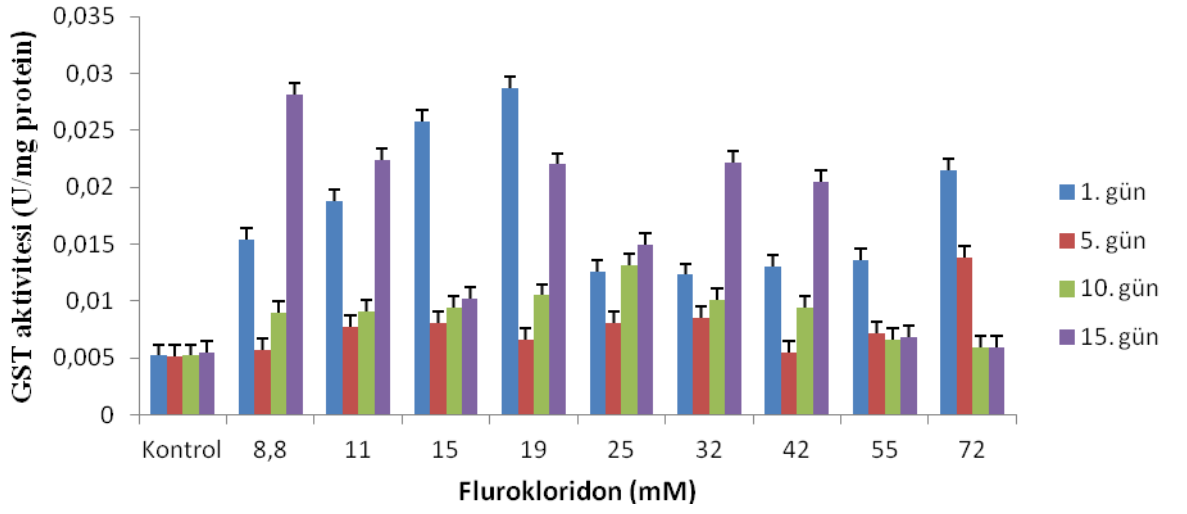
Ek Şekil 28. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi



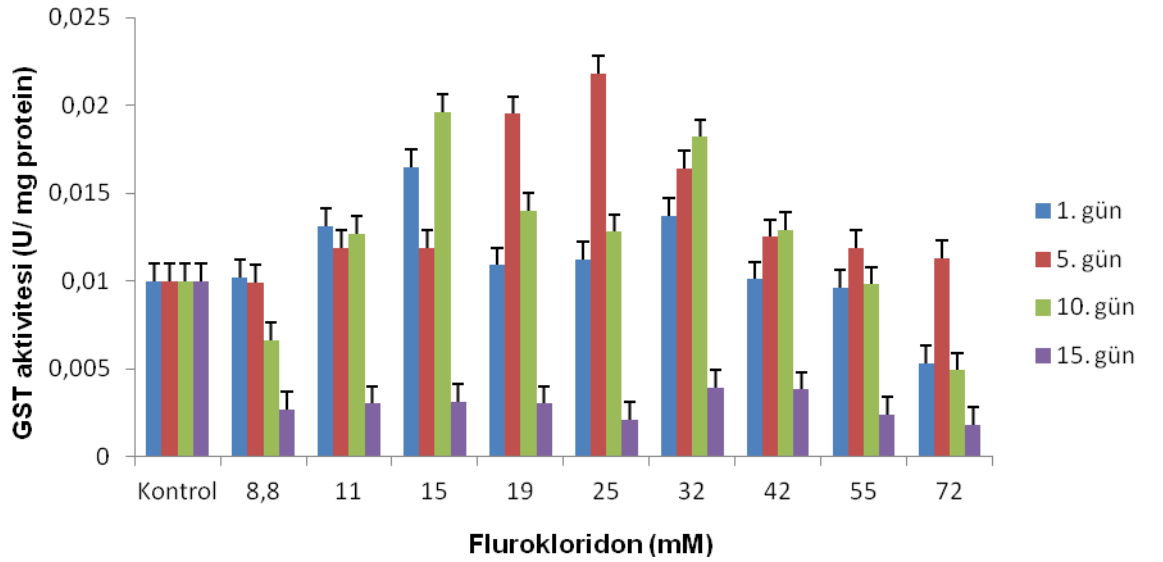
Ek Şekil 29. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi



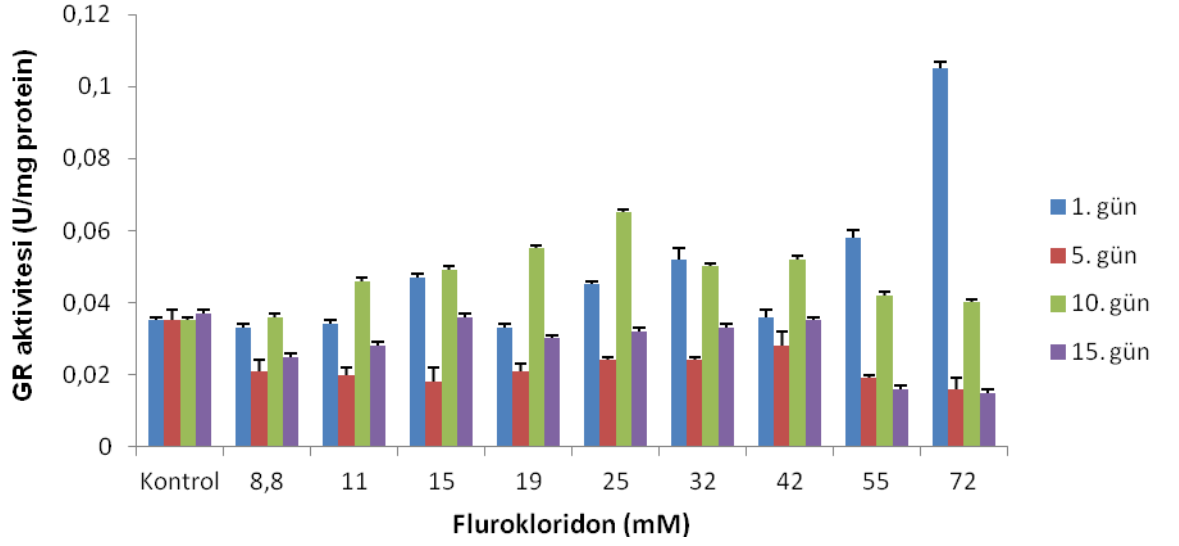
Ek Şekil 30. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi



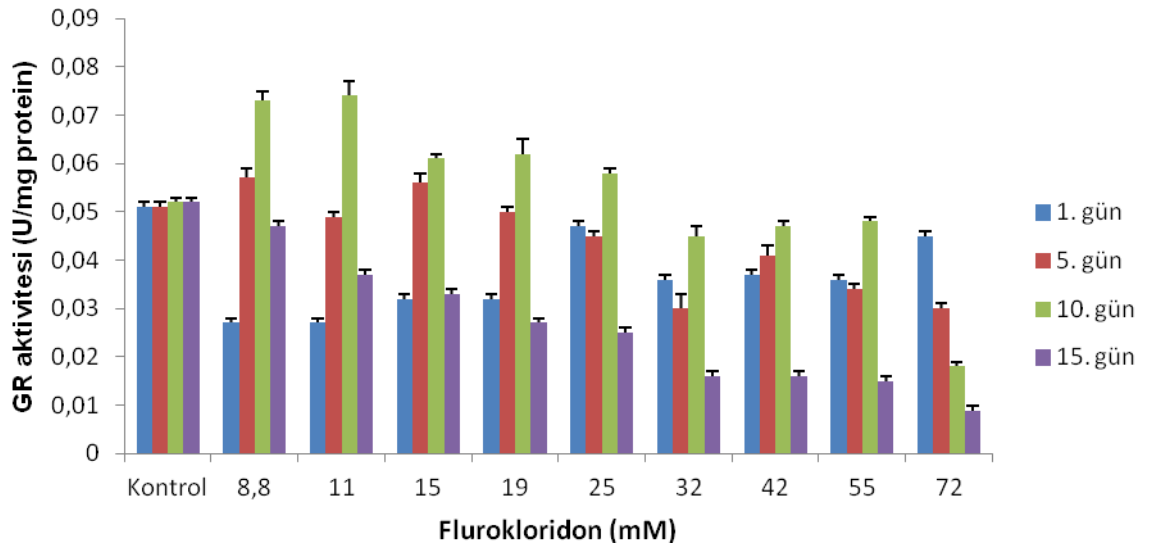
Ek Şekil 31. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi



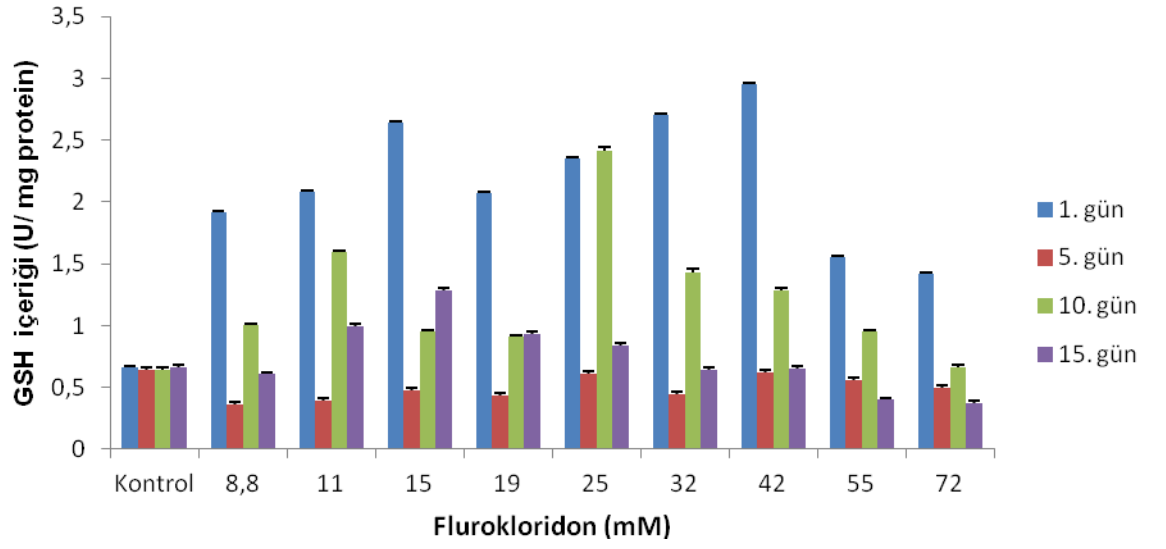
Ek Şekil 32. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi



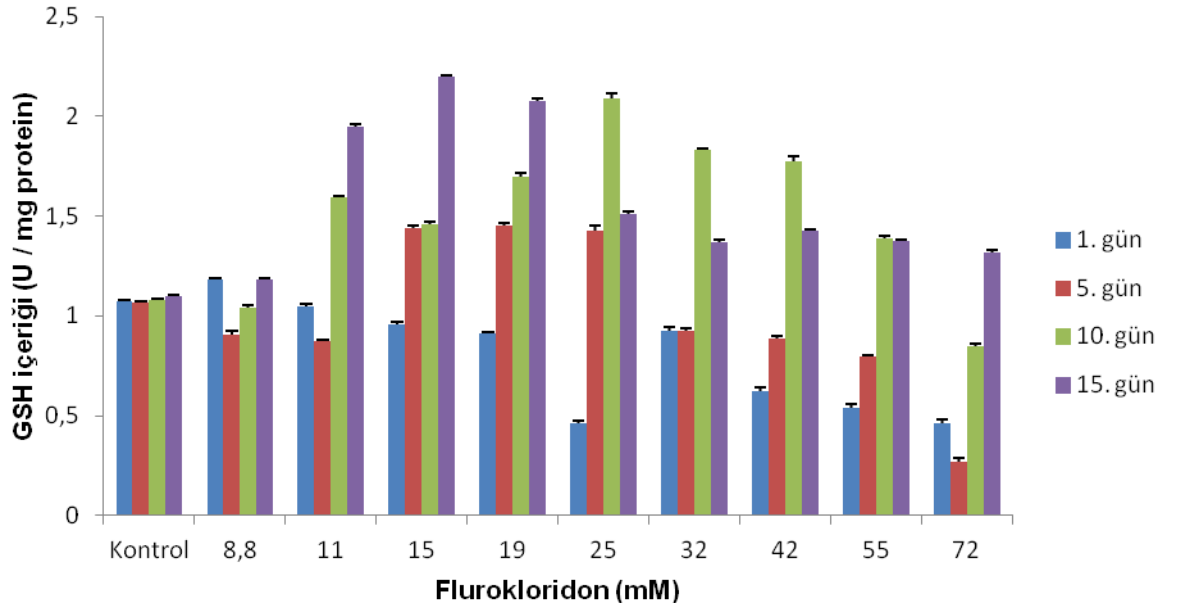
Ek Şekil 33. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi



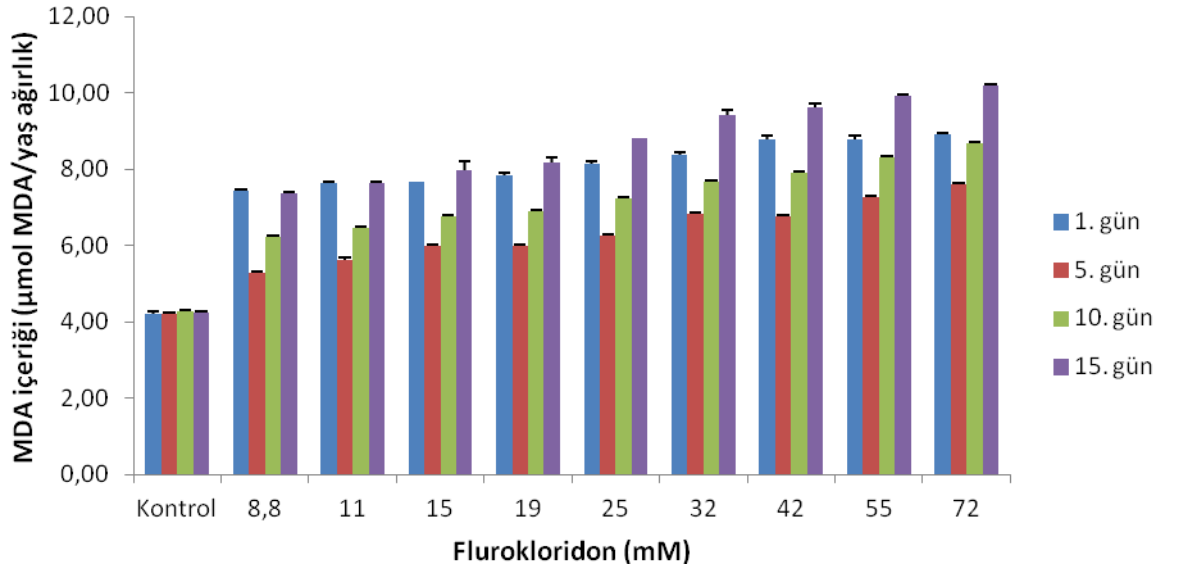
Ek Şekil 34. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi



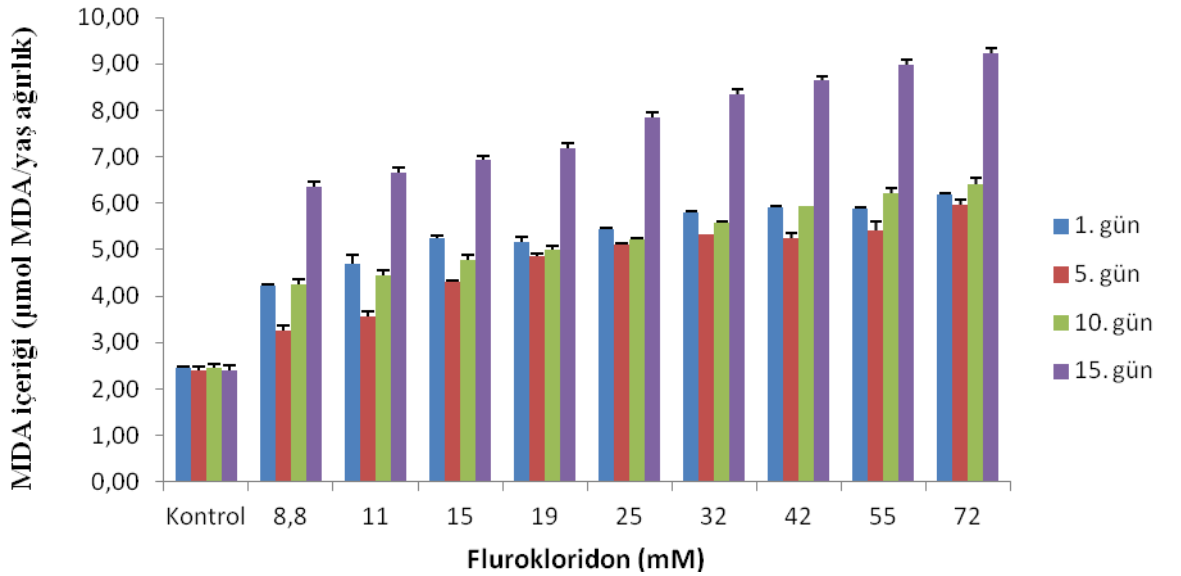
Ek Şekil 35. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam GSH içeriği değişimi



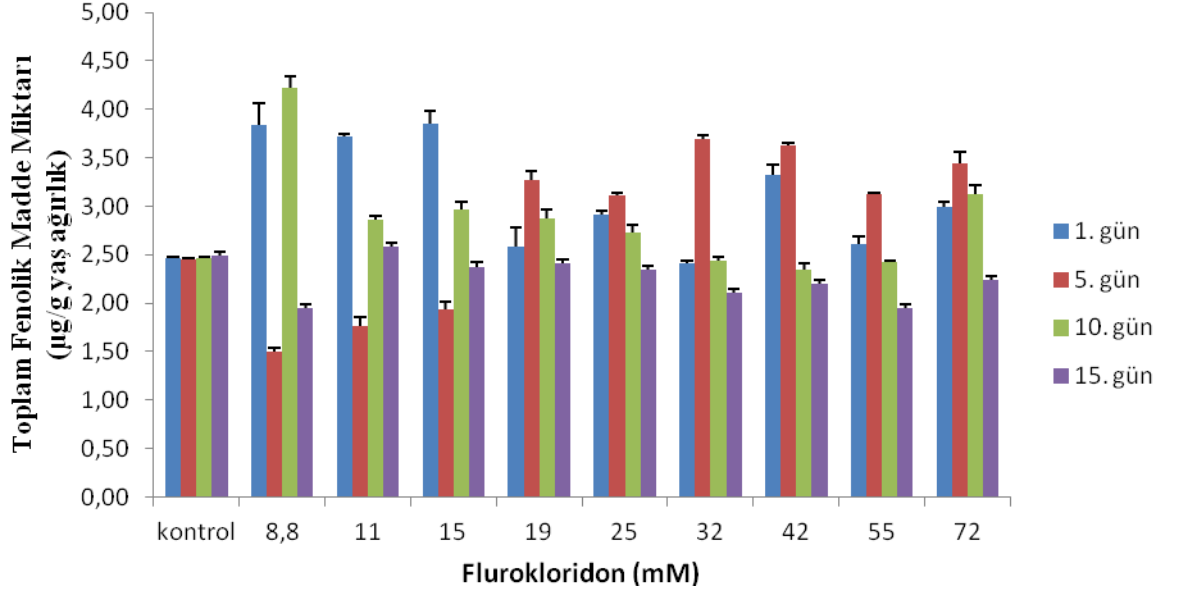
Ek Şekil 36. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GSH içeriğinin değişimi



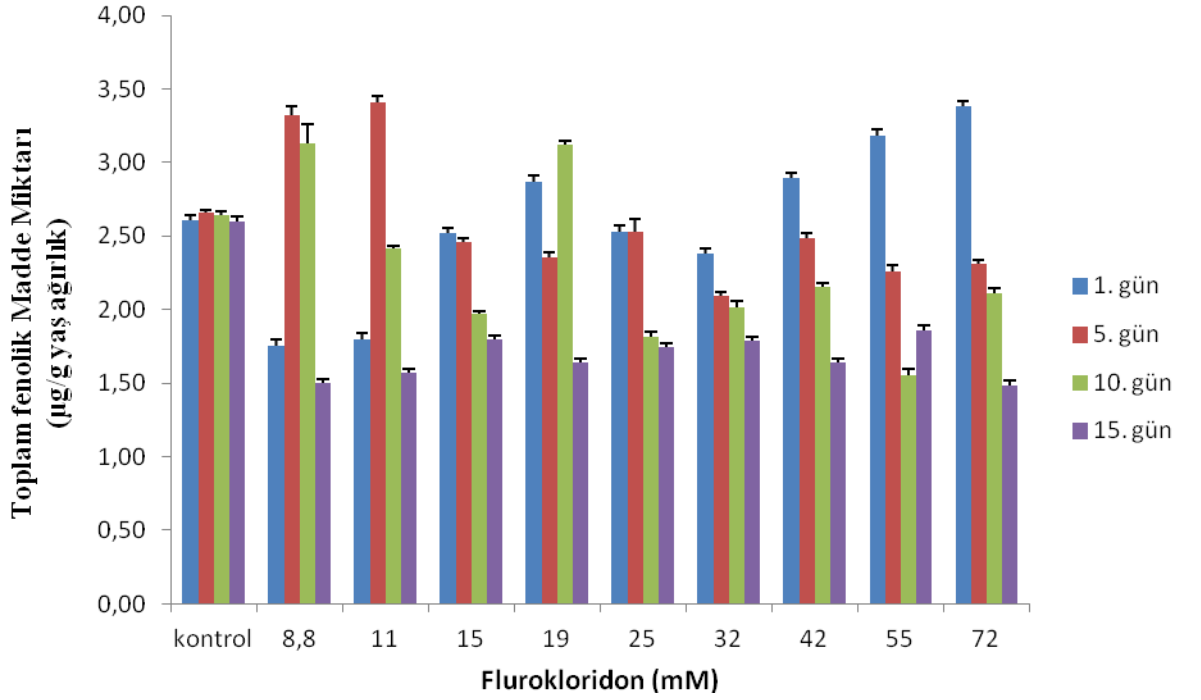
Ek Şekil 37. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi



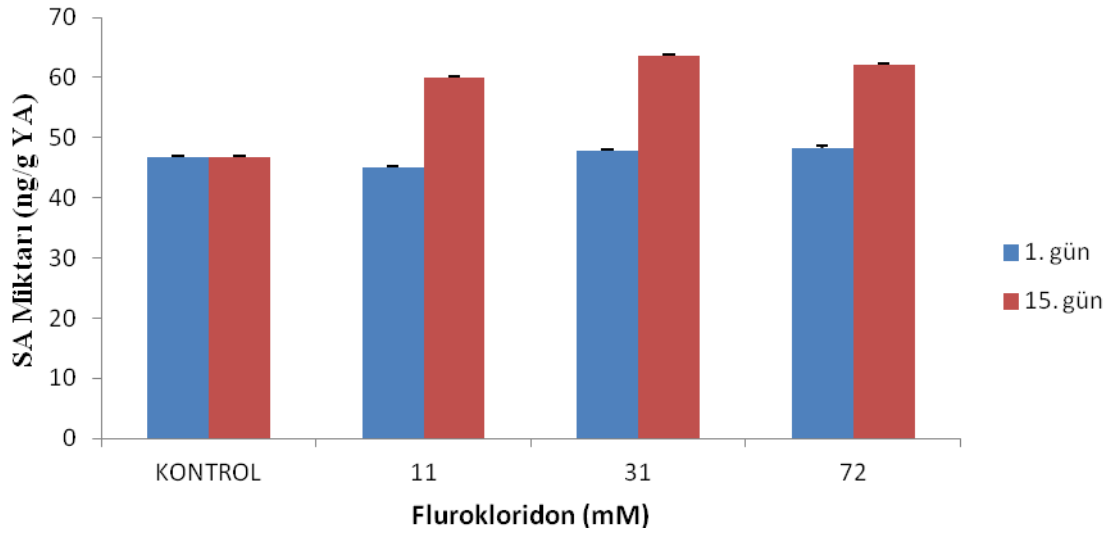
Ek Şekil 38. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi



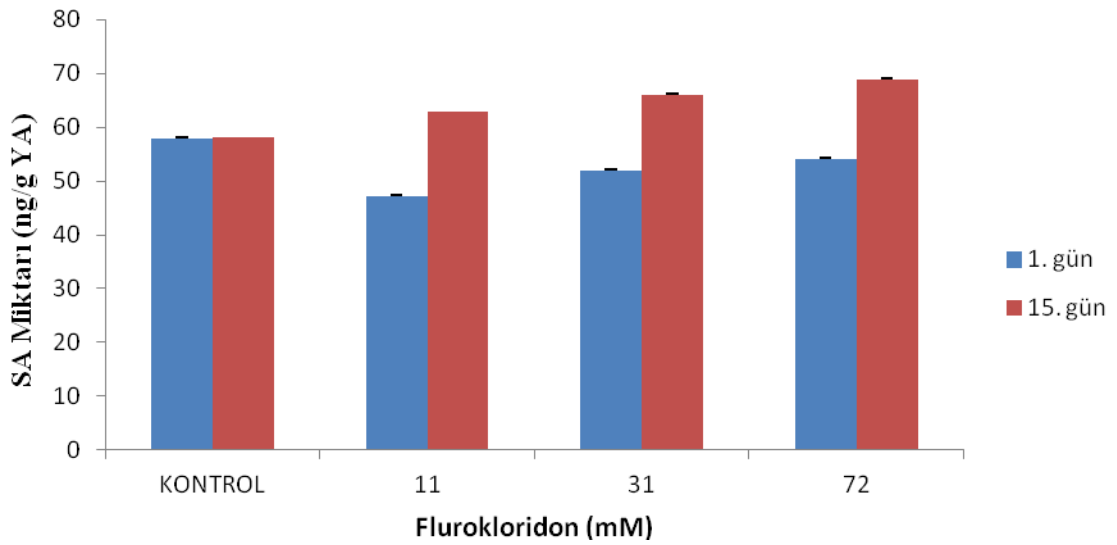
Ek Şekil 39. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriğinin değişimi



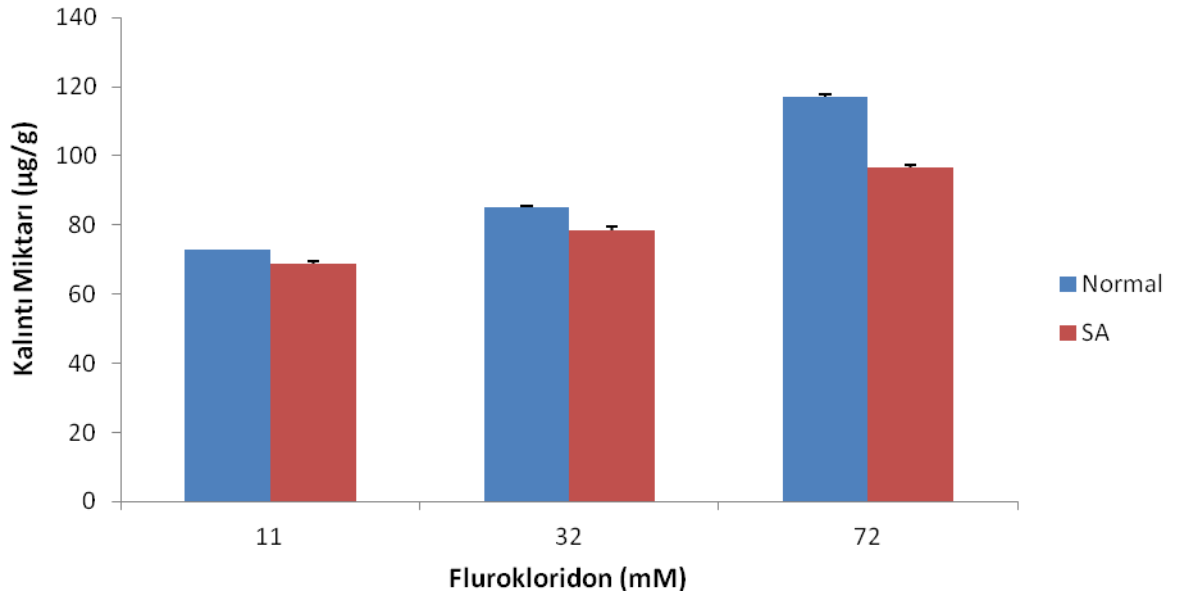
Ek Şekil 40. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriği değişimi



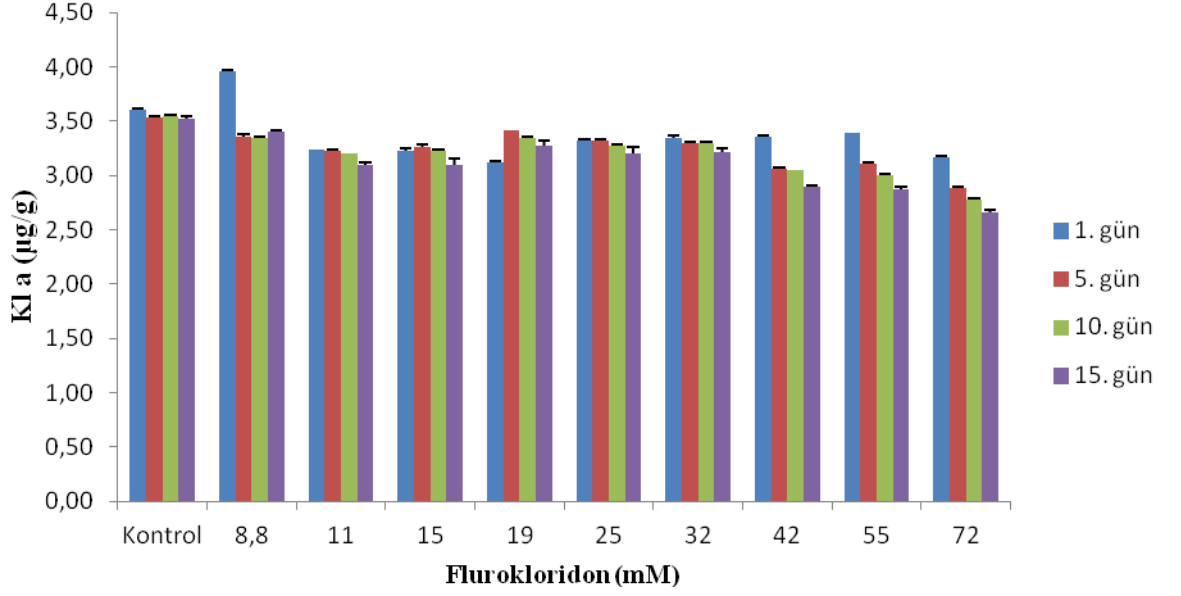
Ek Şekil 41. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus* 'da konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi



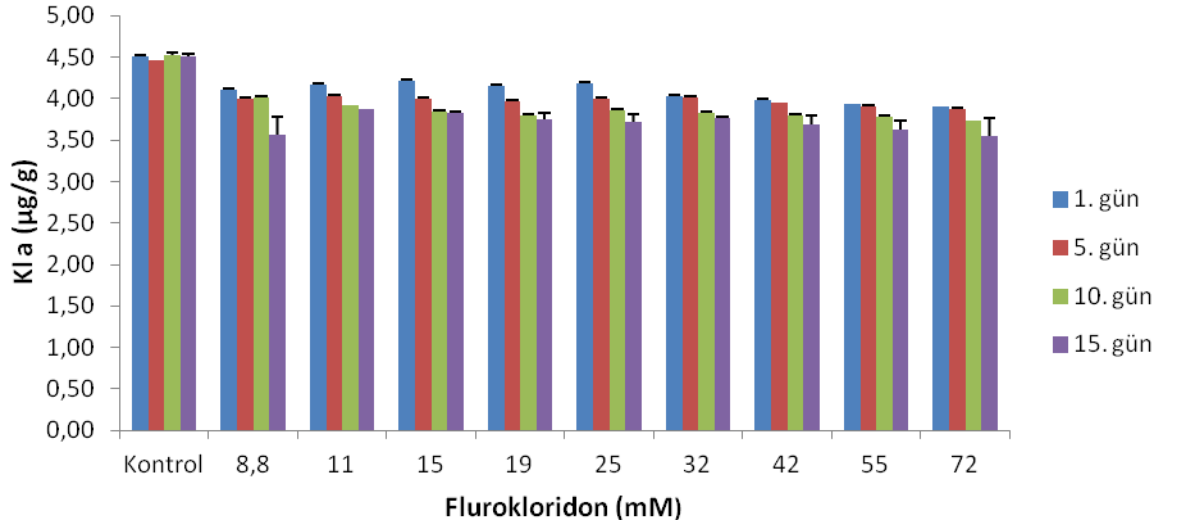
Ek Şekil 42. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *H. annuus*'da konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi



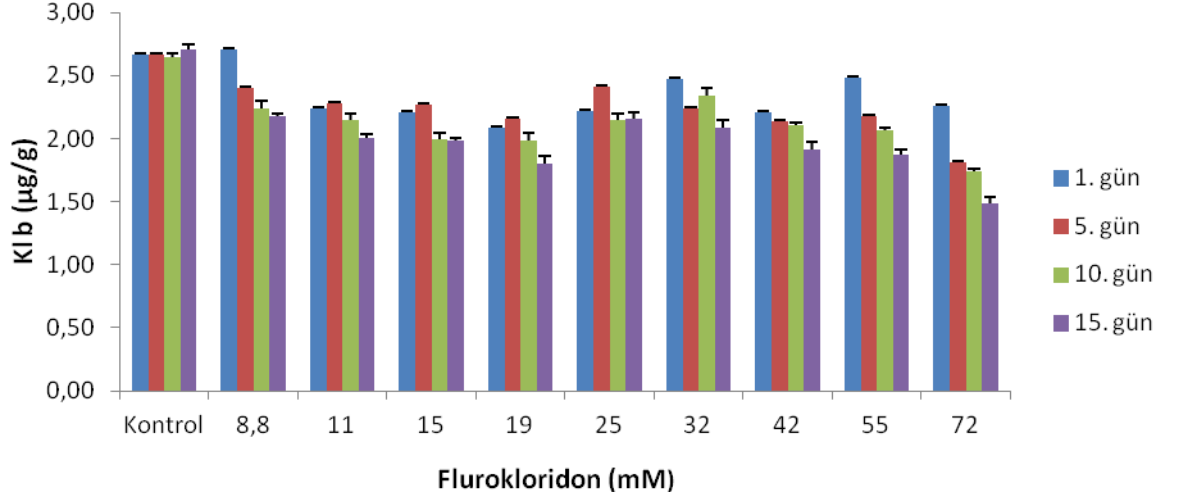
Ek Şekil 43. Flurokloridon uygulanan *H. annuus* yapraklarında gün içi kalıntı miktarının değişimi



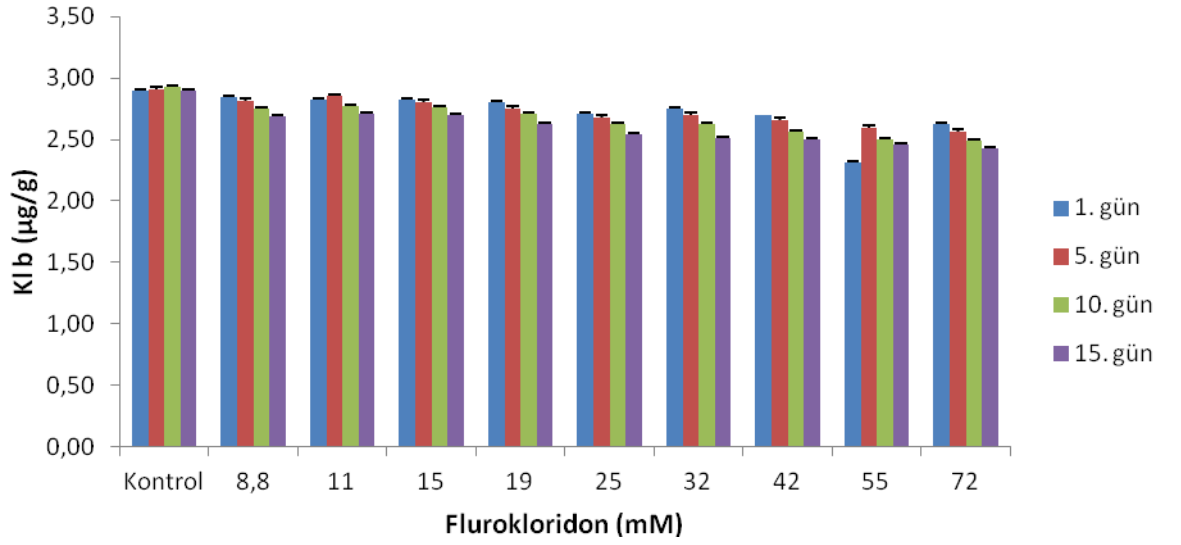
Ek Şekil 44. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi



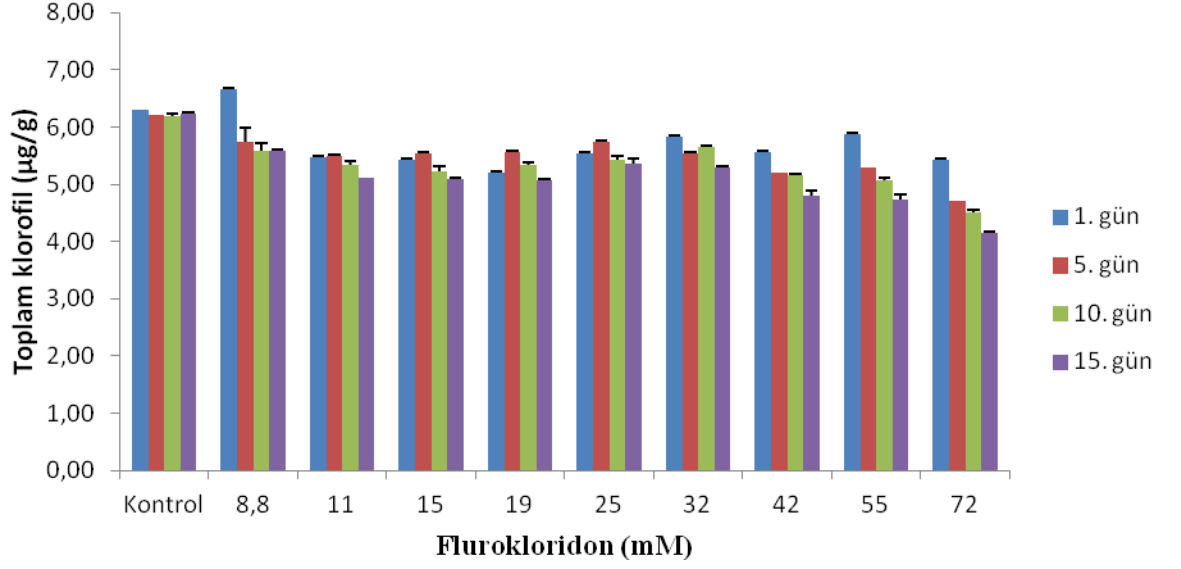
Ek Şekil 45. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl a miktarlarının değişimi



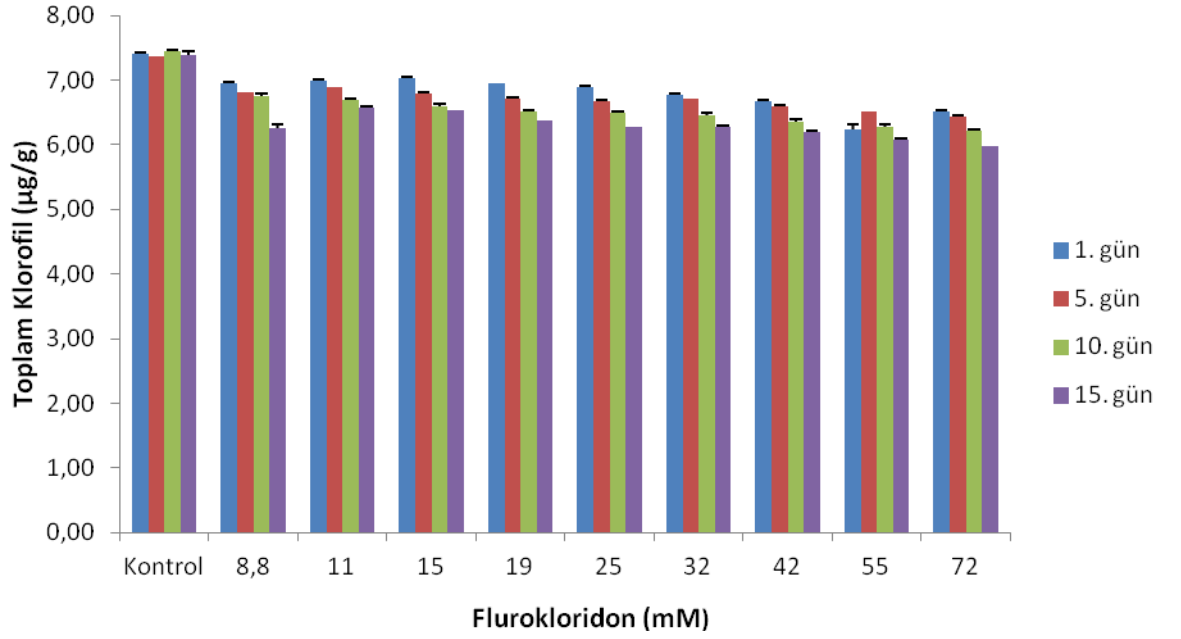
Ek Şekil 46. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi



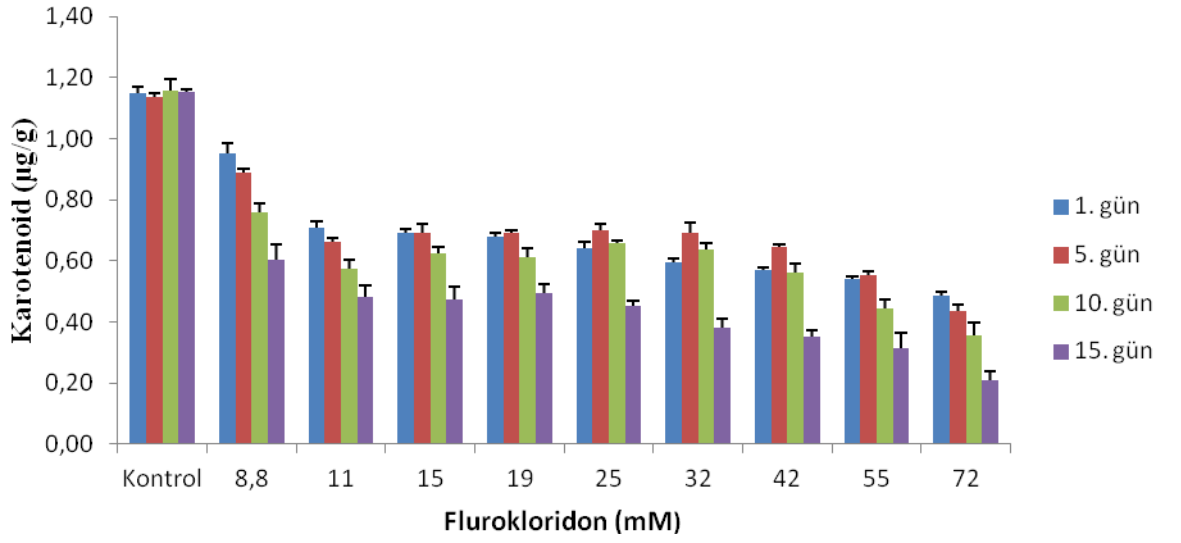
Ek Şekil 47. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı Kl b miktarlarının değişimi



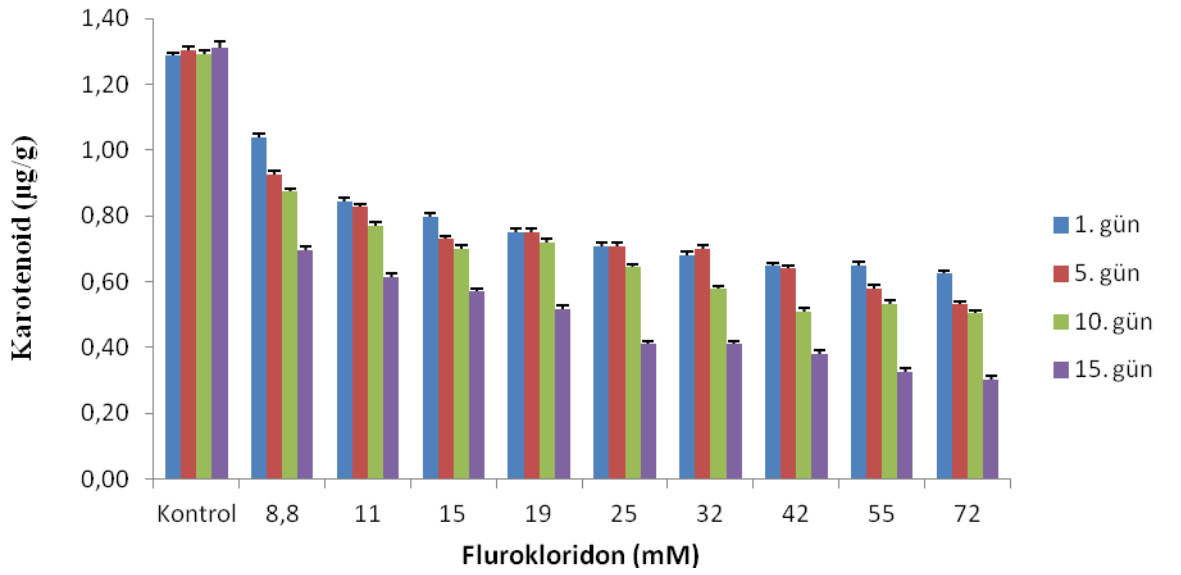
Ek Şekil 48. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil içeriğinin değişimi



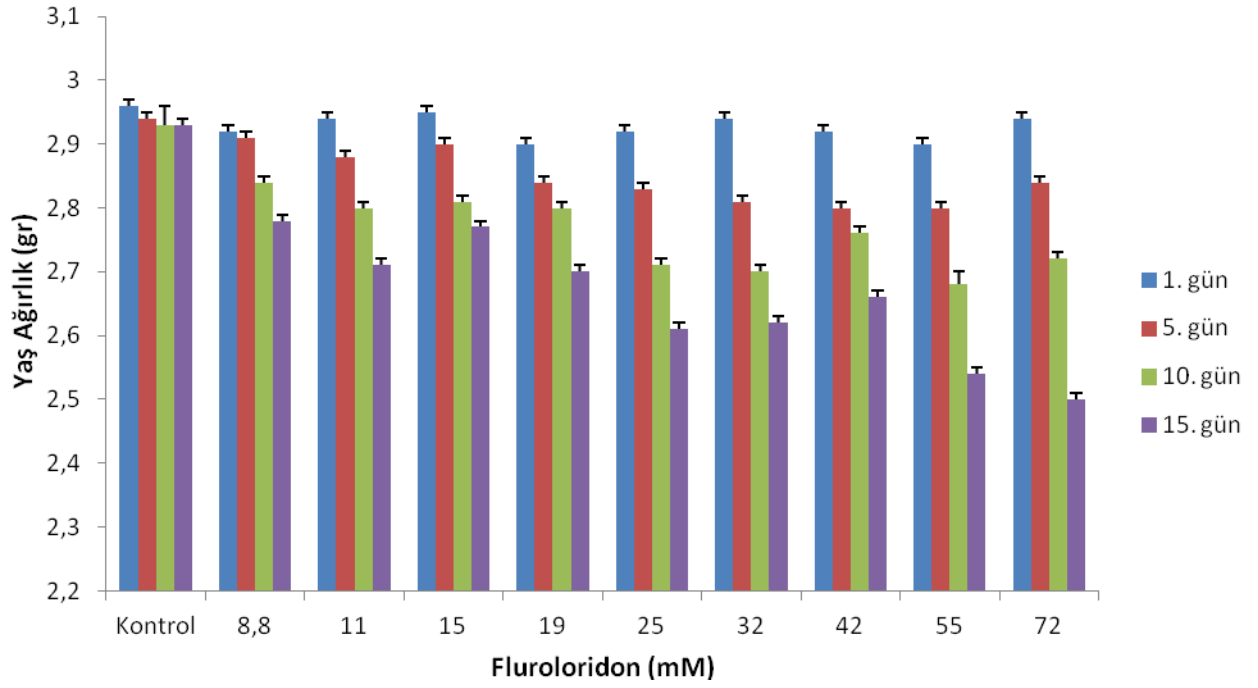
Ek Şekil 49. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam klorofil miktarlarının değişimi



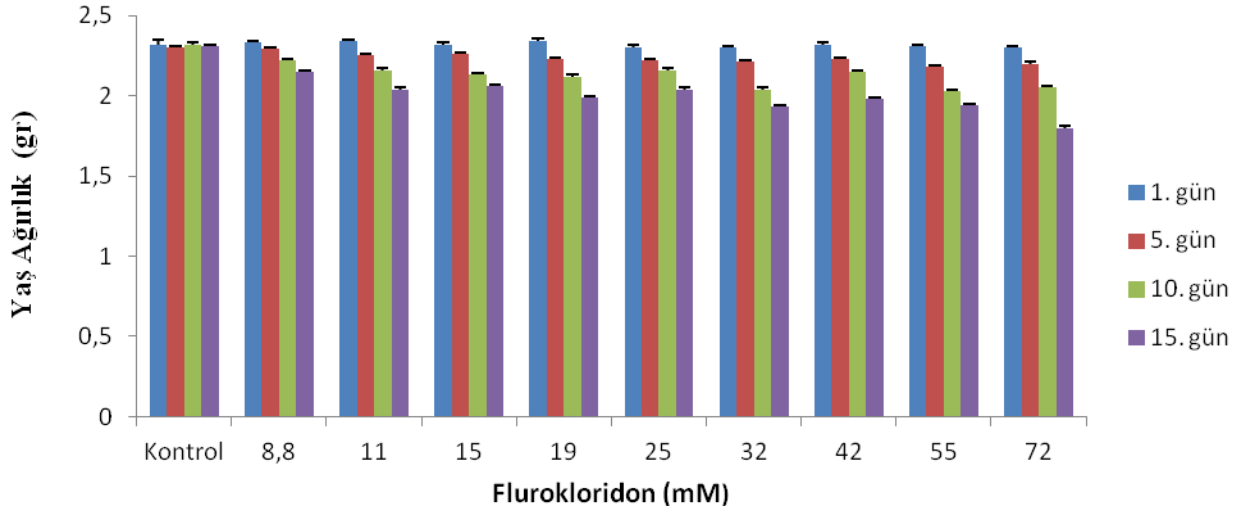
Ek Şekil 50. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid içeriğinin değişimi



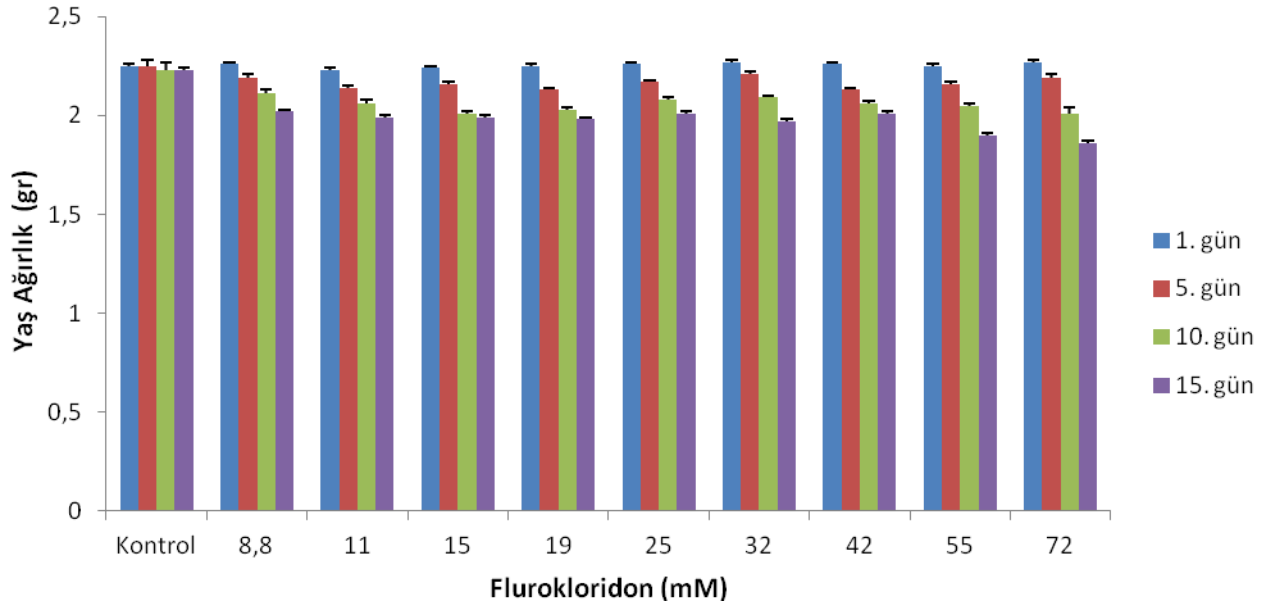
Ek Şekil 51. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı karotenoid miktarlarının değişimi



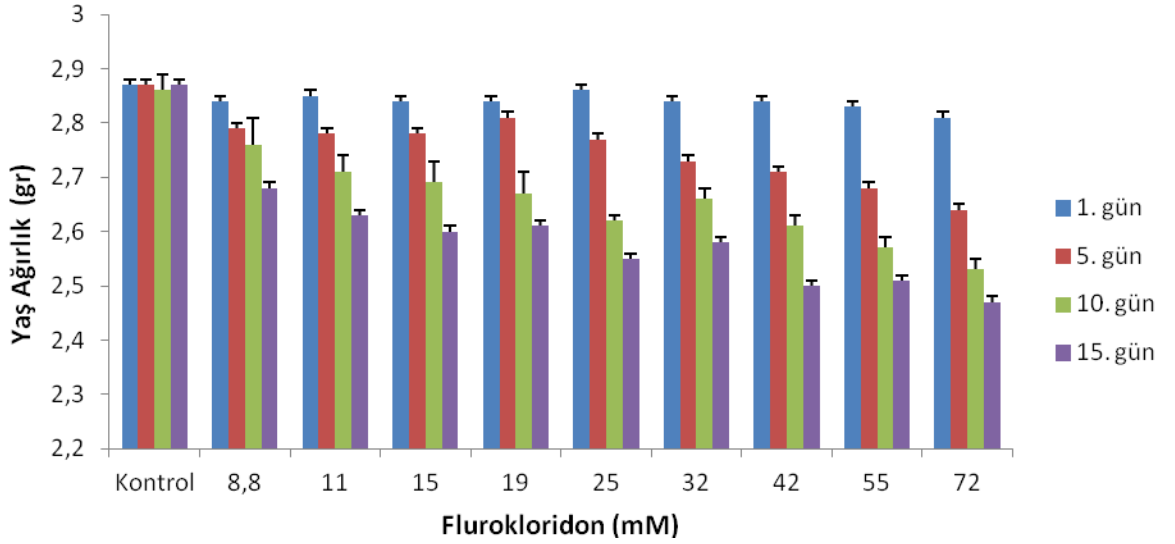
Ek Şekil 52. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığının değişimi



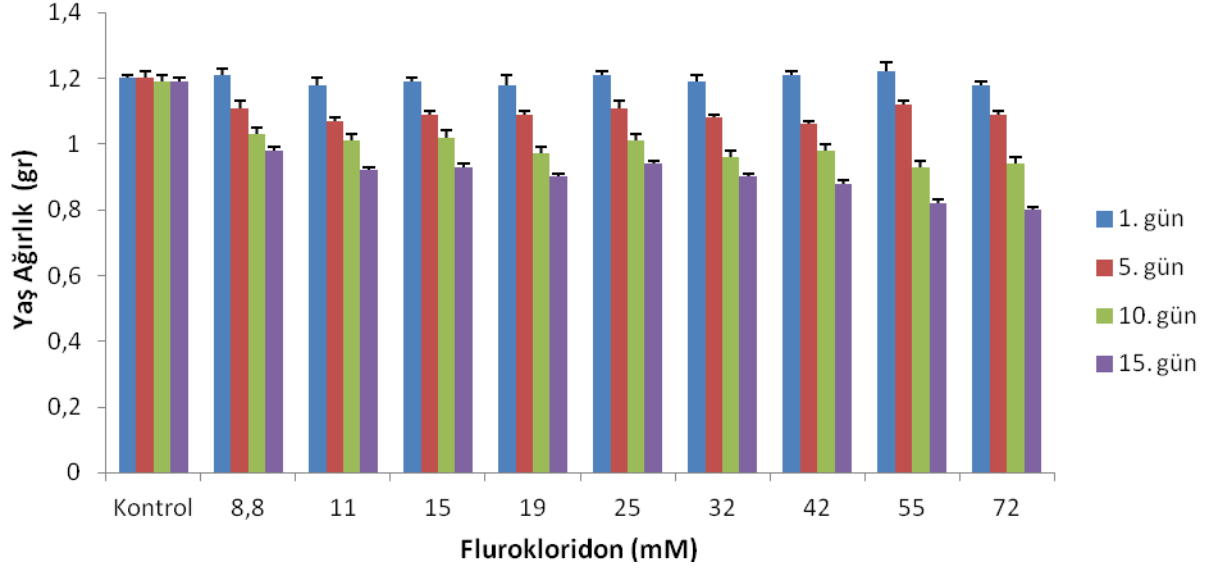
Ek Şekil 53. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak yaş ağırlığı değişimi



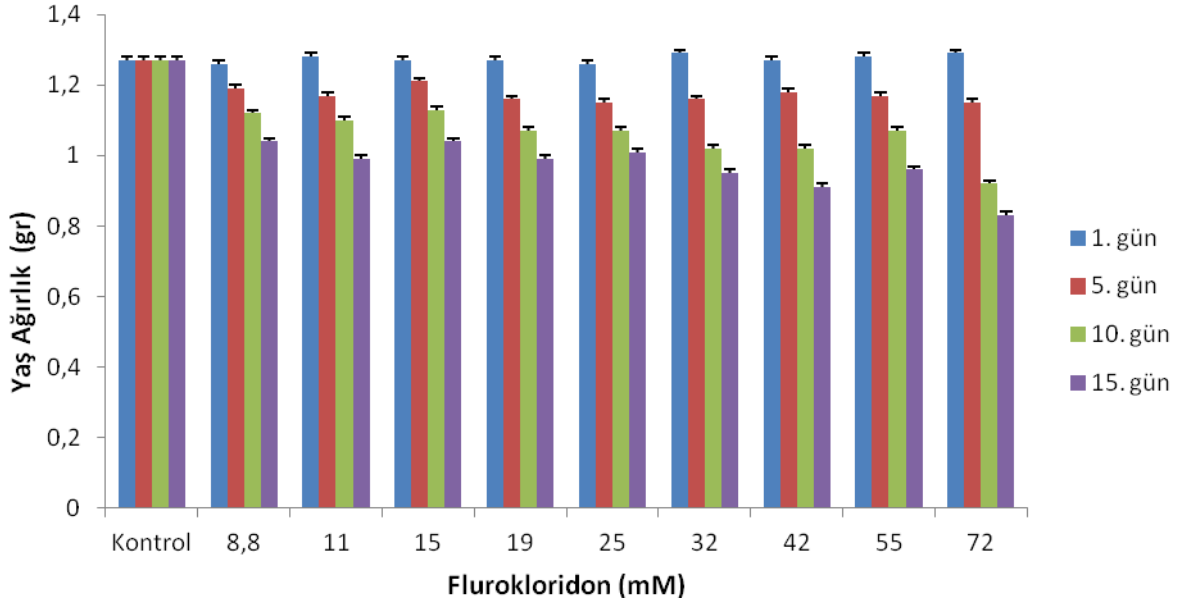
Ek Şekil 54. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. Sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığının değişimi



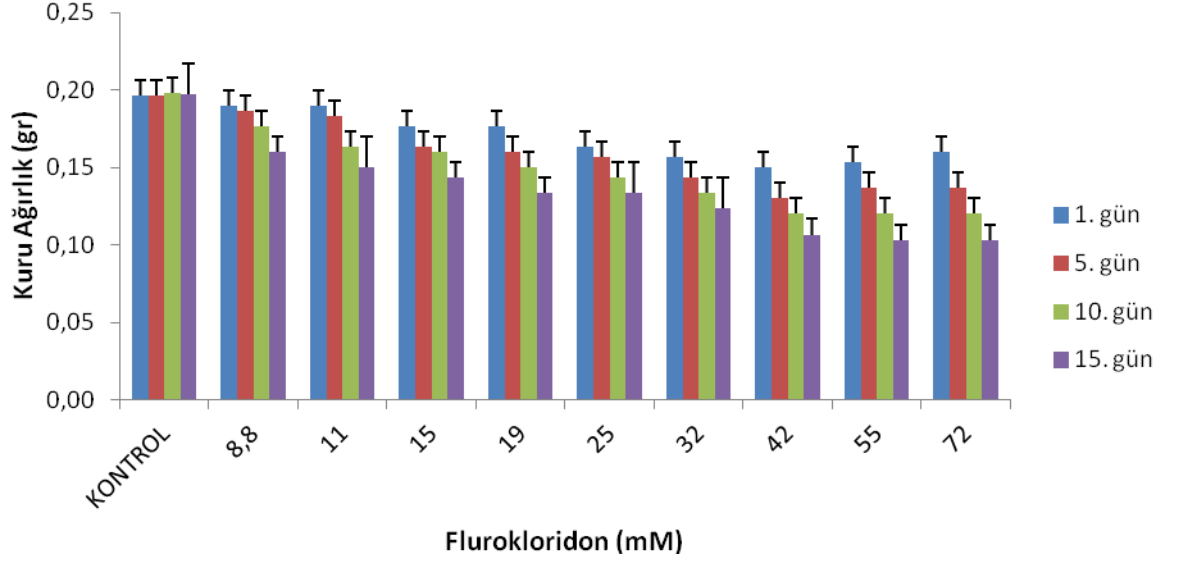
Ek Şekil 55. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde yaş ağırlığı değişimi



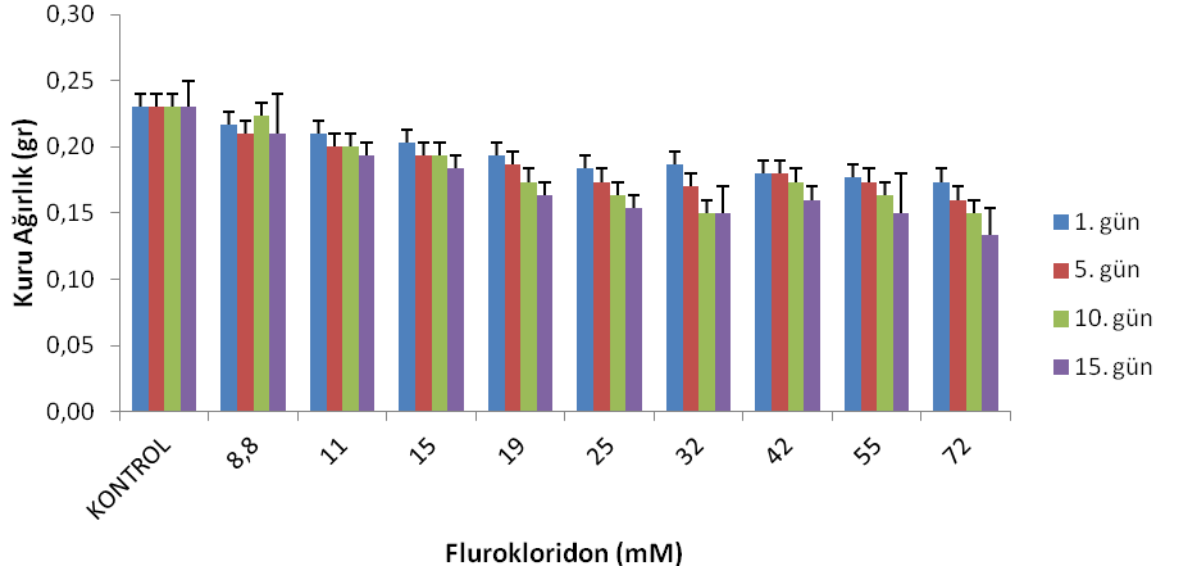
Ek Şekil 56. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kök ağırlığının değişimi



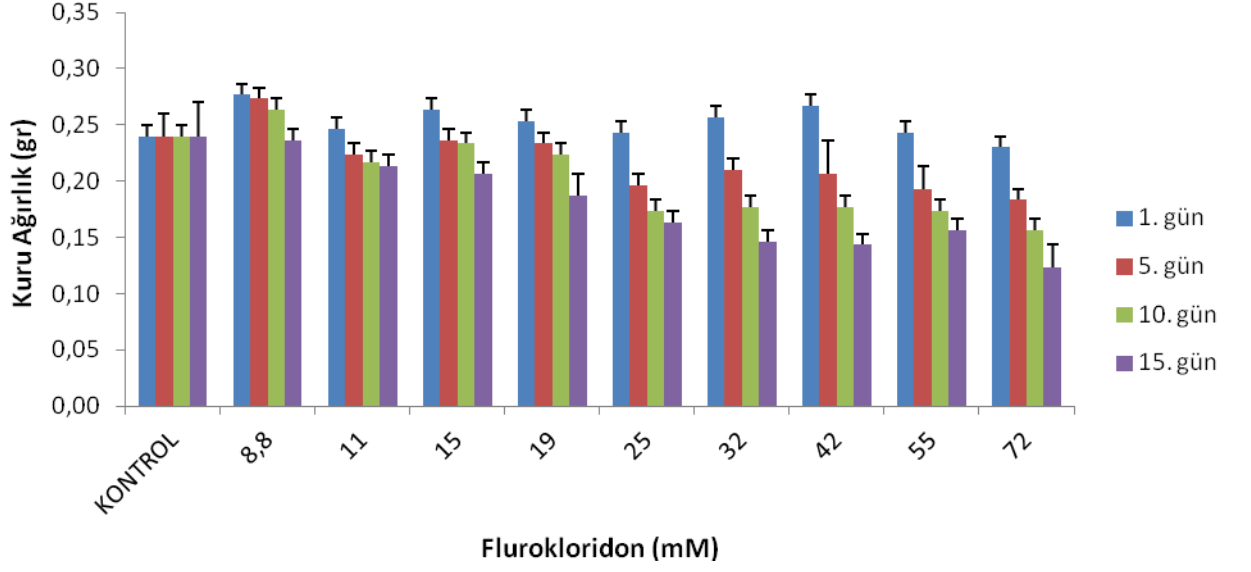
Ek Şekil 57. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök yaş ağırlığının değişimi



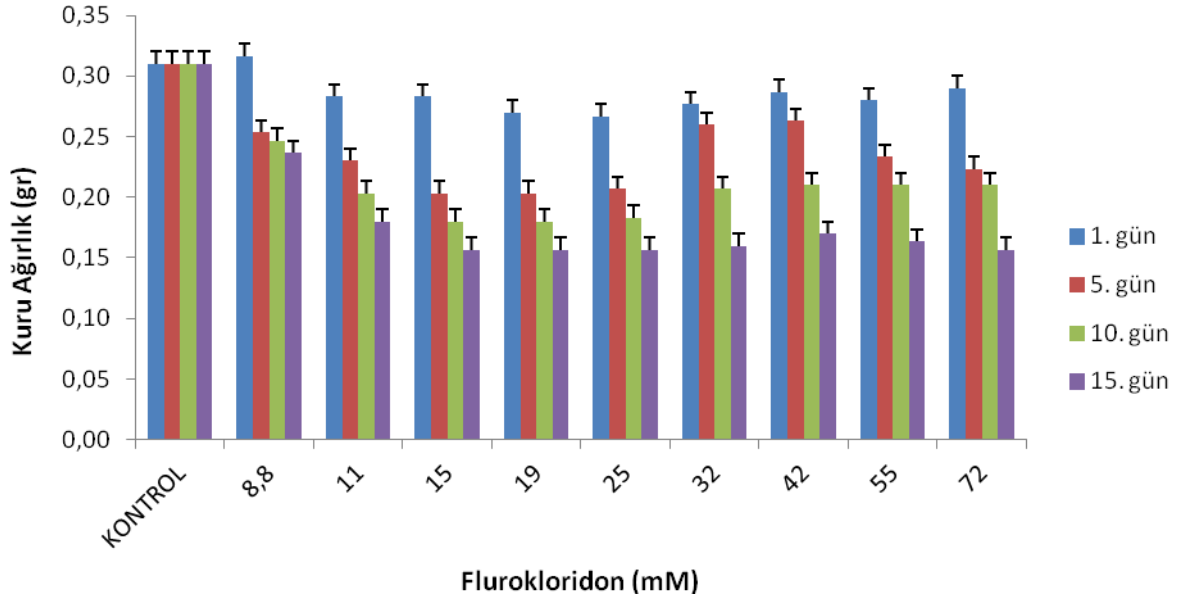
Ek Şekil 58. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru ağırlığının değişimi



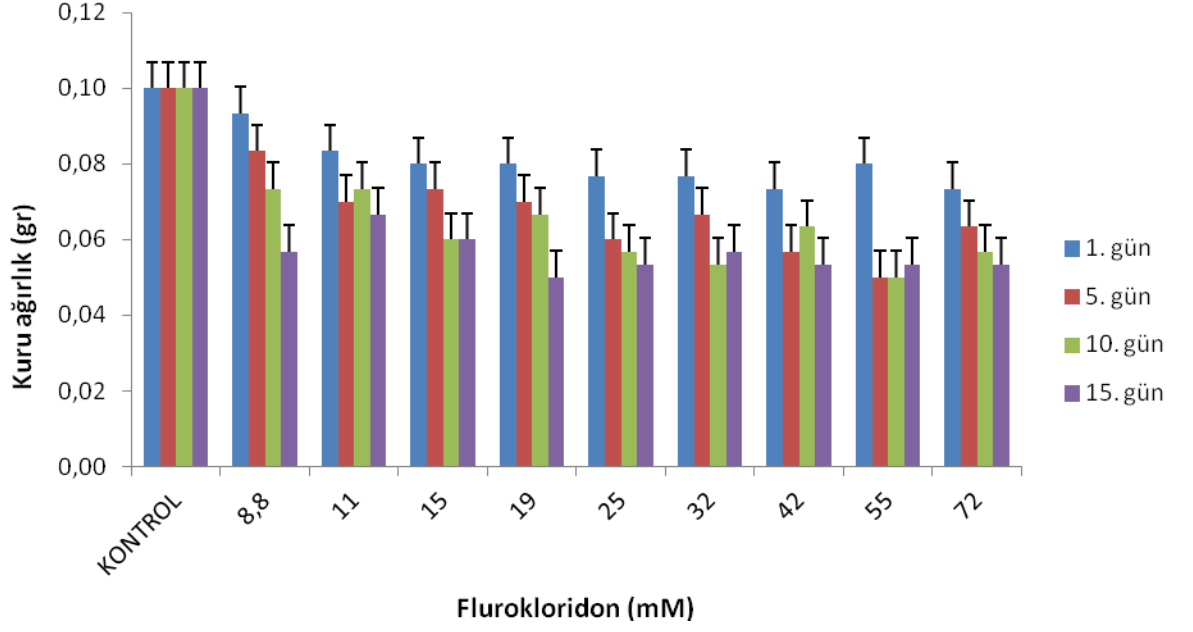
Ek Şekil 59. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı yaprak kuru değışimi



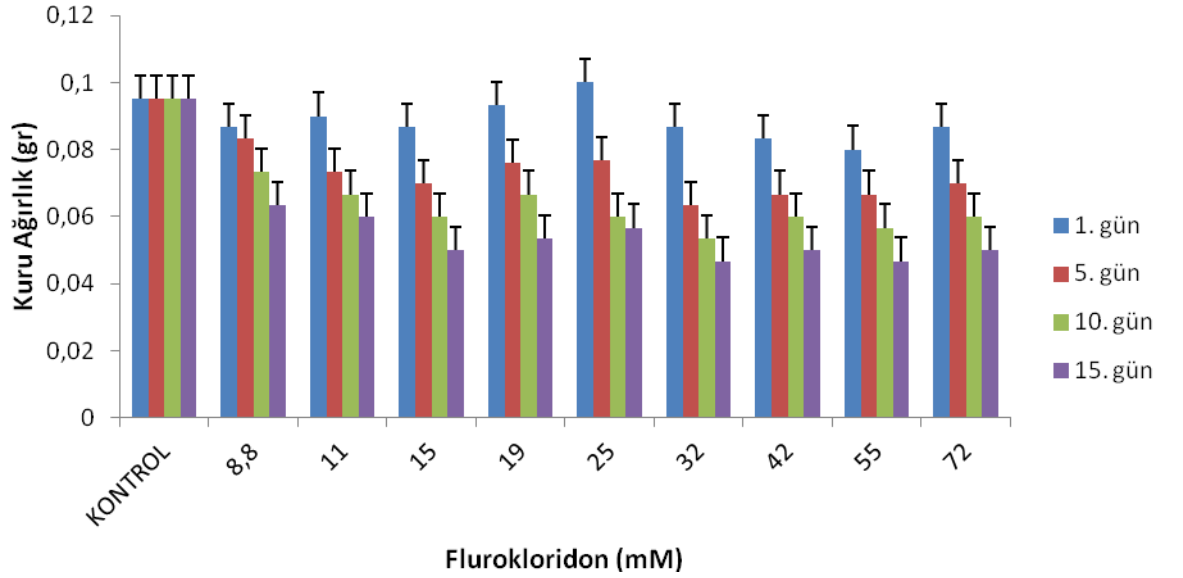
Ek Şekil 60. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığının değişimi



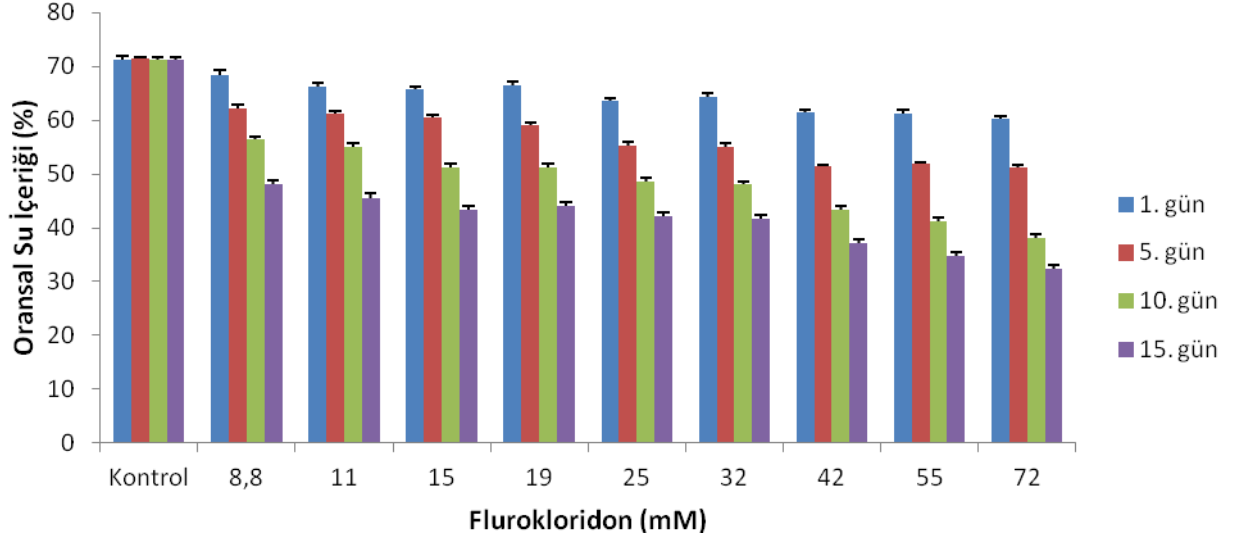
Ek Şekil 61. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* bitkisinde konsantrasyonlara ve günlere bağlı gövde kuru ağırlığı değişimi



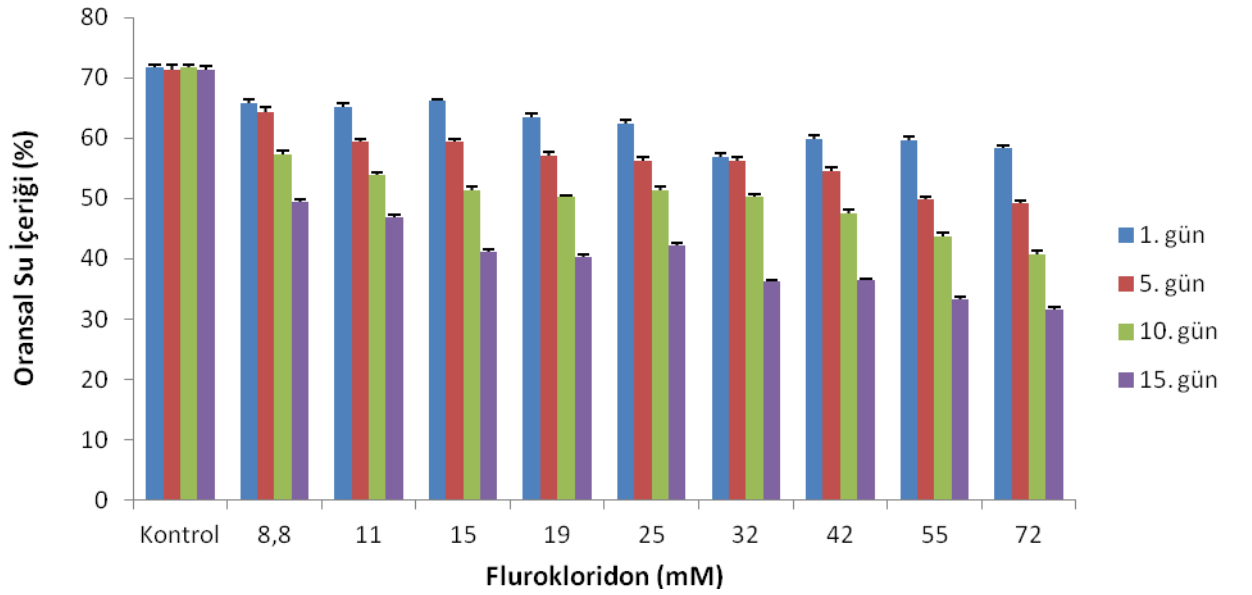
Ek Şekil 62. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığı değişimi



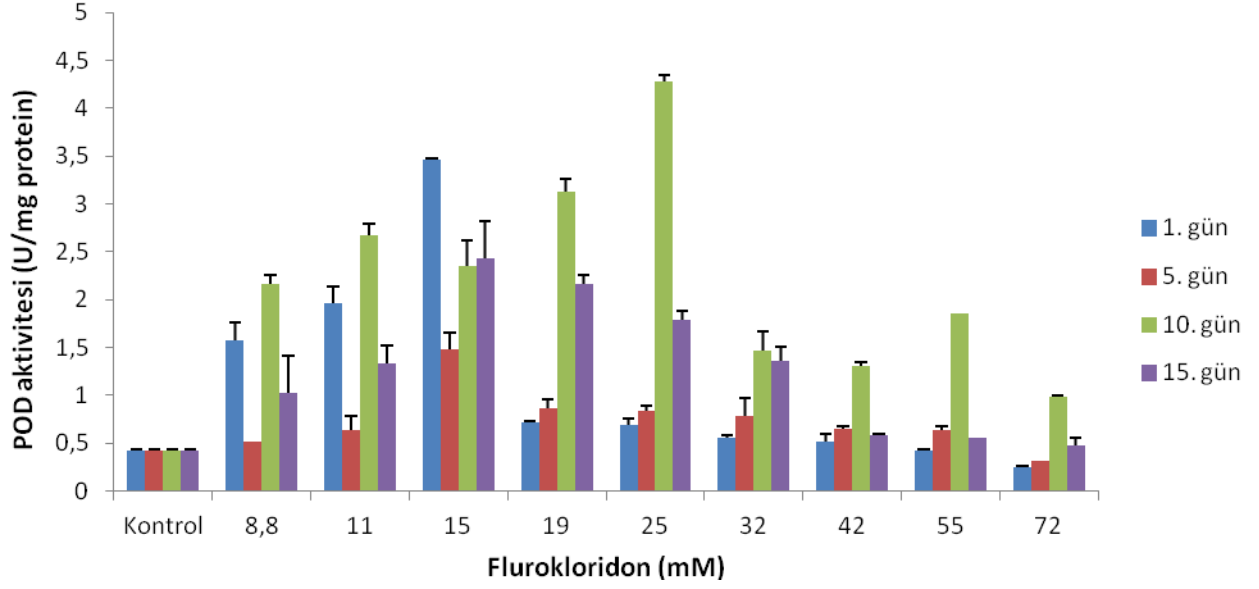
Ek Şekil 63. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı kök kuru ağırlığı değişimi



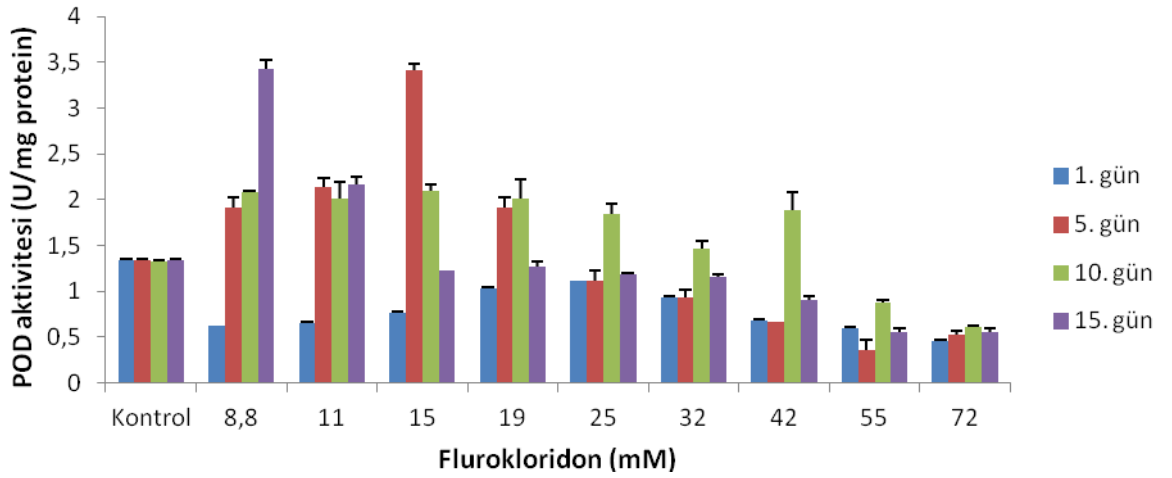
Ek Şekil 64. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriğinin değişimi



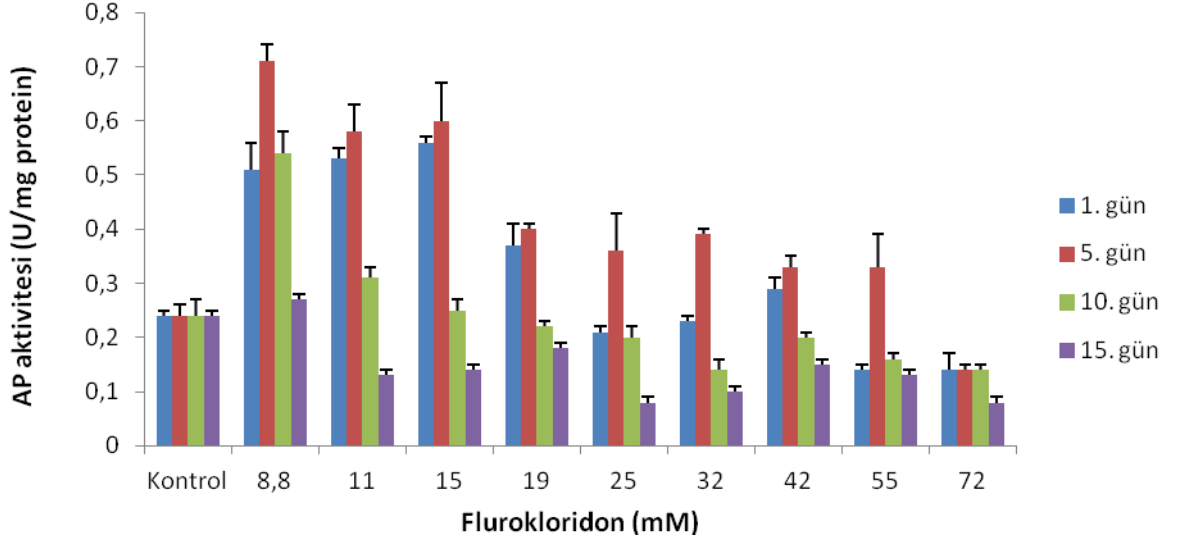
Ek Şekil 65. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı oransal su içeriği değişimi



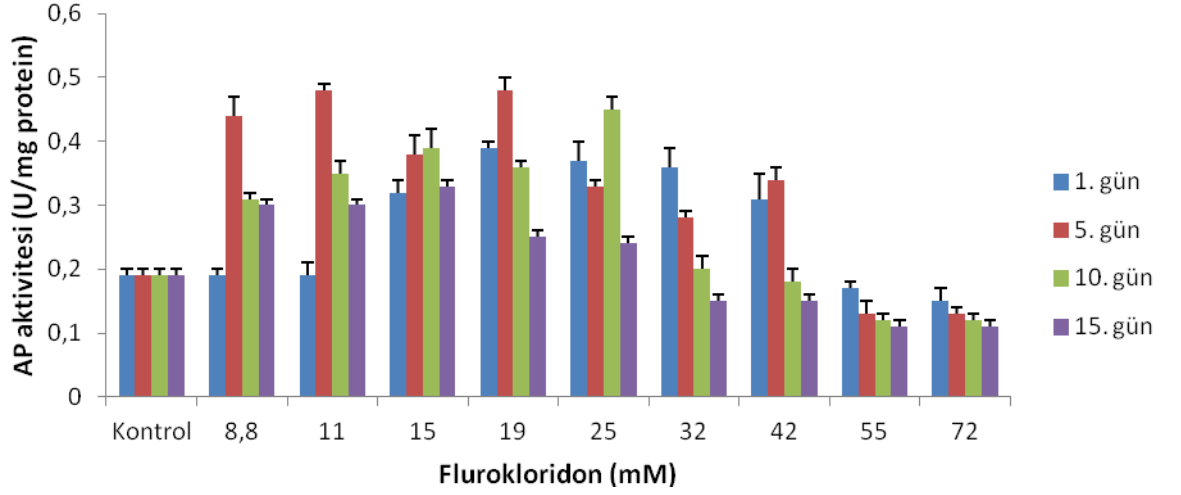
Ek Şekil 66. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi



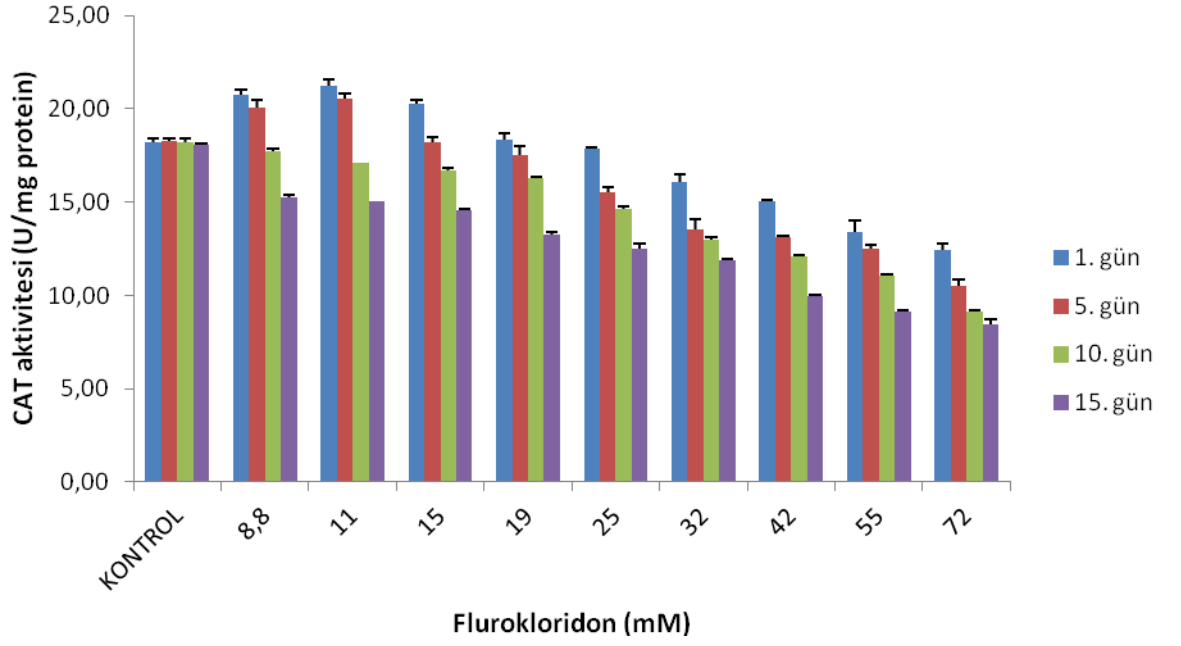
Ek Şekil 67. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı POD aktivitesinin değişimi



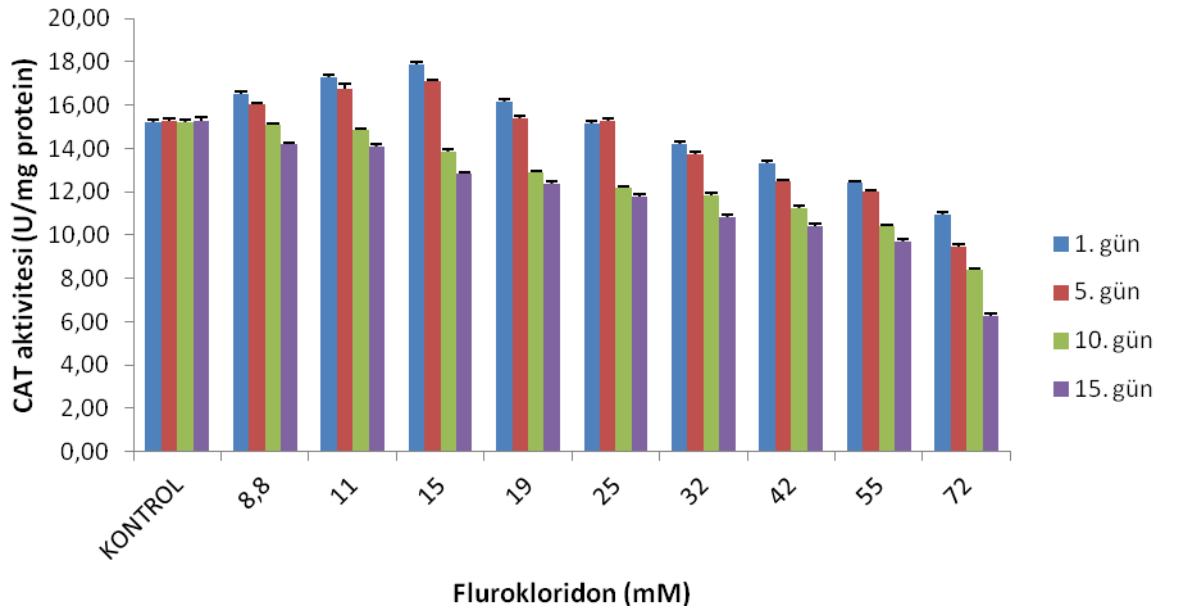
Ek Şekil 68. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi



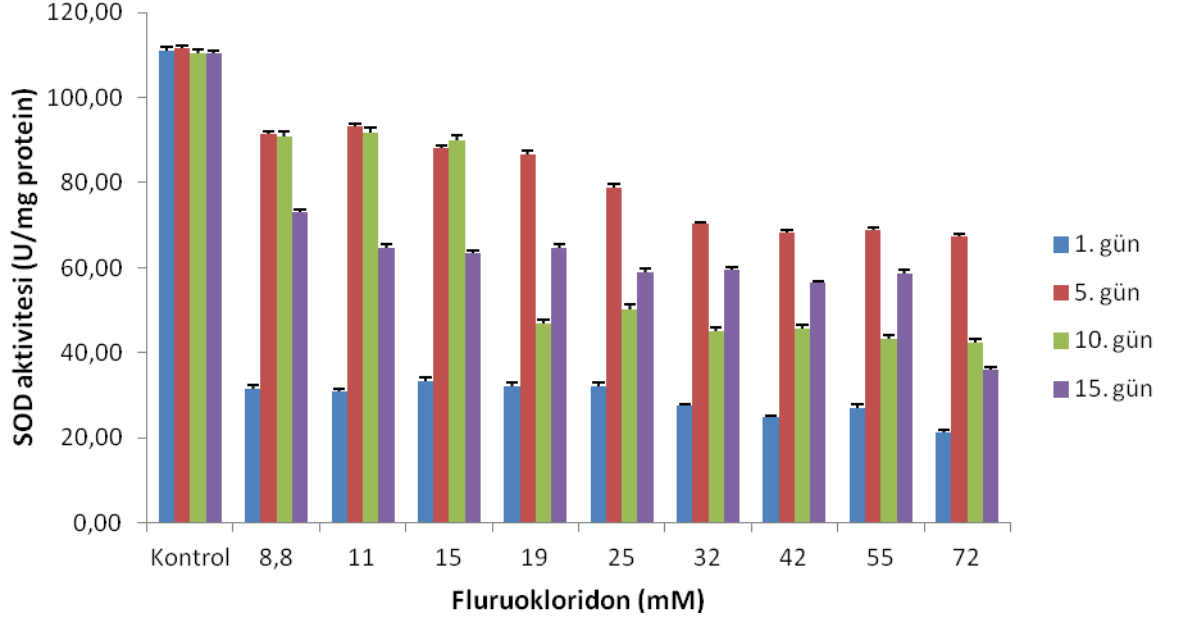
Ek Şekil 69. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı AP aktivitesinin değişimi



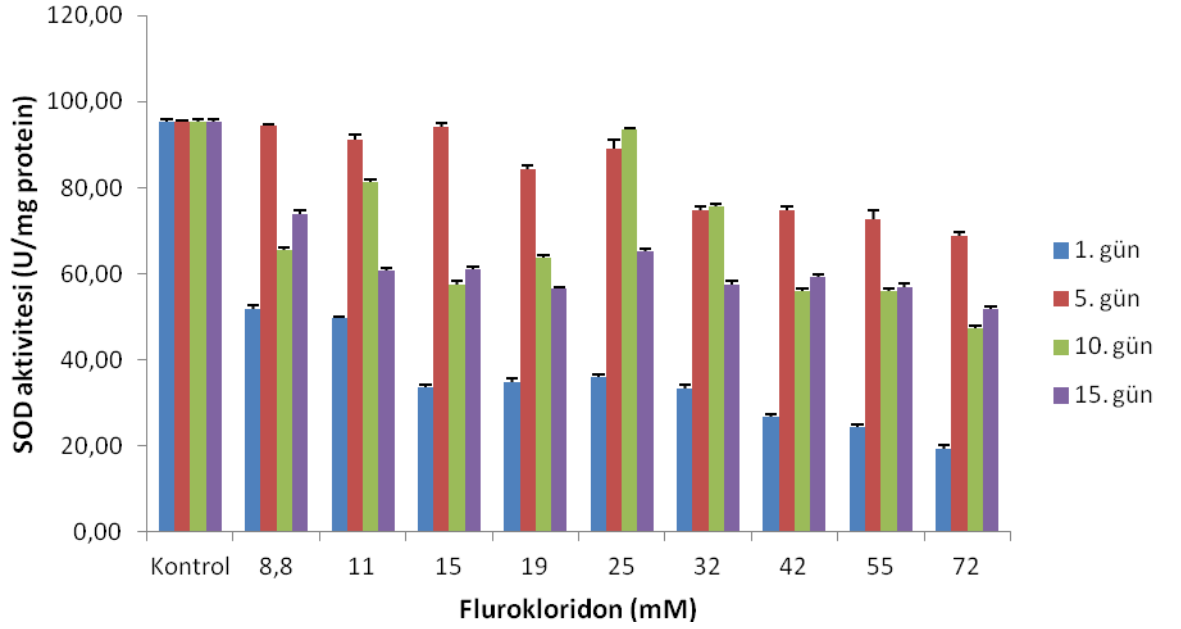
Ek Şekil 70. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi



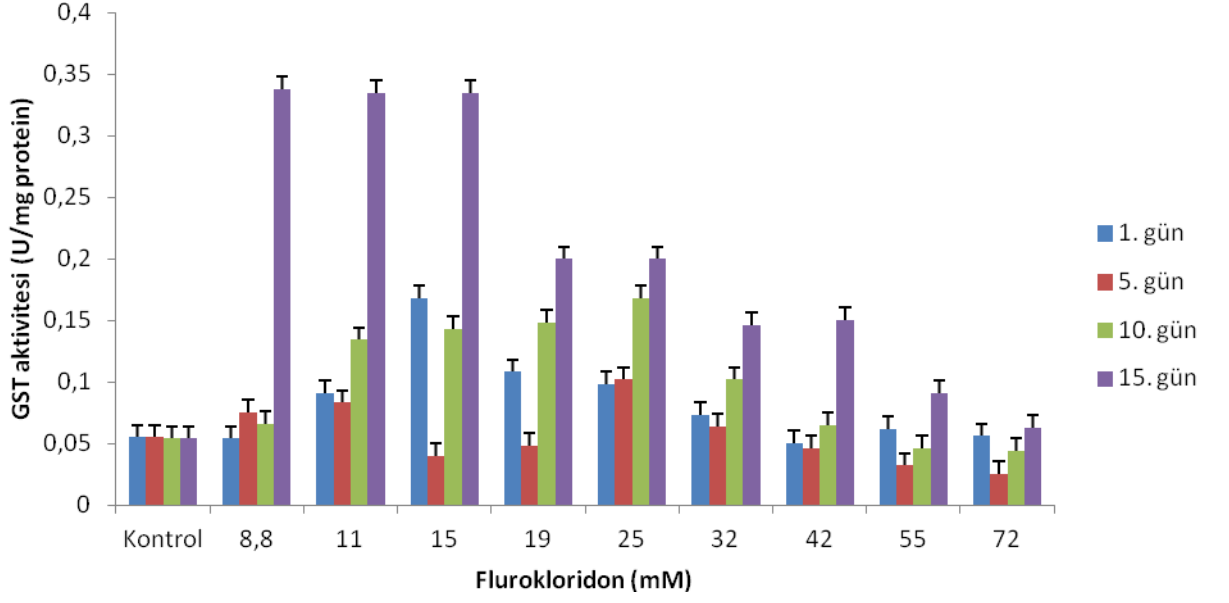
Ek Şekil 71. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı CAT aktivitesinin değişimi



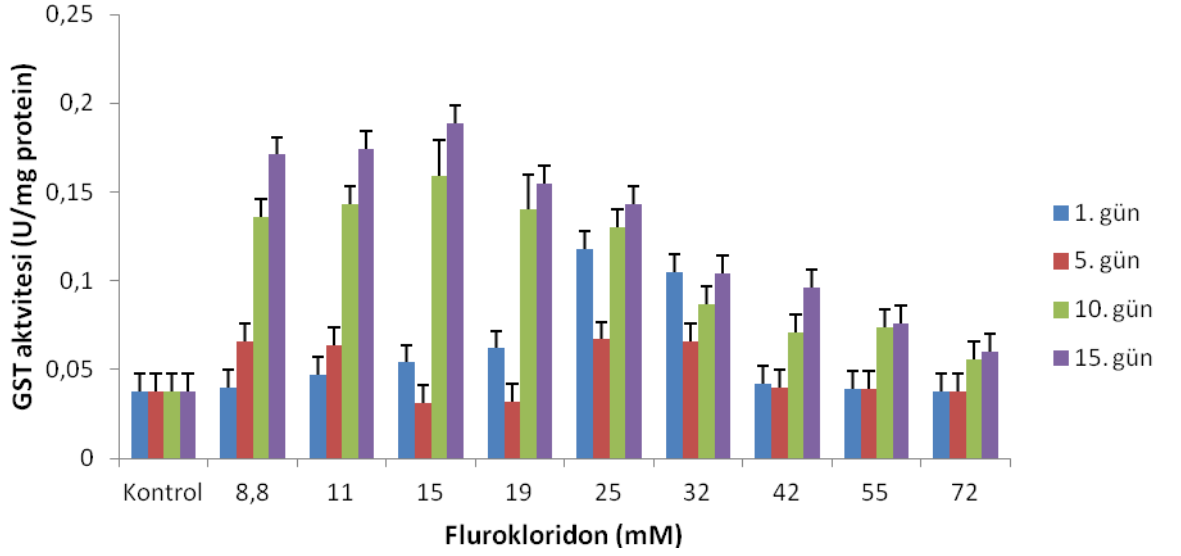
Ek Şekil 72. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi



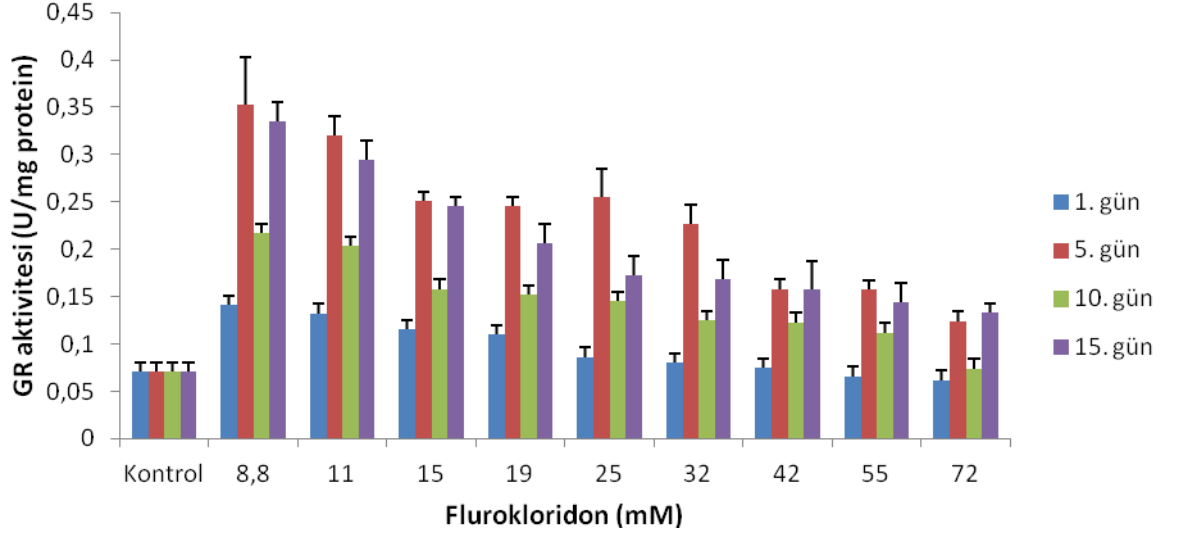
Ek Şekil 73. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı SOD aktivitesinin değişimi



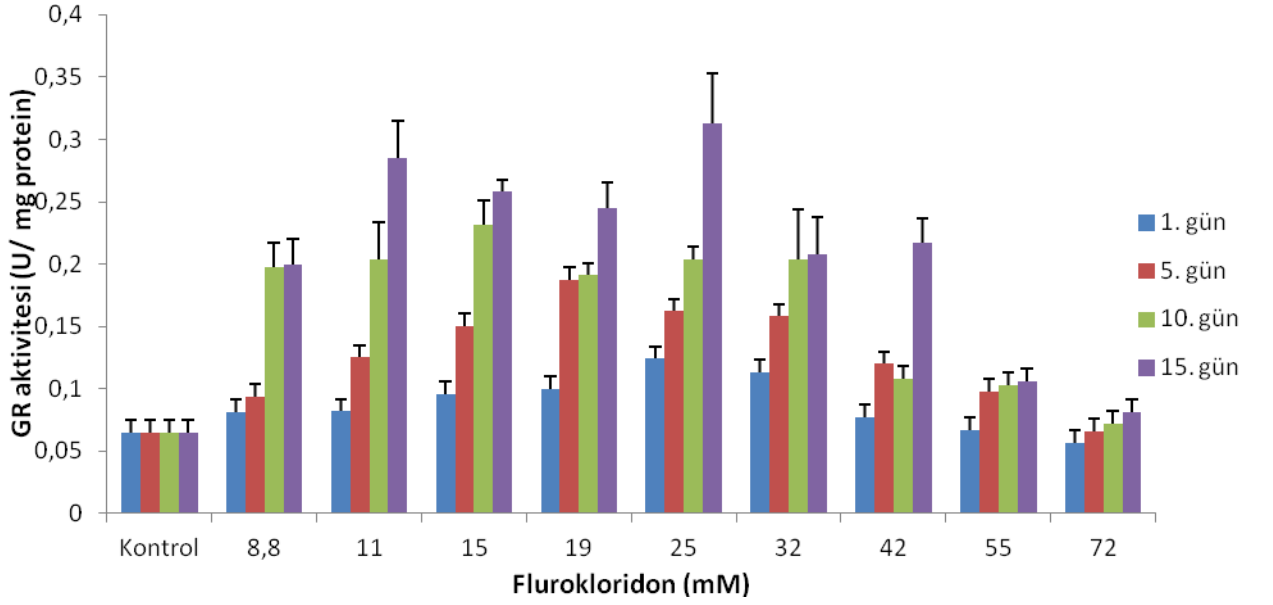
Ek Şekil 74. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi



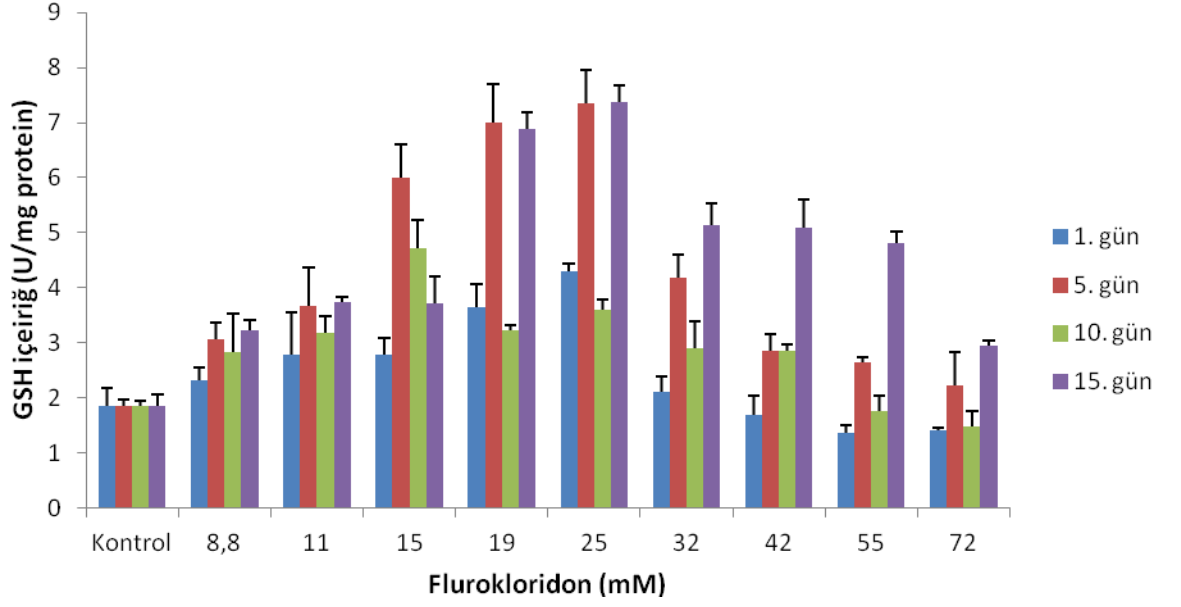
Ek Şekil 75. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GST aktivitesinin değişimi



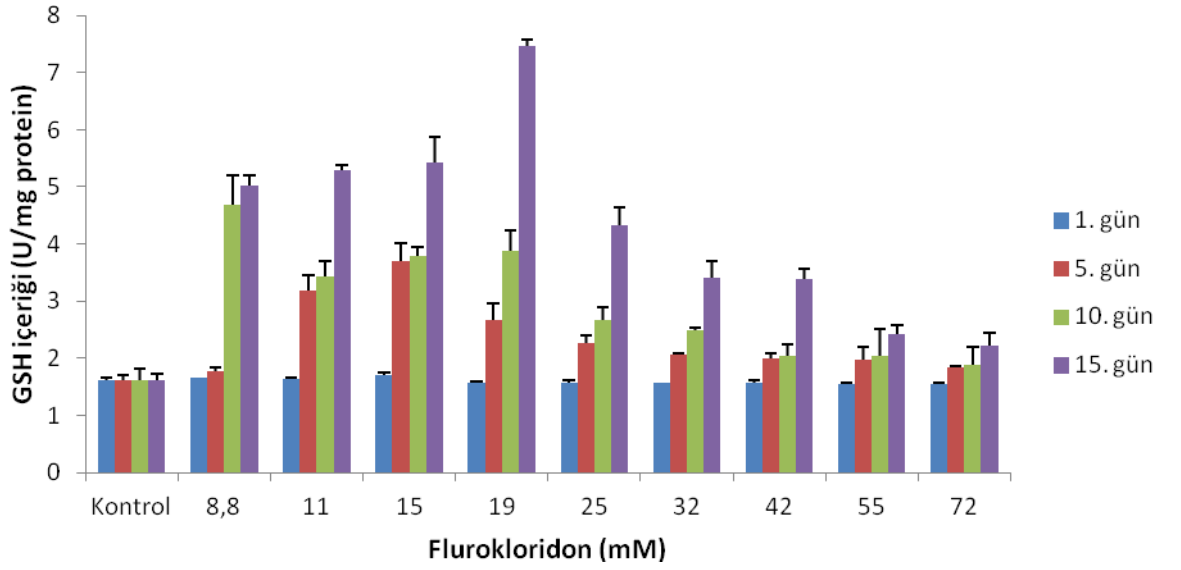
Ek Şekil 76. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi



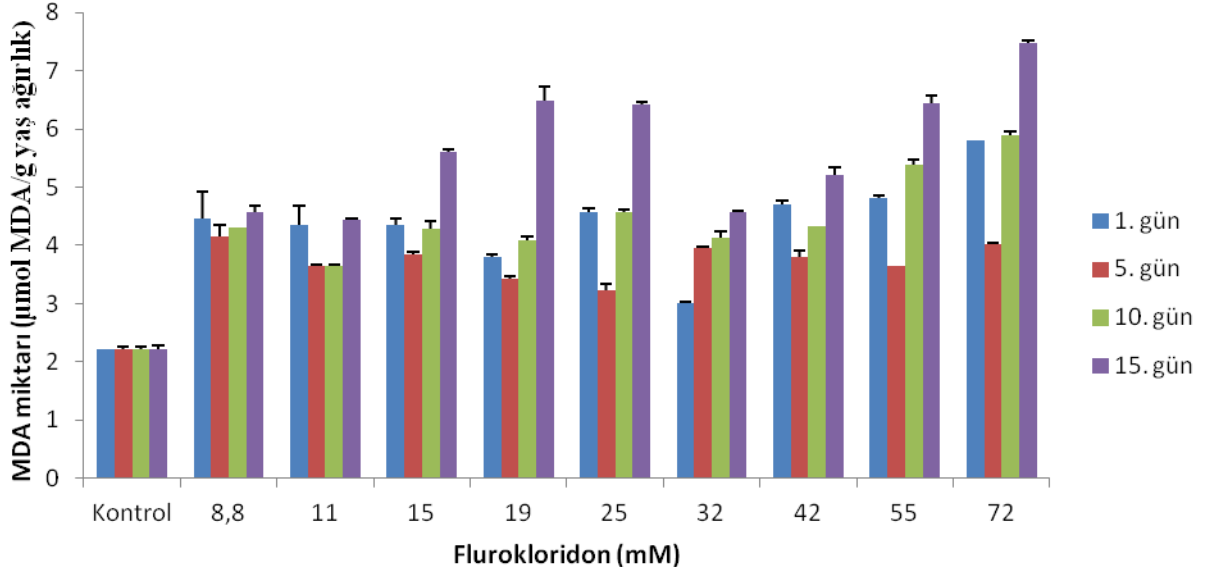
Ek Şekil 77. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GR aktivitesinin değişimi



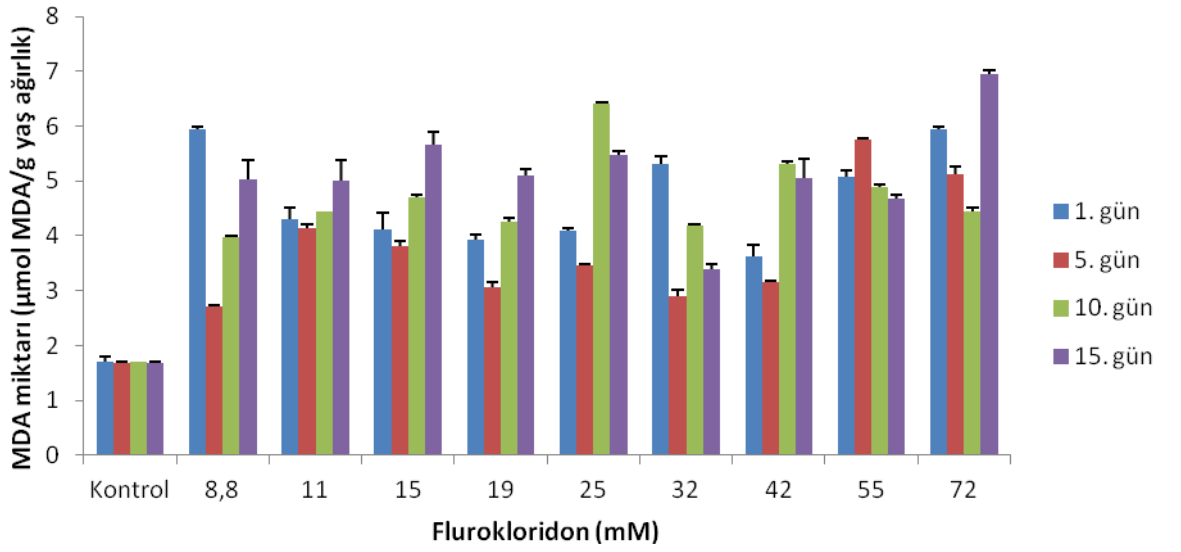
Ek Şekil 78. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam GSH içeriği değişimi



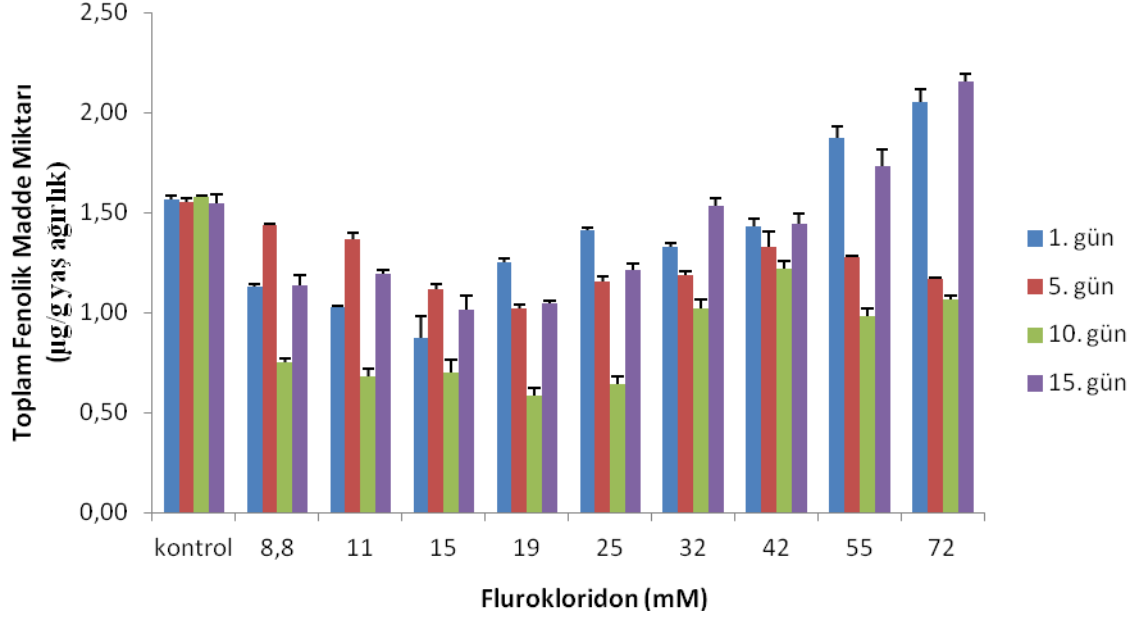
Ek Şekil 79. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı GSH içeriğinin değişimi



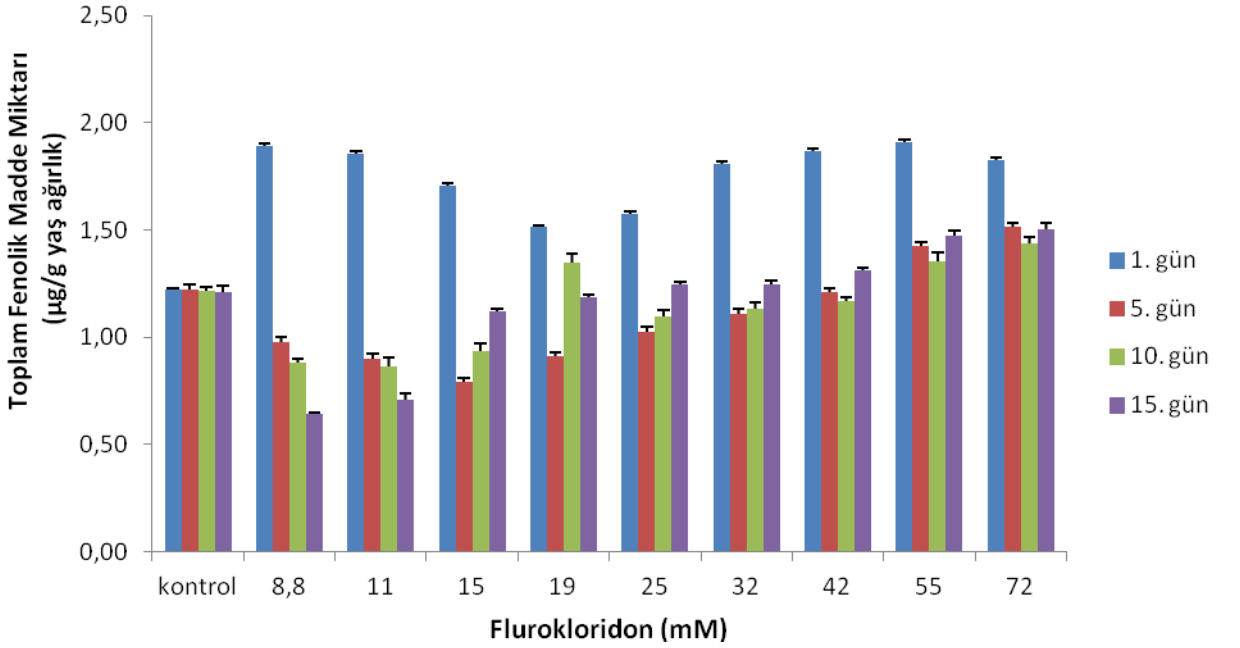
Ek Şekil 80. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi



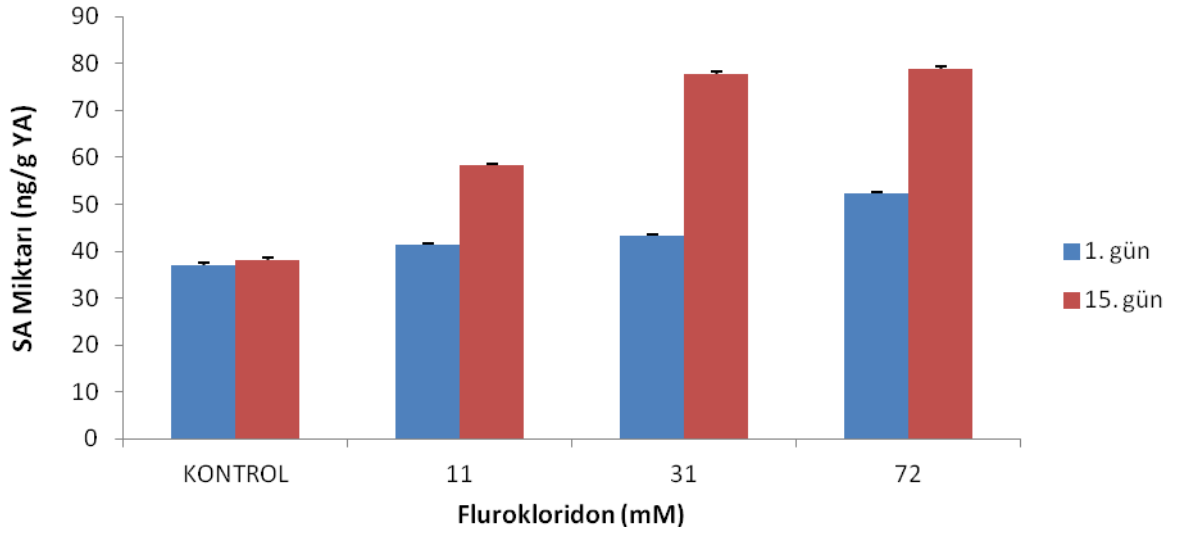
Ek Şekil 81. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı MDA içeriğinin değişimi



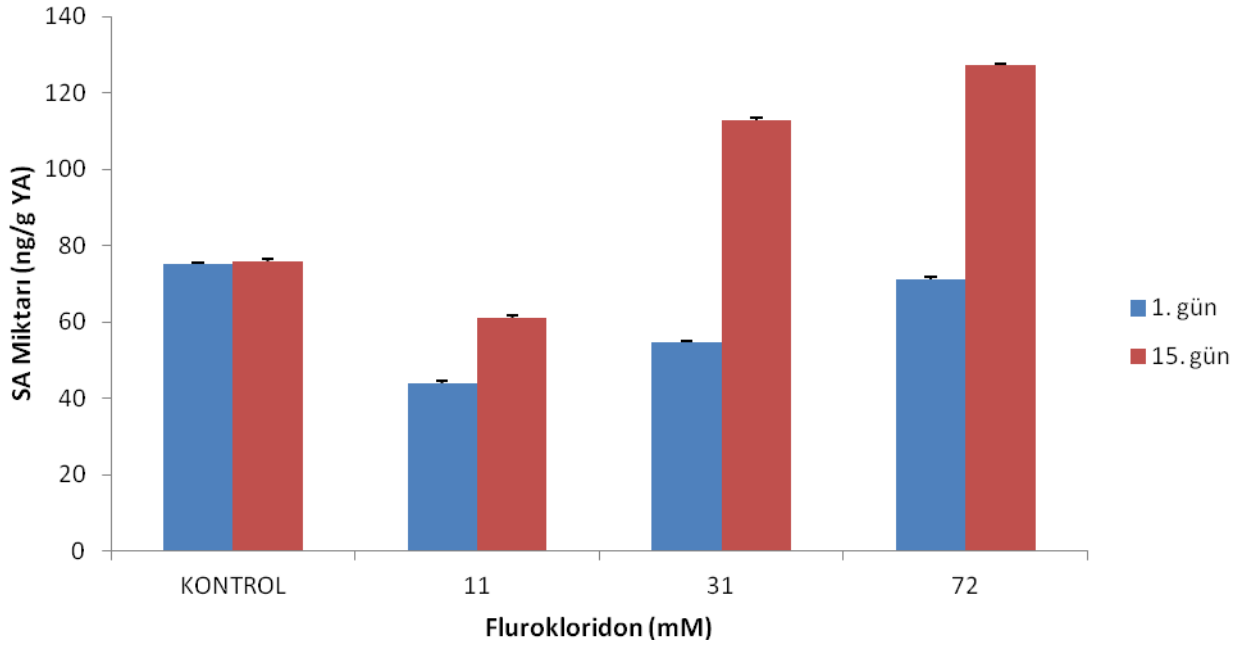
Ek Şekil 82. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı fenolik madde içeriğinin değişimi



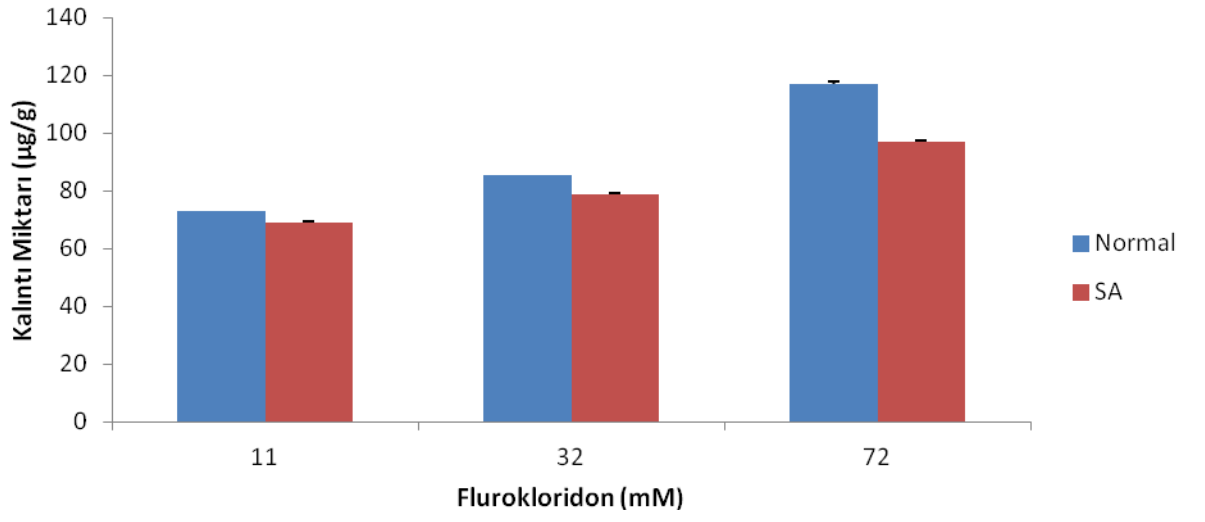
Ek Şekil 83. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı toplam fenolik madde içeriği değişimi



Ek Şekil 84. Çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi



Ek Şekil 85. Çimlenme öncesi SA ve çimlenme sonrası flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında konsantrasyonlara ve günlere bağlı içsel SA miktarı değişimi



Ek Şekil 86. Flurokloridon uygulanan *V. sativa* yapraklarında gün içi kalıntı miktarının değişimi

ÖZGEÇMİŞ

07.12.1982 tarihinde Malatya’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Malatya’da tamamladı. 1999 yılında İnönü Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü’nde lisans eğitime başladı ve 2003 yılında mezun oldu. 2004 yılında İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans eğitime başladı. 2007 yılında yüksek lisans eğitimini tamamlayarak, aynı yıl İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında doktora eğitime başladı. 2007 yılında Adıyaman Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak atanan Armağan KAYA halen görevine devam etmektedir.

SCI, SSCI, AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleleri

- 1- Kaya A. & Yigit E. (2012)"Interactions Among Glutathione Stransferase, Glutathione Reductase Activity and Glutathione Contents in Leaves of *Vicia faba* L. Subjected to Flurochloridone", *Fresenius Environmental Bulletin* Vol. 21; No. 6 pp. 1635-1640.
- 2- Kaya A., Yigit E. & Beker Akbulut G.(2012)"The Effects of Reactive Red 239 Textile Dye on Total Soluble Protein Content, Peroxidase Activity and Lipid Peroxidation of *Zea mays* L. cv. Martha F1"African Journal of Agricultural Research Vol. 7(24), pp. 3588-3593
- 3- Kaya A., Yigit E. & Beker Akbulut G. (2012); "The Effects of Reactive Black 5 Textile Dye on Peroxidase Activity, Lipid Peroxidation and Total Chlorophyll Content of *Phaseolus vulgaris* L. cv. “Gina”, *Fresenius Environmental Bulletin* Vol. 21, No.1 (2012).