



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



**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**FORAMSULFURON'UN MISIR (*Zea mays* L.) BİTKİSİNDE  
FİZYOLOJİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Tuğçe ERÜRKER**

**Biyoloji Anabilim Dalı**

**Biyoloji Programı**

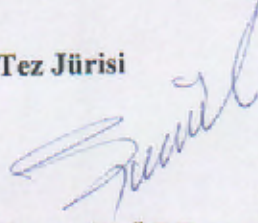
**DANIŞMAN  
Prof. Dr. Gül CEVAHİR ÖZ**

**Aralık, 2016**

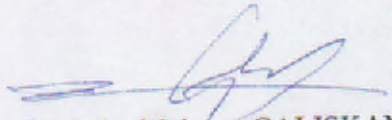
**İSTANBUL**

Bu çalışma 20.12.2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı,  
Biyoloji Programında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

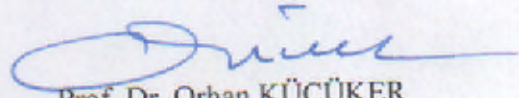
**Tez Jürisi**



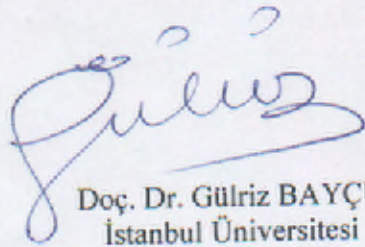
Prof. Dr. Gül CEVAHİR ÖZ (Danışman)  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



Prof. Dr. Mahmut ÇALIŞKAN  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



Prof. Dr. Orhan KÜÇÜKER  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



Doç. Dr. Gülriz BAYÇU  
İstanbul Üniversitesi  
Fen Fakültesi



Prof. Dr. İbrahim İlker ÖZYİĞİT  
Marmara Üniversitesi  
Fen-Edebiyat Fakültesi



20.04.2016 tarihli resmi gazetede yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi'nin aboneli olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Fen Bilimleri Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

Bu tez, İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 49863 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca her türlü destek ve yardımlarını esirgemeyen, tüm sıkıntılarında yardımcı olmak için elinden geleni yapan değerli hocam tez danışmanım Prof. Dr. Gül Cevahir ÖZ'e içten teşekkürlerimi sunarım.

Lisans ve Yüksek Lisans eğitimim boyunca emeği geçen bütün hocalarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmam sırasında bilgi ve deneyimlerine başvurduğum hocalarım Araş.Gör.Dr.Elif YÜZBAŞIOĞLU'na, Biyolog Dr.Eda DALYAN'a çok teşekkür ederim.

Çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen dostlarım; Ilgın AKPINAR'a, Serpil Hülya AHMET'e ve Cansu ÖZKÖKLEŞEN'e ne kadar teşekkür etsem azdır.

Her zaman bana güvenen, beni destekleyen, kendimi geliştirmem ve başarılı olmam için her türlü olanağı sağlayan beni kalplerinde büyüten değerli aileme minnettarlığımı sunarım.

Aralık 2016

Tuğçe ERÜRKER

# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ .....	vi
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ .....	vii
ÖZET.....	ix
SUMMARY .....	xi
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. GENEL KISIMLAR .....</b>	<b>3</b>
2.1. MISIR ( <i>Zea mays</i> L.) .....	3
2.2. PESTİSİTLER .....	5
2.2.1. Herbisitler.....	11
2.2.1.1. <i>Foramsulfuron</i> .....	12
2.3. ANTİOKSİDAN SAVUNMA.....	15
2.3.1. Enzimatik Antioksidanlar .....	16
2.3.2. Enzimatik Olmayan Antioksidanlar .....	17
2.3.3. Fotosentetik Pigmentler .....	18
<b>3. MALZEME VE YÖNTEM .....</b>	<b>20</b>
3.1. MALZEME.....	20
3.1.1. Bitki Materyalinin Temini ve Hazırlanması.....	21
3.1.2. Kimyasal Madde Temini ve Hazırlanması .....	22
3.2. YÖNTEM .....	23
3.2.1. Enzim Ekstratlarının Hazırlanması .....	23
3.2.2. Total Çözünebilir Protein Miktarının Tayini .....	23
3.2.3. Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Ölçümü .....	23
3.2.3.1. <i>Süperoksit Dismutaz (SOD, E.C. 1.15.1.1) Aktivitesinin Ölçülmesi</i> .....	23
3.2.3.2. <i>Peroksidaz (POD, E.C. 1.11.1.7) Aktivitesinin Ölçülmesi</i> .....	24
3.2.4. Klorofil ve Karotinoid İçeriğinin Belirlenmesi.....	24

3.2.5. Antosiyanin İçeriğinin Belirlenmesi .....	24
3.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	25
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>26</b>
4.1. TOTAL ÇÖZÜNEBİLİR PROTEİN İÇERİĞİ .....	26
4.2. SUPEROKSİT DİSMUTAZ (SOD) ENZİM AKTİVİTESİ .....	28
4.3. PEROKSİDAZ (POD) ENZİM AKTİVİTESİ .....	31
4.4. KLOROFİL VE KAROTİNOİD İÇERİĞİ.....	34
4.5. ANTOSİYANİN İÇERİĞİ .....	37
<b>5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>39</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>49</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>58</b>
EK 1. Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µm foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki protein içeriği.....	58
EK 2. Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µm foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. Ve 15. Günlerdeki protein içeriği. ....	58
EK 3. Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µm foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. Ve 15. Günlerdeki protein içeriği. ....	59
EK 4. Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µm foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. Ve 15. Günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi. ....	59
EK 5. Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µm foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. Ve 15. Günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi. ....	60
EK 6. Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µm foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. Ve 15. Günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi. ...	60
EK 7. Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µm foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. Ve 15. Günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi.....	61
EK 8. Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µm foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. Ve 15. Günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi. ....	61
EK 9. Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µm foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. Ve 15. Günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi. ....	62
EK 10. Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µm foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yaprak kımında 5., 10. Ve 15. Günlerdeki antosiyanin içeriği. ....	62
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>63</b>

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa No

- Şekil 2.1:** Dünyada pestisit kullanımının gruplara göre yüzdelik dağılımı (Gülmez, 2015). .....8
- Şekil 2.2:** Türkiye’de gruplara göre pestisit kullanım oranları (TÜİK, 2016). .....8
- Şekil 2.3:** Türkiye’ de 2006-2015 yılları arası pestisit kullanımı (ton) (TÜİK, 2016). ....9
- Şekil 2.4:** Pestisitlerin toprak-bitki-çevre sistemindeki davranışları (Anonim, 2015). .....10
- Şekil 2.5:** Pestisitlerin doğadaki hareketleri (Şevken, 2009). .....11
- Şekil 2.6:** Foramsulfuronun Kimyasal Yapısı (Eymirli, 2011). .....14
- Şekil 2.7:** Aktif oksijen türlerinin oluşumu ve yıkımı. ....16
- Şekil 3.1:** Perlitte yetiştirilmiş bitkilerin genel görünüm. ....22
- Şekil 4.1 :** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki protein içeriği değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ). .....26
- Şekil 4.2:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki protein içeriği değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ). .....27
- Şekil 4.3:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. ve 15. günlerdeki protein içeriği değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ). .....28
- Şekil 4.4:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ). .....29
- Şekil 4.5:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki superoksit dismutaz enzim

- aktivitesi değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ). .....30
- Şekil 4.6:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu$ M foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. ve 15. günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi değişim grafiği.....31
- Şekil 4.7:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu$ M foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ )......32
- Şekil 4.8:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu$ M foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ )......33
- Şekil 4.9:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu$ M foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. ve 15. günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ )......34
- Şekil 4.10:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu$ M foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yaprak kınında 5., 10. ve 15. günlerdeki antosiyanin içeriği değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ )......37

## TABLO LİSTESİ

### Sayfa No

<b>Tablo 2.1:</b> Mısır Tanesinin Bileşimi.....	4
<b>Tablo 4.1:</b> Mısır bitkisinin yapraklarına Foramsulfuron Uygulamasının 5.gününde klorofil a, klorofil b, klorofil a/b ve karetenoid değerleri ( $\mu\text{g/ml}$ ). Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları $\pm$ standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ). .....	35
<b>Tablo 4.2:</b> Mısır bitkisinin yapraklarına Foramsulfuron Uygulaması sonrası 10.gün deki klorofil a, klorofil b, klorofil a/b ve karetenoid ölçümler ( $\mu\text{g/ml}$ ). Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları $\pm$ standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ).....	36
<b>Tablo 4.3:</b> Mısır bitkisinin yapraklarına Foramsulfuron Uygulaması sonrası 15.gün deki klorofil a, klorofil b, klorofil a/b ve karetenoid ölçümler ( $\mu\text{g/ml}$ ). Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları $\pm$ standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ).....	36

## SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
%	: Yüzde
<b>2,4-D</b>	: 2,4 Dikloro-fenoksi-asetikasit
<b>Ca</b>	: Kalsiyum elementi
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	: Kalsiyum karbonat
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>Cu</b>	: Bakır
<b>DAB</b>	: 3,3'-diaminobenzidine tetrahidroklorid
<b>dk</b>	: Dakika
<b>DNA</b>	: Deoksiribonükleik asit
<b>EDTA</b>	: Etilendiamin tetraasetik asit
<b>Fe</b>	: Demir elementi
<b>H<sub>2</sub>O</b>	: Su Molekülü
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub></b>	: Hidrojen peroksit
<b>ha</b>	: Hektar
<b>HCl</b>	: Hidroklorik asit
<b>HO*</b>	: Hidroksil radikal
<b>K</b>	: Potasyum elementi
<b>KCN</b>	: Potasyum siyanür
<b>L</b>	: Litre
<b>m</b>	: Metre
<b>Mg</b>	: Magnezyum elementi
<b>mg</b>	: Miligram
<b>ml</b>	: Mililitre
<b>mM</b>	: Milimolar
<b>Mn</b>	: Manganez
<b>N</b>	: Azot elementi
<b>Na</b>	: Sodyum elementi
<b>NBT</b>	: Nitro-blue tetrazolium
<b>nm</b>	: Nanometre
<b>° C</b>	: Santigrad derece
<b>O<sub>2</sub><sup>-</sup></b>	: Superoksit Radikali
<b>P</b>	: Fosfor elementi
<b>ppb</b>	: Milyarda bir
<b>ppm</b>	: Milyonda bir
<b>ppt</b>	: Binde bir
<b>PVPP</b>	: Polyvinylpolypyrrolidone

<b>V</b>	: Hacim
<b>w</b>	: Ağırlık
<b>Zn</b>	: Çinko
<b>µg</b>	: Mikrogram
<b>µM</b>	: Mikromolar

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklama</b>
<b>ALS</b>	: Asetolaktat Sentaz İnhibitörü
<b>APX</b>	: Askorbat peroksidaz
<b>BSA</b>	: Bovine serum albümin
<b>CAT</b>	: Katalaz
<b>DDT</b>	: Dikloro difenil trikloroethan
<b>FAO</b>	: Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
<b>GR</b>	: Glutasyon redüktaz
<b>GSH</b>	: Glutasyon
<b>GSHpx</b>	: Glutasyon peroksidaz
<b>HRAC</b>	: Herbisit Direnci Eylem Komitesi
<b>IUPAC</b>	: Uluslararası Temel ve Uygulamalı Kimya Birliği
<b>M.Ö.</b>	: Milattan önce
<b>M.S.</b>	: Milattan sonra
<b>OK</b>	: Organik kirleticiler
<b>PCB</b>	: Polikloro bifenil
<b>pH</b>	: Hidrojenin gücü
<b>POD</b>	: Peroksidaz
<b>PPO</b>	: Polifenol oksidaz
<b>ROT</b>	: Reaktif oksijen türevleri
<b>SOD</b>	: Süperoksit dismutaz
<b>TEEP</b>	: Tetraetilpirofosfat
<b>TÜİK</b>	: Türkiye İstatistik Kurumu

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### FORAMSULFURON'UN MISIR (*Zea mays* L.) BİTKİSİNDE FİZYOLOJİK ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Tuğçe ERÜRKER

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Gül CEVAHİR ÖZ

Bu çalışmanın amacı; ekonomik açıdan değerli olan mısır bitkisinde yoğun olarak kullanılan foramsulfuron adlı herbisitinin hedef organizma dışında olan etkisini gösterebilmektir. *Zea mays* L. bitkisine çimlenme sonrası foramsulfuron herbisiti uygulandı. Çimlenme sonrasında mısır bitkisi örneklerinde çözünebilir protein miktarı, klorofil a, klorofil b, karotenoid, antosiyanin, süperoksit dismutaz (SOD) ve peroksidaz (POD) enzim aktiviteleri (foramsulfuron uygulamasının 5., 10. ve 15. günlerinde) araştırıldı. Foramsulfuron herbisiti uygulamaları; kontrol grubuna karşı önerilen (330  $\mu\text{M}$ ), önerilenin iki katı (660  $\mu\text{M}$ ), önerilenin üç katı (990  $\mu\text{M}$ ) ve önerilenin dört katı (1320  $\mu\text{M}$ ) dozlarında yapılmıştır. Klorofil a ve klorofil b seviyeleri foramsulfuron uygulamasının 5. gün ve 15. gün örneklerinde kontrol gruplarından daha yüksek çıkmıştır. Bununla beraber, 10. günde klorofil a yükselirken, klorofil b miktarında düşüş, karotenoid miktarları aynı gruplarda dikkate değer şekilde azalma tespit edilmiştir. Ayrıca bu örneklerde foramsulfuronun antioksidan enzim sistemi üzerine etkileri de araştırılmıştır. SOD ve POD aktivitelerinde farklı etkiler kaydedilmiştir. SOD aktivitesi tüm günlerde ve konsantrasyonlarda yükseliş göstermiş olup en belirgin artış yaklaşık %85 ile uygulamanın 10. gününde köklerde 1320  $\mu\text{M}$ 'da gerçekleşmiştir. POD aktivitesinde hem konsantrasyonlara hem de günlere bağlı olarak indirgenmeler tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre 5.gün kontrolde en yüksek enzim etkinliğinin gövdede meydana gelirken bunu kökün takip ettiği, en düşük aktivitenin ise yaprakta olduğu görülmektedir. 10. gün kontrolde en yüksek enzim etkinliğinin kökte meydana

gelirken bunu yaprağın takip ettiği, en düşük aktivitenin ise gövdede olduğu izlenmiştir. 15. günde foramsulfuron uygulamasının tüm konsantrasyonlarında kontrole kıyasla önemli yükselmelerin olduğu kaydedilmiştir. Antosiyanin içeriği de tüm örneklerde artan konsantrasyonlarla birlikte lineer bir artış saptanmıştır. Aralık 2016, 76 sayfa.

**Anahtar kelimeler:** *Zea mays* L., foramsulfuron, herbisit, fizyolojik etki.



## **SUMMARY**

### **M.Sc. THESIS**

#### **INVESTIGATION OF PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF FORAMSULFURON ON MAIZE (*Zea mays* L.) PLANTS**

**Tuğçe ERÜRKER**

**İstanbul University**

**Institute of Graduate Studies in Science and Engineering**

**Department of Biology**

**Supervisor : Prof. Dr. Gül CEVAHİR ÖZ**

The purpose of this study is; the herbicide foramsulfuron, which is used extensively in the economically valuable maize plant, can exert its effect outside the target organism. Foramsulfuron herbicide was applied after germination of *Zea mays* L. plant. Chlorophyll a, chlorophyll b, carotenoid, anthocyanin, superoxide dismutase (SOD) and peroxidase (POX) enzyme activities (on the 5<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup> and 15<sup>th</sup> days of foramsuron application) were investigated in corn plants after germination. Foramsulfuron herbicide applications; (330 µM) for the control group, twice the recommended dose (660 µM), three times the recommended dose (990 µM) and four times the recommended dose (1320 µM). Chlorophyll a and chlorophyll b levels were higher in the 5<sup>th</sup> day and 15<sup>th</sup> day of foramsulfuron administration than in the control groups. However, on the 10<sup>th</sup> day, chlorophyll a increased, while chlorophyll b decreased. On the other hand, carotenoid amounts decreased remarkably in the same groups. In addition, the effects of foramsulfuron on the antioxidant enzyme system were also investigated in these samples. Different effects were recorded in SOD and POX activities. SOD activity was elevated at all days and concentrations, with the most pronounced increase occurring at about 13% at the root on day 10 of the application, at about 85%. In POX activity, reductions in both concentrations and days were determined. According to the findings obtained, it is seen that the highest enzyme activity in the 5<sup>th</sup> day control was observed in the body, while the lowest activity was observed in the leaves. On the 10<sup>th</sup> day, it was observed that the

highest enzyme activity in the control was observed in the root, while the lowest activity was in the body. Significant increases in all concentrations of foramsulfuron treatment on day 15 compared to control were noted. A linear increase was detected with increasing concentrations in samples with anthocyanin content.

December 2016, 76 pages.

**Keywords:** *Zea mays* L., foramsulfuron, herbicide, physiological effect.



## 1. GİRİŞ

Son yıllarda nüfus artışıdaki hız, toplumların yüz yüze geldiği en büyük ve en önemli sorunlarından biri olan beslenme problemini de gündeme getirmektedir. Dünyada ve ülkemizde bu sorunu çözmek için tarım alanlarından yüksek verim ve kaliteli ürün almaya yönelik çalışmalar hızla yapılmaktadır. İnsanlar; kültürel, biyoteknik ve karantina önlemleri ile mekaniksel, fiziksel, biyolojik ve kimyasal yöntemlerle yıllar boyunca tarımsal zararlılar ve bitki hastalıklarıyla savaşmaktadırlar. Ülkemizde iyi netice alınmasından dolayı ve uygulaması kolay olduğundan yaygın olarak kimyasal savaşım verilmektedir. Bu nedenle de tarım ilaçlarının (pestisitler) kullanımı çok yaygındır. Çeşitli amaçlarla kullanılan tarım ilaçlarının uygulanmasındaki artış ile birlikte hem bu kimyasalların kullanımındaki yanlışlıklar hem de daha sonraki aşamalardaki zararları çok ileri seviyelere ulaşmaktadır (Nixon, 2000; Öztürk, 2004; Koç, 2010; Gülmez, 2015).

Dünyadaki belli başlı kültür bitkilerinde (buğday, mısır, çeltik, pamuk ve soya) zarara neden olan hastalık, zararlı ve yabancı otların sebep olduğu ürün kaybı yaklaşık olarak %67,15 olup, bunun yaklaşık %21,75'i zararlılardan, %13,78' hastalıklardan ve %31,62 ise yabancı otlar neden olmaktadır (Oerke ve Dehne, 2004).

Mısır (*Zea mays* L.), dünya çapında çiftlik hayvanları ve insanlar için en önemli ürünlerden biridir. Endüstri alanında ise; nişasta, yağ, şeker, protein, selüloz ve etil alkol gibi çeşitli maddelerin ham maddesi olarak mısır kullanılması önemini bir kat daha arttırmıştır. Önemli bir sıcak iklim tahılı olan mısır, üretim yönünden dünya çapında birinci, Türkiye'de ise buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada bulunmaktadır. 2015 yılı verileri temel alındığında yaklaşık olarak 688.000 ha alanda mısır ekimi yapılmış olup, 6.400.000 ton mısır üretimi elde edilmiştir (TÜİK, 2016).

Tarım ürünlerinin istenilen miktar ve kalitede üretilebilmesi, bu ürünlerin hastalık etkenleri, zararlı ve yabancı otlara karşı korunabilmesi için çeşitli mücadele yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemler ve teknikler arasında en başta geleni uygulaması en kolay ve en ekonomik olanı pestisitlerle yapılan kimyasal savaştır. Tarımdaki bu savaşımında kullanılan maddelerin kimyasal nitelikleri ve dozları çok önemlidir. Pestisitlerin özellikle

hedef olmayan organizmalar üzerinde büyüme ve gelişme durdurucu, hastalık yapıcı, mutajenik, kanserojen ve hatta ölüme sebebiyet verebilen etkilere sahip olduğu in vivo ve in vitro çalışmalarda gösterilmiştir (Kligerman ve diğ., 2000).

Mısır yetiştiriciliğinde de en önemli sorunlardan biri yabancı otlardır. Yabancı otlarla mücadele etmeksizin mısır bitkisinden iyi verim almak imkânsızdır. Bu sebeple ekiliş alanlarının neredeyse tamamında yabancı ot savaşı verilmektedir. Yabancı otların sebebiyet verdiği zararlar, kültür bitkisi ile su, ışık, mineral besin maddeleri ve yer için girmiş oldukları rekabetleridir. Özellikle erken dönemde oluşan zarar çok daha fazladır. Çünkü yabancı otlar çok kısa sürede gelişmekte ve verimi büyük ölçüde etkilemektedir (Özer, 1993). Mısır tarımında yabancı otlarla yeterince mücadele verilmediğinde tane veriminde %85'e yakın kayıplar oluşabileceği bildirmektedir. Mısır yetiştiriciliğinde verimi etkileyen yabancı otlar arasında *Amaranthus spp.* (Horozibiği) türleri, *Cyperus rotundus* L. (Topalak), *Echinochloa spp.* (Darıcan) türleri, *Portulaca oleracea* L. (Semizotu), *Setaria spp.* (Kirpi darı) türleri, *Sorghum halepense* (L.) Pers. (Kanyaş) ve *Xanthium strumarium* L. (Domuz pıtrağı) yer almaktadır (Uysal, 2012).

Türkiye'de pestisitlerle yapılan mücadele bilinçsizce ve tavsiye edilen dozun çok üzerinde kimyasal kullanılarak uygulanmaktadır. Bu durum insanlarda, çevre ve mikro organizmalarda oluşabilecek riskleri arttırmaktadır (Uysal, 2012; Gülmez, 2015).

Yabancı otlarla mücadelede kullanılan herbisitlerin kültür bitkisine olan negatif etkisini de dikkate almak gerekir. Herbisitler, genel olarak ürün verimi üzerine olan etkilerinin yanı sıra belli madde değişik tokuşları sonucu bitkilerde değişik yapıda bileşikler oluştururlar.

Bu çalışmada; pestisitlerin hedef organizma dışında kültür bitkisinde sebep olduğu negatif etkileri saptamak için foramsulfuron herbisiti değişik dozlarda kullanılarak mısır (*Zea mays* L.) bitkisi üzerindeki fizyolojik etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu hedef doğrultusunda mısır bitkisinde klorofil ve karotinoid içeriği, antosiyanin miktarı ve antioksidan enzim aktivitelerindeki (POD, SOD) değişimler incelenmiştir.

## 2. GENEL KISIMLAR

### MISIR (*Zea mays* L.)

Dünya çapında yaygın olarak ekimi yapılan mısır (*Zea mays* L.), Poaceae (Gramineae) familyasına ait ve monokotiledon olan belli başlı tahıl bitkilerinden biridir. Orijini ve gen merkezi Amerika kıtası olarak kabul görmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nin New Mexico eyaletinde gerçekleştirilen arkeolojik kazılarda, kayaların içine oyulmuş barınaklarda bulunmuş olan mısır taneleri ve koçanlarının hemen hemen 5000 yaşında olabilecekleri tespit edilmiştir. Ayrıca 1954 yılında, Mexico City'de yürütülen arkeolojik kazılarda, yerin 50-60 m altında, yaklaşık 7000 yaşında olan mısır bitkisinin çiçeğine ait çiçek tozlarına rastlanmıştır.

Ülkemize Hindistan ve Mısır üzerinden getirildiği için dilimize mısır ismiyle girdiği sanılmaktadır. Adaptasyon yeteneği gelişmiş olduğu için dünyadaki farklı bölgelerde kültürü yapılabilmektedir.  $2n=20$  kromozoma sahip diploit bir tarla bitkisidir. Mısır bitkisinin boyu 2-3 m yüksekliğe ve çapı 4 cm ulaşabilmektedir. Gövde üzerinde sıralı olarak konumlanmış paralel damar yapısına sahip yapraklar şerit şeklinde ve sivri uçludur. Mısır Poaceae familyası akrabalarından çiçeklenme biçimindeki farktan dolayı ayrılmaktadır. Monoik yapıda çiçekleri ihtiva eder. Erkek çiçekler tepe püskülünde, dişi çiçekler ise sap boğumundan çıkan koçanlar üzerinde bulunmaktadır.

Ülkemizde özellikle Marmara ve Karadeniz Bölgelerinde ekimi yapılan mısır, kültüre alınmış tarla bitkileri içerisinde çok önemli bir yere sahiptir. İçerisinde barındırdığı zengin içerik nedeniyle gerek insan gerekse hayvan beslenmesi yönünden çok kıymetli ve kullanım yelpazesi geniş bir üründür. Pek çok alanda ham madde olarak kullanılan ekonomik değeri çok yüksek bir hububat bitkisidir.

Mısır taneleri, başak olarak adlandırılan dişi çiçek üzerinde yetişmektedir. Yaklaşık olarak 750-800 civarındaki mısır tanesi, başağın iç kısmındaki koçan üzerinde yetişmektedir. Mısır (*Zea mays* L.) tanesi botanik olarak karyopsis olarak sınıflandırılır

(Watson, 1987a). Bu tür bitkilerde meyve kabuğu tohum kabuğuna sıkıca yapışmış durumdadır (Rooney and Suhendro, 2000). Bu bütün hububatların en belirgin özelliğidir.

Tohumluk olarak kullanılabilen mısır taneleri 4 ana anatomik bölümden oluşmuştur. Bu bölümler, perikarp (kabuk), embriyo, endosperm ve sapçık bölümleridir (Rooney and Suhendro, 2000; Altinel, 2002).

Mısır tanesinin kuru ağırlığının % 6-8'ini kabuk, % 12'sini embriyo, % 82'sini endosperm bölümlerinden oluşmaktadır (Rooney and Suhendro, 2000). Mısır tanesi diğer tahıl tanelerinde olduğu gibi, yaşamını sürdürebilmesi için ihtiyaç duyduğu tüm bileşenleri (Tablo 2.1) depolayabilen bir yapıdır (Watson, 1987a).

**Tablo 2.1:** Mısır Tanesinin Bileşimi.

Bileşen	Değişim Aralığı	Ortalama
<b>Nem (%)<sup>a</sup></b>	7 - 23	16,0
<b>Nişasta (%)<sup>a</sup></b>	61 - 78	71,7
<b>Protein (%)<sup>a</sup> (N x 6.25)</b>	6 - 12	9,5
<b>Yağ (%)<sup>a</sup></b>	3,1 - 5,7	4,3
<b>Kül (%)<sup>a</sup></b>	1,1 - 3,9	1,4
<b>Lif (%)<sup>a</sup></b>	8,3 - 11,9	9,5

<sup>a</sup> Kuru madde üzerinden % miktar

Mısır tanesinin ihtiva ettiği proteinler, sırasıyla albüminler, globulinler, zeinler ve glutelinler olarak sınıflandırılmıştır (Landry ve diğ., 2000). Protein hücrelerinde “zein” ve “gluten” adı verilen yüksek protein içeriğine sahip protein fraksiyonu bulunmaktadır. Gluten fraksiyonundan hemen hemen saf olarak protein elde edilir ve tüketilen gıdaların çoğunda kullanılmaktadır.

Mısır tanesi yağda çözünebilir A vitamini (retinol) ve E vitamini (tokoferol) şeklinde iki vitamin ihtiva eder. Bununla birlikte suda çözünebilir birçok vitamini de içermektedir. Suda çözünebilir vitaminlerden B1 (tiamin) ve B6 vitaminleri (piridoksin) yüksek miktarda, mısır tanesinin yapısında bulunmaktadır (Watson, 1987a). Tanedeki B12 vitamini (siyanokobalamin) miktarı ise tanedeki diğer vitaminlere oranla daha az bulunmaktadır (Wright, 1987).

Mısır embriyosu mineral maddeler bakımından oldukça zengindir. Mısır embriyosu tanede bulunan minerallerin yaklaşık % 78'ini içermektedir. En çok bulunan mineral

fosfordur. Diğer bir element ise slfrdr ve metiyonin ile sistin aminoasitlerinin yapısında bulunmaktadırlar. Ayrıca kalsiyum, magnezyum ve potasyum elementlerini de içermektedir (Altınel, 2002).

Trigliseridler mısır yağının en önemli bölümünü (% 98,8) oluşturmaktadır ve mısır tanesinde baskın olan depo lipitleridir. Ancak mısır tanesinde pek çok farklı lipitler de bulunmaktadırlar. Fosfolipitler, hidrokarbonlar, glikolipitler, steroller, serbest yağ asitleri, karotinoidler ve tokoferoller (E vitamini) mısır tanesinin bünyesinde bulunan diğer lipitlerdir. Tüm bu lipit grupları trigliseridlere oranla daha az miktarlarda bulunmaktadırlar (Weber, 1987).

Mısırdaki esas karbonhidrat nişastadır ve mısır tanesinin yaklaşık olarak %72-73'lk kısmını oluşturmaktadır. Sakkaroz, glikoz ve fruktoz ise mısır tanesinin % 1-3'lk bölümünü meydana getirmektedir (Watson, 1987a).

Mısır, nişasta, protein ve yağ kaynağı kullanımlarının haricinde başka kullanım alanları (glikoz; meşubat ve reel yapımında, etanol; biyodizel yakıt, plastik yapımında) ile de gündemdedir. İnsanların beslenmesinde tahıl grubu içerisindeki sıralamada üçüncü olan mısır, gıda bitkisi olmasının yanı sıra pek çok ürünün hammaddesi ve işlenmesinden meydana gelen yan ürünlerin elde edildiği bir kültür bitkisidir (zcan, 2009). ABD'de piyasada satılan 1000'den fazla ürün içerisine mısır ve mısırdan elde edilen mamllerin girdiği belirtilmektedir (Arioğlu, 2008). Güneş enerjisini depolayabilen mısırdan, tanelerindeki etanolün çeşitli işlemlerden geçirilmesiyle biyo-yakıt elde edilebilmektedir (zcan, 2009).

Mısır bitkisi gelişmesini ve yüksek verimin alınması için en uygun olan toprak tipi; organik madde ve alınabilir besin maddelerince zengin, iyi drenaj ve havalanması iyi olan derin, sıcak, milli-killi topraklarda gösterir.

## **PESTİSİTLER**

Pestisitler; tarımda ürünlere zarar veren ve kayıplara sebebiyet veren hastalık etkeni mikroorganizma, böcek, kemirgen, mantar, yabancı ot gibi zarar etkenlerini öldüren, üremelerine ve beslenmelerine ket vuran toksik (zehirli) kimyasallara verilen genel isimdir (Harte ve diğ., 1991; Topçu, 2010).

Pestisit kullanımı insanlık tarihinde çok eskilere dayanmaktadır. M.Ö. 1500’lerde bir papirüste bit, pire ve eşek arıları gibi böcekler için çeşitli insektisitlerin tariflerine dair kayıtlara rastlanılmıştır. M.Ö. 1200 yılında kutsal kabul edilen bir takım tuzlar ve fethedilmiş önemli yerlerden alınan küller “seçici olmayan” herbisit olarak kullanıldığı bilinmektedir. M.Ö. 1000 yılında kükürt elementinin insektisidal ve fungisidal etkileri keşfedilmiştir (Öztürk ve Özge, 1978). M.S. 900 yılında “Arsenik” elementini Çinliler böceklerle mücadelede kullanılmıştır. M.S. 1690 yılında tütünden elde edilen ekstraktlar temas etkili insektisit olarak, yine tütün dumanının gaz formunda insektisit olarak kullanıldığını belirten belgeler bulunmaktadır (Ware, 1980).

Doğal organik ve inorganik pestisitler II. Dünya Savaşı öncesine kadar çeşitli zararlılara karşı kullanımı devam etmiştir. Sentetik pestisitlerin sentezlenmesiyle bu bileşiklerin kullanımında bir ivme oluşmuştur. Çok kısa sürede etkisini gösteren ve yerine kullanılacak eş değer bu kimyasallardan, TEEP (Tetraetilpirofosfat) ilk organik fosfat içeren insektisittir ve Bernard Shrader 1938 yılında sentezlemiştir. Organik klorlu bir bileşik olan DDT ilk kez 1874 yılında sentezlenmiş olup, insektisit özelliği ise 1939 yılında Paul Müler tarafından bulunmuştur. Amonyum sulfamatın herbisit özelliği de 1945 yılında Dupont tarafından keşfedilmiştir.

Tarımda verim ve kaliteyi yükseltmek için kullanılan temel üretim araçlarının (gübreleme, sulama, enerji tüketimi, vb.) yanında kültür bitkilerinin büyüme ve gelişmelerine ket vuran çeşitli hastalık, zararlı ve yabancı ot gibi faktörlerle savaşıma da önem verilmesi gerekmektedir (Gülmez, 2015). Bunun için de modern tarım metodlarının kullanılması zorunludur. Hastalık, zararlılar ve yabancı otlarla olan mücadelede uygulanan pek çok yöntem olmasına karşılık kullanımı ve uygulaması kolay ve aynı zamanda etkileşim süreci az olan kimyasal savaşım yöntemi daha çok tercih edilmektedir (Ahat, 2015). Bu mücadelede kullanılan kimyasallar pestisit adı verilen zirai ilaçlardır. Pestisit kullanımı yıllara göre değişik miktarlarda olsa da Türkiye çapında yıl içerisinde ortalama 39000 ton zirai ilaç kullanılmaktadır (TÜİK, 2016).

Pestisitler korunmak istenen organizmanın etrafında barınan, bunun yanı sıra gıdaların üretim, hazırlanma, depo edilme ve tüketimi esnasında onları hasara uğratan, besin içeriklerini düşüren zararlıları yok etmek üzere kullanılırlar (Arslanoğlu, 2011). Buna göre pestisitler şu şekilde sınıflandırılmaktadır:

**- Hedef alınan organizmaya göre;**

- Böcekleri öldürenler (İnsektisit)
- Fungusları (mantarları) öldürenler (Fungusit)
- Fungusların faaliyetini durduranlar (Fungustatik)
- Yabancı otları öldürenler (Herbisit)
- Örümcekleri öldürenler (Akarisit)
- Bakterileri öldürenler (Bakterisit)
- Yaprak bitlerini öldürenler (Afisit)
- Kemirgenleri öldürenler (Rodentisit)
- Nematodları öldürenler (Nematosit)
- Salyangozları öldürenler (Mollussisit)
- Algleri öldürenler (Algisit)
- Kuşları öldüren veya kaçırınlar (Auensit)
- Kaçırıcılar (Repellent)
- Çekiciler (Atrakant)

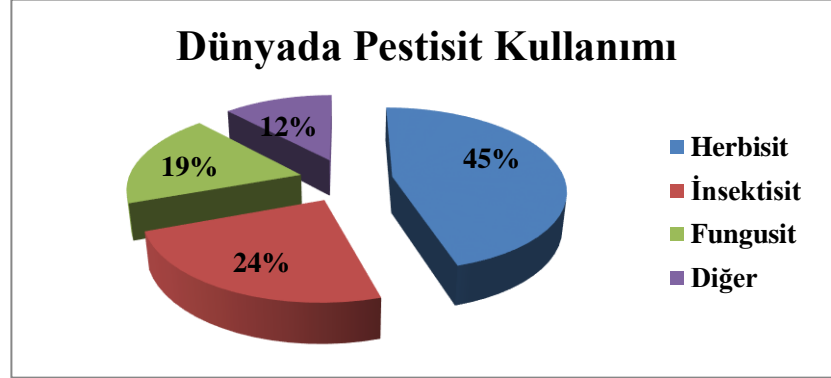
**- Kullanma şekline göre;**

- Gaz
- Toz
- Püskürtme

**-Etki maddelerine göre;**

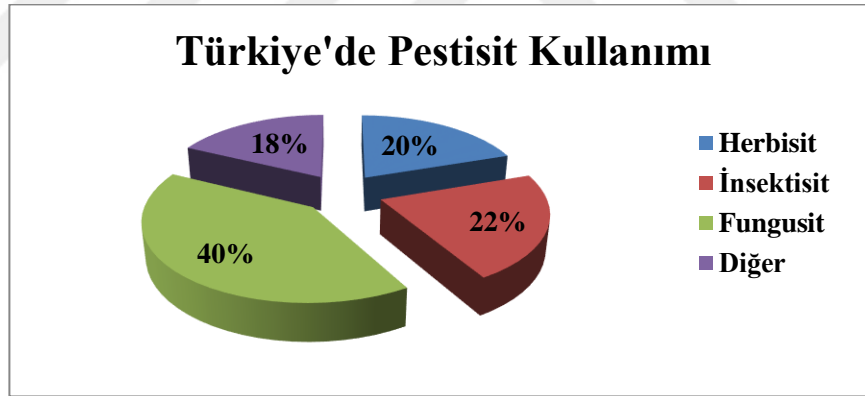
- İnorganik maddeler
- Doğal organik maddeler (Bitkisel maddeler, petrol yağları vb.)
- Sentetik organik maddeler (Klorlu hidrokarbonlar, organik fosforlular vb.)

Günümüzde Dünya'daki yıllık kullanımı 2.500.000 tonun üzerinde olan global pestisit kullanım yüzdeleri Şekil 2.1'de verilmiştir (Gülmez, 2015).



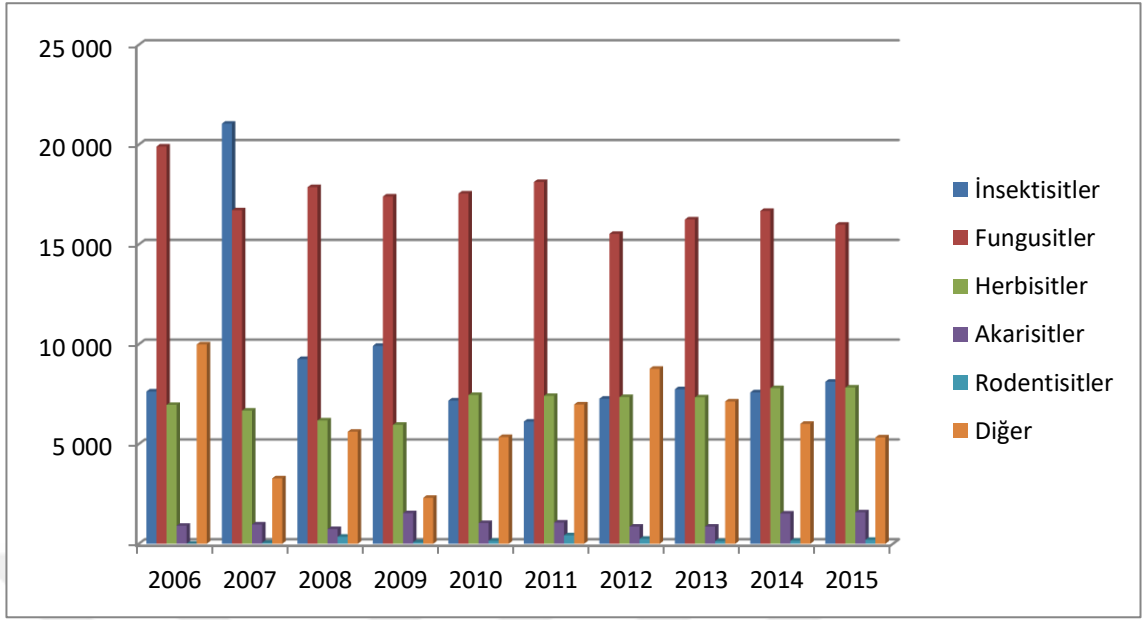
**Şekil 2.1:** Dünyada pestisit kullanımının gruplara göre yüzdelik dağılımı (Gülmez, 2015).

Türkiye'de fungusitler, herbisitler ve insektisitler en fazla kullanılan pestisit kategorileri Şekil 2.2'te verilmektedir (TÜİK, 2016).



**Şekil 2.2:** Türkiye'de gruplara göre pestisit kullanım oranları (TÜİK, 2016).

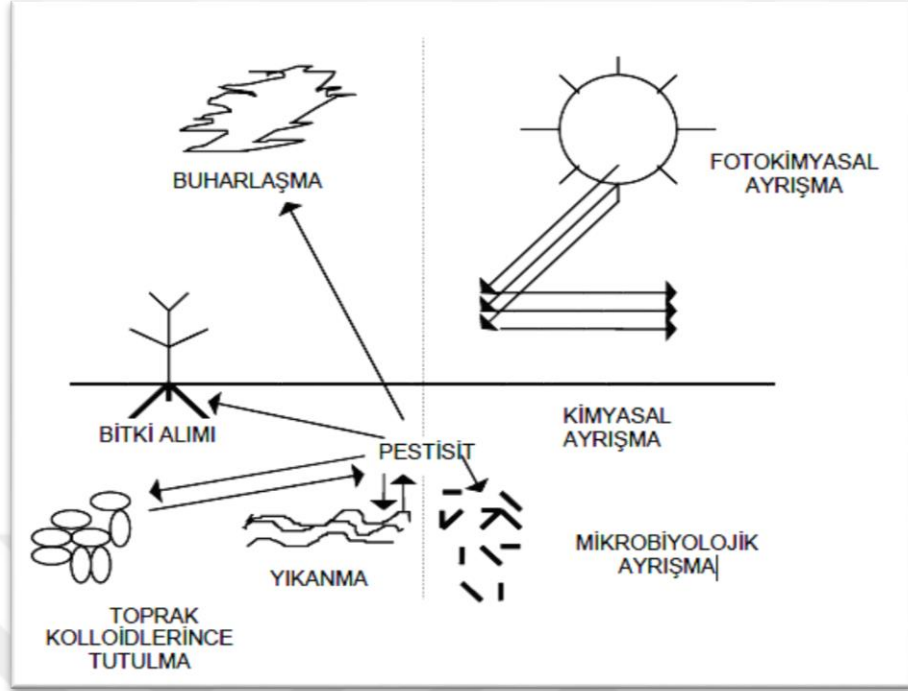
Ülkemizde pestisit uygulamaları yıllara göre değişim göstermektedir (Şekil 2.3), 2007 yılında insektisit uygulaması yaklaşık 21.046 ton olup, bu miktar 2008 ile 2015 yılları içerisinde düşüşe geçmiştir. Herbisitlerde ise 2006'da yaklaşık 6956 ton kullanılırken 2015 yılında kullanımı 7825 tona ulaşmaktadır (TÜİK, 2016).



**Şekil 2.3:** Türkiye’ de 2006-2015 yılları arası pestisit kullanımı (ton) (TÜİK, 2016).

Pestisitlerin topraktaki parçalanması, güneş enerjisinin etkisiyle fotokimyasal yolla, biyolojik parçalanması bitki, topraktaki mikroorganizmalar ve başka organizmalar tarafından gerçekleşmekte; toprağın yapısında bulunan kil ve organik yapılu maddeler tarafından kimyasal parçalanma meydana gelmektedir. Toprak yapısı, kil çeşidi ve miktarı, organik madde içeriği, toprağın pH aralığı ve toprakta barındıran dominant mikroorganizma çeşitleri parçalanma olaylarında etkisi görülen faktörlerdir (Yücel, 2007; Gülmez, 2015).

Kimyasal savaşında vazgeçilmez bir silah olan pestisitlerin kullanılması tarımdaki üretimi artırmakta fakat pestisitlerin neden olduğu kirlenme ekolojik dengeyi, tarım ürünlerinde bulunan kimyasal kalıntılar halk sağlığını olumsuz bir şekilde etkilemektedir (Wen, 1997). Pestisit kullanımı önerilen dozun üzerine çıktığında, gerekli olan sayıdan daha fazla ilaçlama yapıldığında gerekli olmadığı halde birçok ilacın karıştırılmasıyla veya ilaçlama–hasat aralığında bırakılması gerekli olan süre bırakılmadığında tarımsal ürünlerde çok miktarda kalıntıya rastlanabilmektedir (Turgut ve diğ., 2011). Kalıcı özelliği olan organik klorlu pestisitler, uygulamasının yapıldığı bölgede birikme yaparak ve ürünleri aracılığıyla besin zincirine eklenerek toplum sağlığı için büyük tehlike teşkil etmektedir. Bu da ekosistemin sahip olduğu dinamizmi olumsuz yönde etkilemektedir (Tuncok ve Aksoy Hocaoğlu, 2006) (Şekil 2.4).



**Şekil 2.4:** Pestisitlerin toprak-bitki-çevre sistemindeki davranışları (Anonim, 2015).

Tarımda hastalıklarla, zararlılarla ve yabancı otlarla olan mücadelede pestisitlerin yeri oldukça önemlidir. Ancak, bilinçsiz olarak uygulanan ve önerilen tekniklerin dışında pestisit uygulamaları neticesinde insan, hayvan ve çevre sağlığı tehlikeye girmekte, tarımın vazgeçilmez etmenlerinden olan hava, su ve toprak olumsuz bir şekilde etkilenmektedir (Şekil 2.5). İnsan beslenmesinde kullanılan ürünlerde kalıntı bulunması, hedef organizmalarda uygulanan kimyasala karşı direnç oluşumu ve hedef olmayan canlılarda ölümlere sebebiyet vermektedir (Akpınar ve diğ., 2014).



Şekil 2.5: Pestisitlerin doğadaki hareketleri (Şevken, 2009).

### 2.2.1. Herbisitler

Herbisitler, yabancı otlarla olan mücadelede uygulanan bir pestisit türüdür. Tarımda en çok kullanılan pestisit grubu herbisitlerdir. Yetiştirilmekte olan kültür bitkilerinin kullandığı besine, suya ve ışığa ortak olan, verimin düşmesine neden olan bitkilere “yabancı ot”, bu bitkilerin öldürülmesi ya da büyüme gelişmelerine ket vuran kimyasallara da “herbisit” denilmektedir (Sabancı, 2013).

Herbisit, Latince bitki kelimesi olan “Herb-“ kökünden türemiştir. Sözlük anlamı yabancı ot öldürücüdür. Tüm dünyada olduğu gibi yabancı ot mücadelesinde yurdumuzda da herbisit kullanımı her geçen gün artmaktadır. Herbisitler kullanılmadığı takdirde kültür bitkisinin büyüme gelişmesi için gerekli olan besin maddeleri için yabancı ot kültür bitkisi ile rekabete girmekte ve kültür bitkisinin gelişimini engellemektedir. Bu da verimin azalması ve ürünel kayıpları beraberinde getirmektedir (Erözderim, 2016).

Herbisitlerin keşfi 1800'lü yılların sonlarına dayanmaktadır. Asma mildiyösü hastalığı için kullanılan Bordo Bulamacı'nın 1896 yılında uygulanan bağlarda yabancı otları da öldürdüğü fark edilmiş ve o tarihten bu yana yabancı otlarla mücadelede kullanılması için araştırmalara başlanmıştır.

Yabancı otlara karşı verilen kimyasal savaş ülkemizde 1940 senesine dayanmaktadır. İlk olarak yabancı otların geniş yapraklı olanlarına karşı 2,4-D içeren herbisitlerle başlanmıştır. Kimyasal mücadelenin ilk uygulamalarında flamprop-izopropil kullanılmış, 1977'den itibaren diklofop metil en önemli herbisitler arasında yerini almıştır. 1990'dan sonra ise diklofop metil yanında fenoksaprop-p-etil maddesi kapsamlı bir biçimde uygulanmaya başlanmıştır.

Dünyada pestisit üretimi günden güne artmakta ve yeni kimyasallar geliştirilmektedir. Bundan dolayı da kullanılan kimyasalların türleri çoğalmaktadır. Bu artma da en büyük kısmı herbisitler almakta ve ilerleyen günlerde herbisitlerin daha da geniş çapta kullanıma sahip olacağı düşünülmektedir (Sabancı, 2013).

Herbisitlerin içerdikleri etken maddelere "aktif madde" ve bu kimyasalla karışık olarak ticari preparatların içine giren yan maddelere de "dolgu maddesi" denilmektedir. Ticari ilaçlarda bulunan aktif maddelerin formülasyonu herbisit çeşidi ve kullanılış amacıyla ilgili fikir vermektedir. Ayrıca paketlenmiş herbisitlere ticari isimler de verilmektedir (Güncan, 1982).

Kimyasal savaşım, yabancı otların çimlenmesine ket vuran, öldüren ya da yabancı otların hormon ve enzimlerinin işleyiş veya sentezlerini bozarak gelişimlerini durduran değişik içerikli herbisitlerle mümkün olmaktadır (Grossman, 2003; Kurt, 2010).

### **2.2.1.1. Foramsulfuron**

Sulfonilüre ailesinde yer alan foramsulfuron asetolaktat sentaz (ALS) inhibitörü bir herbisittir. Asetolaktat sentaz, dallanmış zincirli aminoasitler olan valin, lösin ve izolösinin biyosentezinden sorumlu enzimdir. Bu enzim enterik bakterilerde, mantarlarda ve yüksek yapılı bitkilerin kloroplastlarında bulunmaktadır (Durner, 1990). Asetolaktat

sentez inhibitörü olan herbisitler bitkinin valin, lösin ve izolösin aminoasitlerinin sentezlenmesini inhibe ederek bitkinin ölümüne sebebiyet vermektedirler.

ALS inhibitörü herbisitler 1900'lü yılların sonuna doğru pestisit piyasasında yerini bulmuş ve dünya çapında pek çok kültür bitkisinde yabancı otlarla mücadele etmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Yabancı otların bu gruptaki herbisitlere karşı gösterdikleri dayanıklılığa karşın bahsi geçen herbisitlerin de geliştirilmesi ivmeli olarak halen sürmektedir (Larelle ve diğ., 2003). ALS inhibitörü herbisitlerin tarım sektöründe yaygın bir şekilde tercih edilmesindeki başlıca sebepler arasında; memeli hayvanlar üzerindeki düşük toksisitesi, geniş spektrumlu bir herbisit olması, kullanılan madde miktarının düşük olması ve farklı kültür bitkilerinin farklı uygulama dönemlerine karşı esneklik gösterebilmesi sayılabilir (Prado ve diğ., 2004).

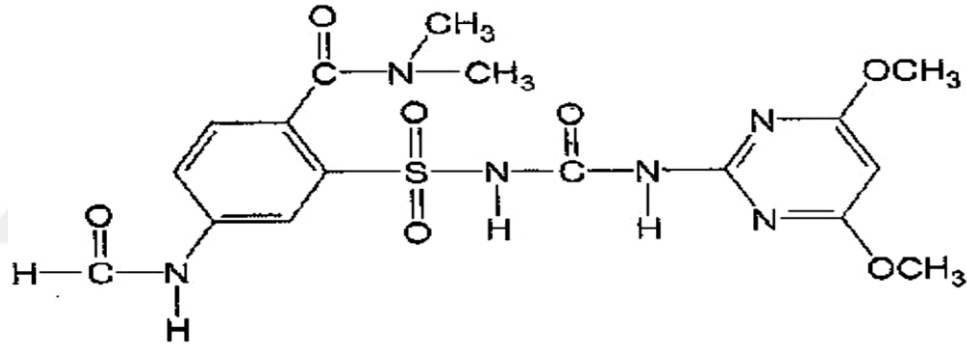
ALS inhibitörü herbisitler 5 değişik kimyasal aileyi ihtiva etmektedir. Bunlar; imidazolinon, primidiniltiyo-benzoat, triazoloprimidin, sulfonilamino-karboniltriazolion, sulfonilüre.

Sülfonil üre grubuna dâhil herbisitler Lewitt Dupont tarafından 1980'li yıllarda keşfedilmiştir. 20'den fazla üyeye sahip bir herbisit grubu olan sülfonil üre grubu herbisitler tarımda geniş yapraklı yabancı otların kontrolünde yaygın olarak kullanılmaktadır (Maurino ve diğ., 1999; Boschin ve diğ., 2007). Sülfonilüre ailesinin ana yapısında bulunan üre ve triazin birer fotosentez inhibitörüdür. Ancak bu kimyasal ailenin bitkilerdeki birincil etkisi fotosentez değil aminoasit sentezine ket vurmaktır. Sırasıyla fotosentez, solunum ve protein sentezini durdurmaktadır. Bitkide görülen etkileri kloroz, nekroz, tepe tomurcuğu kaybı ve vaskular solgunluğudur (Eymirli, 2011).

İlk olarak sulfonilüre ailesine ait herbisitler, üç dallı-zincirli alifatik bir aminoasit olan lösin, valin ve izolösin sentezinin gerçekleştiği bölgeyi etkiler. Bu olayın sekonder etkisi ise hücre bölünmesine ket vurulmasından dolayı büyümenin sonlanması ve ölümdür. Bitkinin uygulanan herbisiti detoksifikasyona uğratma yeteneği ile bitkinin herbisite karşı göstermiş olduğu tolerans doğru orantılıdır. Sülfonilüre grubu herbisitler (tifensulfuron, triflusulfuron ve nikosulfuron hariç) toprakta birikme yaptığından başka ürünler açısından da oldukça etkilidir (Zimdahl, 2007).

Foramsulfuron HRAC (Herbicide Resistance Action Committee) tarafından “B” grubu herbisitler içinde yer almaktadır (Şekil 2.7). Bitki içerisine alınımı uygulandıktan birkaç saat sonra gerçekleşmesine rağmen semptomlar ancak 2 hafta veya daha sonraki haftalarda gözlemlenebilir. Foramsulfuron ksilem ve floemle taşınabilmektedir.

Pek çok akut toksisite çalışmasına dayanarak üçüncü kategori toksisite olarak sınıflandırılır. Foramsulfuron kimyasalının insanlar üzerinde karsinojen etkisinin olmadığı tespit edilmiştir. Elde edilen veriler foramsulfuronun karasal ve sucul ortamlardaki hedef olmayan vaskular bitkiler için tehdit oluşturduğunu göstermektedir. Ancak memeliler, böcekler ya da vaskular olmayan bitkiler için doğrudan uygulamanın hiçbir riski olmadığı bildirilmiştir.



Şekil 2.6: Foramsulfuronun Kimyasal Yapısı (Eymirli, 2011).

**Kimyasal Adı (IUPAC):**

2-[[[(4,6-dimethoxy-2-pyrimidinyl)-amino]carbonyl]amino]sulfonyl]-4-(formylamino)-N,N-dimethylbenzamide

**CAS No:** 173159-57-4

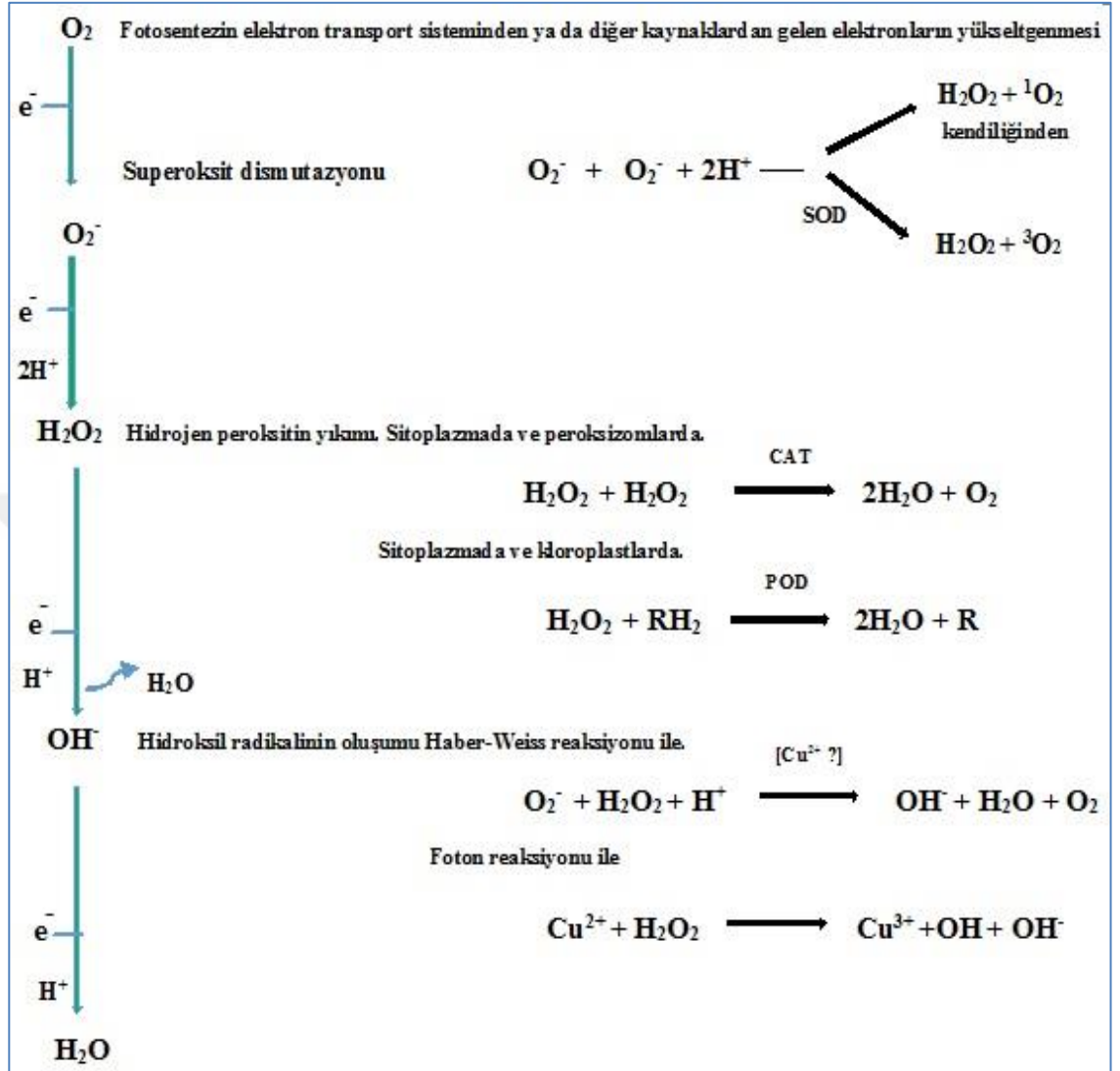
**Kapalı Formülü:** C<sub>17</sub>H<sub>20</sub>N<sub>6</sub>O<sub>7</sub>S

## ANTIOKSİDAN SAVUNMA

Bitkiler pestisit uygulamalarında meydana gelen serbest oksijen türevlerinin neden olduğu olumsuz etkilerden kendisini korumak için antioksidan savunma sistemi geliştirmiştir. Bitki hücrelerinde protein, karbonhidrat, lipit ve DNA gibi maddelerin reaktif oksijen türevleri tarafından yükseltgenmesini engelleyen ya da erteleyebilen metabolitlere antioksidan denmektedir (Çavdar,1997).

Antioksidanların düşük seviyelerdeki konsantrasyonları dahi reaktif oksijen türevleri üzerine etkilidir ve serbest radikalleri daha az zararlı çeşitlerine dönüştürmektedir (Mandal ve diğ., 2009). Serbest radikaller, bir ya da daha çok eşleşmemiş elektron barındıran, kararsız, kısa ömürlü ve aktifliği çok olan moleküller olarak tanımlanmaktadırlar. Serbest radikaller, organizmalarda endojen ve eksojen kaynaklardan meydana gelirler. Endojen kaynaklar organizmalarda alışlagelmiş şekilde oluşan indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonları sırasında meydana gelir (Şekil 2.8). Eksojen kaynaklar arasında stres, enfeksiyon, kimyasallar, hava kirliliği, pestisitler ve ağır metaller sayılabilir (Kaya, 2012).

Antioksidanlar, enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidanlar olarak iki grupta incelenmektedir.



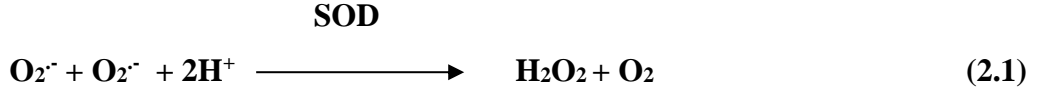
Şekil 2.7: Aktif oksijen türlerinin oluşumu ve yıkımı.

### 2.3.1. Enzimatik Antioksidanlar

Enzimatik antioksidanlar ROT'u daha az reaktif hallerine dönüştürmekte ve ROT oluşumunun engellenmesini enzimler aracılığıyla yapmaktadır. Enzimatik antioksidanlar katalaz (CAT), glutatyon peroksidaz (GSHPx), peroksidaz (POD) ve süperoksit dismutaz (SOD) gibi enzimlerdir (Diplock, 1998).

Süperoksit dismutaz (EC 1.15.1.1), ROT kaynaklı oksidatif stres sonucunda bütün aerobik canlılarda oldukça sık rastlanan antioksidan enzimdir. Bitki stres altındayken ROT seviyesindeki artış hücrenin zarara uğramasına neden olurken aynı zamanda

hücresinin savunma mekanizmasını da devreye sokar. Oksidatif enerji üretimi reaksiyonları esnasında süperoksit radikalının ( $O_2^{\cdot-}$ ) su ( $H_2O$ ) ve oksijen molekülüne ( $O_2$ ) dönüşümünü SOD enzimi katalizlemektedir (2.1). Süperoksite elektron eklenmesi ya da moleküler oksijenin doğrudan iki elektron almasıyla hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) oluşmaktadır (Popova ve diğ., 2003).



Bu reaksiyon oksidatif strese ilk savunma tepkisi olarak isimlendirilmektedir. Bu enzimle hücre içindeki  $O_2^{\cdot-}$  seviyeleri istenilen düzeylere indirilebilmektedir (Afanas'ev, 1989; Eryılmaz, 2007).

Peroksidaz (POD, EC 1.11.1.7), canlılarda bulunan, pek çok organik bileşiği okside etme özelliği olan "hem" grubu içeren bir enzimdir (2.2).  $H_2O_2$ 'nin indirgenme reaksiyonu vermesine neden olmaktadır. Peroksidazı diğer antioksidan enzimlerden ayıran özellikleri başka enzimlerin bozulmasına neden olan sıcaklık ve pH aralıklarında çalışabilmesidir. Antioksidan olma özelliğinin yanı sıra peroksidaz senesens, lignifikasyon ve oksinin yıkımında da görev almaktadır (Minibaeva ve Gordon, 2003).



Peroksidazın görev aldığı bir diğer reaksiyon ise süper oksitin bulunduğu ortamlarda  $H_2O_2$ 'den en reaktif ve tehlikeli ROT olan hidroksil radikali ( $\cdot\text{OH}$ ) oluşumudur (Parvaiz ve Satyawati, 2008; Gülmez, 2015).

### 2.3.2. Enzimatik Olmayan Antioksidanlar

Enzimatik olmayan antioksidanlar ise antosiyaninler, askorbat, fenolik bileşikler, flavonoidler, glutatyon, karotinoidler ve  $\alpha$ -tokoferol molekülleridir (Gülmez, 2015). Antosiyaninler enzimatik olmayan antioksidanlar sınıfına girmektedir. Antosiyaninler kırmızı, mavi ve mor renklerde olabilirler. Bitkilerde, fotooksidasyonun zararlı etkilerinden korunma amacıyla sahip oldukları kırmızı rengin, antosiyanin pigmentlerinden kaynaklandığı bilinmektedir. Antosiyanin pigmenti, fotoinhibisyon ve

UV radyasyondan korumak için, klorofil pigmenti tarafından kullanılan çeşitli çevresel etmenleri (ışığın şiddeti ve dalga boyu vb.) modifiye etmesiyle klorofili zararlı uyarılara karşı korumaktadır. Antosiyaninler, özellikle klorofiller olmak üzere bitkinin yaşamı için önem arz eden biyomolekülleri oksidatif strese karşı koruyucu bir antioksidan görevi görmektedir (Soobratte ve diğ., 2005)

Antosiyaninlerin yapısında bulunan antosiyanidin glikozilasyonu ve hidrosilasyonu bu molekülün antioksidan özelliğini teşvik ettiği tespit edilmiştir (Wang ve diğ., 1997). Yapısındaki bu değişimler sayesinde ROT ile etkileşime girmekte ve reaksiyondan çıkan ürünlerin radikalleri yok etmesiyle antioksidan aktivitesini kanıtlamaktadır (Pourcel ve diğ. 2007).

### 2.3.3. Fotosentetik Pigmentler

Yüksek yapılı bitkilerde ışığın en aktif biçimde absorblanmasını sağlayan iki ana pigment vardır. Bunlardan kloroplastlarda yer alan yeşil renkteki klorofiller ve kırmızı, sarı ya da turuncu olanlar karotinoidlerdir. Klorofillerin en çok bilineni klorofil a ve klorofil b molekülüdür. Bu iki molekül arasında çok küçük ayrımlar vardır. Her ikisi de kırmızı ve mavi renkteki ışıklarının değişik dalga boylarını absorblamaktadırlar. Klorofil molekülü; fotosentez reaksiyonu için gereken güneş ışığının toplanmasını sağlayan pigmenttir.

Karotinoidler sarıdan mora geniş bir renk aralığına sahip lipit yapıda bir molekülüdür. Karotinoidler fotosentez reaksiyonuna dolaylı yoldan katılmaktadırlar. Karotinoidler tarafından absorbe edilen belirli dalga boyundaki ışık klorofillere aktarılmaktadır. Klorofiller ve karotinoidler bitkilerin kloroplastlarında ya da kromoplastlarında protein yapısında kompleks bir şekilde bulunabilmektedirler (Bayram, 2011).

Karotinoidler bitkilerin bünyesinde  $O_2^-$ 'yi ayrıştırabilecek enzimleri olmasına rağmen ya triplet haldeki klorofilden ya da singlet oksijenden elektronları alır. Böylelikle bir şekilde  $O_2^-$  oluşmasına engel olmaktadır. Peroksil, hidroksil, süperoksit ve singlet oksijen moleküllerini etkisiz hale getiren karotinoidler aynı zamanda fotooksidan zarardan klorofil moleküllerini ve bitkiyi de korumaktadır (Eryılmaz, 2007).

Pestisitlerin hedef olmayan organizmalardaki bir diğerk etkisi yapısında bulunan etken maddenin yine yapısındaki diğerk maddeler ile etkileşime girerek bitkinin çeşidine ve gelişme evrelerin göre değışik şekillerde neden olduğu fitotoksitesidir (Moore, 1974). Pestisitlerin tohum çimlenmesi, büyüme ve gelişme, yapraklarda birim alandaki stoma sayısında azalma sonucunda bitkinin fotosentez hızını düşürmekte ve çeşitli metabolik olayların yavaşlamasına neden olduğu bildirilmiştir (Beyer ve diğ., 1987). Aşırı dozlarda pestisit kullanımı, bitkilerde fotosentez ve transpirasyon gibi işlevlerin meydana geldiği yapraklarda da pek çok fizyolojik farklılıklara yol açmaktadır (Collins, 2004; Tort ve diğ., 2004).

Herbisitler yabancı otlarla mücadelede kullanılan kimyasallardır. Çalışmamızda; herbisitlerin hedef olmayan canlılar üzerindeki negatif etkilerini belirlemek için foramsulfuron herbisitini değışik dozlarda kullanarak, bir kültür bitkisi olan mısır (*Zea mays* L.) üzerindeki fizyolojik etkileri araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda mısır bitkisinin çeşitli kısımlarında fotosentetik pigmentlerden klorofil ve karotinoid içeriği, antioksidan maddelerden antosiyanin miktarı ve antioksidan enzim olarak peroksidaz ile superoksit dismutaz aktiviteleri incelenmiştir.

### 3. MALZEME VE YÖNTEM

#### MALZEME

Bu çalışmada Poaceae familyasına ait mısır (*Zea mays* L.) bitkisi kullanılmıştır. Bitkinin sistematik tanımlaması aşağıda belirtildiği gibidir;

<b>ALEM</b>	Plantae
<b>ALT ALEM</b>	Tracheobionto
<b>ÜST BÖLÜM</b>	Spermatophyta
<b>BÖLÜM</b>	Magnoliophyta
<b>SINIF</b>	Liliopsida
<b>ALT SINIF</b>	Commelinidae
<b>TAKIM</b>	Poales
<b>AİLE</b>	Poaceae
<b>CİNS</b>	<i>Zea</i>
<b>TÜR</b>	<i>mays</i>

Mısır (*Zea mays* L.) tek yıllık otsu bir bitkidir. Mısır bitkisinde gövde, genelde 8-9 nod ile internodlardan oluşmaktadır. Gövdesinin boyu, çeşitlerine ve yetiştirildiği bölgenin çevre koşullarına (sıcaklık, nem, toprak yapısı vb.) bağlı olarak 2-3 metre arasında değişebilir. Boğumlu bu gövdenin çapı ise 4-5 cm'ye erişebilmektedir (Şekil 3.1). Mısır bitkisinde embriyonal kökler, genellikle bitkinin yaşamı süresince görevlerini sürdürmektedirler. Buna rağmen, asıl kök sistemi, erken fide döneminde ilk yaprağın çıkışını takiben, toprağın 3-5 cm altındaki nodlardan çıkan ek kökler ile toprak yüzeyinin üstünde bulunan 1-3. noddan çıkan adventif köklerden oluşan ağsı bir yapıdadır (Elçi ve diğ., 1987; Kün, 1997).

Mısır genel olarak 60-80 cm arasında değişen yaprak boyu ve 5-15 cm arasında değişen yaprak genişliği ile en büyük yapraklara sahip *Poaceae* familyası üyesidir (Şekil 3.1). Gövdenin her nodundan bir yaprak çıkar. Bir bitki şerit biçimli ve paralel damar yapısı gösteren ortalama 12-18 tane yaprağa sahiptir. Stipula belirsiz olup bazı çeşitlerde stipula yerine uzun tüyler görülür. Ligula varsa da belirgin değildir. Stomalar yaprak ayasının alt yüzeyinde daha fazladır (Elçi ve diğ., 1987; Kün, 1997; Eryılmaz, 2007).

Monoik bir bitki olan mısırın en üstteki internodunun ucunda, erkek çiçek topluluğu olarak adlandırılan tepe püskülü bulunur. Gövdedeki nodlardan bir ya da birkaç tanesi koçanı oluşturacak şekilde bir çiçek durumu (infloresans) taşırlar. Yaprak koltuklarında konumlanan dişi çiçeklerin gelişip olgunlaşmasıyla oluşan tohumlar koçan denilen bu yapı üzerinde düzgün sıralar halinde dizilmiştir.

### **3.1.1. Bitki Materyalinin Temini ve Hazırlanması**

Kullanılacak mısır tohumları Hacıbey F<sub>1</sub> çeşidi olup Anadolu Tohumculuk' tan sertifikalı olarak temin edilmiştir.

Çalışmamızda kullandığımız mısır tohumları %5 sodyum hipoklorit çözeltilisinde beş dakika bekletilerek steril edilmiştir.



**Şekil 3.1:** Perlitte yetiştirilmiş bitkilerin genel görünüm.

Tohumlar steril edildikten sonra üç defa su ile yıkandıktan sonra distile su içine alınıp 24 saat ıslatılmaya bırakılmıştır. Islatılan tohumlar perlit içeren saksılara ekilmiştir. Büyüme odasında 6000 lüks ışık şiddeti,  $25 \pm 2$  °C sıcaklık ve 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık ışık periyodu koşullarında çimlenmeye bırakılmış ve düzenli olarak  $\frac{1}{4}$  Hoagland çözeltisiyle ile sulanmıştır (Hoagland ve Arnon, 1950). Yapılan ekimin 15. gününde (3-4 yapraklı evrede), fidelere, spray ile foramsulfuron uygulaması yapılmıştır (Şekil 3.2). Yapılan uygulamanın ardından, antioksidan enzim aktivitesinin belirlenmesi amacıyla, 5.gün, 10.gün ve 15.günlerde bitkiler hasat edilmiştir.

### 3.1.2. Kimyasal Madde Temini ve Hazırlanması

Çalışmamızda test materyali olarak Sigma-Aldrich firmasından temin edilen bir herbisit olan Foramsulfuron kullanılmıştır. Foramsulfuron (CAS:173159-57-4), %97,8 saflıkta 100mg'lık analitik standart kullanılmıştır. Foramsulfuronun ticari dozun ( $330 \mu\text{M}$ ), iki katı ( $660 \mu\text{M}$ ), üç katı ( $990 \mu\text{M}$ ) ve dört katı ( $1320 \mu\text{M}$ ) konsantrasyonları uygulanmıştır.

## YÖNTEM

### 3.1.3. Enzim Ekstratlarının Hazırlanması

Antioksidan enzim aktivitelerinin ölçülmesi için  $-80^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiş kök, gövde ve yapraklar soğuk havanlarda sıvı azot yardımıyla % 2'lik (w/v) polivinilpolipirolidon (PVPP) ve 1 mM EDTA içeren 50 mM sodyum fosfat tamponuyla (pH 7,8) ekstre edilmiştir. Homojenat  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de 14000 devirde 30 dk. santrifüj edilmiştir. Oluşan süpernatant antioksidan enzim aktivitelerinin tayininde kullanılmıştır. Tüm bu işlemler  $+4^{\circ}\text{C}$ 'de gerçekleştirilmiştir. Bütün spektrofotometrik ölçümler BioTek Epoch 2 mikroplate okuyucu ile gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.2. Total Çözünabilir Protein Miktarının Tayini

Protein miktarı Bradford (1976)'a göre belirlenmiştir. Ölçüm Coomassie Brilliant Blue G-250 boyasının asidik şartlarda proteine bağlandığında kırmızı ve/veya yeşil formundan maviye dönüşmesine dayanmaktadır. Bu mavi renk oluşumu hazırlanan örnekler karanlıkta 20 dakika bekletildikten sonra 595 nm'de ölçülmüştür. Standart olarak Bovine Serum Albumin (BSA) kullanılmıştır. Standart aralığı 0,02–0,2 mg/ml'dir. Bitki ekstratlarının protein miktarları elde edilen bu standart ile karşılaştırılarak hesaplanmıştır. Protein miktarları tayin edilerek (mg protein  $\text{g}^{-1}$ ) cinsinden ifade edilmiştir.

### 3.2.3. Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Ölçümü

#### 3.2.3.1. Süperoksit Dismutaz (SOD, E.C. 1.15.1.1) Aktivitesinin Ölçülmesi

Süperoksit dismutaz (E.C. 1.15.1.1) aktivitesi, Beauchamp and Fridowich (1971)'e göre, SOD'un fotokimyasal olarak nitro blue tetrazolium (NBT)'un indirgenmesini inhibe etme yeteneğinin ölçülmesiyle tayin edilmiştir. Reaksiyon karışımı; 50 mM fosfat tamponu (pH 7,8), 33  $\mu\text{M}$  NBT, 10 mM L-metyonin, 0,66 mM EDTA Na<sub>2</sub>, 0,0033 mM Riboflavin içermektedir. Süpernatant seyreltilip karışım 20 dakika 300  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ışık şiddeti altında bekletildikten sonra reaksiyon karışımının 560 nm'deki absorbans değerleri okunmuştur. SOD için 1 enzim birimi; ışıkla indirgenmenin % 50 engellenmesine neden olan protein miktarı (mg) olarak tanımlandığından, yaprak, kök ve gövde örneklerindeki SOD aktiviteleri buna göre belirlenmiştir.

### 3.2.3.2. *Peroksidaz (POD, E.C. 1.11.1.7) Aktivitesinin Ölçülmesi*

Peroksidaz (EC 1.11.1.7) aktivitesi Herzog ve Fahimi (1973)'e göre tayin edilmiştir. Yöntem reaksiyon karışımındaki 3,3'-diaminobenzidine-tetra hidroklorid dihidrat (DAB)'ın ekstrakttaki peroksidazlar tarafından H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'yi temizlemek için substrat olarak kullanılması ve buna bağlı renklenmenin ölçümüne dayanmaktadır. Reaksiyon karışımı DAB, %0,1 (w/v) jelatin, %0,6 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeren 150 mM sodyum fosfat sitrat tamponudur (pH 4,4). Spektrofotometrede 465 nm'deki absorbans 3 dakika süresince izlenmiştir. Enzimin, 1 mg total protein başına dakikada oksitlediği DAB miktarı, 1 U ( $\mu\text{mol DAB mg protein}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ) olarak hesaplanmıştır.

### 3.2.4. **Klorofil ve Karotinoid İçeriğinin Belirlenmesi**

Belirtilen konsantrasyonlarda yetiştirilen mısır bitkisinin yapraklarındaki klorofil ve mısır bitkisinin yaprak kınından karotinoid içerikleri Arnon (1949) metoduna göre ekstraksiyonu yapılmıştır. Bunun için örnekler bir miktar CaCO<sub>3</sub> tozu içeren havanda %90 aseton içinde homojenizasyonu ardından, ekstratlar 24 saat boyunca +4°C de bekletilip 3000 g'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra üst sıvının (süpernatant) absorpsiyon değerleri spektrofotometrede 470, 645 ve 662 nm dalga boylarında Lichtenthaler (1987) metoduna göre ölçülerek her bir örneğin klorofil a, b ve karotinoid içerikleri ( $\text{mg/g}^{-1}$  T.A.) cinsinden belirlenmiştir (Parsons ve Strickland, 1963).

### 3.2.5. **Antosiyanin İçeriğinin Belirlenmesi**

Belirtilen konsantrasyonlarda büyütülen mısır bitkisinin yaprak kınındaki antosiyanin içeriği Mancinelli (1990) yöntemine göre tayin edildi. Taze ağırlıkları alınan bitki kısımları %1 oranında asitlendirilmiş 6 ml metanolde ekstre edilmiş ve ara sıra çalkalanarak 2 gün boyunca +4° C de bekletildikten sonra 5000 g de santrifüj edilmiştir. Süpernatantdaki antosiyanin içeriği spektrofotometrede 530 ve 657 nm dalga boylarında ölçülmüş ve ( $A_{530} - 0.33 A_{657}$ ) formülünde yerine konularak örneklerin birim taze ağırlığındaki antosiyanin içeriği optik yoğunluk olarak ifadesi yapılmıştır.

### 3.3. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Yürütülen çalışmada kontrol ve uygulama gruplarından elde edilen verilerin istatistiksel analizleri Graphpad 6.0 paket programında yapıldı. İlk olarak ortalama standart sapma değerleri hesaplandı ve yapılan ölçümler iki yönlü varyans analizi,  $p<0,05$  düzeyinde anlamlılık derecesine göre değerlendirilmiştir.

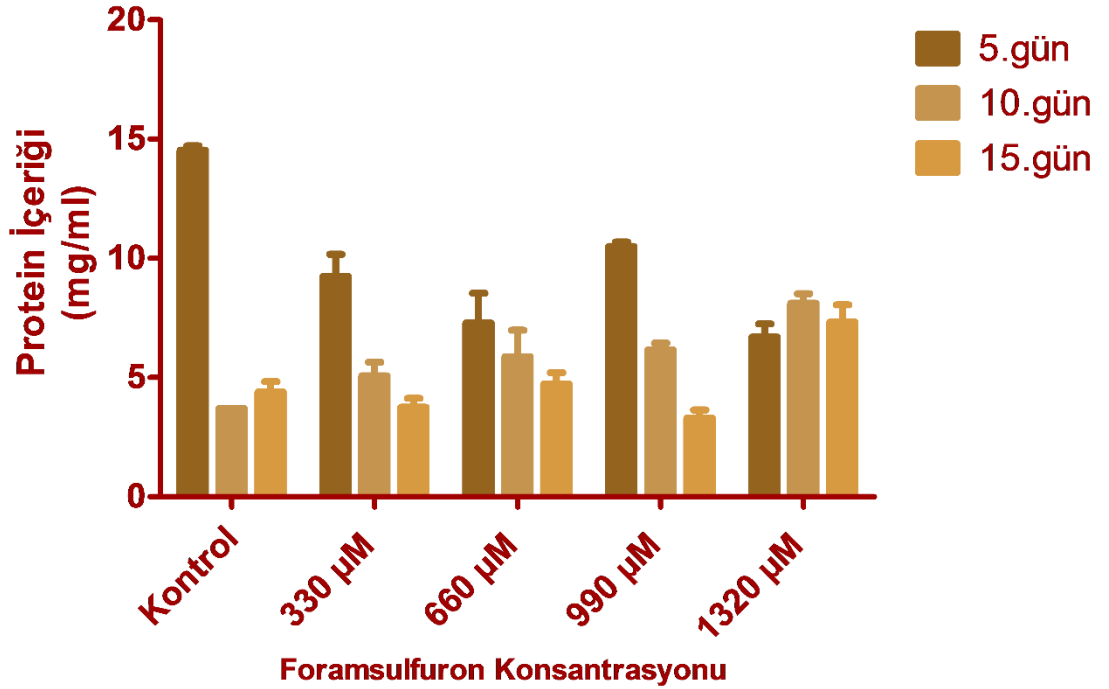


## 4. BULGULAR

### TOTAL ÇÖZÜNEBİLİR PROTEİN İÇERİĞİ

Çeşitli konsantrasyonlardaki foramsulfuron uygulamalarının mısır bitkisinde kök, gövde ve yapraklarındaki total çözünbilir protein içerikleri üzerindeki etkileri tayin edilerek elde edilen değerler aşağıda gösterilmiştir.

Foramsulfuron uygulamasının 5. günde kökte kontrole kıyasla tüm konsantrasyonlarda düşüş yaşanırken en belirgin düşüş %54 oranıyla 1320  $\mu\text{M}$ 'dır (EK 1. ve Şekil 4.1).

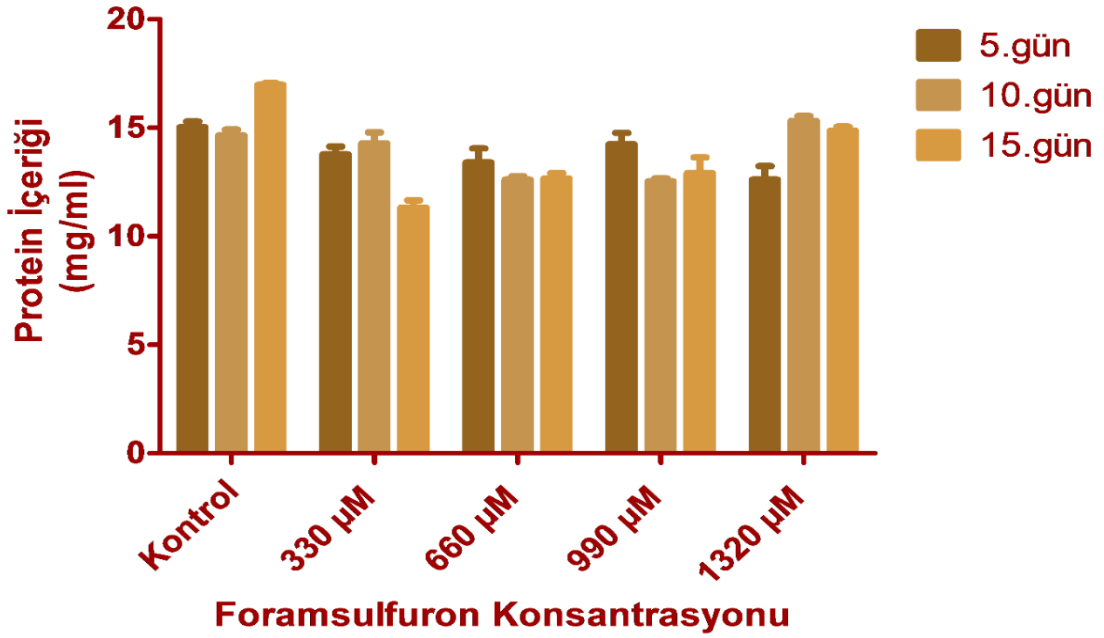


**Şekil 4.1 :** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki protein içeriği değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Uygulamanın 10. gününde kökteki protein miktarlarında kontrole kıyaslandığında ciddi bir artış göze çarpmakta, bu artış 330, 660, 990 ve 1320  $\mu\text{M}$  serilerinde sırasıyla %35,6,

%68, %64,5 ve %117 oranlarında saptanmıştır. Uygulamanın 15. gününde Köklerde 330, 660 ve 990  $\mu\text{M}$  seviyelerinde %50'ye varan artış olurken 1320  $\mu\text{M}$  seviyesinde kontrole göre %18 oranında düşüş yaşanmıştır.

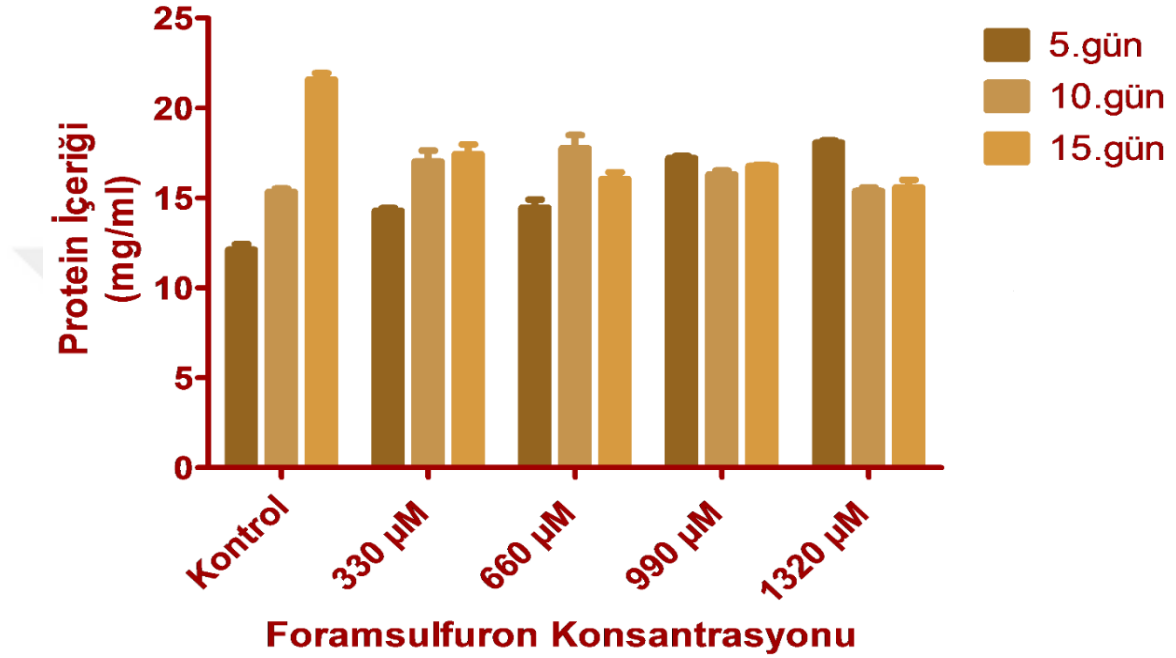
Foramsulfuron uygulamasının 5. gününde gövdede tüm konsantrasyonlarda kontrole göre düşüş tespit edilmektedir. 330, 660, 990 ve 1320  $\mu\text{M}$  serileri kontrole oranla sırasıyla %8,3, %10,9, %5,3 ve %16 düzeylerinde düşüş göstermiştir. Uygulamanın 10. gününde kontrole göre 330, 660 ve 990  $\mu\text{M}$ 'da %14,5 seviyesine kadar inen bir düşüş yaşanırken 1320  $\mu\text{M}$ 'da %4,5 oranında bir artış gözlemlenmiştir. Uygulamanın 15. gününde gövdenin tüm konsantrasyonlarında kontrole göre düşüş yaşanmış olup ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  konsantrasyonlarında sırasıyla %33,4, %25,6, %24,1, %12,6 oranlarında protein içeriğinde azalma görülmüştür (EK 2. ve Şekil 4.2).



**Şekil 4.2:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki protein içeriği değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Foramsulfuron uygulamasının 5. gününde yapraklardaki protein miktarı kontrole göre artmış ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da %49 oranına varmıştır. 10. günde yapraklardaki protein miktarı ise kontrole karşılaştırıldığında 330  $\mu\text{M}$ 'da artış göstermekte ve daha yüksek

konsantrasyonlarda düşerek kontrole yaklaşmaktadır. 330, 660, 990 ve 1320  $\mu\text{M}$  serileri kontrole karşılaştırıldığında sırasıyla %11, %16, %6,3 ve %0,4 oranında artış gözlenmiştir. 15. günde yapraklarda tüm konsantrasyonlarda kontrole göre düşüş yaşanmış ve en belirgin olanı 1320  $\mu\text{M}$ 'da %27,8 oranlarındadır (EK 3. ve Şekil 4.3).



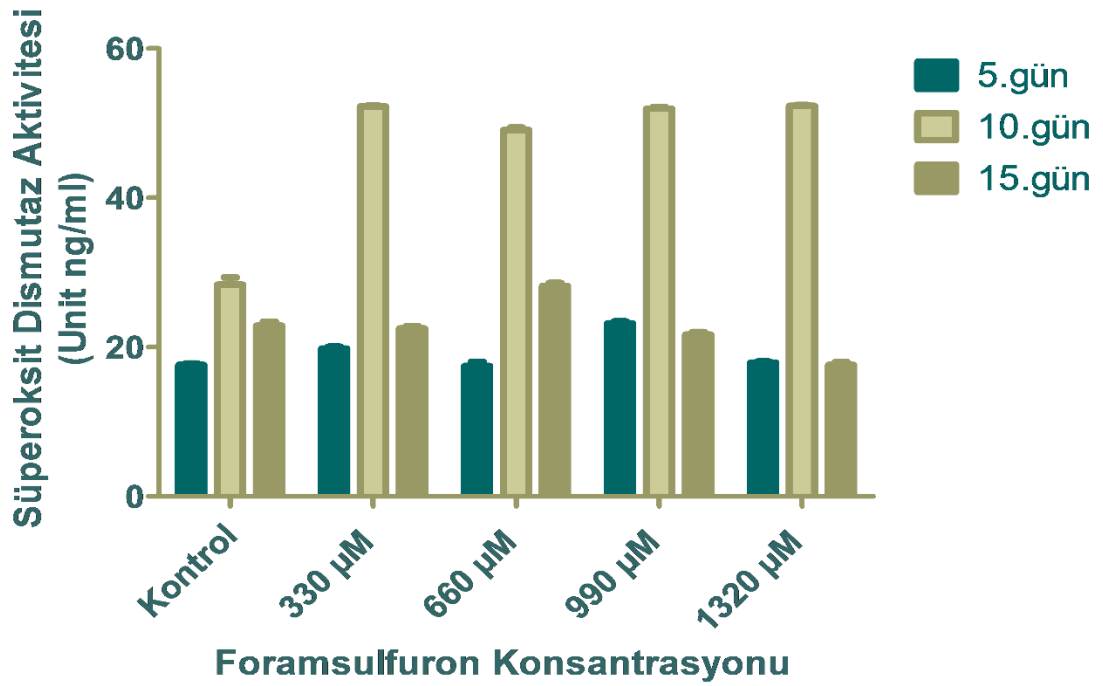
**Şekil 4.3:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. ve 15. günlerdeki protein içeriği değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

### SUPEROKSİT DİSMUTAZ (SOD) ENZİM AKTİVİTESİ

Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron konsantrasyonları uygulanan mısır bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarındaki superoksit dismutaz (SOD) enzimi aktiviteleri ile ilgili değerler Tablo ve Şekil de gösterilmiştir. Farklı foramsulfuron konsantrasyonları uygulanan bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki SOD aktivitelerinde kontrole kıyasla kayda değer artışların meydana geldiği ancak belli bir konsantrasyondan sonra ilgili bitki kısmına göre bazı değişikliklerin ortaya çıktığı saptanmıştır.

Foramsulfuron uygulamasının 5. gününde köklerde 330, 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da SOD aktivitesinin arttığı ve kontrole göre en yüksek artışın %31,5 ile 990  $\mu\text{M}$

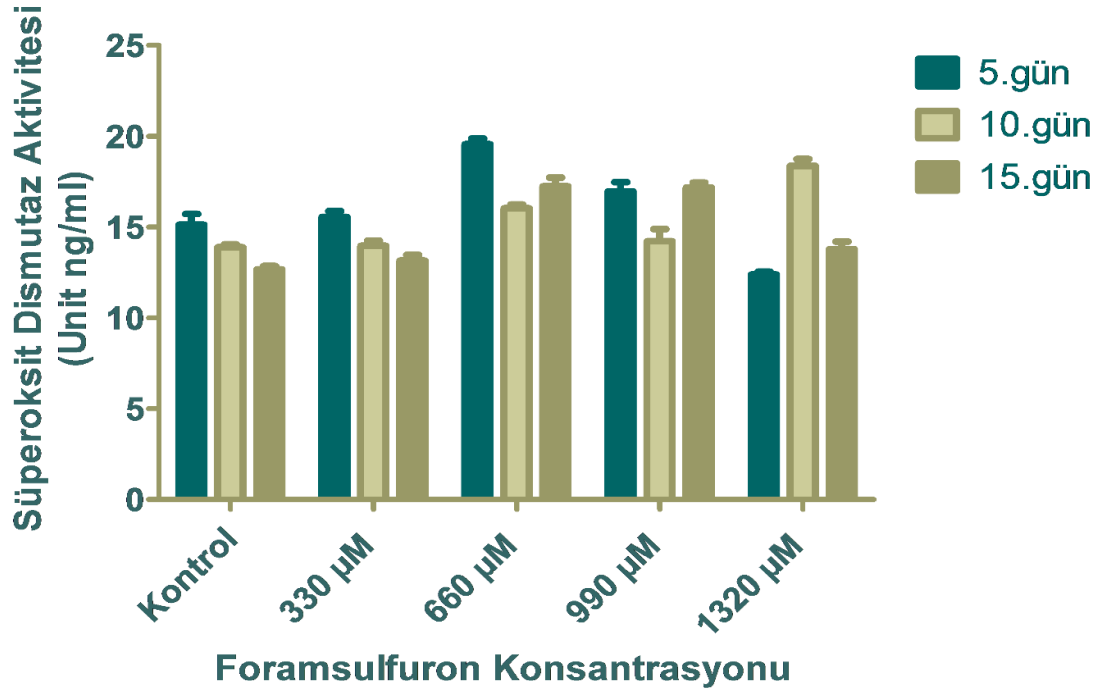
konsantrasyonunda meydana geldiği tespit edilmiştir. 10. günde köklerdeki SOD aktivitesi konsantrasyonlardaki artışa paralellik göstermekte ve en yüksek doz olan 1320  $\mu\text{M}$ 'da kontrole göre artış %84,4'e ulaştığı belirlenmiştir. Foramsulfuron uygulamasının 15. günü köklerde 330  $\mu\text{M}$ 'da SOD aktivitesi kontrole yakın bir değer verirken 660  $\mu\text{M}$ 'da %23'lük bir artma gözlenmiş, 990  $\mu\text{M}$  değerinden itibaren SOD aktivitesinde gerçekleşen düşüş kontrole kıyasla %23'e kadar ulaşmıştır (EK 4. ve Şekil 4.4).



**Şekil 4.4:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

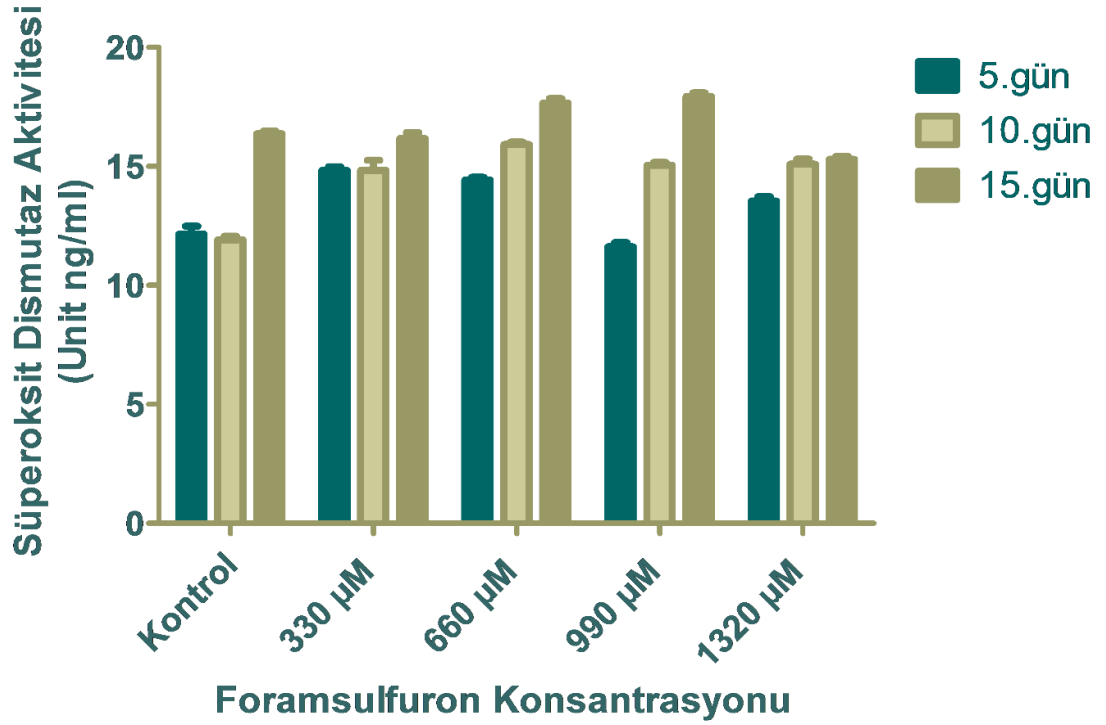
Uygulamasının 5. gününde gövdede madde konsantrasyonunun artışına paralel olarak SOD enzim aktivitesinin 660  $\mu\text{M}$  seviyesine kadar %29 oranında yükseldiği, 990  $\mu\text{M}$ 'da artışın %12'ye gerilediği ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da kontrole göre %18,2'lik bir düşüş saptanmıştır. 10. gününde Gövdede de SOD aktivitesi teşvik edilmiştir. 330  $\mu\text{M}$ 'da SOD aktivitesinin kontrole çok yakın bir seviyededir. Kontrole kıyasla 1320  $\mu\text{M}$ 'da %32,2'lik bir artış tespit edilmiştir. 15. günde gövdede SOD aktivitesi foramsulfuron konsantrasyonlarındaki

artışla beraber artış göstermektedir. En yüksek aktivitenin kontrolle kıyasla %36 artışla 660  $\mu\text{M}$ 'da olduğu, daha sonraki konsantrasyonlarda bir miktar düşüş yaşanmasına karşın 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'daki değerler sırasıyla %35,5 ve %8,8 artışla kontrolün üstünde olduğu gözlenmiştir (EK 5. ve Şekil 4.5).



**Şekil 4.5:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Foramsulfuron uygulamasının 5. gününde yapraklarda ise 330  $\mu\text{M}$ 'da kontrole göre %22'lik bir artış meydana gelmiş fakat bu artış 660 ve 990  $\mu\text{M}$ 'da düşüş yaşamıştır. Kontrolle kıyaslandığında 660 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da sırasıyla %18,8 ve %11,4 artış yaşanırken 990  $\mu\text{M}$ 'da kontrole göre %4,3'lük bir indirgenme gözlenmiştir. 10. gününde yapraklarda 660  $\mu\text{M}$  seviyesine kadar %33,6 değerinde artış yaşanırken 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'daki artışın kontrole kıyasla %26 seviyelerinde olduğu belirlenmiştir. Foramsulfuron uygulamasının 15. Günü Yapraklarda SOD aktivitesi 330  $\mu\text{M}$ 'da kontrole yakın bir değer verirken 660 ve 990  $\mu\text{M}$ 'da %9,5'e kadar artış göstermektedir. Uygulamanın en yüksek dozu olan 1320  $\mu\text{M}$ 'da ise kontrole göre %6,7 oranında bir düşüş saptanmıştır (EK 6. ve Şekil 4.6).



**Şekil 4.6:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µM foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. ve 15. günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi değişim grafiği.

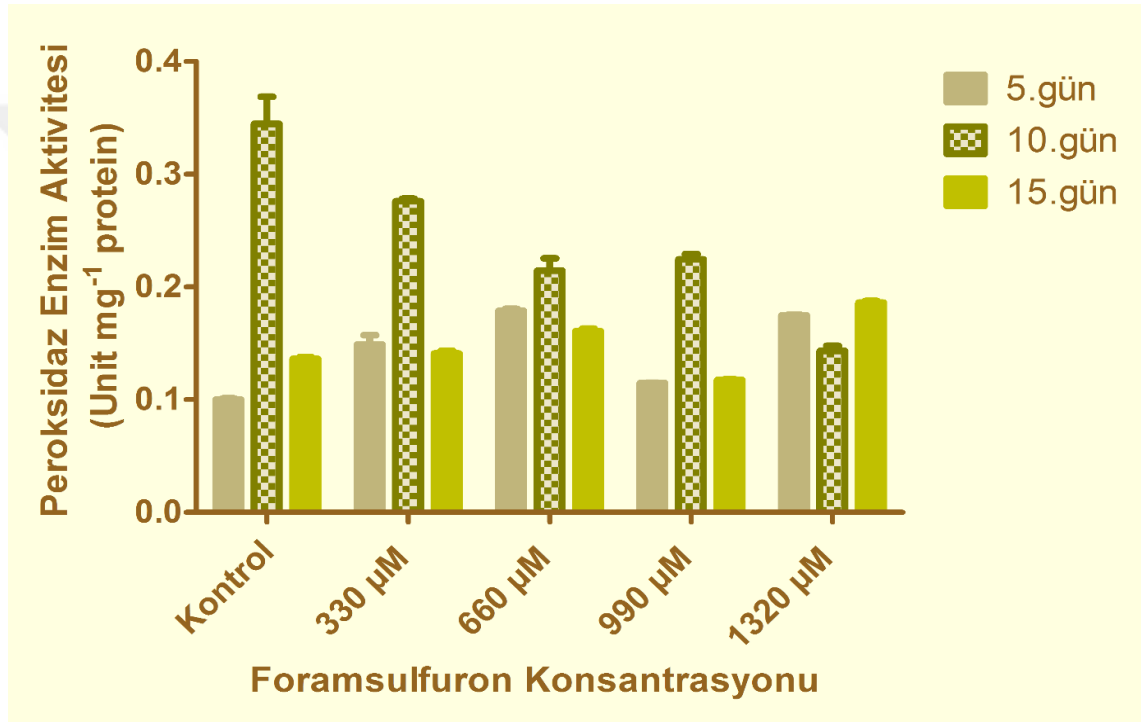
### PEROKSİDAZ (POD) ENZİM AKTİVİTESİ

Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µM foramsulfuron uygulanan mısır bitkilerinin kök, gövde ve yapraklarındaki peroksidaz (POD) enzimi aktiviteleri ile ilgili veriler tablo ve şekil olarak özetlenmiştir.

Elde edilen bulgulara göre 5.gün kontrolde en yüksek enzim etkinliğinin gövdede meydana gelirken bunu kökün takip ettiği, en düşük aktivitenin ise yaprakta olduğu görülmektedir. 10. gün kontrolde en yüksek enzim etkinliğinin kökte meydana gelirken bunu yaprağın takip ettiği, en düşük aktivitenin ise gövdede olduğu izlenmiştir. Elde edilen verilere göre 15. günde foramsulfuron uygulamasının tüm konsantrasyonlarında kontrole kıyasla önemli yükselmelerin olduğu kaydedilmiştir.

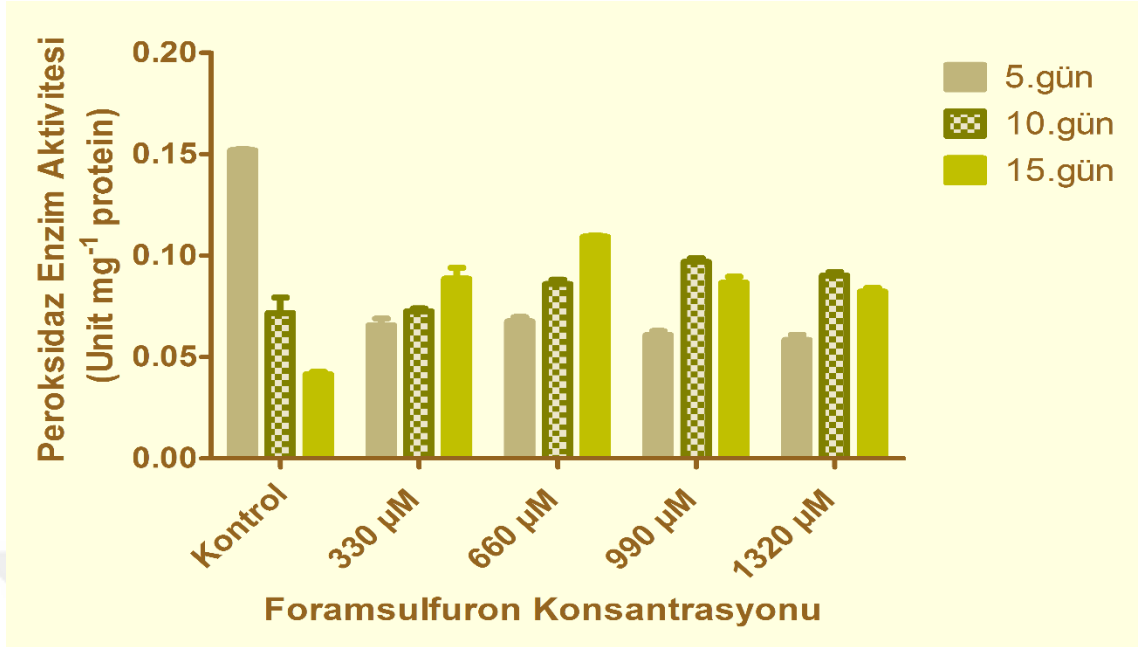
EK 7 ve Şekil 4.7'den elde edilen bulgulara göre uygulamanın 5. Gününde köklerde POD seviyelerinde kontrole göre artış gözlemlenmiştir. 330, 660, 990 ve 1320 µM'da kontrole göre sırasıyla %48,8 , %78,5 , %14,5 ve %74,7 oranında bir artış olurken olduğu

saptanmıştır. 10.günde kökte foramsulfuron konsantrasyonu artmasının bütün serilerde POD aktivitesinde düşüslere neden olduğu saptanmıştır. 1320  $\mu\text{M}$ 'da kökteki POD enzimi kontrolle kıyaslandığında %58,5 oranında indirgendiği tespit edildi. 15. günde Köklerdeki POD aktivitesinde kontrole oranla 330, 660 ve 1320  $\mu\text{M}$  konsantrasyonlarında artış olurken 990  $\mu\text{M}$  seviyesinde kontrole göre %13,7 oranında bir düşüş saptanmıştır.



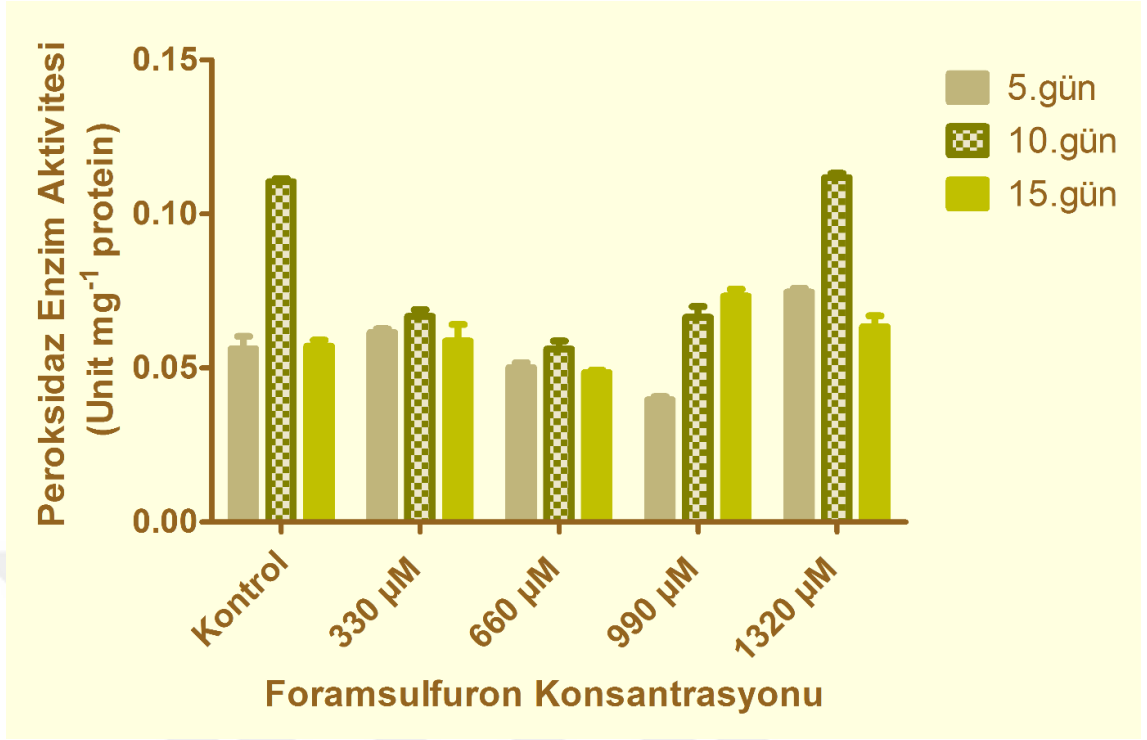
**Şekil 4.7:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Gövdede uygulamanın 5. gününde POD aktivitesinin kontrole oranla ciddi bir düşüş yaşadığı saptanmıştır. 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfurondaki düşüş kontrole göre %61,5'i bulmaktadır. 10. günde gövdesindeki POD aktiviteleri kontrole göre sırasıyla %1,1, %20, %35 ve %25,7 seviyelerinde artış saptanmıştır. 15. günde Gövdede kontrole kıyasla %163 oranında dramatik bir artış gözlemlenmektedir (EK 8 ve Şekil 4.8).



**Şekil 4.8:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µM foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları ± standart sapmayı göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Yapraklarda ise uygulamanın 5. gününde POD aktivitesinde kontrole oranla 330 ve 1320 µM foramsulfuron konsantrasyonlarında sırasıyla %9,5 ve %33 artış olurken 660 ve 990 µM konsantrasyonlarında sırasıyla %10,6 ve %29,4 oranlarında düşüşler tespit edilmiştir. 10. günde yapraklarda 330, 660 ve 990 µM konsantrasyonlarında kontrole oranla düşüşler yaşanırken ve 1320 µM'de kontrole göre % 1 oranında küçük bir artış gözlenmiştir. Yapraklarda en belirgin düşüş 660 µM'daki % 49,3'tür. Yaprakta da kontrole kıyasla %28,5'lara varan artışlar tespit edilmiştir (EK 9 ve Şekil 4.9).



**Şekil 4.9:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µM foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. ve 15. günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

## KLOROFİL VE KAROTİNOİD İÇERİĞİ

Kontrol ve 330, 660, 990, 1320 µM foramsulfuron uygulanan mısır bitkilerinin yapraklarındaki klorofil a, klorofil b, klorofil a/b ve total karotinoid miktarları Tablo 4.10, Tablo 4.11 ve Tablo 4.12’de gösterilmiştir.

Tablo 4.10 incelendiğinde foramsulfuron konsantrasyonlarındaki artışın pigment içeriği üzerinde önemli etkileri olduğu saptanmıştır. Mısır bitkisi yapraklarına foramsulfuron uygulamasının 5. gününde klorofil a değeri 330 µM’da kontrole yakın çıkarken artan konsantrasyonlarda yükseliş göstermiştir. En yüksek konsantrasyon olan 1320 µM’da %26,8’lik bir artış gözlenmiştir. Klorofil b değerlerinde 330 ve 660 µM’da sırasıyla kontrole göre %10 ve %2 düzeylerinde indirgenme, 990 ve 1320 µM’da %15,8 ve %36,6 oranında artış saptanmıştır. Klorofil a’nın klorofil b’ye oranında kontrole göre tüm konsantrasyonlarda yükseliş gözlenmiş ve 1320 µM’da %19 oranına varmaktadır. Total karotinoid miktarında 5. günde 330 ve 660 µM foramsulfuron serisindeki bitkilerin

yapraklarında kontrole göre %7,8 ve %3,3'lük bir artış saptanırken; 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da %5,2 ve %7,3'lik bir azalma görülmüştür.

**Tablo 4.1:** Mısır bitkisinin yapraklarına Foramsulfuron Uygulamasının 5.gününde klorofil a, klorofil b, klorofil a/b ve karotenoid değerleri ( $\mu\text{g/ml}$ ). Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ).

Foramsulfuron Konsantrasyonu	Klorofil a ( $\mu\text{g/ml}$ )	Klorofil b ( $\mu\text{g/ml}$ )	Klorofil a/b ( $\mu\text{g/ml}$ )	Total Karotenoid ( $\mu\text{g/ml}$ )
<b>Kontrol</b>	107,32 $\pm$ 0,46	32,46 $\pm$ 0,20	2,02 $\pm$ 0,01	3,31 $\pm$ 0,03
<b>330 <math>\mu\text{M}</math></b>	104,21 $\pm$ 0,22	29,25 $\pm$ 1,42	2,09 $\pm$ 0,04	3,57 $\pm$ 0,18
<b>660 <math>\mu\text{M}</math></b>	108,98 $\pm$ 0,36	31,85 $\pm$ 0,39	2,11 $\pm$ 0,02	3,42 $\pm$ 0,04
<b>990 <math>\mu\text{M}</math></b>	118,00 $\pm$ 1,47	37,59 $\pm$ 1,07	2,12 $\pm$ 0,04	3,14 $\pm$ 0,11
<b>1320 <math>\mu\text{M}</math></b>	136,17 $\pm$ 1,76	44,36 $\pm$ 1,01	2,41 $\pm$ 0,02	3,07 $\pm$ 0,10

Uygulamanın 10. gününde tüm konsantrasyonlarda klorofil a seviyeleri kontrole göre %18 oranında indirgenmiştir. Klorofil b değerleri kontrole kıyaslandığında 330 ve 660  $\mu\text{M}$ 'da sırasıyla %14,7 ve %15,9'lük indirgenmeler gözlenirken 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da sırasıyla %13,5 ve %17,6 düzeylerinde artışlar açığa çıkmıştır. Klorofil a'nın klorofil b'ye oranında kontrole göre tüm konsantrasyonlarda indirgenme, 330, 660, 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da sırasıyla %11,6, %12,5, %5 ve %8,8 düşüşler belirlenmiştir (Tablo 4.11). 10. günde 330  $\mu\text{M}$ 'daki karotenoid seviyesi kontrole çok yakınken daha yüksek konsantrasyonlarda giderek seviyesi düşmüştür. En yüksek doz olan 1320  $\mu\text{M}$ 'da karotenoidin %23,3'lük indirgenme gösterdiği tespit edilmiştir.

**Tablo 4.2:** Mısır bitkisinin yapraklarına Foramsulfuron Uygulaması sonrası 10.gün deki klorofil a, klorofil b, klorofil a/b ve karotenoid ölçümler ( $\mu\text{g/ml}$ ). Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ).

Foramsulfuron Konsantrasyonu	Klorofil a ( $\mu\text{g/ml}$ )	Klorofil b ( $\mu\text{g/ml}$ )	Klorofil a/b ( $\mu\text{g/ml}$ )	Total Karotenoid ( $\mu\text{g/ml}$ )
<b>Kontrol</b>	113,64 $\pm$ 0,63	35,27 $\pm$ 0,31	2,17 $\pm$ 0,03	3,22 $\pm$ 0,04
<b>330 <math>\mu\text{M}</math></b>	97,94 $\pm$ 0,56	30,10 $\pm$ 1,04	1,92 $\pm$ 0,04	3,26 $\pm$ 0,11
<b>660 <math>\mu\text{M}</math></b>	93,30 $\pm$ 0,20	29,68 $\pm$ 0,65	1,90 $\pm$ 0,05	3,14 $\pm$ 0,07
<b>990 <math>\mu\text{M}</math></b>	112,56 $\pm$ 0,48	40,04 $\pm$ 1,24	2,06 $\pm$ 0,04	2,81 $\pm$ 0,08
<b>1320 <math>\mu\text{M}</math></b>	102,61 $\pm$ 0,70	41,51 $\pm$ 0,56	1,98 $\pm$ 0,05	2,47 $\pm$ 0,04

Uygulamanın 15. gününde klorofil a değerlerinde kontrole oranla 330 ve 990  $\mu\text{M}$ 'da sırasıyla %18,2 ve %8'lik düşüşler gözlenirken 660 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da sırasıyla %33,8 ve %25,5'lik artışlar gözlenmektedir (Tablo 4.12). Klorofil b değerinde 330  $\mu\text{M}$ 'da %20

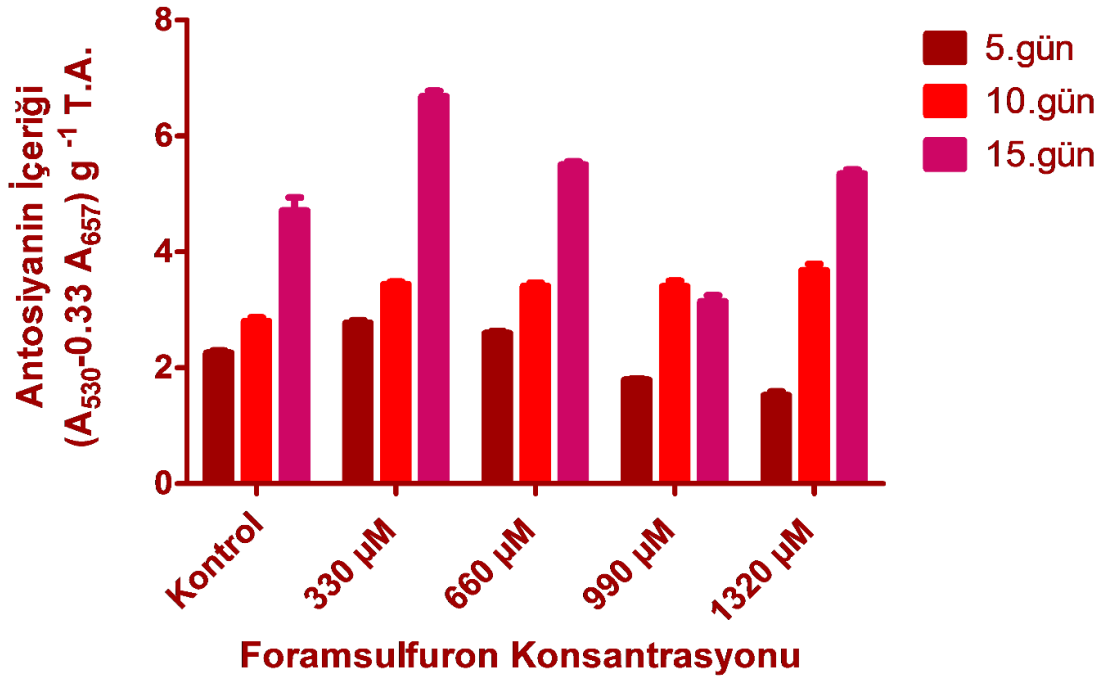
**Tablo 4.3:** Mısır bitkisinin yapraklarına Foramsulfuron Uygulaması sonrası 15.gün deki klorofil a, klorofil b, klorofil a/b ve karotenoid ölçümler ( $\mu\text{g/ml}$ ). Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p<0,05$ ).

Foramsulfuron Konsantrasyonu	Klorofil a ( $\mu\text{g/ml}$ )	Klorofil b ( $\mu\text{g/ml}$ )	Klorofil a/b ( $\mu\text{g/ml}$ )	Total Karotenoid ( $\mu\text{g/ml}$ )
<b>Kontrol</b>	88,76 $\pm$ 0,36	27,48 $\pm$ 0,48	1,65 $\pm$ 0,01	3,23 $\pm$ 0,06
<b>330 <math>\mu\text{M}</math></b>	72,67 $\pm$ 0,83	21,83 $\pm$ 0,73	1,49 $\pm$ 0,03	3,33 $\pm$ 0,08
<b>660 <math>\mu\text{M}</math></b>	118,78 $\pm$ 0,96	47,76 $\pm$ 1,04	2,23 $\pm$ 0,02	2,49 $\pm$ 0,06
<b>990 <math>\mu\text{M}</math></b>	81,70 $\pm$ 1,37	29,35 $\pm$ 1,16	1,67 $\pm$ 0,03	2,79 $\pm$ 0,15
<b>1320 <math>\mu\text{M}</math></b>	111,45 $\pm$ 1,29	35,49 $\pm$ 0,65	2,08 $\pm$ 0,02	3,14 $\pm$ 0,03

düzeyinde bir düşüş yaşanırken foramsulfuronun artan konsantrasyonlarında %29'a varan artışlar tespit edilmiştir. Klorofil a'nın klorofil b'ye oranında kontrole göre 330  $\mu\text{M}$ 'da %9,7'lik bir düşüş yaşanırken diğer konsantrasyonlarda artış gözlenmiştir. En yüksek artış 660  $\mu\text{M}$ 'da %35 seviyesindedir. Foramsulfuron uygulamasının 15. günündeki karotinoid seviyeleri 330  $\mu\text{M}$ 'da kontrole çok yakınken daha yüksek konsantrasyonlarda giderek miktarı azalmış ve 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da sırasıyla %2,8 ve %2,5'lik düşüşlerin olduğu belirlenmiştir.

### ANTOSİYANİN İÇERİĞİ

EK 10 ve Şekil 4.10'da izlendiği gibi çeşitli foramsulfuron konsantrasyonları uygulanan mısır bitkilerinin yaprak kınındaki antosiyanin içerikleri incelenmiştir. Foramsulfuron



**Şekil 4.10:** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{M}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yaprak kınında 5., 10. ve 15. günlerdeki antosiyanin içeriği değişim grafiği. Sütunlar üzerindeki aynı grup içindeki hata çubukları  $\pm$  standart sapmayı göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

uygulamasının 5. gününde 330 ve 660  $\mu\text{M}$  'da kontrole oranla sırasıyla %22,8 ve %15,3 düzeylerinde artış gözlenirken 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da kontrole göre sırasıyla %20,6 ve

%32,4 düzeylerinde düşüşler tespit edilmiştir. Uygulamanın 10. gününde foramsulfuronun tüm konsantrasyonlarında kontrole kıyasla artış yaşanmış ve 330, 660, 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da sırasıyla %22,5, %21,4, 21,3 ve %31 seviyelerine ulaştığı açığa çıkarıldı. 15. günde 330, 660 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da kontrole kıyasla arttığı ve %41,8 seviyesini bulduğu tespit edilmiş olup 990  $\mu\text{M}$ 'da %33 seviyesinde bir düşüş olduğu gözlenmiştir.



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Dünya nüfus artışı açlık tehlikesini de beraberinde getirmektedir. Bunun yanında tarımsal faaliyetlerin yapılabileceği verimli toprakların da azalması bu tehlikenin ciddi boyutlara ulaşmasına neden olmaktadır. Bitkilerde hastalık etmeni patojenler ve çeşitli böcek türleri verimi ve kaliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Bütün bu sebeplerden dolayı var olan tarım alanlarından alınan verim maksimum düzeyde olmalıdır. Geçen yıllar içerisinde tarımsal alandaki bu tehlikelerle mücadele için mekaniksel, fiziksel, biyolojik ve kimyasal tekniklere başvurmuşlardır.

Ülkemizde uygulama kolaylığı ve olumlu sonuçlar alınması nedeniyle kimyasal mücadeleye sıklıkla başvurulmaktadır. Tarımsal alanda kullanılan pestisitlerin, hedef alınan organizmayı yok ederek ürün miktarında artış sağlamanın yanında insanlar ve hedef olmayan canlılar için de hastalık yapıcı, mutajen, kanserojen hatta öldürücü etkileri bulunmaktadır (Ayyagari, 1995; Kligerman, 2000; Öztürk ve Tosun, 2004). Pestisitler (fungusitler, herbisitler, insektisitler, bakterisitler vb.) toprağa, bitkiye ya da tohuma uygulanmaları sırasında çeşitli taşınma yolları aracılığıyla hava, su ve toprağa ulaşarak ekosistemde çeşitli problemlere sebebiyet vermektedir. Bir pestisitinin doğadaki hareketini; fiziksel ve kimyasal özellikleri, uygulama biçimi, mevsimsel değişim ve tarımsal faktörler etkilemektedir (Delen ve diğ., 2005). Kullanılan pestisitlerin bir kısmı buharlaşma yolu ile kaybolurken bir kısmı da çeşitli fotokimyasal reaksiyonlarla zehirli formlara dönüşmektedir. Atmosfere karışan kimyasallar rüzgâr, yağmur, sis veya kar gibi çeşitli doğa olaylarıyla yeniden yeryüzüne dönebilmektedir. Bir diğer kısmı da toprağa tutunarak; çeşitli kimyasal yollarla ve mikroorganizmaların faaliyetleri neticesinde toprak kirliliğine neden olmaktadır (Kaya ve diğ., 2002; Tarakçı ve Türel, 2009).

Yabancı otlarla kimyasal mücadelede başvuru alan herbisitlerin kültür bitkisine olan etkilerini de göz önünde bulundurmak gerekir. Herbisitler, ürün verimi üzerine olan etkileri yanında belli maddelerle reaksiyona girmesi ya da elektron alışverişinde bulunması sonucu bitkilerde farklı yapılarda bileşikler oluştururlar. Herbisitlerin neden olduğu bu toksik etkiler bitkinin bazı organlarında farklı durumlarda kendilerini

gösterirler. Sırasıyla fotosentez, solunum ve protein sentezine olumsuz etkileri bitkinin bünyesinde oluşan fizyolojik problemler; kloroz, nekroz, tepe tomurcuğu kaybı ve vaskular solgunluk da gözle görülebilen etkilerdir (Eymirli, 2011). Bu durumlar sonuçta bitkide ciddi problemlere, ürün kayıplarına ve hatta bitkinin ölümüne sebebiyet vermektedir (Özer ve diğ., 1998; Uysal, 2012).

Her geçen gün kullanılan pestisit çeşidinin ve sayısının artmasından dolayı, pestisitlerin kültür bitkileri üzerindeki fizyolojik etkileriyle ilgili araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sebepten dolayı çalışmamızda tarım alanlarında yabancı ot öldürücü olarak kullanılan foramsulfuron herbisitinin *Zea mays* L. bitkisi üzerindeki fizyolojik etkileri araştırılmıştır. Yapılan deneme çalışmaları ve hesaplamalar neticesinde tarlada kullanım için tavsiye edilen ticari doz (330  $\mu\text{M}$ ) ile bunun katlarından oluşan dört farklı foramsulfuron herbisitinin (660, 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ ) konsantrasyonu belirlenmiştir. Bu konsantrasyonların bitkide meydana getirdiği etkileri incelemek için, mısır bitkisi tohumlarının tarla şartlarına benzer koşullarda ekimi yapılmış ve 15 günlük iken foramsulfuron herbisitinin belirlenen dozları yapraklara püskürtülerek uygulanmıştır. Her bir konsantrasyona ait herbisit fizyolojik etkilerini incelemek için, peroksidaz ve süperoksit dismutaz aktivitesi, protein miktarı, klorofil a ve b, karetinoid ve antosiyanin miktar tayini ile belirlenmiştir. Kullanılan herbisit konsantrasyonlarının çalışma bitkimizde oluşturduğu durumlar incelenip bulgular kontrolle karşılaştırılmıştır.

Çalışmamızda foramsulfuron uygulamasının 5. günde kökte ve gövdede tüm konsantrasyonlarda protein içeriğinde düşüş yaşanırken en belirgin düşüşler kökte ve gövdede 1320  $\mu\text{M}$ 'de sırasıyla %54 ve %16 oranındadır. Kök ve gövdenin aksine yapraklardaki protein miktarı kontrole göre artmış ve %49 oranına varmıştır. 10. gününde kökteki protein miktarlarında ciddi bir artış yaşanmış ve en belirgin olanı %117 oranı ile 1320  $\mu\text{M}$ 'dir. Gövdede 10. günde kontrole göre %14,5 seviyesine kadar inen bir düşüş yaşanırken 1320  $\mu\text{M}$ 'da %4,5 oranında bir artış saptanmıştır. Yapraklardaki protein miktarı 330, 660, 990 ve 1320  $\mu\text{M}$  serileri kontrolle karşılaştırıldığında sırasıyla %11, %16, %6,3 ve %0,4 oranında artış gözlenmiştir. 15. günde köklerde 330, 660 ve 990  $\mu\text{M}$  seviyelerinde %50'ye varan artış olurken 1320  $\mu\text{M}$  seviyesinde kontrole göre %18 oranında düşüş yaşanmıştır. Gövdede ve yapraklarda tüm konsantrasyonlarda kontrole

göre düşüş yaşanmış ve en belirgin olanları gövdede %33,4 ve yaprakta %27,8 oranlarındadır.

Zhang ve diğ. (2011) Omethoate stresi altında *Triticum aestivum* L. (buğday) fidelerini hidrofonik ortamda büyütmüş ve incelemiştir. Yüksek konsantrasyonlarda ziraî ilaç uygulanmış (5 g/L ve 10 g/L) fidelerde sürgün büyümeleri anlamlı ve oldukça konsantrasyona bağlı şekilde indirgenmiştir. Oysa inhibisyon, düşük konsantrasyonda Omethoate uygulanan (0,1 g/L) bitkilerde saptanmamıştır. Çözünbilir protein içerikleri ise özellikle yüksek konsantrasyonlarda (5 g/L ve 10 g/L) zamana bağımlı olarak kontrole kıyasla düşüş göstermiştir.

Arslanoğlu (2011) tarafından *Allium cepa* bitkisinde etken maddesi Diazinon olan bir pestisit ile etken maddesi Bakır oksiklorür olan bir fungusit üzerine yapılan bir araştırmada, 600, 1200 ve 1800 ppm artan dozlarında pestisit uygulanmış *Allium cepa* örneklerinde konsantrasyon artışına paralel olarak kök ucu hücrelerindeki total protein miktarında kontrol grubuna kıyasla azalmalar tespit edilmiştir. Konsantrasyon artışının toksik etkileri iki pestisit için de doğrusal bir artış göstermiştir. (Arslanoğlu, 2011).

Organofosfat grubunda bulunan geniş spektrumlu bir insektisit olan Chlorpyrifos'un yaygın olarak uygulanması, ekosistemde su ve toprakta birikmelere neden olabilmektedir. Parween ve arkadaşlarının (2011) yapmış oldukları bir çalışmada, çeşitli konsantrasyonlarda Chlorpyrifos uygulanmış *Vigna radiata* L. bitkisinde bitki büyüme ve gelişmesinin yanında azot metabolizmasını da araştırmışlardır. Düşük konsantrasyonlarda (0,3 mm) yeşil kısımlarda, kök ve sürgün boylarında, nitrat, nitrat redüktaz (NR), çözünbilir şeker ve protein içerikleri parametrelerinde kimyasalın uyarıcı etkiye sahip olduğu, yüksek konsantrasyonlarda ise (0,6 mm ve 1,5 mm) aynı parametrelerde yüksek oranda toksisite göstermesi sonucu hücrelerde tahribata sebep olduğu bildirilmiştir. Büyüme ve azot metabolizmasında negatif etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Doğanlar (2012) tarafından *Veronica beccabunga* L. üzerine beş ayrı pestisit (Atrazin, Disulfoton, Chlorpyrifos, Metalaxyl, Ethion) bileşiminden 50 ppt, 1 ppb, 100 ppb ve 1 ppm dozlarında yapraklara uygulama yapılmış ve veriler incelenmiştir. Yapraklardaki protein içerikleri pestisit artan konsantrasyonları ile ters orantılı olarak azalmıştır.

Herbisit uygulamasının bitki hücrelerinde zararlı serbest radikaller ile reaktif oksijen türlerinin (ROT) ve peroksit bileşiklerinin meydana gelmesini teşvik ettiği, bu bileşiklerin bitki hücrelerine saldırarak tahrip ettiği ve yeni radikallerin oluşmasına neden olup kontrol dışı zincirleme tepkimelerin başlattığı pek çok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Çömelekoğlu, 2000; Topçu, 2010).

Tez çalışmamızda değişik foramsulfuron konsantrasyonları uygulanan bitkilerin kök, gövde ve yapraklarındaki SOD aktivitelerinde kontrole kıyasla kayda değer artışların meydana geldiği ancak belli konsantrasyonda ilgili bitki kısmına göre bazı farklılıkların yaşandığı belirlenmiştir. Foramsulfuron uygulamasının 5. gününde köklerde SOD aktivitesinin arttığı ve kontrole göre en yüksek artışın %31,5 olduğu tespit edilmiştir. Gövdede SOD enzim aktivitesinin 660  $\mu\text{M}$  seviyesine kadar %29 oranında yükseldiği, 990  $\mu\text{M}$ 'da artışın %12'ye gerilediği ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da kontrole kıyasla %18,2'lik bir düşüş belirlendi. Yapraklarda ise 330  $\mu\text{M}$ 'da kontrole göre %22'lik bir artış meydana gelmiş fakat 990  $\mu\text{M}$ 'da %4,3'lük bir indirgenme gözlenmiştir. 10. gününde köklerdeki SOD aktivitesi artmakta ve en yüksek doz olan 1320  $\mu\text{M}$ 'da artışın %84,4'e ulaştığı belirlenmiştir. Gövdede de SOD aktivitesi teşvik edilmiştir. Kontrole kıyasla en yüksek doz olan 1320  $\mu\text{M}$ 'da %32,2'lik bir artış tespit edilmiştir. Yapraklarda 660  $\mu\text{M}$  seviyesine kadar %33,6 değerinde artış yaşanırken 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'daki artışın kontrole kıyasla %26 seviyelerinde olduğu belirlenmiştir. 15. günü köklerde SOD aktivitesi %23'lük bir artma gözlenmiştir. Gövdede SOD aktivitesi foramsulfuron konsantrasyonlarındaki artışla beraber artış göstermektedir. En yüksek aktivitenin kontrolle kıyasla %36 artışla 660  $\mu\text{M}$ 'da olduğu, daha sonraki konsantrasyonlarda bir miktar düşüş yaşanmasına karşın 990 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'daki değerler sırasıyla %35,5 ve %8,8 artışla kontrolün üstünde olduğu gözlenmiştir. Yapraklarda SOD aktivitesi %9,5'e kadar artış göstermektedir.

Çalışmamızda uygulamanın 5. gününde köklerde POD seviyelerinde kontrole göre artış gözlemlenmiş olup %78,5 değerine ulaşmıştır. Gövdede POD aktivitesinin kontrole oranla ciddi bir düşüş yaşadığı ve bu düşüş %61,5'i bulmaktadır. Yapraklarda ise POD aktivitesinde kontrole oranla 330 ve 1320  $\mu\text{M}$ 'da sırasıyla %9,5 ve %33 artış olurken 660 ve 990  $\mu\text{M}$ 'da sırasıyla %10,6 ve %29,4 oranlarında düşüşler tespit edilmiştir. 10. günde kökte düşüş yaşandığı ve kontrolle kıyaslandığında %58,5 oranında indirgeniği belirlendi. Gövdedeki POD aktiviteleri artmış ve kontrole göre %35 seviyelerine ulaştığı

saptanmıştır. 10. günde yapraklarda kontrole oranla düşüşler yaşandığı ve en belirgin düşüş 660  $\mu\text{M}$ 'da ki % 49,3 olduğu tespit edildi.15. gününde tüm konsantrasyonlarda kontrole kıyasla önemli yükselmelerin olduğu ve köklerdeki POD aktivitesinde kontrole oranla %37,5;gövdede %163; yaprakta da kontrole kıyasla %28,5'lara varan artışlar tespit edilmiştir. Bütün bu çalışmalarda varılan sonuçlar, tez çalışmamızda ulaştığımız veriler ile paralellik göstermektedir. Enzim seviyelerindeki bu değişimler oksidatif stresin bir belirteci olarak görülmektedir.

Mishra ve arkadaşları (2009) tarafından yapılan çalışmada kudret narı (*Momordica charantia* L.) bitkisine uygulanan organofosfat grubu sistemik bir pestisit olan Dimethioate ve UV-B Serbest radikal üretimini azaltmak adına bitkide SOD, CAT, POD gibi spesifik enzim aktiviteleri artmıştır. UV-B ve 200 ppm Dimethoate birlikte en yüksek enzim aktivasyonunu stimüle etmiştir (Mishra ve diğ., 2009).

Zhang ve diğ. (2011) ise Omethoate stresi altında *Triticum aestivum* L. (buğday) fidelerini hidrofonic ortamda incelemişlerdir. Enzimatik antioksidanlardan süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD) ve askorbat peroksidaz (APX) aktiviteleri sürgünlerde artan Omethoate konsantrasyonları ile lineer bir artış saptanmıştır.

Yıldıztekin (2012) domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fidelerine 30 cc/100L Spinosad ve 35 cc/100L Etoxazole etken maddeli insektisitlerin uygulanması sonucunda SOD miktarında oluşan artış açıkça kendini göstermiştir. POD ve APX aktivitelerinde, belirgin bir değişim gözlenmemiştir. CAT aktivitelerinde, önemli sayılmayacak seviyelerde artışlar elde edilmiş ve kontrole yakın bulunmuştur.

Doğanlar (2012) tarafından *Veronica beccabunga* L. üzerine su ekosistemlerinde yaygın Kielak ve arkadaşları (2011) monokotiledon ve dikotiledonlara sık sık kullanılan Glifosat ve İzopropilamin içerikli herbisitlerden Roundup Ultra ile yaptıkları bir çalışmada; *Lemna minor* (su mercimeği)' de CAT aktiviteleri, konsantrasyondan bağımsız şekilde herbisit tarafından uyarılıp artmasına neden olmuştur. APX ise konsantrasyon değişimine paralel olarak artmıştır. Roundup putresin, spermidin ve total poliaminler (PAs) gibi abiyotik ve biyotik stres etmenlerinin dokularda yoğun olarak birikmesine neden olmuştur. Roundup'ın suda yüksek oranda çözünebilmesi nedeniyle sucul bitkilere olan tehlikesi üzerinde durulmuştur (Kielak ve diğ., 2011).

Arslanoğlu (2011) tarafından *Allium cepa* bitkisi üzerine tarımsal mücadelede kullanılan etken maddesi Diazinon olan bir pestisit ile etken maddesi Bakır oksiklorür olan bir fungusit üzerine yapılan bir araştırmada fizyolojik ve biyokimyasal etkilere bakılmıştır. 600, 1200 ve 1800 ppm artan dozlarında pestisit uygulanmış *Allium cepa* örneklerinde konsantrasyon artışına paralel olarak SOD, CAT ve GSH-Px (Glutatyon peroksidaz) enzim içeriklerinde kontrol grubuna kıyasla azalmalar tespit edilmiştir. Konsantrasyon artışının toksik etkileri iki pestisit için de doğrusal bir artış göstermiştir. Çalışma, kimyasal maddelerin bitkide hem genetik hem biyokimyasal varyasyonlarla, fizyolojik reaksiyonları engellediği hipotezi ile sonuçlandırılmıştır (Arslanoğlu, 2011).

Doğanlar (2012) tarafından *Veronica beccabunga* L. üzerine su ekosistemlerinde yaygın olarak kullanılan beş ayrı pestisit (Atrazin, Disulfoton, Chlorpyrifos, Metalaxyl, Ethion) bileşiminden 50 ppt, 1 ppb, 100 ppb ve 1 ppm dozlarında yapraklara uygulama yapılmış ve veriler incelenmiştir. Artan pestisit uygulamalarına maruz kalan bitkide antioksidan enzim aktivitelerinin (CAT, POD) ve Malondialdehit içeriklerinin doğrusal bir artış gösterdiği belirtilmiştir. Üç tekrarlı gerçekleşen çalışmada tüm zamanlarda en yüksek konsantrasyonda (1 ppm) Glutatyon peroksidaz aktivitesi ve MDA içeriği indirgenmiştir. 50 ppt kalıntı, bazı ülkelerin içme sularında bulunmasına müsaade edilen kalıntı miktarıdır ve *Veronica beccabunga* L. üzerinde toksik bir etkisi olmamıştır. Fakat diğer konsantrasyonlar özellikle antioksidan sistem üzerine hayati tehlikeler yaratmıştır.

Foramsulfuron ile yapılan önceki bir çalışmada bu maddenin etkilerini özellikle 2. haftadan sonra gösterdiği bildirilmiştir (Eymirli, 2011). Çalışmamızdan elde ettiğimiz total protein, SOD ve POD aktivitelerine de baktığımızda 14. gün sonrasında anlamlı değişikliklerin olduğu gözlenmiştir. Total protein miktarlarındaki değişiklikler incelendiğinde kök ve yapraklardaki total protein miktarının tüm konsantrasyonlarda ve tüm günlerde azaldığı görülmektedir. Bu durum foramsulfuronun protein sentezini inhibe edici etkisi ile açıklanabilmektedir (Zimdahl, 2007). SOD aktivitesine bakıldığında ise kök ve gövdede 5. günde çok fazla bir değişikliğin olmaması ve özellikle 10. günden sonra aktivitede artmanın olması, yaprakta ise 5. günden itibaren bir aktivite artışının olması bize bu maddenin ilk uygulandığı yer olan yaprakta daha önce etkisini gösterip daha sonra doğrudan ya da dolaylı bir şekilde kök ve gövdenin etkilendiğini göstermektedir. POD aktivitesinde ise kök ve gövdede genel anlamda bir artış gözlenirken

yaprakta özellikle 330  $\mu\text{M}$ 'da artma, 660  $\mu\text{M}$ 'da azalma ve 990 ve 1320  $\mu\text{M}$  konsantrasyonda artma göstermesi bitkinin stresle başa çıkmak adına enzim aktivitesinde değişiklikler gösterdiği, ancak total protein ve SOD aktivitesindeki değişikliklerden de anlaşılacağı gibi stresten etkilendiğini göstermektedir.

Stres faktörlerinin bitkiler üzerindeki etkilerini anlayabilmek için sıkça başvurulan metotlardan biri de klorofil ve karotinoid içeriklerinin belirlenmesidir (Kupper ve dig., 1996; Bogoeva, 1998; Garnczarska ve Ratajczak, 2000; Dai ve dig., 2006). Karotinoidlerin klorofil moleküllerini fotooksidan hasarına karşı koruduğu bilinmektedir (Nobel, 1974; Young ve Britton, 1993).

Foramsulfuron konsantrasyonlarındaki artışın pigment içeriği üzerinde önemli etkileri olduğu gözlemlendi. Mısır bitkisi yapraklarına foramsulfuron uygulaması sonrası 5. gününde klorofil a değerinde % 1,5 ile % 26,8 arasında artışlar gözlenirken klorofil b değerlerinde de %36,6 oranında artış açığa çıkmıştır. Klorofil a'nın klorofil b'ye oranında kontrole göre tüm konsantrasyonlarda yükseliş gözlenmiştir ve %19 oranına varmaktadır. Uygulamanın 10. gününde klorofil a seviyeleri indirgenmiş olup %18'lik düşüş seviyelerine kadar inmiştir. Klorofil b değerleri %17,6 düzeylerinde artışlar açığa çıkmıştır. Klorofil a'nın klorofil b'ye oranında kontrole göre tüm konsantrasyonlarında indirgenme gözlenirken en belirgin düşüş %12,5 olarak kaydedilmiştir. Uygulamanın 15. gününde klorofil a değerlerinde kontrole oranla %18,2'ye varan düşüşler gözlenirken %33,8 oranında belirgin bir artış gözlenmektedir. Klorofil b değerinde 330  $\mu\text{M}$ 'da %20 düzeyinde bir düşüş yaşanırken foramsulfuronun artan diğer konsantrasyonlarında %29'a varan artışlar tespit edilmiştir. Klorofil a'nın klorofil b'ye oranında kontrole göre 330  $\mu\text{M}$ 'da %9,7'lik bir düşüş yaşanırken diğer konsantrasyonlarda artış gözlenmiştir. En yüksek artış 660  $\mu\text{M}$ 'da %35 seviyesindedir.

Total karotinoid miktarında 5. günde 330 ve 660  $\mu\text{M}$  foramsulfuron serisindeki bitkilerin yapraklarında kontrole göre %7,8 değerinde bir artış saptanmıştır. 10. günde foramsulfuron seviyeleri arttıkça değerler düşmüş ve %23,3'lük indirgenme gösterdiği tespit edildi. Foramsulfuron uygulamasının 15. günündeki karotinoid seviyelerinde de seviye düşmüştür ve %2,8 düşüşlerin olduğu belirlendi.

Mishra ve arkadaşları (2009) tarafından yapılan bir araştırmada kudret narı (*Momordica charantia* L.) bitkisi üzerine organofosfat grubu sistemik bir pestisit olan Dimethioate ve UV-B uygulanmış ve meydana gelen fizyolojik bulgular incelenmiştir. 100-200 ppm, yüksek konsantrasyon Dimethioate ve UV-B (0.4 Wm<sup>2</sup> 30 dk. maruziyet ile) ayrı ayrı ve kombine olarak çalışılmıştır. Biyokütle birikimine ve klorofil konsantrasyonunda değişikliğe neden olduğu kaydedilmiştir. Karotenoid içeriğinde dikkate değer bir indirgenme bildirilmiştir. Her iki stres (Dimethioate ve UV-B) aynı anda uygulandığında tüm olumsuz sonuçların birleşimi şeklinde daha yoğun olarak gelişmiştir (Mishra ve diğ., 2009).

Yıldıztekin (2012) domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fidelerine 30 cc/100L Spinosad ve 35 cc/100L Etoxazole etken maddeli insektisitlerin uygulanması sonucunda klorofil-a, klorofil-b ve farklı klorofil seviyelerinde genel bir artıştan bahsetmiştir.

Doğanlar (2012) tarafından *Veronica beccabunga* L. üzerine su ekosistemlerinde yaygın olarak kullanılan beş ayrı pestisit (Atrazin, Disulfoton, Chlorpyrifos, Metalaxyl, Ethion) bileşiminden 50 ppt, 1 ppb, 100 ppb ve 1 ppm dozlarında yapraklara uygulama yapılmış ve veriler incelenmiştir. Bitkide birikimi en fazla olan pestisit Chlorpyrifos olmuş ve onu sırası ile Atrazine, Metalaxyl, Disulfoton ve Ethion izlemiştir. Chlorpyrifos'un su ekosistemlerinde tehlikeli olabileceğinin üzerinde durulmuştur. Total klorofil içeriği pestisit artan konsantrasyonları ile ters orantılı olarak azalmıştır. Karotenoid içeriğinin düzenli olmayan değişimler gösterdiği bildirilmiştir.

Kielak ve arkadaşları (2011) monokotiledon ve dikotiledonlara sık sık kullanılan Glifosat ve İzopropilamin içerikli herbisitlerden Roundup Ultra ile yaptıkları bir çalışmada; *Lemna minör* (su mercimeği)' de şikimik asit yolağı bozulmuş, ilk görünür belirti de duyarlı bitkilerde kloroz olmuştur. Klorofil-a, klorofil-b ve total klorofil içeriklerinde azalma görülmüştür. Farklı konsantrasyonlarda herbisit uygulaması su mercimeği biyokütlelerini de düşürmüştür (Kielak ve diğ., 2011).

Arslandoğlu (2011) tarafından *Allium cepa* bitkisi üzerine tarımsal mücadelede kullanılan etken maddesi Diazinon olan bir pestisit ile etken maddesi Bakır oksiklorür olan bir fungusit üzerine yapılan bir araştırmada fizyolojik ve biyokimyasal etkilere bakılmıştır. 600, 1200 ve 1800 ppm artan dozlarında pestisit uygulanmış *A. cepa* örneklerinde

konsantrasyon artışına paralel olarak yapraklarda klorofil-a, klorofil-b ve karotenoid içeriklerinde kontrol grubuna kıyasla azalmalar tespit edilmiştir. Konsantrasyon artışının toksik etkileri iki pestisit için de doğrusal bir artış göstermiştir. Çalışma, kimyasal maddelerin bitkide biyokimyasal reaksiyonları engellediği hipotezi ile sonuçlandırılmıştır (Arslanoğlu, 2011).

Yukarıdaki literatür bilgileri göz önüne alındığında; farklı pestisitlerin bitkilerde değişik konsantrasyonlarda uygulamalarına göre konsantrasyona bağlı olarak fotosentetik pigment miktarlarında azalma ya da artma şeklinde bir yanıt gözlenmiştir. Bizim çalışmamızda da 330 µM konsantrasyonda klorofil değerlerinde bir düşme, diğer konsantrasyonlarda genel olarak bir artma gözlenmiştir. Karotenoidlerde de bunun tersine düşük konsantrasyonlarda artma ve yüksek konsantrasyonlarda azalma görülmüştür. Bu durum bize bitkinin strese karşı fotosentetik pigment miktarlarını birbirlerine kıyasla dengelediğini göstermiştir. Farklı streslerde bu durum klorofillerin artışında karotenoidlerin azaldığı ya da tam tersi şekilde klorofil değerlerinin düştüğünde karotenoid değerlerinin arttığı şeklinde görülmektedir (MacDonald ve diğ., 1993; Aksoy ve diğ., 2013; Rakovic, 2014).

Bitkilerde primer metabolitler büyüme ve gelişmede rol oynarken; sekonder metabolitler bitkilerin içinde buldukları çevre ile olan ilişkilerinin düzenlenmesi ve uyumunu sağlamaktadır. Antosiyaninlerin çeşitli stres koşullarında miktarında değişime giderek çeşitli bitki kısımlarındaki farklı konsantrasyonlarda bulunabilmektedirler (Iwashina, 2000). Bu tez çalışmasında uygulamanın 5. gününde mısır bitkisinin yaprak kınındaki antosiyanin içeriği foramsulfuronun artan konsantrasyonunda kontrole kıyasla önce artmakta daha sonra düşüşe geçmesine rağmen 10. gün ve 15. günlerde kontrolün üzerinde değerler verdiği saptanmıştır. Yaprak kını incelendiğinde en yüksek antosiyanin içeriği 15. günde olduğu ve yaklaşık %42'lik bir artış gösterdiği kaydedilmiştir.

Yancheva ve arkadaşlarının (2016) tarafından yapılan bir araştırmada bitki pigmenti biyosentezini inhibe eden izoksaflutol herbisitinin mısır bitkisi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Herbisit uygulanmış bitkilerin köklerinde ve sürgünlerindeki antosiyanin içeriği kontrole göre lineer bir artış göstermektedir. İzoksaflutol uygulanan bitki kısımlarından sürgünlerdeki antosiyanin içeriğinin köklerdeki antosiyanin içeriğinden daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Sharma ve arkadaşlarının (2016) yapmış oldukları bir çalışmada *Brassica juncea* L. (hardal otu) bitkisine uygulanan IMI (imidakloprid) insektisitinin artan dozlarında (250, 300, 350 mg kg<sup>-1</sup>) fotosentetik pigmentlerdeki etkilerini incelemişlerdir. Hardal otunun yapraklarında uygulamanın 30, 60 ve 90. günlerinde yapılan incelemelerde; insektisit uygulamasının artan konsantrasyonlarının tümünde antosiyanin içeriğinin kontrole kıyasla artmış olduğu saptanmıştır. Antosiyanin içeriğindeki en belirgin artış uygulamanın 60. gününde 350 mg kg<sup>-1</sup> konsantrasyonundaki % 30'luk artış olmuştur.

Glifosat fenilalanin, tirozin ve triptofan amino asitlerinin biyosentezini inhibe eden bir herbisittir. Donnini ve arkadaşlarının (2016) yapmış oldukları bir çalışmada, tarla koşullarında glifosat uygulamasının özellikle antosiyanin konsantrasyonu açısından (*Vitis vinifera* L.) üzüm üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Glifosat uygulanan parsellerden toplanan üzüm meyvelerinin membranlarındaki antosiyanin miktarı muamele edilmemiş örneklere oranla ciddi derecede daha düşük olduğu saptanmıştır. Antosiyanin çeşitlerinde tespit edilen bu indirgenme %10 seviyelerinde olduğu kaydedilmiştir.

Araştırmamızda, yabancı ot ilacı olarak kullanılan foramsulfuron dört farklı dozda (330, 660, 990, 1320 µM) uygulanmış ve doza bağlı olarak hedef olmayan organizma (*Zea mays* L.) üzerindeki olumsuz etkileri yapılan analizler sonucunda belirlenmiştir. Elde edilen bulgular dikkate alındığında, foramsulfuron herbisiti uygulanan mısır bitkisinde oksidatif strese neden olarak; fizyolojik reaksiyonlar üzerinde baskılayıcı bir rol oynadığı ve olumsuz yönde değişime sebebiyet verdiği söylenebilir. Bitkinin de bu durumdan minimum zararla kurtulabilmesi için savunma sistemi unsurlarını çalıştırdığını göstermiştir. Ayrıca tarla uygulamalarında önerilen 330 µM'lık dozun bitkilerde en az olumsuz etkiyi göstermesi de tarla uygulamalarında çiftçilerin önerilen konsantrasyon dışında daha yüksek miktarlar ile tarlayı ilaçlamaması gerektiğini bize göstermiştir. Bu sebepler dâhilinde yabancı otlarla savaşımında herbisitlerin kullanımlarının azaltılarak veya seçilen savaşım türünün değiştirilerek kullanılması öne sürülmektedir. Sonuç olarak çalışmamızın tarla deneyleri ile desteklenebilir olduğu ve foramsulfuron herbisitinin uzun süreli etkilerinin araştırılmasına gereksinim duyulduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Afanas'ev, I.B., 1991, *Superoxide Ion: Chemistry and Biological Implications*, (Vol. 2). CRC Press, Boca Raton FL, ISBN: 0-8493-5452-8.
- Ahat, C., 2015, *Domates ve Biberde Ardışık Pestisit Uygulamasının Pestisitlerin Parçalanma Kinetiğine Olan Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akpınar, I., 2014, *Thiram'ın Domates (*Lycopersicum esculentum* Miller) Bitkisi Üzerine Fizyolojik Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Akpınar, I., Dazkır, M., Gülmez E. ve Ünal M., 2014, The cytotoxic and physiological effects of some fungicides on vegetables, *International Conference on Biopesticides 7 (ICOB7)*, 19-25 October 2014 Antalya, ISBN (online): 978-605-5085-13-1, 57.
- Aksoy, Ö., Deveci, A., Kızıllırmak, S., & Akdeniz, G. B., 2013, Phytotoxic effect of quizalofop-P-ethyl on soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Biological and Environmental Sciences*, 7(19).
- Altınel, B., 2002, *Sanayide Kullanılan Mısır ile Kuru Öğütme ve Ürünlerinin Bazı Özellikleri*, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Arıoğlu, H., 2008, *Mısır üretiminin Türkiye tarımı açısından önemi*, <http://www.nud.org.tr/nudpdfleri/Raporlar/misirraporu.pdf>
- Arnon, D.I., 1949, Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*, *Plant Physiol.*, 24, 1-4.
- Arslanoğlu, İ., 2011, *Basudın 60 EM ve Cupravıt OB 21 Pestisitlerinin Allium cepa Bitkisi Üzerindeki Fizyolojik, Sitogenetik ve Biyokimyasal Etkileri*, Yüksek lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ayyagari, M. S., Kamtekar, S., Pande, R., Marx, K. A., Kumar, J., Tripathy, S. K., Kaplan, D. L., 1995. Biosensors for pesticide detection based on alkaline phosphatase-catalyzed chemiluminescence., *Materials Science and Engineering: C*, 2(4), 191-196.
- Bayram, D., 2011, *Quizalofop-p-ethyl Uygulanan Helianthus annuus L. Bitkisinde Salisilik Asidin Bazı Biyokimyasal Parametreler Üzerine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Beauchamp C., Fridovich I., 1971, Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Anal. Biochem.*, 44, 276–287.
- Beyer WF. and Fridowich, I., 1987, Assaying for superoxide dismutase activity: Some large consequences of minor changes in conditions, *Analytical Biochemistry*, 161 (2), 559-566.
- Bogoeva, I., 1998, Pigment content in cereal crops growth on copper polluted soil, *Bulg. J. Agr. Sci.*, 4 (6), 767-772.
- Boschin, G., D’Agostina, A., Antonioni, C., Locati, D. and Arnoldi, A., 2007, Hydrolytic Degradation Of Azimsulfuron, a Sulfonylurea Herbicide, *Chemosphere*, 68, 1312-1317.
- Bounous, G. and Molson, J.H., 2003, The antioxidant system, *Anticancer Research*, 23, 1411-1416.
- Bölükbaş, O., 1991, *Ege Bölgesinde Yetiştirilen Elma Örneklerinde Pestisit Kalıntılarının Nicel Tayini*, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Bradford, M.M., 1976, A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding, *Analytical Biochemistry*, 72, 248-254.
- Bükün, B., 2012, Enerji Bitkilerinde Yabancı Ot Sorunları ve Neden Oldukları Kayıplar, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*, 8 (3), 279-285.
- Collins, A. R. 2004. *The comet assay for DNA damage and repair*. *Molecular biotechnology*, 26(3), 249-261.
- Çavdar, C., Sifil, A. ve Çamsarı, T., 1997, Reaktif oksijen partikülleri ve antioksidan savunma, *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*, 3-4, 92-95.
- Çaylak, E., 2011, Hayvan ve bitkilerde oksidatif stres ile antioksidanlar, *Tıp Araştırmaları Dergisi*, 9 (1), 73-83.
- Çelik, N., 2000, *Tarımda girdi kullanımı ve verimliliğe etkileri*, Uzmanlık Tezi, İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü Tarım Dairesi.
- Çevre Sağlığı, 2012, *Pestisitler*, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara. [http://www.megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Pestisitler.pdf](http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Pestisitler.pdf) [Ziyaret tarihi: 16.11.2016].
- Çilingir, İ. ve Dursun, E., 2002, *Bitki koruma makinaları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No: 1531, Ankara.

- Çömelekoğlu, U. ve Mazmancı, B., 2000, Pestisidlerin kronik etkisine maruz kalan tarım işçilerinde eritrosit superoksit dismutaz ve katalaz aktiviteleri, *Turk J Biol*, 24, 483–488.
- Dağlıoğlu, N., 2004, *Akut Organofosfatlı Pestisit Entoksikasyonlarının Sıçanlarda Deneysel Olarak Gösterilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Dai, L.-P., Xiong, Z.-T., Huang, Y. and Li, M.-J., 2006, Cadmium-induced changes in pigments, total phenolics, and phenylalanine ammonia-lyase activity in fronds of *Azolla imbricata*, *Environmental Toxicology*, 21, 505-512.
- De Prado, R. A., Franco, A. R. (2004). Cross-resistance and herbicide metabolism in grass weeds in Europe: biochemical and physiological aspects., *Weed science*, 52(3), 441-447.
- Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., Burçak, A., 2005, Türkiye’de Pestisit Kullanımı, Kalinti ve Organizmalarda Duyarlılık Azalışı Sorunları, *Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongre*, 629-648.
- Diplock, A., 1998, *Healty lifestyles nutrition and physical activity: Antioxidant nutrients*, ILSI Europe concise monograph series, Belgium, ISBN 1-57881-003-5.
- Doğanlar, Z. B., 2012, Physiological and genetic responses to pesticide mixture treatment of *Veronica beccabunga*. *Water, Air, & Soil Pollution*, 223(9), 6201-6212.
- Doğar, G., 2016, *Tokat ili Buğday Ekim Alanlarında Sorun olan Kısır Yabani Yulafın (Avena sterilis L.) Bazı Herbisitlere Karşı Dayanıklılık Durumunun Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Donnini, S., Tessarin, P., Ribera-Fonseca, A., Di Foggia, M., Parpinello, G. P., Rombolà, A. D., 2016, Glyphosate impacts on polyphenolic composition in grapevine (*Vitis vinifera* L.) berries and wine. *Food Chemistry*, 213, 26-3
- Durner, J. and Böger, P., 1990, Oligomeric Forms of Plant Acetolactate Synthase Depend on Flavin Adenine Dinucleotide, *Plant Physiology* 93 (3), 1027-1031.
- Elçi, Ş., Kolsarıcı, Ö. ve Geçit, H.H., 1987, *Tarla Bitkileri*, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no: 1008, Ankara.
- Erözderim, Ö., 2016, *Bazı Merkпто-1,2,4-triazoliletitiyeno[2,3-d]pirimidin Türevlerinin Sentezlenmesi, Yapılarının Aydınlatılması Ve Lepidium sativum L. Tohumları Üzerinde Herbisit Etkilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Eryılmaz, F., 2007, *Bakır (Cu) Uygulanmış Mısır (Zea mays L.) Fidelerindeki Antioksidan Aktivitelerin Fizyolojik ve Anatomik Yönden İncelenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Eymirli, S., 2011, *Çukurova'da Mısır Ekim Alanlarında Yaygın Olarak Kullanılan Herbisitlerin Etkili Minimum Dozlarının Saptanması*, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Garnczarska, M. ve Ratajczak, L., 2000, Metabolic responses of *Lemna minor* to lead ions I. Growth, chlorophyll level and activity of fermentative enzymes, *Acta Physiol. Plant.*, 22 (4), 423–427.
- Gill, A.S. and Tuteja, N., 2010, Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants, *Plant Physiology and Biochemistry*, 48, 909-930.
- Giray Kurt, A., 2007, *Callisto Herbisitinin Zea mays L. (Mısır)'ın Martha F1 Kültür Formunda Total Glutasyon, Glutasyon Redüktaz, Glutasyon-s-transferaz ve Pigment İçeriği Üzerine Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Grene, R., 2002, Oxidative stress and acclimation mechanisms in plants, *The Arabidopsis Book-American Society of Plant Biologists*, 1-20.
- Grossmann, K., 2003, Mediation of Herbicide Effects by Hormone Interactions, *Journal of Plant Growth Regulation*, 10, 109.
- Gülmez, E., 2015, *Captan Fungusitinin Ayçiçeği (Helianthus annuus L) Bitkisi Üzerine Genotoksik ve Fizyolojik Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Günçan, A., 1982, Erzurum yöresinde buğday ürününe karışan bazı yabancı ot tohumlarının çimlenme biyolojisi üzerinde araştırmalar. *Atatürk Üniv Ziraat Fakültesi Yayınları*, Yayın no: 270.
- Güngör, M., 2005, *Adana İli Mısır Ekim Alanlarında Yabancı Otlara Karşı Uygulanan Kimyasal Mücadelenin Önemi ve Ortaya Çıkan Sorunların Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Halliwell, B., 2006, Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life, *Plant Physiol.*, 141, 312-322.
- Harte, J., Holdren, C., Schneider, C. and Shirley, C., 1991, *Toxics A to Z, A guide to everyday pollution hazards*, University of California Pres, Berkeley.
- Herzog, V. and Fahimi, H., 1973, Determination of the activity of peroxidase, *Analytical Biochemistry*, 55, 554–562.
- Hoagland, D.R. ve Arnon, D.I., 1950, The water-culture method for growing plants without soil, *Calif. Agric. Exp. Station Circ.*, 347, 1–32.
- Iwashina, T., 2000, The structure and distribution of the flavonoids in plants, *J. Plant Res.*, 113, 287-299.

- Kaya, A., 2012, *Florokloridon Herbisitinin Helianthus annus L. ve Vicia sativa L.'da Bazı Biyokimyasal ve Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri*, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kielak, E., Sempruch, C., Mioduszevska, H., Klocek, J., Leszczyński, B., 2011, Phytotoxicity of Roundup Ultra 360 SL in aquatic ecosystems: Biochemical evaluation with duckweed (*Lemna minor L.*) as a model plant. *Pesticide biochemistry and physiology*, 99(3), 237-243.
- Kligerman, A. D., Doerr, C. L., Tennant, A. H. and Peng, B., 2000, Cytogenetic studies of three triazine herbicides: II. In vivo micronucleus studies in mouse bone marrow. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 471 (1), 107-112.
- Koç, E., 2010, *Phytophthora capsici Leon. 'un farklı inokulum konsantrasyonlarının biberde (Capsicum annuum L.) antioksidanlara etkisi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kupper, H., Kupper, F. and Spiller, M., 1996, Environmental relevance of heavy metal-substituted chlorophylls using the example of water plants, *J. Exp. Bot.*, 47, 259-266.
- Kurt, G. ve Koçer, N.N., 2010, Malatya İlinin Biyokütle ve Enerji Üretimi, *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 26 (3), 240-247.
- Kün E., 1997, *Tahıllar II (Sıcak İklim Tahılları)*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Ders kitabı, Yayın No: 1360, Ankara.
- Landry, J., Delhaye, S. and Damerval, C., 2000, Improved Method For Isolating and Quantitating  $\alpha$ -Amino Nitrogen As Nonprotein, True Protein, Salt-Soluble Proteins, Zeins, and True Glutelins In Maize Endosperm, *Cereal Chemistry*, 77 (5), 620-626.
- Larelle, D., Mann, R., Cavanna, S., Bernes, R., Duriatti, A. and Mavrotas, C., 2003, Penoxsulam, a new broad spectrum rice herbicide for weed control in European Union paddies. *The BCPC International Congress: Crop Science and Technology*, Volumes 1 and 2, Proceedings of an international congress held at the SECC, 10-12 November 2003 Glasgow, Scotland, UK, 75-80. British Crop Protection Council. ISBN 1-901396-63-0.
- Lichtenthaler, H.K., 1987, Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes, *Meth. Enzymol.*, 148, 350-383.
- MacDonald, G. E., Shilling, D. G., Doong, R. L., & Haller, W. T., 1993, Effects of fluridone on hydrilla growth and reproduction. *Journal of Aquatic Plant Management*, 31, 195-195.
- Mancinelli, A.L., 1990, Interaction between light quality and light quantity in the photoregulation of anthocyanin production, *Plant Physiol.*, 92, 1191-1195.

- Mandal, S., Yadav, S., Yadav, S. and Nema, R.K., 2009, Antioxidants: A Review, *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 1 (1), 102-104.
- Maurino, V., Minero, C., Pelizzetti, E., Vincenti, M., 1999, Photocatalytic transformation of sulfonylurea herbicides over irradiated titanium dioxide particles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 151(1), 329-338.
- Mercan, U., 2004, Toksikolojide Serbest Radikallerin Önemi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Vet. Fak. Derg.*, 15 (1-2), 91-96.
- Minibaeva F.V., Gordon L.Kh., 2003, Superoxide production and the activity of extracellular peroxidase in plant tissues under stress conditions, *Russ J Plant Physl*, 50 (3), 411-416.
- Mishra, V., Srivastava, G., Prasad, S. M., 2009, Antioxidant response of bitter melon (*Momordica charantia* L.) seedlings to interactive effect of dimethoate and UV-B irradiation. *Scientia horticulturae*, 120(3), 373-378.
- Mittler, R., 2002, Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance, *Trends Plant Sci.*, 7, 405-410.
- Moore, T.C., 1974, *Research Experiences in Plant Physiology*, Springer-Verlag, New-York.
- Nixon, P., 2000, Pesticide mode of action and metabolism, *Illinois pesticide review, News about pesticides and regulations*, vol. 2000.
- Nobel, P.S., 1974, *Introduction to Biophysical Plant Physiology*, Kennedy, D. ve Park, R.B. (eds.), Freeman and Company, San Fransisco.
- Oerke, E.C. and Dehne, H.W., 2004, Safeguarding production—losses in major crops and the role of crop protection, *Crop Protection*, 23, 275-285.
- Özcan, S., 2009. Modern Dünyanın vazgeçilmez bitkisi mısır: genetiği değiştirilmiş (Transgenik) mısırın tarımsal üretime katkısı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2 (2), 1-34.
- Özer, Z., 1993, *Niçin Yabancı Ot Bilimi (Herboloji)*, Türkiye 1. Herboloji Kongresi Bildiri Kitabı, 3-5 Şubat 1993 Adana, s. 1-7.
- Özer, Z., Kadioğlu, İ., Önen, H. ve Tursun, N., 1998, Herboloji (Yabancı Ot Bilimi), 2.baskı, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Tokat, No: 20, 228-230.
- Öztürk, G. ve Tosun, N., 2004, Famoxadone ve cymoxanil etkili maddeli bir fungusitin domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bitkisi üzerine fizyolojik etkisi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 41, 77-87.
- Öztürk, S. ve Özge, N., 1978. *Bitki Koruma ilaçları*, Eser Matbaası, Ankara.

- Parvaiz, A., Satyawati, S., 2008, *Salt stress and phyto-biochemical responses of plants – a review*. *Plant Soil Environ.* 54(3), 89-99.
- Parween, T., Jan, S., Fatma, T., 2011, Alteration in nitrogen metabolism and plant growth during different developmental stages of green gram (*Vigna radiata* L.) in response to chlorpyrifos. *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(6), 2321-2328.
- Pérez-Prado, M.T. and Ruano, O.A., 2004, Grain refinement of Mg–Al–Zn alloys via accumulative roll bonding. *Scripta materialia*, 51 (11), 1093-1097.
- Pierzynski, G.M., Sims, J.T. and Vance, G.F., 1994, *Soils and Environmental Quality*, Lewis Publishers, Chelsea.
- Popova, L., Ananieva, E., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K and Alexieva, V., 2003, Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress, *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, 133–152.
- Pourcel, L., Routaboul, J.M., Cheymer, V., Lepiniec, L. and Debeaujon, I., 2007, Flavonoid oxidation in plants: from biochemical properties to physiological functions, *Trends in Plant Science*, 12 (1), 29-36.
- Qian, H., Chen, W., Li, J., Wang, J., Zhou, Z., Liu, W. and Fu, Z., 2009, The effect of exogenous nitric oxide on alleviating herbicide damage in *Chlorella vulgaris*, *Aquatic Toxicology*, 92, 250–257.
- Rajasekar, M., Rabert, G.A. and Manivannan, P., 2015, Triazole induced changes on biochemical and antioxidant metabolism of *Zea mays* L.(Maize) under drought stress, *Journal of Plant Stress Physiology*, 1 (1), 35-42.
- Rakovic, J., 2014, Effects of the carotenoid inhibiting herbicide diflufenican on the photosynthesis of benthic algae.
- Rooney, L.W. and Suhendro, E.L., 2000, Food Quality of Corn, Texas A&M University, Texas, 1-38
- Sabancı, K., 2013, *Şeker Pancarı Tarımında Yabancı Ot Mücadelesi için Değişken düzeyli Herbisit Uygulama Parametrelerinin Yapay Sinir Ağlarıyla Belirlenmesi*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Sharma, A., Kumar, V., Singh, R., Thukral, A. K., Bhardwaj, R., 2016, Effect of seed pre-soaking with 24-epibrassinolide on growth and photosynthetic parameters of *Brassica juncea* L. in imidacloprid soil. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 133, 195-201.
- Soobrattee, M.A., Neergheen, V.S., Luximon-Ramma, A., Aruoma, O.I. and Bahorun, T., 2005, Phenolics as potential antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions, *Mutation Research*, 579, 200-213.

- Sunohara, Y., Shirai, S., Wongkantrakorn, N. and Matsumoto, H., 2010, Sensitivity and physiological responses of *Eleusine indica* and *Digitaria adscendens* to herbicide quinclorac and 2,4-D, *Environ Exp Bot*, 68, 157-164.
- Şevken, S., 2009, Halk Sağlığı Amaçlı Kullanılan Pestisitlerin (Biyosidal) Güvenilirlik Standartlarının Karşılaştırılması, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. 20 (1), 11-18, ISSN: 1017-8422, e-ISSN: 1308-3651.
- Tarakcı, Ü., Türel, İ., 2009), Halk Sağlığı Amaçlı Kullanılan Pestisitlerin (Biyosidal) Güvenilirlik Standartlarının Karşılaştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 20(1), 11-18.
- Taş, T., 2010, *Harran Ovası Koşullarında Farklı Ekim Sıklıklarında Yetiştirilen Mısırdaki (Zea Mays L. indentata) Değişik Büyüme Dönemlerinde Yapılan Hasadın Silaj ve Tane Verimine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Thomé, O.W., 1885, Image of *Zea mays* (Gramineae), [online], Gera, Germany, [www.plant-pictures.de](http://www.plant-pictures.de)
- Topçu, S., 2010, *Antracol WP 70, Challenge SC 600, Dursban 4 Pestisitlerinin Allium cepa Bitkisi Üzerindeki Genotipik, Fenotipik ve Biyokimyasal Etkileri*, Yüksek Lisans Tezi, Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Tort, N., Öztürk, İ., Tosun, N., 2004, *Fungisit Uygulamalarının Domates (Lycopersicon esculentum Mill.)'in Anatomik Yapısı ve Fizyolojisi Üzerine Etkisi*, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41(2), 111-122.
- Tsang, E. W., Bowler, C. and Herouart, D., 1991, Differential regulation of superoxide dismutases in plants exposed to environmental stress, *Plant Cell*, 3, 783-792.
- Tuncok, Y. ve Aksay Hocaoğlu, N., 2006, Organofosfatlı İnsektisidlerle Zehirlenme, *Türkiye Klinikleri Cerrahi Tıp Bilimleri Acil Tıp Dergisi*, 2, 69-73.
- Turgut, C. ve Ornek, H., 2011, Determination of pesticide residues in Turkey's Table Grapes: The Effect of Integrated Pest Management, Organic Farming, and Conventional Farming, *Environmental Monitoring and Assessment*, 173, 1-4.
- Tüik, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu, [www.TÜİK.gov.tr](http://www.TÜİK.gov.tr) [Ziyaret tarihi: 16.11.2016]
- Uysal, B., 2012, *Farklı Dozlarda Kullanılan Bazı Herbisitlerin Mısırdaki Yabancı Otlanmaya Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Wang, H., Cao, G. and Prior, R.L., 1997, Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins, *J. Agric. Food Chem.*, 45, 304-309.
- Ware G., 1980, *Pesticides: Chemical Tool*, Pesticides Theory and Application, New York, 3-15.

- Watson, S.A., 1987, *Measurement and maintenance of quality*, Corn Chemistry and Technology, In: Watson, S.A. and Ramstad, P.E. (eds.), American Association of Cereal Chemists, Inc., USA, 125-185.
- Watson, S.A., 1987, *Structure and composition*, Corn: Chemistry and Technology, In: Watson, S.A. and Ramstad, P.E. (eds.), American Association of Cereal Chemists Inc., USA, 53-83.
- Weber, E.J., 1987, *Lipids of the kernel*, Corn Chemistry and Technology, In: Watson, S.A. and Ramstad, P.E. (eds.), American Association of Cereal Chemists, Inc., USA, 311-351.
- Wen, P., 1997, *Pesticides on procedure leave residue of worry*. Pesticide Impacts on Human Health. Boston Globe.
- Wright, K.N., 1987, *Nutritional properties and feeding values of corn and its by-products*, Corn Chemistry and Technology, In: Watson, S.A. and Ramstad, P.E. (eds.), American Association of Cereal Chemists Inc., USA, 447-479.
- Yancheva, S., Georgieva, L., Kostova, M., Halkoglu, P., Dimitrova, M., Naimov, S., 2016, Plant pigments content as a marker for herbicide abiotic stress in corn (*Zea mays* L.), *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(5), 332.
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Özpáy, T. and Uzal, Ö., 2008, Tuz Stresinin Karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansf.) Antioksidatif Enzim (SOD, CAT, APX ve GR) Aktivitesi Üzerine Etkisi, *Yüzüncü Yıl Üniv. Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi (J. Agric. Sci.)*, 18 (1), 61-65.
- Yıldıztekin, M., 2012, *Bazı Bor Bileşiklerinin ve Yaygın Kullanılan Pestisitlerin Domates Bitkisinin (L. esculentum) Fizyolojik ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması*, Doktora Tezi, Biyoloji Bölümü, Fen Bilimler Enstitüsü, Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Young, A.J. ve Britton, G., 1993, *Carotenoids and Photosynthesis*, Chapman and Hall, London.
- Yücel, Ü., 2007, *Pestisitlerin İnsan ve Çevre Üzerine Etkileri*, Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi, Nükleer Kimya Bölümü., Ankara. (Online) <http://www.dogainsanisbirligidernegi.org.tr/makaleler/pestisitler.doc> [16.11.2016].
- Zhang, B., Chu, G., Wei, C., Ye, J., Li, Z., Liang, Y., 2011, The growth and antioxidant defense responses of wheat seedlings to omethoate stress. *Pesticide biochemistry and physiology*, 100(3), 273-279.
- Zimdahl, R. L., 2007, *Fundamentals of Weed Science*, Academic Press, 3<sup>th</sup> ed., California, USA, ISBN: 978-0-12-372518.

**EKLER**

**EK 1.** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{m}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki protein içeriği.

Foramsulfuron Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )	Protein İçeriği (mg/ml)		
	5.gün	10.gün	15.gün
<b>Kontrol</b>	14,53 $\pm$ 0,191	3,74 $\pm$ 0,072	8,41 $\pm$ 0,439
<b>330</b>	9,24 $\pm$ 0,921	5,07 $\pm$ 0,573	9,08 $\pm$ 0,375
<b>660</b>	7,28 $\pm$ 1,252	6,28 $\pm$ 0,402	9,28 $\pm$ 0,473
<b>990</b>	10,49 $\pm$ 0,191	6,16 $\pm$ 0,289	12,57 $\pm$ 0,331
<b>1320</b>	6,70 $\pm$ 0,545	8,12 $\pm$ 0,402	6,91 $\pm$ 0,732

**EK 2.** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{m}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki protein içeriği.

Foramsulfuron Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )	Protein İçeriği (mg/ml)		
	5.gün	10.gün	15.gün
<b>Kontrol</b>	15,03 $\pm$ 0,260	14,66 $\pm$ 0,260	16,99 $\pm$ 0,072
<b>330</b>	13,78 $\pm$ 0,361	14,28 $\pm$ 0,505	11,32 $\pm$ 0,331
<b>660</b>	13,41 $\pm$ 0,641	12,62 $\pm$ 0,144	12,66 $\pm$ 0,260
<b>990</b>	14,24 $\pm$ 0,520	12,53 $\pm$ 0,144	12,91 $\pm$ 0,732
<b>1320</b>	12,62 $\pm$ 0,617	15,32 $\pm$ 0,216	14,87 $\pm$ 0,191

**EK 3.** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{m}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. ve 15. günlerdeki protein içeriği.

Foramsulfuron Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )	Protein İçeriği (mg/ml) yaprak		
	5.gün	10.gün	15.gün
<b>Kontrol</b>	12,12 $\pm$ 0,315	15,32 $\pm$ 0,191	21,57 $\pm$ 0,36
<b>330</b>	14,28 $\pm$ 0,144	17,01 $\pm$ 0,617	17,42 $\pm$ 0,56
<b>660</b>	14,45 $\pm$ 0,451	17,76 $\pm$ 0,732	16,04 $\pm$ 0,37
<b>990</b>	17,20 $\pm$ 0,125	16,29 $\pm$ 0,216	16,76 $\pm$ 0,07
<b>1320</b>	18,07 $\pm$ 0,125	15,39 $\pm$ 0,191	15,57 $\pm$ 0,43

**EK 4.** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{m}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi.

Foramsulfuron Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )	Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi (Unit ng/ml)		
	5.gün	10.gün	15.gün
<b>Kontrol</b>	17,62 $\pm$ 0,173	28,37 $\pm$ 0,960	22,86 $\pm$ 0,536
<b>330</b>	19,792 $\pm$ 0,247	52,25 $\pm$ 0,116	22,49 $\pm$ 0,319
<b>660</b>	17,48 $\pm$ 0,551	49,09 $\pm$ 0,325	28,17 $\pm$ 0,413
<b>990</b>	23,17 $\pm$ 0,290	51,95 $\pm$ 0,204	21,67 $\pm$ 0,340
<b>1320</b>	17,91 $\pm$ 0,146	52,31 $\pm$ 0,105	17,63 $\pm$ 0,363

**EK 5.** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{m}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi.

Foramsulfuron Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )	Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi (Unit ng/ml)		
	5.gün	10.gün	15.gün
<b>Kontrol</b>	15,12 $\pm$ 0,599	13,88 $\pm$ 0,170	12,66 $\pm$ 0,194
<b>330</b>	15,54 $\pm$ 0,332	13,97 $\pm$ 0,272	13,16 $\pm$ 0,302
<b>660</b>	19,55 $\pm$ 0,321	16,04 $\pm$ 0,194	17,24 $\pm$ 0,485
<b>990</b>	16,96 $\pm$ 0,508	14,21 $\pm$ 0,685	17,18 $\pm$ 0,273
<b>1320</b>	12,38 $\pm$ 0,167	18,37 $\pm$ 0,380	13,78 $\pm$ 0,423

**EK 6.** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{m}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. ve 15. günlerdeki superoksit dismutaz enzim aktivitesi.

Foramsulfuron Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )	Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi (Unit ng/ml)		
	5.gün	10.gün	15.gün
<b>Kontrol</b>	12,14 $\pm$ 0,346	11,91 $\pm$ 0,147	16,37 $\pm$ 0,113
<b>330</b>	14,84 $\pm$ 0,140	14,83 $\pm$ 0,421	16,17 $\pm$ 0,253
<b>660</b>	14,43 $\pm$ 0,115	15,92 $\pm$ 0,106	17,67 $\pm$ 0,189
<b>990</b>	11,62 $\pm$ 0,173	15,05 $\pm$ 0,122	17,94 $\pm$ 0,146
<b>1320</b>	13,54 $\pm$ 0,185	15,10 $\pm$ 0,204	15,29 $\pm$ 0,131

**EK 7.** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{m}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin köklerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi.

Foramsulfuron Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )	Peroksidaz Enzim Aktivitesi (Unit $\text{mg}^{-1}$ protein)		
	5.gün	10.gün	15.gün
<b>Kontrol</b>	0,10 $\pm$ 0,001	0,34 $\pm$ 0,024	0,14 $\pm$ 0,002
<b>330</b>	0,15 $\pm$ 0,008	0,28 $\pm$ 0,002	0,14 $\pm$ 0,002
<b>660</b>	0,18 $\pm$ 0,002	0,21 $\pm$ 0,011	0,16 $\pm$ 0,002
<b>990</b>	0,11 $\pm$ 0,0004	0,22 $\pm$ 0,005	0,12 $\pm$ 0,0003
<b>1320</b>	0,17 $\pm$ 0,0003	0,14 $\pm$ 0,004	0,19 $\pm$ 0,0014

**EK 8.** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{m}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin gövdelerinde 5., 10. ve 15. günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi.

Foramsulfuron Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )	Peroksidaz Enzim Aktivitesi (Unit $\text{mg}^{-1}$ protein)		
	5.gün	10.gün	15.gün
<b>Kontrol</b>	0,152 $\pm$ 0,0005	0,072 $\pm$ 0,008	0,041 $\pm$ 0,001
<b>330</b>	0,066 $\pm$ 0,003	0,073 $\pm$ 0,001	0,089 $\pm$ 0,005
<b>660</b>	0,068 $\pm$ 0,002	0,086 $\pm$ 0,002	0,109 $\pm$ 0,0005
<b>990</b>	0,061 $\pm$ 0,002	0,097 $\pm$ 0,002	0,087 $\pm$ 0,003
<b>1320</b>	0,058 $\pm$ 0,002	0,090 $\pm$ 0,002	0,082 $\pm$ 0,002

**EK 9.** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{m}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yapraklarında 5., 10. ve 15. günlerdeki peroksidaz enzim aktivitesi.

Foramsulfuron Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )	Peroksidaz Enzim Aktivitesi (Unit $\text{mg}^{-1}$ protein) YAPRAK		
	5.gün	10.gün	15.gün
<b>Kontrol</b>	0,056 $\pm$ 0,004	0,110 $\pm$ 0,001	0,057 $\pm$ 0,002
<b>330</b>	0,061 $\pm$ 0,001	0,067 $\pm$ 0,002	0,059 $\pm$ 0,005
<b>660</b>	0,050 $\pm$ 0,002	0,056 $\pm$ 0,003	0,049 $\pm$ 0,001
<b>990</b>	0,040 $\pm$ 0,001	0,065 $\pm$ 0,003	0,073 $\pm$ 0,002
<b>1320</b>	0,075 $\pm$ 0,001	0,112 $\pm$ 0,001	0,063 $\pm$ 0,003

**EK 10.** Kontrol ve 330, 660, 990, 1320  $\mu\text{m}$  foramsulfuron uygulanmış mısır bitkisinin yaprak kınında 5., 10. ve 15. günlerdeki antosiyanin içeriği.

Foramsulfuron Konsantrasyonu ( $\mu\text{M}$ )	Antosiyanin İçeriği ( $\text{A}_{530}$ -0.33 $\text{A}_{657}$ ) $\text{g}^{-1}$ T.A.		
	5.gün	10.gün	15.gün
<b>Kontrol</b>	2,26 $\pm$ 0,045	2,81 $\pm$ 0,064	4,71 $\pm$ 0,224
<b>330</b>	2,77 $\pm$ 0,047	3,44 $\pm$ 0,046	6,68 $\pm$ 0,095
<b>660</b>	2,60 $\pm$ 0,035	3,41 $\pm$ 0,057	5,51 $\pm$ 0,051
<b>990</b>	1,79 $\pm$ 0,023	3,40 $\pm$ 0,097	3,15 $\pm$ 0,104
<b>1320</b>	1,53 $\pm$ 0,065	3,68 $\pm$ 0,114	5,35 $\pm$ 0,067

## ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Tuğçe ERÜRKER
Doğum Yeri	İstanbul
Doğum Tarihi	15.08.1989
Uyruğu	<input checked="" type="checkbox"/> T.C. <input type="checkbox"/> Diğer:
Telefon	
E-Posta Adresi	tugce_erurker@hotmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Fen Fakültesi
Bölümü	Biyoloji Bölümü
Mezuniyet Yılı	2012

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Enstitü Adı	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Biyoloji Anabilim Dalı
Programı	Botanik Tezli Yüksek lisans Programı
Mezuniyet Tarihi	2016