

T.C.
ERZİNCAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇİMENTO FABRİKASI FİLTRE ATIKLARININ BAZI TAHİL
BİTKİLERİ ÜZERİNDE FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL
ETKİLERİ

Neslihan KARTAL


Danışman: Yrd. Doç. Dr. Salih MUTLU

BİYOLOJİ
ANABİLİM DALI

ERZİNCAN
2012
Her Hakkı Saklıdır

Yrd. Doç. Dr. Salih MUTLU danışmanlığında, Neslihan KARTAL tarafından hazırlanan bu çalışma 18.10.2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ökkeş ATICI

İmza: 

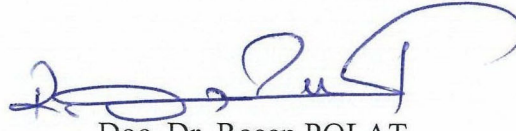
Üye : Yrd. Doç. Dr. Osman ÇUBUK

İmza: 

Üye : Yrd. Doç. Dr. Salih MUTLU

İmza: 

Yukarıdaki sonucu onaylarım.



Doç. Dr. Recep POLAT
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans

ÇİMENTO FABRİKASI FİLTRE ATIKLARININ BAZI TAHIL BİTKİLERİ ÜZERİNDE FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ETKİLERİ

Neslihan KARTAL

Erzincan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyoloji Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Salih MUTLU

Bu çalışmada, bir çimento fabrikasından elde edilen filtre atıklarının bitkiler üzerinde olan etkileri çimlenme yeteneği, fide büyümesi ve bazı biyokimyasal parametreler (antioksidatif cevap mekanizmaları) yönünden araştırılmak istenmiştir. Bu amaç için model organizma olarak buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91) ve arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) bitkileri kullanılmıştır. Bitkiler, çimlenme deneyleri için 6 gün, fide aşaması deneyleri için 10 gün kontrollü şartlarda 22/20 °C'de büyütülmüştür. Çimento fabrikası filtresinin farklı yerlerinden alınan atıkların belirli konsantrasyonlarda (10⁻⁴, 10⁻³, 10⁻² ve 10⁻¹ g/mL) sulu çözeltileri hazırlanmış ve daha sonra bu çözeltiler çimlenme deneyleri için tohumların çimlendirildiği petri ortamına, fide aşaması deneyleri için kum kültürü ortamında yetiştirilen bitkilerin yapraklarına uygulanmıştır. Çimlenme deneylerinin son gününde tohumların çimlenme oranları, kök-gövde uzunlukları ve fidelere ait yaprak ve köklerin kuru ağırlıkları ölçülmüştür. Ayrıca, fidelerin yaprak ve kökleri kullanılarak biyokimyasal parametrelerden lipid peksidasyon seviyesi (malondialdehid olarak), H₂O₂ içeriği, klorofil ile karoten miktarları ve antioksidan enzimlerden katalaz, peroksidaz, süperoksit dismutaz aktivitesi belirlenmiştir.

Çimento tozu uygulaması, buğdayda bariz olmamakla birlikte, arpada konsantrasyona bağlı olarak çimlenme oranını azaltmada ve çimlenme hızını geciktirmede etkili olmuştur. Buna ilave olarak, kök ve gövde uzunluğu ile kuru ağırlık miktarlarını da önemli oranda (P<0.05) düşürmüştür. Diğer taraftan uygulanan çimento tozu konsantrasyonuna olarak bağlı 10 günlük fidelerin yapraklarında klorofil ve karoten miktarlarının arpada arttığı, buğdayda ise azaldığı belirlenmiştir.

Bitkilerin yaprak ve köklerindeki lipid peroksidasyonu (LPO) seviyesi, uygulanan çimento tozu konsantrasyona bağlı olarak arpada artarken, buğdayda değişmemiştir. Çimento tozu uygulamaları hidrojen peroksit (H₂O₂) miktarını konsantrasyon artışına paralel olarak, buğdayın kök ve yapraklarında artırmıştır. Arpada ise H₂O₂ miktarı üzerinde köklerde belirgin bir artışa sebep olurken, yapraklarda önemli bir etkiye (P>0.05) neden olmamıştır. Çimento fabrikası atıkları, buğday fidelerinin kök ve yapraklarında süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) aktivitesini, konsantrasyon artışına paralel olarak artırmıştır. Arpa fidelerinin kök ve gövdesinde ise SOD aktivitesi üzerinde belirgin bir etki (P>0.05) yapmazken, CAT aktivitesi düşmüştür (P<0.05). Diğer taraftan çimento fabrikası filtre atıkları hem buğday hem de arpada kök ve gövdede peroksidaz (POD) aktivitesini önemli oranlarda (P<0.05) artırmıştır.

Sonuç olarak, çimento tozu kirliliğine bağlı stresinin belirlenmesinde oksidatif stres parametrelerinin önemli bir indikatör olduğu ve bitkilerin bu strese cevabında ve tolerans mekanizmasında antioksidan enzimlerin önemli bir rol üstlendiği belirlenmiştir. Ayrıca, incelenen bitkilerden buğdayın bu kirliliğe karşı toleransının daha fazla olduğu belirlenmiştir.

2012, 102 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Antioksidan enzim, arpa, buğday, çimento, *Hordeum vulgare*, klorofil, oksidatif stres, reaktif oksijen türleri, *Triticum aestivum*

ABSTRACT

Master Thesis

**PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL EFFECTS ON SOME CROP PLANTS
OF CEMENT FACTORY FILTER WASTE PRODUCTS**

Neslihan KARTAL

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

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Salih MUTLU

In this study, the seedling germination, plant growth parameters, physiological and biochemical changes on leaves and roots under oxidative stress were studied under the stress of cement dust filter waste. For this purpose, wheat (*Triticum aestivum* cv. Gün 91) and barley (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) are used as model organisms. Plants were grown 22/20 °C for 6 days for seedling germination and 10 days for the development. Different waste concentrations (10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} and 10^{-1} g/mL) of solutions that were discarded from cement plant filter were applied to seeds on petri dish, and seedlings were raised in sand cultures. Plant leaves and roots of the plant growth parameters were examined. The final day of germination tests, germination rate of the seeds, leaf and root length and dry weight of seedling's leaf and root were measured. In addition, using biochemical parameters, lipid peroxidation level (malondialdehyde) of the leaves and roots of seedlings, the H_2O_2 content, the amount of chlorophyll and carotene, and antioxidant enzymes such as catalase, peroxidase, superoxide dismutase activity were determined.

Depending on the concentrations applied on, barley showed germination delay and reduce the germination rates, however, there was not an obvious effect in wheat. In addition, an effective inhibition ($P<0.05$) was found on the amounts of stem, root length and dry weight. On the other hand, the applied cement concentrations increased amount of chlorophyll a, b and total carotenoid in wheat; however, they were decreased in barley.

Lipid peroxidation (MDA) on plant leaves and roots in wheat directly proportional with the applied cement dust concentrations, but no change was observed on barley. On wheat, in parallel with the concentrations, the amount of hydrogen peroxide (H_2O_2) increase was found in both root and leaves. While it caused increase in barley root, there are no observed changes ($P>0.05$) in leaves. Applying cement concentrations raised superoxide dismutase (SOD) activity on wheat roots and leaves, but there was not observed an important change ($P>0.05$) in these parts of barley. Additionally, these concentrations caused an increase in activity of catalase (CAT) in wheat roots and leaves, but on these parts, no observed decrease ($P<0.05$) in barley, however, it was observed increased peroxidase (POD) activity ($P<0.05$) on both plants.

As a result, oxidative stress parameters is an important indicator determining stress related to cement dust pollution and, antioxidant enzymes have substantial role on the reaction of plants to stress and mechanism of tolerance. What is more finding on this study is that wheat has a wide tolerance to pollution among studied plants.

2012, 102 pages**Keywords:** Antioxidant enzyme, barley, wheat, cement, *Hordeum vulgare*, chlorophyll, oxidative stress, reactive oxygen species, *Triticum aestivum*

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezim olarak sunduğum bu çalışma Sayın Yrd. Doç. Dr. Salih MUTLU yöneticiliğinde gerçekleşmiştir. Tez konumun belirlenmesinden, araştırmaların planlanmasına ve sonuçların tartışılmasına kadar her an bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen başta değerli hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Salih MUTLU'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım sırasında bölüm imkânlarından faydalanmamı sağlayan Erzincan Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Başkanı Sayın Prof. Dr. Salih DOĞAN'a, yardım ve desteğini gördüğüm Sayın Arş. Gör. Mehmet KUZUCU'ya, Sayın Arş. Gör. Veli İLHAN'a, tohumları temin ettiğimiz Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'ne, çimento fabrikası filtre atıklarını temin ettiğimiz Aşkale Çimento AŞ'ye teşekkürlerimi sunarım.

En önemlisi sadece yüksek lisans değil bütün hayatım boyunca maddi, manevi her zaman yanımda olan hiçbir zaman sevgi ve desteklerini esirgemeyen, hayatlarını benim için arka plana koyan sevgili eşim Ümit Kartal ve canım annem-babam-abim Nurcan-Gökten-Gökhan Çaçtaş olmak üzere bütün aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Neslihan KARTAL

Ekim,2012

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	28
3.1. Yararlanılan Alet ve Cihazlar.....	28
3.2. Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanmaları.....	28
3.2.1. Enzimlerin homojenizasyon tamponu.....	28
3.2.2. Peroksidaz aktivitesi ölçümünde kullanılan çözeltiler.....	29
3.2.3. Katalaz aktivitesi ölçümünde kullanılan çözeltiler	29
3.2.4. Süperoksit dismutaz aktivitesi ölçümünde kullanılan çözeltiler.....	29
3.2.5. Malondialdehid seviyesinin belirlenmesinde kullanılan çözeltiler.....	30
3.2.6. Hidrojen peroksit miktarının ölçümünde kullanılan çözeltiler	30
3.2.7. Klorofil a, b ve toplam miktarı ile karoten miktarı ölçümünde kullanılan çözeltiler.....	30
3.3. Yöntem	30
3.3.1. Çimlenme deneyleri	30
3.3.2. Bitkilerin büyütülmesi	31
3.3.3. Antioksidan enzim ekstraksiyonu	32
3.3.4. Antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi	32
3.3.4.a. Katalaz aktivitesinin belirlenmesi	32
3.3.4.b. Peroksidaz aktivitesinin belirlenmesi	34
3.3.4.c. Süperoksit dismutaz aktivitesinin belirlenmesi	34
3.3.4.d. Lipid peroksidasyon aktivitesinin belirlenmesi	35
3.3.5. Klorofil ve karoten miktarının belirlenmesi	36
3.3.6. Hidrojen peroksit miktarının belirlenmesi	36

4. ARAŞTIRMA BULGULARI	37
4.1. Çimlenme ve Büyüme Parametreleri Üzerine Etkisi.....	38
4.1.1. Çimlenme üzerine etkisi	38
4.1.2. Kök ve gövde uzunluğu üzerine etkisi	42
4.1.3. Kök ve gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	46
4.2. Fotosentetik Sistem Üzerine Etkisi	50
4.2.1. Klorofil a miktarı üzerine etkisi	50
4.2.2. Klorofil b miktarı üzerine etkisi	52
4.2.3. Toplam klorofil miktarı üzerine etkisi	54
4.2.4. Toplam karotenoid miktarı üzerine etkisi	56
4.3. Oksidatif Stres Parametreleri Üzerine Etkisi	58
4.3.1. Lipid peroksidasyon (MDA) miktarına etkisi	58
4.3.2. Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) miktarına etkisi	62
4.3.3. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi üzerine etkisi	66
4.3.4. Katalaz (CAT) aktivitesi üzerine etkisi	70
4.3.5. Peroksidaz (POD) aktivitesi üzerine etkisi	74
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	78
5.1. Çimlenme ve Büyüme Parametreleri Üzerine Etkisi.....	79
5.2. Fotosentetik Sistem Üzerine Etkisi	80
5.3. Oksidatif Stes İndikatörü Olan Lipid Peroksidasyon Üzerine Etkisi	82
5.4. Oksidatif Stresin Sebeplerinden Olan Hidrojen Peroksit Üzerine Etkisi	83
5.5. Antioksidatif Sistem Enzimleri Üzerine Etkisi	85
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	102

SİMGELER VE KISALTMALAR**Simgeler**

Al	Alüminyum
Ca	Kalsiyum
CH ₃	Metil grubu
CHO	Aldehit grubu
CO	Karbonmonoksit
CO ₂	Karbondioksit
Cu	Bakır
E.C	Enzim kod numarası
Fe	Demir
g	Gram
K	Potasyum
kDa	Kilodalton
km	Kilometre
m	Metre
Mg	Magnezyum
µL	Mikrolitre
µM	Mikromolar
mL	Mililitre
mM	Milimolar
Mn	Mangan
Na	Sodyum
O ₂	Oksijen
pH	Power of Hydrogen (Hidrojenin Gücü)
rpm	Devir/dakika
SO ₂	Kükürtdioksit
°C	Santigrat Derece
×g	Yerçekimi ivmesinin katı
%	Yüzde
Zn	Çinko

Kısaltmalar

ATP	Adenozintrifosfat
CAT	Katalaz
DNA	Deoksiribo nükleik asit
EDTA	Etilendiamin tetra asetik asit
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
GA	Gibberellin
H ₂ O ₂	Hidrojen peroksit
KCN	Potasyun siyanat
LPO	Lipid peroksidasyonu
MDA	Malondialdehid
NBT	Nitroblue tetrazolium klorür
¹ O ₂	Singlet oksijen
O ₂ ^{•-}	Süperoksit anyonu
[•] OH	Hidroksil radikali
POD	Peroksidaz
PVP	Polivinilpirrolidon
ROT	Reaktif oksijen türleri
SOD	Süperoksit dismutaz
TBA	Tiobarbutirik asit
TCA	Trikloro asetik asit

TABLOLAR LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. Bitkiler için başlıca stres kaynakları.....	2
Tablo 4.1. Çimento tozunun tohumlarının 6. gün çimlenme oranı (%) üzerine etkisi.....	41
Tablo 4.2. Çimento tozunun fidelerin ortalama kök uzunluğu üzerine etkisi.....	43
Tablo 4.3. Çimento tozunun fidelerin ortalama gövde uzunluğu üzerine etkisi.....	45
Tablo 4.4. Çimento tozunun ortalama kök kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	47
Tablo 4.5. Çimento tozunun ortalama gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	49
Tablo 4.6. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki klorofil a miktarı üzerine etkisi.....	51
Tablo 4.7. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki klorofil b miktarı üzerine etkisi.....	53
Tablo 4.8. Çimento tozunun yapraklardaki toplam klorofil miktarı üzerine etkisi.....	55
Tablo 4.9. Çimento tozunun yapraklardaki karotenoid miktarı üzerine etkisi.....	57
Tablo 4.10. Çimento tozunun bitki yapraklarında MDA miktarı üzerine etkisi.....	60
Tablo 4.11. Çimento tozunun bitki köklerindeki MDA miktarı üzerine etkisi.....	61
Tablo 4.12. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki H ₂ O ₂ aktivitesi üzerine etkisi.....	64
Tablo 4.13. Çimento tozunun bitki köklerindeki H ₂ O ₂ aktivitesi üzerine etkisi.....	65
Tablo 4.14. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki SOD aktivitesi üzerine etkisi.....	68
Tablo 4.15. Çimento tozunun bitki köklerindeki SOD aktivitesi üzerine etkisi.....	69
Tablo 4.16. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki CAT aktivitesi üzerine etkisi.....	72
Tablo 4.17. Çimento tozunun bitki köklerindeki CAT aktivitesi üzerine etkisi.....	73
Tablo 4.18. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki POD aktivitesi üzerine etkisi.....	76
Tablo 4.19. Çimento tozunun bitki köklerindeki POD aktivitesi üzerine etkisi.....	77

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Türkiyede faaliyet gösteren çimento sanayisi ile ilgili işletmelerin dağılımı	4
Şekil 3.1. Katalaz aktivitesi ölçümünde kullanılan standart grafik.	33
Şekil 4.1. Çimento tozunun arpa tohumlarının günlük çimlenme oranı (%) üzerine etkisi.....	39
Şekil 4.2. Çimento tozunun buğday tohumlarının günlük çimlenme oranı (%) üzerine etkisi.....	40
Şekil 4.3. Çimento tozunun tohumlarının 6. gün çimlenme oranı (%) üzerine etkisi.	41
Şekil 4.4. Çimento tozunun fidelerin ortalama kök uzunluğu üzerine etkisi.....	43
Şekil 4.5. Çimento tozunun fidelerin ortalama gövde uzunluğu üzerine etkisi.....	45
Şekil 4.6. Çimento tozunun ortalama kök kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	47
Şekil 4.7. Çimento tozunun ortalama gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi.....	49
Şekil 4.8. Çimento tozunun bitki yapraklardaki klorofil a miktarı üzerine etkisi.....	51
Şekil 4.9. Çimento tozunun bitki yapraklardaki klorofil b miktarı üzerine etkisi.....	53
Şekil 4.10. Çimento tozunun bitki yapraklardaki toplam klorofil miktarı üzerine etkisi.....	55
Şekil 4.11. Çimento tozunun yapraklardaki karotenoid miktarı üzerine etkisi.....	57
Şekil 4.12. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki MDA miktarı üzerine etkisi.....	60
Şekil 4.13. Çimento tozunun bitki köklerindeki MDA miktarı üzerine etkisi.....	61
Şekil 4.14. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) miktarı üzerine etkisi.....	64
Şekil 4.15. Çimento tozunun bitki köklerindeki hidrojen peroksit (H ₂ O ₂) miktarı üzerine etkisi.....	65
Şekil 4.16. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi üzerine etkisi.....	68
Şekil 4.17. Çimento tozunun bitki köklerindeki süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi üzerine etkisi.....	69
Şekil 4.18. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki katalaz (CAT) aktivitesi üzerine etkisi.....	72
Şekil 4.19. Çimento tozunun bitki köklerindeki katalaz (CAT) aktivitesi üzerine etkisi.....	73
Şekil 4.20. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki peroksidaz (POD) aktivitesi üzerine etkisi.....	76
Şekil 4.21. Çimento tozunun bitki köklerindeki peroksidaz (POD) aktivitesi üzerine etkisi.....	77

1.GİRİŞ

Canlı yaşamın devamlılığı açısından ekosistemin en temel elamanlarından biri olan bitkiler, doğadaki canlıların önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Besin piramidinin tabanında yer aldıklarından, ekosistemin primer (temel) üreticileri konumundadırlar. Yaşadıkları ortamdan aldıkları hammaddeleri (azot, fosfor, potasyum, kalsiyum gibi besin elementleri ile karbondioksiti) kullanarak kendileri ve diğer canlıların yaşamları için gerekli olan besinleri sentezlerler. Yeşil bitkilerin, doğadaki görevleri sadece primer üretici olmaları ile sınırlı değildir. Ekosistemin oksijen ve karbondioksit dengesinin korunmasında ve buna bağlı olarak yeryüzündeki sıcaklık kontrolünün sağlanmasında da vazifelidirler. Ayrıca erozyonu önleme, toprağa organik madde kazandırma, canlılara barınma ve beslenme ortamı temin etme gibi ekosistemin devamlılığına çok önemli katkılarda da sağlarlar. Bu vazifelerinin dışında; tarımda, mobilyacılıkta, tekstilde, ilaç ve kimya sanayinde ve süs bitkisi olarak peyzaj düzenlemelerinde de kullanılırlar. Tüm bu vazifeleri, bitkilerin doğanın vazgeçilmez unsurları olduklarının çok açık bir göstergesidir. Canlı yaşamı için bu kadar önemli olan bitkilerin gelişimi ve verimliliği, aynı zamanda çeşitli çevresel faktörlerin de olumsuz baskısı altındadır (Lewitt, 1980; Özcan vd., 2001; Mutlu, 2009).

Bitkiler, yaşam döngülerinin her döneminde yaşadıkları çevrelerde büyüme ve gelişme şanslarını kısıtlayıcı pek çok olumsuz şartlara maruz kalarak strese girebilirler. *Stres* kavramı kısaca; bitkilerde zarar oluşturan güç (potansiyel) olarak kabul edilir. Bu zarar ilk olarak metabolizmanın bozulması sonucu açığa çıkar ve daha sonra bitkinin veya organlarının büyüme, gelişme ve hatta verimliliğinde azalmaya neden olabilir. Bitkiler maruz kaldıkları streslere karşı, birçok mekanizmanın yanında, biyokimyasal ve fizyolojik mekanizmalarını da devreye sokarak cevap verirler. Bu mekanizmalarla verilen tepkilerin sınırlı olmasından dolayı, bitkiler bir veya daha fazla olumsuz şartlara karşı sınırlı bir cevap kapasitesine sahiptirler (Hale ve Orcutt, 1987; Kocaçalışkan, 2004; Mutlu, 2005; Mutlu, 2009).

Bitkilerin doğada stressiz bir ortamda yaşamaları nadir bir olaydır ve bu durumda sıfır stres denilen bir olaydan söz edilir. *Sıfır stres*, canlılarda hasar meydana getirmeyen, verim ve kalitede bir azalmaya yol açmayan bir ortamda yaşamayla sağlanır. Neredeyse imkansız olan bu durum bitkiler açısından büyüme için optimum şartlarla sağlanabilir. Bitkiler üzerinde stresin dereceleri geniş sınırlar içerisinde dağılım gösterir ve sıfır stresten, ılımlı ve şiddetli strese kadar çok değişken dereceleri bulunur. Stresin derecesi bitki türüne göre de değişebilmektedir. Yani bir bitki türünde yüksek derecede strese sebep olan bir faktör, diğer bitki türünde ılımlı veya sıfır strese sebep olabilir. Strese dayanıklılık, bitkinin büyüme ve gelişme dönemine göre de değişebilir. Bitkilerin bazı kısımları (tohumlar, tomurcuk ve dormant hücreler) strese dayanıklı iken, diğer kısımları (meristemler, sukkulent organlar ve fideler) daha hassastırlar. Ayrıca bitkiler yaşamak zorunda oldukları çevreye kısmen veya tamamen adapte olabilme özelliğine sahiptirler (Bidwell, 1974; Hale ve Orcutt, 1987; Salisbury ve Ross, 1992). Birçok bitki, stresin ölümcül olmayan dozlarına maruz kaldıktan sonra strese daha dayanıklı olabilir. Bu olay *kuvvetlenme* (hardening) veya aklimasyon safhası olarak adlandırılır. Strese dayanıklılığın belli başlı iki tipinden birisi sakınma ve diğeri de toleranstır. *Sakınma*, dış çevrede stres oluşturabilecek koşullar olmasına rağmen, bitki hücrelerini stres altına sokmayan bir iç ortam sağlanmasıdır. *Tolerans* ise aşırı dış stres şartlarında işlevliğini ya da canlılığını devam ettirme yani strese dayanma kapasitesidir (Kocaçalışkan, 2004; Taşğın, 2004). Bitkilerin strese tolerans dereceleri bitkinin türüne ve hatta çeşidine göre değişmektedir.

Tablo 1.1. Bitkiler için başlıca stres kaynakları

Fiziksel stresler	Kimyasal stresler	Biyolojik stresler
Kuraklık	Hava kirliliği	Rekabet
Sıcaklık	Allelokimyasallar	Allelopati
Radyasyon	Besinler	Simbiyosis
Sel	Pestisitler, toksinler	İnsan tahribi
Makineler, elektrik	Tuzlar	Hastalık etkenleri
Manyetik alan, rüzgâr	Toprağın pH' sı	Böcekler

Bir ekosistemde bitkileri aynı anda etkileyen pek çok stres kaynağı bulunabilir. Bunlar fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç gruba ayrılabilir (Tablo 1.1) (Kocaçalışkan, 2004; Kadıoğlu, 2004).

Tüm dünya olduğu gibi ülkemizde de özellikle son yıllardaki hızlı nüfus artışı paralelinde şehirleşme ve inşaat sektörüne bağlı özellikle çimento sanayi, büyük bir ivme kazanmış ve ülkemizin dört bir köşesinde kendisini göstermeye başlamıştır (Şekil 1.1.). bu faaliyetlerin neticesinde de yapılaşmaya bağlı çevre kirliliği sorunları kendini yoğun bir şekilde hissettirmeye başlamıştır. Bu faaliyetlere bağlı birçok etkiden biri olan hava kirliliği özellikle son zamanlarda özellikle sanayi sektörünün geliştiği büyük şehirlerde çözülmeyi bekleyen büyük bir sorun olarak karşımızda durmaktadır. Hava kirliliği; bitkilerin özellikle yapraklarına, toprak ve toprak suyu vasıtasıyla köklerine ve meyvelerine ve gövdeyi oluşturan hücre dokularına (ağaçlarda oduna) olumsuz veya ölümcül etkiler yapmaktadır. Hava kirliliği, kök-yaprak (toprak-hava-su) ilişkilerinin yanı sıra bitkinin ürün kalitesi ve miktarı (orman ağaçlarında odun verimi ve odunun niteliği) ile de ilgilidir. Sanayi kuruluşlarında atmosfere verilen katı tanecikler, tozlar, zehirli gazlar, su buharı ile asit yağışlarına neden olan etmenler (yağmur, sis, kırağı, kar) ve ağır metaller havayı kirletmektedirler. Atmosferdeki bu maddeler hava hareketleriyle özellikle bitkilerin yapraklarına ya doğrudan (temas yolu ile) zarar vermekte ya yapraktaki solunum gözeneklerinin (stomalar) açılıp-kapanmasını bu olayları sağlayan sistemi engelleyerek önlemekte (devamlı terleme ile su kaybı) ya da solunum boşluklarına girerek fotosentez ile CO₂' in özümlemesi olayına karışmakta ve asit sentezine sebep olmaktadır. Bu nedenle bitki yaprakları bu durumdan zarar görmekte, kurumakta ve hatta bitki ölebilmektedir. Ayrıca, toprak mikroflorası ve mikrofaunası bu kirli hava ile asitleşmiş ve kirlenmiş yağışlardan olumsuz olarak etkilenmektedir. Bitkilerin kökleri de asitleşmiş, ağır metallerle ve zehirli iyonlarla (Al⁺³) zenginleşmiş toprak suyundan olumsuz olarak etkilenmektedir (Kantarcı, 1995).



Şekil 1.1. Türkiyede faaliyet gösteren çimento sanayisi ile ilgili işletmelerin dağılımı.

Ülkemizde endüstrileşme ile birlikte hava kirliliği önemli boyutlara ulaşmıştır. Özellikle, kurulan fabrikaların yer seçiminde meteorolojik olayların dikkate alınmaması çevredeki bitki, hayvan ve insan yaşamında önemli sorunlara yol açmakta ve atmosfere bırakılan atıklar hava, su ve toprak kalitesi üzerinde telafisi mümkün olmayan olumsuz etkiler yapmaktadır (Vandergrift vd., 1971). Ayrıca bu atıklar atmosfer koşullarının etkisi ile geniş alanlara yayılmak suretiyle, çevrede bulunan bitkiler üzerinde birikerek normal gelişmelerine engel olmakta ve floristik kompozisyonu ve çeşitliliği olumsuz etkilemektedirler (Brandt ve Rhoades, 1973; Cireli, 1975; Katırcıoğlu ve İren, 1988; Mutlu vd., 2009). Diğer yandan endüstriyel baca kirleticileri topraktaki mikrobiyal türler ve onların etkinliklerinde de olumsuzluklara neden olmaktadır (Brandt ve Rhoades, 1972).

Yaprak yüzeyinde biriken tozlar şu zararlara sebep olurlar;

1. Güneş ışınlarını geri yansıtıkları için yaprağın fotosentez kapasitesini (fiziksel olarak) düşürürler.
2. Tozlar ayrıca, yaprak yüzeyindeki stomaların açılıp-kapanmasını engelleyebilirler. Hava kurduğunda (öğle vakti) kapanamayan stomalardan terleme devam eder. Bitki

yaprağı devamlı ve aşırı su kaybından (kuraklık etkisi) zarar görebilir hatta kuruyabilir (Kantarıcı, 1995).

Çimento endüstrisi, atmosferin partiküler hava kirleticileri arasında başta gelir. Bu endüstri Türkiye'nin en eski endüstri kollarının başında gelmektedir. Çimento fabrikalarından çevreye yayılan en önemli kirleticiler, çimento imalatı sırasında çimento kliniklerini yakmak için kullanılan döner fırınlarında meydana gelen gazlar (SO_2 , CO ve NO_x), öğütülmüş ve kısmen kalsine olmuş kireçtaşı ve çimento tozundan oluşmaktadır. Çimento üretimi, çevre kirliliği alanında potansiyel bir etkiye sahiptir. Özellikle de çevreye yaydığı toz emisyonları bakımından, diğer sanayi tesisleri ile kıyaslanmayacak kadar çevreyi olumsuz olarak etkilemektedir. Çimento üretiminde kaçınılmaz bir toz oluşumu söz konusudur (Silahlı, 1998). Ayrıca, çimento fabrikalarında üretilen yüksek seviyede ağır metallere ve kadmiyum, nikel, krom, çinko, magnezyum gibi zehirli bileşiklere sebep olduğu bilinmektedir (Isikli vd., 2006 ; Ade-Ademilua ve Umebese, 2007).

Stresler bitkilerin, yaşam döngülerinin her döneminde yaşadıkları ortamda etkili olmaktadır. Başta çimlenme olmak üzere, büyüme ve gelişmenin her aşamasında bu olayların gerçekleşme şanslarını kısıtlayıcı etkide bulunabilirler.

Streslerin bitkilerin üzerindeki rolleri ile ilgili çalışmalar daha çok çimlenme ve bitki büyüme parametreleri (kök-gövde uzunluğu, kuru ağırlık gibi) üzerine yoğunlaşmıştır. Çünkü stresin önemli bir belirteci olan çimlenme inhibisyonu, bu açıdan önemli bir fizyolojik parametredir (Mutlu ve Atıcı, 2009). Normal bir çimlenmede suyun tohum testasından girmesiyle embriyoda gibberellin (GA) seviyesi artar. GA hormonu DNA üzerinde endospermdeki nişastanın basit şekerlere hidrolizini sağlayan α -amilaz enziminin transkripsiyonunu artırır. Daha sonra üretilen bu enzimin katalitik aktivitesiyle endospermde depolanmış haldeki nişasta, glukoz gibi basit şekerlere hidroliz olarak embriyoya taşınır ve burada metabolik aktivitelerin gerçekleşmesi için gerekli olan enerjinin (ATP) üretiminde kullanılır. Metabolik faaliyetlerin artmasına paralel olarak hücre bölünmesi gerçekleşir ve ilk olarak embriyonun radikula kısmı tohum kabuğunu delerek dışarı çıkar bu olaya

çimlenme denir (Kadioğlu, 2011). Strese maruz kalan tohumlarda çimlenme ya gerçekteşmez veya gecikir. Burada çimlenmenin gerçekteşmemesi veya gecikmesinin sebebi bu aşamalardan bir veya bir kaçının stresin ya direkt etkisi veya sebep olduğu fizyolojik ve biyokimyasal değişimin bir sonucudur.

Çimlenmeden sonraki süreçte fidelerin büyüme ve gelişme döneminde başta klorofil molekülünün temel rol oynadığı aynı zamanda birçok faktörün de etkisinin olduğu fotosentez olayı olmak üzere birçok fizyolojik parametre de streslerin olumsuz etkilerinden nasibini almaktadır.

Fotosentez, klorofil taşıyan canlılarda ışık enerjisi kullanılarak organik bileşiklerin üretilmesi olayıdır. Bu yolla besin üreten tüm canlılara fotosentetik organizmalar denir ve bu canlıların büyük çoğunluğunu bitkiler oluştururlar. Bitkiler besinlerini kendileri üretmek zorunda olduklarından kendi besinlerini kendileri üretirler. Bu amaçla yapraklarındaki klorofil aracılığı ile güneş ışığını toplarlar. Toplanan güneş ışığı kimyasal enerjiye dönüştürülerek, genelde nişasta olarak depolanır ve gelişmek, büyümek için yakıt olarak kullanılır. Bitki güneşten aldığı ışık enerjisi ile karbondioksit ve sudan yararlanarak zengin içerikli bir besin olan glikoz (şeker) elde etmektedir. Besin elde etme amacıyla gerçekteşen bütün bu biyokimyasal süreç fotosentez olarak ifade edilir. Fotosentez için en temel şart, ışık ve ısıdır. Bitkiler ışık olmadan asla yaşayamazlar. Bitkiler besin zincirinin ilk halkasını oluşturduğundan, diğer tüm canlıların var olabilmesi ve yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli enerji fotosentez olayı sırasında elde edilir.

Fotosentezle havanın CO₂ ve O₂ dengesi korunmaktadır. Yapraklar, bitkilerin besin üretim merkezidir. Üretilen besin yapraklardan, bitkinin beslenmesi gereken diğer bölümlerine götürülür. Bitki yapraklarını oluşturan hücrelerin içinde kloroplast denilen, çok küçük yapılar vardır. Bu yapıların içindeki yeşil renkli boyar madde (pigment) olan klorofil maddesinin görevi ışık yakalamaktır. Kloroplastlar bünyelerinde bulundurdukları klorofiller yardımıyla güneş ışınlarını bir panel gibi toplayıp, kollektör gibi enerjiye dönüştürerek besin üretirler (Özata ve Türe, 2009).

Klorofil, çeşitli dalga boylarındaki ışıkları emerek bitkide fotosentez (özümleme) olayının meydana gelmesine sebep olan, yeşil renkli bir pigmenttir. Klorofiller fotosentez olayında, karbondioksitin şekerlere ve diğer bitki maddelerine redüksiyonunda kullanılan ışık enerjisini emmektir (absorblamaktır). Klorofil molekülü merkezde bulunan bir Mg atomu çevresinde yer alan 4 tane pirol halkasından oluşan bir yapıdır. Bu tetra pirol yapısına Mg porfirin adı verilir. Pirol halkalarından birine yani molekülün 7. C atomuna uzun ve düz zincirli bir alkol olan fitoldir.

Bitkilerde bulunan klorofil, beş çeşit olup, bunlar a,b,c,d ve f şeklinde adlandırılır. Bunların molekülleri birbirine çok benzer. Damarlı yeşil bitkilerde klorofil a ve b 1/3 oranında bulunur. Diğer klorofiller bu bitkilerde bulunsalar bile çok az veya eser miktardadır. Bitkilerde klorofil kloroplast adı verilen organellerin içinde yerleşmiş olarak bulunur.

Klorofil a ve b molekülleri arasındaki fark, 2. pirol halkasının 3. karbon atomuna bağlanmış olan gruplardan kaynaklanır. Klorofil a'nın 3. karbonuna metil (CH_3) grubu bağlanmışken, klorofil b'nin 3. karbonuna aldehit grubu (CHO) bağlanmıştır. Bu farklılığa bağlı olarak bu moleküller çözünürlük ve ışığı absorbe etme yönünden birbirlerinden ayrılırlar. Klorofil a, bakteriler hariç bütün yeşil bitkilerde, klorofil b, yüksek bitkilerde ve yeşil yosunlarda bulunur. Klorofil d kırmızı yosunlarda, klorofil c kahverengi yosunlarda, diatomlarda ve öglena gibi bir hücreli kamçılılarda bulunur (Özata ve Türe, 2009).

Bitkilerin diğer streslerde (kuraklık, tuzluluk, soğuk ve yüksek sıcaklık gibi) olduğu gibi çimento tozuna bağlı hava kirliliğine maruz kalması sonucu, hücrede reaktif oksijen türleri oluşmakta ve bu olay hücrenin ölümüne varan sonuçlar doğurmaktadır (Mutlu vd., 2009; Erdal ve Demirtas, 2010). Bitkilerin bu streslere cevaplarından en ilki ve en önemlisi *reaktif oksijen türlerinin (ROT)* oluşumuna neden olan önemli bazı metabolik yolların aktive olmasıdır. ROT, hücre hasarı ve ölümlerinin tetikleyicisi ve çevre hücrelerdeki savunmaya bağlı genlerin indüksiyonu için yayılabilir bir sinyal olarak çalışır. Reaktif oksijen türleri (veya serbest radikaller) arasında singlet oksijen ($^1\text{O}_2$), süperoksid anyonu (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2), ve

hidroksil radikali ($\cdot\text{OH}$) gibileri sayılabilir. *Serbest radikaller* bir veya daha fazla eşleşmemiş elektrona sahip, kısa ömürlü, kararsız, molekül ağırlığı düşük ve çok aktif moleküller olarak tanımlanabilir. Bitkiler, hücrelerini oksidatif hasardan koruyan antioksidan sistemler ile birlikte ROT'un seviyesini kontrol eden ve bunların normal formlarına dönüşümünü katalizleyen antioksidan enzimlere de sahiptir (Gechev vd., 2002; Minibaeva ve Gordon, 2003a; Mutlu, 2005).

Moleküler oksijenin yüksek enerji ile uyarılmış formuna *singlet Oksijen* ($^1\text{O}_2$) denir. Oksijenin bu formunun üzerinde ortaklaşmamış elektronu bulunmadığı için radikal özelliği yoktur. Fakat oksidan özelliği oldukça yüksektir. Kaynağı fotosentez reaksiyonları sırasında elektron transport sistemindeki klorofil pigmentleridir (Foyer vd., 1997; Güler, 2008). Serbest radikal reaksiyonlarının başlamasına sebep olabildiği gibi serbest radikal reaksiyonlarının ürünü olarak da meydana gelebilir. Ayrıca biyolojik sistemlerde çeşitli yollarla kimyasal veya fotokimyasal olarak da üretilebildiği gibi lipid peroksidasyonu sırasında da oluşabilir (Çınar, 2005). Singlet oksijen diğer moleküllerle etkileştiğinde ya içerdiği enerjiyi transfer eder, ya da kovalent tepkimelere girer. Özellikle karbon-karbon çift bağları singlet oksijenin tepkimeye girdiği bağlardır. Doymamış yağ asitleri ile de doğrudan tepkimeye girerek peroksit radikalini oluşturur ve $\cdot\text{OH}$ kadar etkin bir şekilde lipid peroksidasyonunu başlatabilir. Hücre zarlarının glikolipid, fosfolipid, sterol ve gliserid yapısındaki doymamış yağ asitleriyle reaksiyona girerek peroksitler, aldehitler, hidroksi yağ asitleri ve pentan gibi çeşitli lipid peroksidasyon ürünlerini oluştururlar (Gechev vd., 2002; Minibaeva ve Gordon, 2003a; Mutlu, 2009).

Oksijene bir elektron verilmesiyle hızlı bir şekilde oluşan *süperoksit anyonu* ($\text{O}_2^{\cdot-}$), oldukça reaktiftir ve lipidlerin yanı sıra diğer biyokimyasal bileşenlerin de oksidasyonuna sebep olur. Bu radikalın lipid peroksidasyonu, membran hasarı, hücresel toksisite ve DNA'daki tek zincir kırıklarına sebep olduğu belirtilmiştir (Fridovich, 1995). Süperoksit radikali ayrıca, hidrojen peroksitle reaksiyona girerek çok daha toksik bir molekül olan hidroksil radikalini üretebilir. Haber-Weiss reaksiyonu olarak bilinen bu reaksiyon demir ve bakır gibi metallerin katalizörlüğünde oldukça hızlı gerçekleşir. Süperoksit radikali, yüksek katalitik

etkiye sahip süperoksit dismutaz (SOD) enziminin etkisiyle dismutasyona uğratarak ortamdan uzaklaştırılır (Halliwell, 1982; Güler, 2008; Mutlu, 2009).

Süperoksit grubuna göre daha az etkili olan *hidrojen peroksit* (H_2O_2), oksijenin enzimatik olarak iki elektron ile indirgenmesiyle ya da süperoksitlerin enzimatik veya enzimatik olmayan dismutasyonu sonucu oluşur. Süperoksitin olduğu yerlerde (peroksizomlar, elektron taşıma zinciri, plazma membranı ve ekstraselüler matrikste) önemli miktarda H_2O_2 de üretilir (Slesak vd., 2007). Yapısında paylaşılmamış elektron içermediğinden radikal özellik taşımaz. H_2O_2 'nin oksitleyici bir tür olarak bilinmesinin nedeni demir ve bakır gibi metal iyonlarının varlığında hidroksil radikalinin öncülü olarak davranmasıdır. H_2O_2 özellikle proteinlerdeki hem grubunda bulunan demir ile tepkimeye girerek yüksek oksidasyon düzeyindeki reaktif demir formlarını oluşturur. Bu formdaki demir çok güçlü oksitleyici özelliklere sahip olup, hücre zarlarında lipid peroksidasyonu gibi radikal tepkimeleri başlatabilir. Oksitleyici özelliği nedeniyle biyolojik sistemlerde oluşan H_2O_2 'nin ortamdan uzaklaştırılması gerekir (Halliwell, 1982; Güler, 2008). Bu görevi katalaz ve peroksidaz gibi antioksidan enzimler H_2O ve O_2 gibi ürünlere dönüştürerek yerine getirir. Bitkilerin oksitatif streslere tolerans sağlamada bu enzimlerin hücresel seviyelerini düzenlenmesi oldukça önemlidir (Gechev vd., 2002; Minibaeva ve Gordon, 2003a; Mutlu, 2009).

Hidroksil radikali ($\cdot OH$) oksijen radikalleri içerisinde en aktif ve en toksik olanıdır. Hidroksil radikali, iyonlaştırıcı radyasyonun (x-ışınları) etkisiyle su moleküllerinin homolitik kırılması sonucunda olduğu gibi hidrojen peroksit molekülünün metaller ile reaksiyonu sonucunda eksik indirgenmesi ile de oluşabilir (Stahl ve Sies, 2002). Biyolojik sistemlerin tanıdığı en reaktif tür olan $\cdot OH$, üretildiği her yerde birçok molekül ile reaksiyon verir ve su dahil rastladığı her molekülle tepkimeye girebilir. Bütün bu tepkimeler $\cdot OH$ 'ın paylaşılmamış elektron içeren dış orbitaline elektron alma ilgisinden kaynaklanır (Halliwell, 1982). Hidroksil radikalının sebep olduğu en önemli hasar, lipid peroksidasyonu olarak bilinen serbest radikal zincir reaksiyonudur. $\cdot OH$ 'ın başlıca hedefi yağ asitleri olup zar lipidlerinin peroksidasyonu

zarın yapısını bozar ve geçirgenliğini artırıp hücre ölümüne sebep olabilir (Nishiyama vd., 1998; Güler, 2008; Mutlu, 2009).

Organizmadaki serbest radikal oluşumunun artışına veya antioksidan savunma sisteminin yetersizliğine bağlı olarak oksidan-antioksidan dengesinin radikaller lehine bozulması sonucunda, hücre içerisinde biyomoleküller ile serbest radikaller kolaylıkla reaksiyona girerler ve zincirleme reaksiyonları başlatarak yeni serbest radikal oluşumuna neden olurlar (Augustin vd., 1997). Oluşan serbest radikaller, biyolojik sistemlerde çeşitli anormalliklere ve çok önemli biyokimyasal-fizyolojik hasarlara neden olduğu belirlenmiştir. Bu serbest radikaller; proteinler, lipidler, karbohidratlar ve nükleik asitlerin doğal yapılarının bozulmasına sebep olabilmektedirler (Şimşek, 1999; Kuru, 2007; Mutlu, 2009).

Serbest radikallerin uyardığı hücre yıkımında önemli bir mekanizma da doymamış yağ asitlerinin oksidatif yıkımı olan *lipid peroksidasyonudur (LPO)*. Lipid peroksidasyonu membran bütünlüğünün yok olmasına, hücrenin elektrolitlere geçirgenliğinin artmasına neden olur. Özellikle Ca ve Na iyonlarının hücre içerisine kontrolsüz geçişi, hücrenin enerji oluşturan mekanizmalarını etkileyebilir. İntrasellüler Ca iyonlarındaki artış; protein ve lipidlerde daha fazla hasara neden olabilecek proteaz ve fosfolipazı aktive eder. Bu aynı zamanda DNA'da yapısal hasara ve hücre ölümüne neden olabilecek enzim inaktivasyonuna neden olabilir (Halliwell, 1994). Birçok hücrel hasardan sonra meydana gelen dokuların dejenerasyonu, serbest radikaller ve lipid peroksidasyonu sonucu oluşur (Şimşek, 1999). Lipitlerdeki doymamış yağ asitleri, otooksidasyona eğilimlidirler. Otooksidasyon iki çift bağ arasındaki metilen grubunun çevresinden kolayca etkilenerek hidrojen atomunun birini kaybetmesi ile oluşan serbest radikalden kaynaklanmaktadır. Hidrojen ayrılmasının ilk nedeni reaktif oksijen türleri hareketidir. ROT'lar direkt hasara neden olabildikleri gibi birbirlerini etkileyerek, en reaktif radikal olan hidroksil radikalini ($\cdot\text{OH}$) oluşturmakta ve doymamış yağ asitlerine etki etmektedirler (Wood ve Smith, 1991). Otooksidasyon sonucu veya daha farklı yollardan oluşan serbest radikallerin oranı, savunma mekanizmalarının

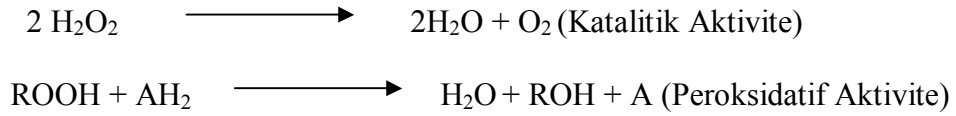
kapasitesini aşacak oranda olursa, organizmadaki biyomoleküller bu durumdan olumsuz olarak etkilemektedirler. Bu etkiye en duyarlı olan moleküller lipidlerdir. Membranlardaki kolesterol ve yağ asitlerinin doymamış bağları, serbest radikallerle kolayca reaksiyon vererek peroksidasyon ürünlerini oluştururlar. Çoklu doymamış (poliansatüre) yağ asitlerinin oksidatif yıkımı, lipid peroksidasyonu olarak bilinir ve oldukça zararlıdır. Çünkü kendi kendini devam ettiren zincir reaksiyonu şeklinde ilerler. Lipid peroksidasyonu ile oluşan membran hasarı geri dönüşümsüzdür (Akkuş, 1995). Biyolojik sistemlerde LPO'yu başlatan serbest radikalın, süperoksit anyonu ile özellikle de hidroksil radikali olduğu kabul edilmektedir. Serbest radikal etkisi ile yağ asidi zincirinden hidrojen atomunun uzaklaşması, bu yağ asidinin radikal özelliği kazanmasına neden olmaktadır. Böylece oluşan lipid radikali dayanıksız bir bileşiktir. Molekül içi konjuge edilen bağlarının farklı pozisyonlara gelmesi ile değişikliğe uğrayabilen kararsız lipid radikalının moleküler oksijenle tepkimesi sonucu lipid peroksit radikali meydana gelir (Spiteller, 2001; Kuru, 2007).

Lipid hidroperoksitlerinin yıkımı ile oluşan ve biyolojik olarak reaktif olan aldehitler ya hücre düzeyinde metabolize edilirler veya başlangıçtaki etki alanlarından diffüze olup hücrenin diğer bölümlerine hasarı yayarlar. Üç veya daha fazla çift bağ içeren yağ asitlerinin peroksidasyonunda, malondialdehid (MDA) meydana gelir (Yılmaz vd., 2003). MDA yağ asidi oksidasyonunun spesifik ya da kantitatif bir indikatörü değildir, fakat lipid peroksidasyonunun derecesi ile iyi bir korelasyon gösterir. Bu sebeple organizmada oluşan LPO düzeyini ölçmek için MDA seviyelerinin ölçümü, sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. MDA, tiyobarbitürik asit ile pembe renkli bir kompleks oluşturmakta ve oluşan bu çözeltinin absorbans değerlerinden LPO'nun derecesi saptanmaktadır (Yılmaz vd., 2003; Kuru, 2007).

Bir antioksidan enzim olan *katalaz (CAT)* (E.C.1.11.1.6) bitki dokularında çok yüksek dağılım göstermektedir. Aerobik organizmaların hepsinde omurgalılarda, omurgasızlarda, bitkilerde ve mantarlarda bulunmaktadır (Bergmeyer ve Grabl, 1983). CAT yüksek konsantrasyondaki H_2O_2 'nin 2 elektronunu kullanarak su ve oksijene indirgenmesini katalizleyen demir porfirin içeren tetramerik ve yüksek molekül ağırlığına sahip bir enzimdir (McClung, 1997; Chaudiere ve Ferrari, 1999).

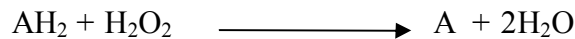
Aynı zamanda CAT, düşük H_2O_2 konsantrasyonlarında alkoller, askorbat ve fenol içeren indirgenmiş substratları kullanarak peroksidatif aktivite gösterebilir (Chaudiere ve Ferrari, 1999).

CAT'ın görev aldığı reaksiyonlar aşağıdaki gibidir.



Pek çok bitki hücresinde enzimin büyük bir kısmı, H_2O_2 'nin yüksek olduğu peroksizomlarda bulunur. CAT çok az miktarda mitokondri matriksinde de bulunur. CAT'ın bitki dokusunda H_2O_2 'nin uzaklaştırılmasında önemli rol oynadığı belirtilmiştir (Patkowski ve Urbanek, 2003). Solunum zincirinde, oksijenin eksik indirgenmesinden oluşan H_2O_2 'yi O_2 'ye indirger (Chaudiere ve Ferrari, 1999). CAT'ın temel fonksiyonu, moleküler O_2 mevcudiyetinde metabolizmanın bazı kademelerinde sentezlenen radikal karakterli H_2O_2 'nin ve ROOH gibi bir peroksitin radikalliğini gidererek özellikle membranlarda oluşabilecek geri dönüşümsüz hasarları engellemektedir. Zira H_2O_2 , singlet oksijen (1O_2) ve hidroksil radikallerinin (OH) potansiyel kaynağıdır (Scandalios, 1993; Chaudiere ve Ferrari, 1999).

Antioksidan enzimlerden bir diğeri *peroksidaz (POD)* (E.C.1.11.1.7) enzimidir. POD, H_2O_2 'yi kullanarak fenoller ve hidrokinonlar gibi çok sayıda aromatik bileşenlerin dehidrojenasyonunu katalizleyen (Bergmeyer ve Grabl, 1983) ve *HEM* prostetik grubuna sahip bir proteindir (Banci, 1997; Kim vd., 2000). Çoklu moleküler formlara ve geniş bir hücre altı dağılımına sahip olan POD, bitkilerde büyük oranda bulunur. POD, elverişsiz çevresel faktörler altında üretilen zararlı oksijen radikallerinin seviyesini düzenler ve bitki hücresinin en önemli koruyucu enzimlerinden birisidir (Bakardjieva ve Christov, 1996). Molekül ağırlıkları 35-100 kDa arasında değişmektedir. POD'lar aşağıdaki reaksiyonu katalizlerler.



Bitkilerde bu reaksiyon sonucu;

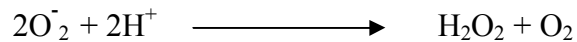
1. Serbest fenollerin oksidatif polimerizasyonu ile hücre duvarında lignin ve suberin biyosentezi gerçekleşir.
2. Hücre duvarına bağlı fenollerin oksidatif polimerizasyonu ile çapraz bağlanmalar olur ve hücre duvarı sertleşir. Sonuç olarak peroksidazlar hidrojen peroksidi kontrol altında tutarak hücre duvarının yapısına katılmasını sağlarlar.

POD'ların spesifik aktivite, substrat ilgisi, kofaktörler, inhibitörlere hassasiyet ve optimum pH gibi biyokimyasal özellikleri farklı olan çok sayıda izoenzimleri bulunur. POD'lar organizmaya bağlı olmakla birlikte 3 sınıfa ayrılabilirler (Banci, 1997).

1. Hücre içi (simplastik) peroksidazlar
2. Hücre dışı (apoplastik) peroksidazlar
3. Salgılanan bitki peroksidazları

Çeşitli stres faktörlerinden yüksek seviyede etkilenen POD aktivitesi, bu enzimin stres enzimi olarak anılmasına sebep olmuştur (Kim vd., 2000; Taşğın vd., 2006; Mutlu vd., 2009). Bitkisel POD; yapraklarda, yaralanan gövdelerde, kotiledon yapraklarda, çiçek saplarında bulunmuş ve bu doku hücrelerinde nukleus, mitokondri, ribozom, hücre membranları ve hücre dışında (apoplast) lokalize olmuştur (Bergmeyer ve Grabl, 1983; Banci, 1997; Kim vd., 2000; Taşğın vd., 2006; Mutlu vd., 2009). POD enziminin çok sayıda fizyolojik olayda rol oynadığı ve birçok metabolik olayın gerçekleşmesine yardımcı olduğu açıktır. Bu yüzden bu kadar çok işlev ile bağdaştırılan POD enzimi ile ilgili araştırmalar yoğun bir şekilde sürdürülmektedir.

Bitki hücrelerinde bulunan diğer önemli bir antioksidan *süperoksit dismutaz (SOD)* (E.C.1.15.1.1) enziminin, süperoksit radikalini (O_2^-), hidrojen peroksit (H_2O_2) ve moleküler oksijene çevirebildiği anlaşılmıştır (Sairam ve Srivastava, 2000; Eyidoğan vd., 2003; Minibaeva ve Gordon, 2003a).



SOD'un biri sitoplazmada, diğeri mitokondride olmak üzere iki izoenzimi vardır. Ökaryotlardaki mitokondriyal SOD, karakteristik Mn^{+2} muhtevası ve amino asit dizilişii bakımından birçok bakterininkine benzer. Buna karşılık sitoplazmadaki ise tamamen farklı yapıya sahiptir ve Cu^{+2} ile Zn^{+2} iyonu ihtiva eder. Bu enzimler oldukça yüksek konsantrasyonda ve aktif bulunur. Çünkü mitokondride kullanılan oksijenin % 1 ile 5 arası süperokside dönüşmekte ve ancak yüksek bir SOD aktivitesi tarafından bertaraf edilebilmektedir. Birçok çevresel ve biyotik streslerde gerek apoplastik gerekse toplam hücrel SOD miktarının üretiminde artış olduğu belirlenmiştir (Minibaeva ve Gordon, 2003a; Eyidoğan vd., 2003; Mutlu vd., 2009).

Buğdaygillerden (*Poaceae*) tek yıllık bir bitki olan arpa (*Hordeum vulgare*); $2n=14$ kromozomlu, kendine döllenebilen, ekvatorndan 70° kuzey ile 45° güney enlemine ve 4480m yüksekliğe kadar geniş bir yayılım alanına sahiptir. FAO'ya göre 2005 yılında dünyada tahıllar içinde üretimde buğday ve mısırdan sonra 56 milyon hektarlık ekim alanı ve 138 milyon tonluk üretimle 3. sırada yer alan önemli bir bitkidir. Türkiye'de ise buğdaydan sonra 9 milyon tonluk üretimle ikinci sıradadır. Türkiye'nin tüm illerinde az ya da çok yetiştirilen arpa üretiminin yarıya yakın kısmını İç Anadolu Bölgesi karşılar. Kısa sürede olgunlaştığından (80-90 gün) Erzurum-Kars plâolarında 2000-2200 m'ye kadar yetişebilmektedir. Daha çok hayvan yemi olarak kullanılmakla beraber malt sanayisinin de hammaddesidir (Sencar vd., 1997). Yapılan arkeolojik kazılar arpanın ilk kültüre alınan bitki olduğunu ortaya koymuştur. Bu araştırmalarda arpanın yaklaşık on bin yıldır yetiştirildiğini ve kökeninin Mezopotomya olduğunu göstermektedir (Harlan ve Zohary, 1966; Mutlu, 2009).

Buğdaygiller ailesinden diğeri bir tür olan buğday (*Triticum aestivum*), bütün dünyada ıslahı yapılmış tek yıllık otsu bir bitkidir. FAO'ya göre 2005 yılında tahıllar içerisinde buğday dünyada 215 milyon hektar ekim alanı ve 628 milyon ton üretimle ilk sırada yer almaktadır. Mısır ile birlikte dünya çapında ikinci en fazla ekimi yapılan tahıl bitkisidir. Karasal iklimi tercih eden bu bitki ülkemizde en çok İç Anadolu bölgesinde yetişmektedir. Bu nedenle bölge "Türkiye'nin Buğday Ambarı" olarak da anılmaktadır. Buğday; un, yem üretilmesinde kullanılan temel bir besin

maddesidir. Kabuğu ayrılabilceği gibi kabuğu ile de öğütülebilir. Buğday aynı zamanda çiftlik hayvanları için bir yem maddesi olarak da yetiştirilmektedir(Kuşçu, 2006).

Stres altındaki canlıların genelinde olduğu gibi bitkilerde de stres karşısında serbest oksijen radikallerini zararsız bileşiklere dönüştüren antioksidan miktarları ve antioksidan enzim aktiviteleri yüksek olduğuunda, o bitkiler oksidatif stresin sebep olacağı zararlara karşı daha dayanıklı olmaktadırlar. (Karanlık, 2001).

İlk kez bu çalışmada, büyük çapta tarımı yapılan 2 çeşit tahıl bitkisi (arpa ve buğday) çimento tozuna bağlı kirlilik stresine maruz kaldığında çimlenme, büyüme ve gelişme parametreleri ile fidelerde meydana gelen oksidatif stres bu durumun giderilmesinde hücrelerde oluşan antioksidatif cevap ortaya konulmuştur. Bunun yanında, bu bitkiler üzerinde çimento fabrikalarında kullanılan filtrelerin de koruyuculuğunun olup olmadığı tespit edilerek daha sonraki çalışmalar için katkı sağlayacaktır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Son yıllarda çevre kirliliği ve gelecekteki muhtemel etkileriyle ilgili kamuoyunda paylaşılan veriler, bilgiler ve bunların değerlendirmelerinin artması beraberinde bilim insanlarının dikkatini çekmeye başlamıştır. Kamuoyunda sürekli paylaşılan konular hakkında çalışmalar yapmak, popüler bilimlere üzerine yoğunlaşma eğilimindeki bilim insanlarının çalışma alanlarını bu konulara üzerine kaydırmıştır. Bu konuyla ilgili ilk çalışmalar daha çok kirlilik etmeninin doğal ortamında yaşamını sürdüren canlılar üzerine yaptığı anatomik ve morfolojik etkiler üzerine yoğunlaşmışken (Prasad ve Inamdar, 1990; Abdullah ve Iqbal, 1991) son zamanlarda yapılan çalışmalar ise bu etkilerin bünyesel ne tür fizyolojik ve biyokimyasal sonuçlar doğurduğu belirlenmeye çalışılmaktadır (Mutlu vd., 2009; Erdal ve Demirtaş, 2010; Mutlu vd., 2012).

1900'lü yılların başında bu konuda ilk çalışmalar çimento fabrikalarından çıkan tozların çevrelerindeki vejetasyona ve bitki çeşitliliğine verdiği zararlar üzerine olmuştur (Parish, 1910; Peirce, 1910). Daha sonra, bu konuda araştırma yapan Darley (1966), Lerman (1972), Bilaloğlu ve Yürekli (1982), Güven (1989), Katırcıoğlu ve İren (1988) çimento fabrikalarından çıkan tozların verdiği zararların mekanizmasını açıklamaya çalışmışlardır. Çimento tozlarının gübre gibi etki yaparak dolaylı yoldan bitkiye yararlı olduğunu vurgulamıştır (Pajenkamp, 1961).

Çimento tozunun doğal ortamındaki bitkilerin büyüme ve gelişmesi üzerinde meydana getirdiği zararlı etkiler üzerine birçok çalışma mevcuttur (Iqbal ve Shafug, 2001; Prasad ve Inamdar, 1990; Abdullah ve Iqbal, 1991; Gupta ve Mishra, 1994; Uysal vd., 2003). Çimento tozu içerisinde bulunan ağır metallerin bitki metabolizmasındaki yıkıcı etkileri de çalışılmıştır (Borka, 1986). Fakat çimento tozunun deneysel ortamda bitkiler üzerine etkileri üzerine sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Mutlu vd., 2009). Bu çalışmayla, çimento tozu kirliliğinin bitkiler üzerindeki fizyolojik etkileri kontrollü deney ortamında (özellikle çimlenme sürecindeki ve elde edilen fidelerin antioksidan sistemi üzerindeki) ortaya çıkarılacaktır.

Çanakkale'nin 40 km güneyinde kurulu bulunan çimento fabrikası bacasından salınan baca tozlarının, yakın çevredeki zeytin ağaçları (*Olea europaea* L.var. *europaea*) ve bu ortamda doğal yayılış gösteren Poaceae familyasına mensup bazı bitkiler ve bunların topraklarında bu kirlilik etmeninin birikmesinin etkileri araştırılmıştır (Bayhan vd., 2002).

Çimento tozu salınımının yakın yerlerde yaşamını sürdüren bitkilerin yapraklarının üzerini örterek fotosenteze olumsuz etki yaptıkları ve metabolik ürünlerin seviyelerinde azalmaların sonucu verim kaybı görüldüğü birçok araştırmacı tarafından da vurgulanmıştır (İren ve Katırcıoğlu, 1984; Özbay ve Bayhan, 1991; Vijayawar ve Pandey, 1996; Subha ve Dakshinamoorthy, 2001).

Kirlilik bazen de ülkemizin ihracatında önemli bir yere sahip ürünlerde kendisini göstermiştir. Trabzon-Ünye'de ihraç ürünü fındıkta, Mersin'de turunçgillerde, İzmir ve Çanakkale'de zeytinliklerde çimento fabrikası baca tozlarının etkisi ile bu ürünlerde önemli derecede verim kaybı gözlenmiştir (İren ve Katırcıoğlu, 1984; Uysal vd., 2003). Ayrıca çimento fabrikası baca tozları sadece bitkilere değil aynı zamanda o bitkilerin yaşadığı toprağın kimyasal yapısını da değiştirmektedir (Bayhan vd., 2002). Erzurum-Aşkale Çimento Fabrikası çevresinde yapılan bir araştırmada, çimento tozu ile kirletilmiş toprakta değişebilir Ca, K ve Mg katyonlarının miktarında artış gözlemlendiği ve verim kaybı olduğu belirtilmiştir (Bayhan vd., 2002). Çimento tozu ile kirletilen topraklarda çinko, bakır ve azottan ziyade toprağın pH'sı ile demir, kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum ve manganez elementlerinin konsantrasyonunun daha yüksek olduğu bulunmuştur (Raajasubramanian vd., 2011).

Çimento tozu kirliliğine maruz kalmış ortamda yetişen *Carissa carandas* L. bitkisinin taç örtüsü, boyu ve yaprak sayısında kirlilikle birlikte önemli bir azalma gözlenmiştir. İlk haftalarda *Azadirachta indica* L.'da, yaprak sayısı dışında bitki taç örtüsü ve boyunda önemli değişiklik görülmemiş, sonra ki haftalarda *A. indica*'nın yaprak sayısında önemli azalma görülmüştür. Sonra ki haftalarda *Delonix regia*'da

yaprak sayısında ve boyunda, nem seviyesinde belirgin bir etki bulunmuş ve bu sonuçlardan çimento tozunun bitki büyümesi üzerinde önemli etki gösterdiği sonucu çıkarılmıştır. *A. indica* çimento tozu kirliliğinden az etkilenirken, *C. carandas*'ın bu kirlilikten oldukça fazla etkilendiği bulunmuştur. *D. regia*, çimento tozu kirliliğinden orta şiddette etkilendiği görülmüştür (Iqbal ve Shafug, 2001). Bu çalışmadan bitkilerin kirlilik etmeninden etkilenme derecesinin bitkinin türüne, yaşam periyoduna göre değiştiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan çalışmalar stresli durumlarda ve özellikle tarımsal üretimi etkileyen çevresel streslere (tuzluluk, kuraklık, sıcaklık ve soğuk gibi) bitkinin sekonder olarak ilk tepkisi çimlenme, büyüme ve gelişme parametrelerindeki (fotosentez aktivitesi, klorofil miktarı, kök-gövde uzunluğu, kuru ağırlık gibi) indirgeme olarak kendisini göstermektedir. Bu amaçla değişik stres çeşitlerinde stresinin bitkilerin gelişimi üzerine çalışmalar uzun yıllardan beri yapılmaktadır (Sivritepe ve Eris, 1999; Sairam vd., 2000; Sairam ve Srivastava, 2000; Charbaji ve Ayyoubi, 2004; Demiray ve Esiz Dereboylu, 2005; Sotiropoulos vd., 2006). Deneysel ortamda yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) üzerine çimento tozunun etkilerinin bakıldığı bir çalışmada uygulanan konsantrasyonun dozuna paralel olarak çimlenme ve elde edilen fidelerin büyüme parametrelerinde (kök-gövde uzunluğu, kuru ağırlık gibi) önemli bir inhibisyon belirlenmiştir (Raajasubramanian vd., 2011).

Halofit bitki olan *Plantago crassifolia*'da tuz stresi karşısında meydana gelen değişiklikleri araştırıldığında tuz konsantrasyonu arttıkça çimlenme ve kuru ağırlığın azaldığı gözlenmiştir (Vicente vd., 2004). Tuz stresi altında yetiştirilen 12 pamuk çeşidinde yapılan çalışmada çimlenme oranları, yas kök ağırlıkları, yas sürgün ağırlıkları, sürgün uzunluğu karakterlerinin hepsinde artan tuz koşullarında kontrol bitkisine göre farklı oranlarda olumsuz etki gösterdiği bildirilmiştir (Öz ve Karasu, 2007). Tuzlulukla ilgili yapılan diğer bir çalışmada yüksek tuzluluğun hem patates bitki gelişimi hem de yaprakların klorofil içeriğini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir (Teixeira ve Pereira, 2007). Stresli şartlarda klorofil miktarının arttığını ortaya koyan çalışmalarda mevcuttur. Tuz stresine maruz bırakılan *Amaranthus*'ta klorofil içeriğinin arttığını rapor etmişlerdir (Wang ve Nil, 2000).

Çimento tozu ile örtülen kozalaklı ağaçların yapraklarında toplam klorofil miktarında azalma olduğu bulunmuştur (Pandey ve Kumar, 1996). Son çalışmaların birinde yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) üzerine çimento tozunun deneysel ortamda etkilerinin belirlenmiş ve uygulanan çimento tozunun konsantrasyonun artışına paralel olarak fidelerin total klorofil miktarında önemli bir düşüş belirlenmiştir. (Raajasubramanian vd., 2011).

Bitkilerde oksidatif strese sebep olan reaktif oksijen türleri bunların bertaraf edilmesinde etkili antioksidan enzim sisteminin önemli elamanları olan katalaz (CAT), peroksidaz (POD), süperoksit dismutaz (SOD) enziminin aktivitesine etki eden faktörler ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Fakat çimento tozunun doğal ortamında yaşayan bitkilerdeki floral çeşitlilik ve antioksidan sistem ile ROT bileşikleri ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur (Mutlu vd., 2009; Erdal ve Demirtaş, 2010). Bu çalışmalardan ilkinde çimento fabrikası etrafındaki doğal olarak yayılış gösteren bitkilerde çimento tozuna bağlı olarak meydana gelen bitki çeşitliliği ve antioksidan enzimler üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışma için biri fabrikanın 0-100m diğeri 2000m kuzeyinde iki istasyon seçilmiş ve 2000m'deki istasyonda 36 bitki türünden 0-100m'de sadece 12'sine rastlanmıştır. Ayrıca 2000m deki bitkilerle kıyaslandığında fabrika yakınlardaki bitki yapraklarında antioksidan enzimlerde (CAT, POD, SOD) önemli değişimler gözlenmiştir (Mutlu vd., 2009). Yakın zamanda yapılan diğer bir çalışmada ise çimento tozuna maruz kalmış *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* adlı su bitkileri incelenmiştir. Bu bitkilerin antioksidan enzim faaliyetleri ölçülüp, kontrolleriyle kıyaslanmıştır. Bu çalışmalara göre, açık bir şekilde çimento fabrikasının sebep olduğu kirliliğin bitki türü sayısında ve yoğunluğunda azalmaya sebep olduğu gösterilmiştir (Erdal ve Demirtaş, 2010).

Lipid peroksidasyonu, hücre zarı lipidlerinin serbest radikallerle (süperoksit anyonu, singlet oksijen, hidrojen peroksit ve hidroksil radikali) etkileşmesi sonucu ortaya çıkar ve sonuçta hücresel zarların bozulmasına yol açar. Bu peroksidasyonun

derecesi, hücresel düzeyde stresin sebep olduğu hasarın hem ölçütü hem de yansıması olduğu kabul edilmektedir (De Azevedo Neto vd., 2006). Stres şartlarında, doymamış yağ asitlerinin peroksidasyon ürünü olarak ortaya çıkan malondialdehit (MDA) miktarındaki artış, hücre zarlarının yapısal bütünlüğünün bozulduğunu gösteren iyi bir indikatördür (Posmyk vd., 2005). Yüksek sıcaklığa maruz bırakılmış arpa yapraklarının membran lipid peroksidasyonu düzeyinde artış belirlenmiştir (Kappen, 1981). Bazı ağır metallerin toksik dozlarının bitkilerde lipid peroksidasyonu uyardığı tespit edilmiştir (De Vos vd., 1989; 1991; Çakmak vd., 1991; Çınar, 2005). Tuzluluğa dayanıklılığı farklı iki fasulye çeşidiyle yapılan bir çalışmada, tuz uygulamasıyla hassas varyetede daha fazla olmak üzere iki çeşitte de MDA seviyesinin arttığı belirlenmiştir (Yaşar vd., 2008). Bazı asma (*Vitis vinifera*) çeşitlerine uygulanan kuraklık stresinin lipid peroksidasyonda önemli derecede artışa sebep olmuştur (Yağmur, 2008). Kuraklık stresine ilgili diğer bir çalışmada iki kahve türü (*Coffea arabica* ve *C. liberica*) orta derecedeki kuraklık şiddetinde lipid peroksidasyonu görülmezken, şiddetli kuraklık stresinde, özellikle kuraklığa daha duyarlı olan *C. arabica* türünde, MDA birikiminin daha fazla olduğu gözlenmiştir (Cai vd., 2005). Su stresi altında büyütülen buğday fidelerinde lipid peroksidasyonunda büyük bir artışın olduğu kaydedilmiştir (Tatar ve Gevrek, 2008). Soğuk stresine maruz bırakılmış kışlık çavdar, tütün, *Arabidopsis thaliana* ve patatesten lipid peroksidasyon ürünü olan MDA içeriğinin arttığı belirlenmiştir (Lynch ve Steponkus, 1987; Moon vd., 1995; Uemura vd., 1995; Lin vd., 2006). Nohutla yapılan bir çalışmada da soğuğa maruz kalan fidelerde MDA miktarının, buna bağlı olarak da lipid peroksidasyon aktivitesinin arttığı tespit edilmiştir (Turan, 2007). Mercimek bitkisine soğuk stresi uygulandığında, kök ve gövde dokusunda MDA içeriğinde kayda değer bir artış kaydedilmiştir (Öktem vd., 2008). Diğer stres çeşitlerinde olduğu gibi çimento tozuna maruz kalmış *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* bitkileri incelenmiş ve bu bitkilerin MDA seviyelerinin kontrole göre yüksek olduğu bulunmuştur (Erdal ve Demirtas, 2010). Doğal yetişme ortamlarında farklı seviyede çimento tozuna maruz kalan Halep çamı (*Pinus halepensis*) üzerine bu kirliliğin etkilerine bakıldığı bir çalışmada da çimento tozuna maruz kalan bitkilerdeki yapraklarda MDA miktarının kirlilikle paralel olarak arttığı belirlenmiştir (Dziri ve Hosni, 2012).

İnsanların vücudundaki biyokimyasal streslerin belirlenmesinde uzun yıllardan beri hidrojen peroksitin (H_2O_2) bir biyolojik işaret olarak kullanılması (Halliwell vd., 2000) ve oksidatif stresler sırasında miktarının artması, bitkilerle ilgilenen bilim insanları için bitkilerde de bu molekülün stresin bir işareti olduğu fikrini uyandırmıştır (Cheeseman, 2006). Mevcut literatür bilgileri, bitkilerdeki önemli sinyal dizinlerinde H_2O_2 'nin var olduğunu göstermektedir. Bu olaylara patojen saldırısını (Wojtaszek, 1997; Orozco-Cárdenas vd., 2001; Kachroo vd., 2003), stoma hareketleri (Chen ve Gallie, 2004), kazanılmış sistemik direnci (Chen vd., 1993) ve programlanmış hücre ölümleri (Levine vd., 1994) örnek olarak verilmektedir. Bununla birlikte H_2O_2 'nin hücrelerde hızlı bir şekilde metabolize edilmesi ve dokulardaki gerçek seviyesinin ne olduğu ile ilgili belirsizlikler, strese verilen cevap mekanizmalarını anlamayı zorlaştırmaktadır.

Literatürde H_2O_2 'nin hücresel seviyesiyle ilgili farklı değerlerinin yanında bitkisel dokulardaki H_2O_2 'nin çevresel streslere cevapta etkili olduğu ile ilgili birçok çalışma da rapor edilmiştir. Şeftali meyve dokusunda KCN ile katalaz enzimi inhibe edildiğinde H_2O_2 seviyesinin 0.35 ten 0.8 μmol 'a çıktığı kaydedilmiştir (Brennan ve Frenkel, 1977). Sera şartlarında mangrov bitkisine hidroponik ortamda tuz verildiğinde, H_2O_2 seviyesinin gram dokuda 0.067'den 0.089 μmol 'a çıktığı belirlenmiştir (Parida ve Das, 2005). Sera şartlarında ozon stresine muamele edilen bir bitkide H_2O_2 seviyesinin gram dokuda 0,03 μmol 'dan 0.06 μmol 'a çıktığı ve özellikle de kloroplastlarda birikiminin olduğu tespit edilmiştir (Chen ve Gallie, 2004). Tütünle yapılan bir çalışmada normal şartlarda yapraklarının gram dokusunda 0.15 μmol olan H_2O_2 seviyesi *Botrytis cinerea* patojeni ile muamele edilmesiyle 0.2 μmol 'a yükseldiği gösterilmiştir (Patykowski ve Urbanek, 2003). Kadife çiçeği (*Calendula officinalis*) tuz stresine (100 mM) maruz bırakıldığında H_2O_2 seviyesinin normale göre %26 arttığı gösterilmiştir (Chaparzadeh vd., 2004). *Phragmites australis* bitkisi kısa süreli yüksek sıcaklık (38°C) stresine maruz bırakıldığında H_2O_2 miktarında önemli bir artış belirlenmiştir (Velikova ve Loreto, 2005). Su stresine maruz bırakılan bezelye bitkisinde yapraklarda doku hasarıyla birlikte H_2O_2 miktarında da büyük bir artış rapor edilmiştir (Kocsy vd., 2005). Norveç ladin ağacı -10 ° C gibi çok düşük sıcaklıklara 45 gün gibi uzunca bir süre maruz bırakıldığında

ROT üretimindeki artışla birlikte H_2O_2 miktarında da önemli derecede bir artış görülmüştür (Kaminska-Rozek ve Pukacki, 2005). Arpayla yapılan bir çalışmada ise soğuk stresi etkisi ile H_2O_2 üretiminin önemli miktarda azaldığı görülmüştür. Bu durumun sebebini tüm metabolizmanın yavaşlaması olabileceğini savunan bazı araştırmacılar mevcuttur (Saruyama ve Tanida, 1995). Mercimek bitkisine ise soğuk stresi uygulandığında, gövde dokusunda H_2O_2 içeriğinin önemli bir şekilde arttığı gözlenmiştir (Öktem vd., 2008; Mutlu, 2009). H_2O_2 'nin çevresel streslerdeki seviyesiyle ilgili birçok araştırma mevcutken çimento tozunun etkisiyle ilgili literatürde sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Yaprakları çimento tozu ile örtülen *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* gibi su bitkileri incelendiğinde bu bitkilerin H_2O_2 seviyeleri kontrole göre oldukça yüksek bulunmuştur (Erdal ve Demirtaş, 2010).

Bitkilerde ROT bileşiklerinin bertaraf edilmesinde etkili antioksidan enzim sistemi içerisinde önemli bir görevi olan süperoksit dismutaz (SOD) enzimi aktivitesine etki eden çevresel (tuz, soğuk, sıcaklık, kuraklık, ozon, besin ve su stresi) ve biyolojik faktörlerle (patojen, allelopati) ilgili de birçok çalışma bulunmaktadır. Oksidatif stres altındaki buğday genotiplerinde SOD aktivitesinde bir değişiklik gözlenmezken (Sairam ve Srivastava, 2000), yüksek sıcaklık stresi veya tuz stresi altındaki buğday genotiplerinde önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir (Sairam vd., 2000; Eyidoğan vd., 2003; Sakhabutdinova vd., 2004). Tuz stresi altındaki çeltik bitkilerinde de SOD aktivitesinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Lin ve Kao, 2000). Buna ilave olarak, sinameki (*Cassia angustifolia*) ve soya fasulyesi bitkisi ile yapılan çalışmalarda SOD aktivitesi tuz stresi ile artmıştır (Agarwal ve Pandey, 2004; Ghorbanli vd., 2004). Diğer benzer iki çalışmada, tuz stresine dayanıklı ve hassas olan iki çeşit pamuk (Meloni vd., 2003) ve şeker pancarı (Bor vd., 2003) bitkileriyle yapılan çalışmalarda, hücrel SOD aktivitesinin tuza dayanıklı varyetelerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Su taşkını stresine maruz kalan arpa bitkilerinde ise kloroplastik SOD aktivitesinin düştüğü gözlenmiştir (Yordanova vd., 2004). Kışlık çavdarla yapılan bir çalışmada 5 haftalık soğuğa uyum süresi sonunda yapraklardaki SOD aktivitesinin kontrollere göre yaklaşık 4 kat arttığı bulunmuştur (Streb vd., 1999). Mutant pamuk bitkisiyle yapılan bir çalışmada SOD aktivitesinin, düşük sıcaklık uygulaması sonucu

kontrole göre yaklaşık 3 kat arttığı belirlenmiştir (Kornyeyev vd., 2001). Kışlık buğday yapraklarında 4 haftalık soğuğa uyum boyunca Mn SOD genlerinin ifadesinin artış gösterdiği belirlenmiştir (Beak ve Skinner, 2003). Alp çiminde aylık olarak SOD aktivitesindeki değişimler takip edilmiş ve havaların soğuduğu sonbahar mevsiminde aktivitenin arttığı tespit edilmiştir (Zhou ve Zhao, 2004). Norveç ladin ağacı -10° C gibi çok düşük sıcaklıklara 45 gün gibi uzunca bir süre maruz bakıldığında ROT miktarındaki artışa paralel olarak SOD aktivitesinde de önemli derecede bir artış görülmüştür (Kaminska-Rozek ve Pukacki, 2005). Soğuğa duyarlı olduğu bilinen salatalık ve pirinç bitkilerinde de uygulanan düşük sıcaklığın yapraklardaki toplam SOD aktivitesini arttırdığı bildirilmiştir (Lee ve Lee, 2000; Guo vd., 2006). Sibiryada doğal ortamında takip edilen çamlarda (*Pinus sylvestris*) rizosfer sıcaklığının düşmesine paralel olarak diğer antioksidan enzimlerle birlikte SOD enzim kapasitesinin düştüğü ve buna mukabil dokuda oksidatif stres belirtilerinin görülmeye başladığı belirtilmiştir (Milyutina vd., 2008).

Bununla birlikte bu enzim üzerine çimento tozunun laboratuvar şartlarında etkisiyle ilgili çalışma bulunmazken doğal ortamındaki bitkiler üzerine etkisi ile ilgili bazı çalışmalar mevcuttur (Mutlu vd., 2009; Erdal ve Demirtaş, 2010). Bu çalışmalardan birinde çimento fabrikası etrafındaki doğal olarak yayılış gösteren bitkilerde çimento tozuna bağlı olarak meydana gelen bitki çeşitliliği ve antioksidan enzimler üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışma için biri fabrikanın 0-100m diğeri 2000m kuzeyinde iki istasyon seçilmiştir. Ayrıca 2000m deki bitkilerle kıyaslandığında fabrika yakınlarındaki bitki yapraklarında SOD enziminin aktivitesinde önemli değişimler gözlenmiştir. Çimento tozuna maruz kalmış *Artemisia spicigera*, *Crambe orientalis* ve *Convolvulus sepium* bitkilerinde, SOD aktiviteleri düşük iken bunun aksine, *Medicago varia*, *Isatis candolleana* ve *Astragalus christianus* bitkilerinde ise SOD aktivitesi yüksek bulunmuştur. Yakın zamanda yapılan diğer bir çalışmada ise çimento tozuna maruz kalmış *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* adlı su bitkileri incelenmiştir. Bu bitkilerin antioksidan enzim faaliyetleri ölçülüp, kontrolleriyle kıyaslandığında SOD enziminin aktivitesi, *P. natans* bitkisinde kontrole göre yüksekken, *L. minor* ve *C. submersum* bitkileri ise düşük bulunmuştur (Erdal ve Demirtaş, 2010). Başka bir çalışmada ise çimento

tozuna maruz kalan Halep çamının (*P. halepensis*) yapraklarında SOD aktivitesinde önemli bir artışlar belirlenmiştir (Dziri ve Hosni, 2012). Bu çalışmalar kirliliğe bağlı olarak bitkilerde meydana gelen oksidatif stresin bertaraf edilmesinde antioksidan sistemin faaliyete geçirildiğini ve bitkilerin bu stres çeşidinde bitki türüne bağlı olarak farklı antioksidatif tepkiler gösterdiğini ortaya koymuştur (Mutlu vd., 2009).

Bitkilerde antioksidan enzim sisteminin önemli bir elamanı olan katalaz (CAT) enziminin aktivitesine etki eden faktörler (tuz, patojen, soğuk, sıcaklık, kuraklık ve su stresi) ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Üç farklı yulaf çeşidine bir fungal patojeni muamele edildikten 24 saat sonra, birinde CAT aktivitesi yükselirken, 2. örnekte aktivitenin azaldığı belirlenmiştir (Vanacher vd., 1998a). Tuz stresi altında büyütülen buğday, pirinç ve salatalık ile yapılan çalışmalarda, her üç bitkide de CAT aktivitesinin düştüğü gözlenmiştir (Keleş ve Öncel, 2002; Shim vd., 2003). Ancak, tuz stresi altında yapılan diğer bir çalışmada, Sinameki (*Cassia angustifolia*) ve soya fasulyesi bitkilerinde CAT aktivitesi önemli derecede yüksek olduğu gözlenmiştir (Agarwal ve Pandey, 2004; Ghorbanli vd., 2004). Tuz stresine toleransları farklı iki çeşit dut bitkisiyle yapılan bir çalışmada ise, CAT aktivitesinin tuza dayanıklı varyetede daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Sudhakar vd., 2001). Kuraklık, yüksek sıcaklık ve su stresine maruz bırakılmış buğday bitkisinde CAT aktivitesinde çok büyük bir düşüş tespit edilmiştir (Keleş ve Öncel, 2002). Kuraklık stresi uygulanan mercimek bitkisinde kök dokusunda CAT aktivitesinde artış gözlenmiştir (Öktem vd., 2008). Buğday, arpa, çavdar ve yulaf bitkileri soğuk şartlarda büyütüldüğünde ise CAT aktivitesinin önemli derecede düştüğü belirlenmiştir (Janda vd., 2002, 2003). Buğdayla yapılan bir diğer çalışmada soğuk muamelesiyle CAT aktivitesinde önemli bir artış tespit edilmiştir (Keleş ve Öncel, 2002). Soğuğa dayanıklı ve hassas dört farklı mandalina kültürü soğukta depolanmış, bu mandalinaların kabuklarında ve meyvelerinde CAT aktivitesine bakılmış ve hassas türlerde depolama süresince CAT aktivitesi düşerken toleranslı türlerde aktivitenin yükseldiği belirlenmiştir (Sala, 1998; Sala ve Lafunte, 2000). Soğuk şartlarda yetiştirilen salatalık ve pirinç filizlerinde CAT aktivitesindeki artışın donma toleransı ile ilişkili olabileceği gösterilmiştir (Saruyama ve Tanida, 1995; Kang ve Saltveit, 2001; 2002). Ayrıca soğuk stresi birçok bitkide, özellikle soğuğa duyarlı genotiplerde, CAT aktivitesinde

belirgin bir düşüşe neden olmaktadır (Lukatkin, 2002). CAT aktivitesindeki değişimler alp çiminde aylık olarak takip edilmiş ve havaların soğuduğu sonbahar mevsiminde aktivitenin arttığı tespit edilmiştir (Zhou ve Zhao, 2004). Tropikal bir bitki olan soya fasulyesi (*Glycine max*) kademeli olarak düşük sıcaklıklara maruz bırakıldığında bitkinin kök ve gövdesinde CAT aktivitesinin arttığı belirlenmiştir (Yadeghari vd., 2008).

Bu enzim üzerine çimento tozunun doğal ortamındaki bitkiler üzerine etkisi ile ilgili bazı çalışmalar da mevcuttur (Mutlu vd., 2009; Erdal ve Demirtaş, 2010). Bu çalışmalarda ilkinde çimento fabrikası etrafındaki doğal olarak yayılış gösteren bitkilerde çimento tozuna bağlı olarak kontrol bitkileriyle kıyaslandığında çimento tozuna maruz kalan bitkilerdeki bitki yapraklarında CAT enziminde de önemli değişimler gözlenmiştir. Çimento tozuna maruz kalmış *Artemisia spicigera*, *Crambe orientalis* ve *Convolvulus sepium* bitkilerinde, CAT aktivitesi yüksek iken bunun aksine, *Medicago varia*, *Isatis candolleana* ve *Astragalus christianus* bitkilerinde CAT aktivitesi düşük bulunmuştur. Diğer bir çalışmada ise çimento tozuna maruz kalmış *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* adlı su bitkileri incelenip kontrolleriyle kıyaslandığında CAT aktivitesi *L. minor* ve *C. submersum*'da düşükken *P. natans* bitkisinde ise kontrole göre kıyaslanamayacak şekilde yüksek bulunmuştur (Erdal ve Demirtaş, 2010). En son çalışmalardan birinde de çimento tozuna maruz kalan Halep çamının (*P. halepensis*) yapraklarında CAT aktivitesinde önemli bir artış belirlenmiştir (Dziri ve Hosni, 2012). Bu çalışmada kirliliğe bağlı olarak bitkilerde meydana gelen oksidatif stresin bertaraf edilmesinde antioksidan sistemin faaliyete geçirildiğini ve bitkilerin bu stres çeşidinde bitki türüne bağlı olarak farklı antioksidatif tepkiler gösterdiğini ortaya koymuştur (Mutlu vd., 2009).

Bitkilerde antioksidan enzim sisteminin diğer bir elmanı olan peroksidaz (POD) aktivitesine etki eden faktörlerle (tuz, patojen, soğuk, sıcaklık, kuraklık, ozon, besin ve su stresi) ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Fasulye bitkisi, asit yağmuru, asit yağmuru + spermidin veya asit yağmuru + spermin muamelesinde, ilk saatlerde POD aktivitesi yüksekken, ilerleyen saatlerde aktivitenin düştüğü görülmüştür (Velikova

vd., 2000). Ladin ağacı yapraklarının apoplastında POD aktivitesinin yüksek olduğu tespit edilmiştir (Otter ve Polle, 1997), ancak kuraklık stresi ve ozon muamelesi uygulandığında, hücrel ve apoplastik POD aktivitesinin düştüğü belirlenmiştir (Kronfuss vd., 1996). Yüksek ve düşük nitrat uygulamalarında, genç ve olgun buğday bitkilerinin hücrel ve apoplastik POD aktivitesi karşılaştırıldığında, her iki durumda da, hücrel POD aktivitesinin apoplastik POD aktivitesinden yüksek olduğu bulunmuştur (Padu, 1999). Yulaf bitkisi, fungal bir patojen ile enfekte olduğunda hücrel ve apoplastik POD aktivitelerinin düştüğü (Vanacker vd., 1998a), buna karşılık patojen ile enfeksiyonlu buğday ve arpada apoplastik POD aktivitesinin arttığı gözlenmiştir (Bishop, 2002). Başka bir çalışmada, domates bitkileri patojenle muamele edildiğinde, apoplastik POD aktivitesinin yükseldiği belirlenmiştir (Patykowski ve Urbanek, 2003). Kışlık arpa yapraklarında ise apoplastik POD aktivitesinin hücrel aktiviteye göre oranının %394 gibi yüksek bir değerde olduğu ileri sürülmüştür (Baet vd., 2000). Hindiba (*Cichorium intybus*) bitkisiyle yapılan bir çalışmada ışık-karanlık periyodunda apoplastik POD aktivitesi, ışıkta uyarılırken, karanlıkta düştüğü görülmüştür (Boeuf vd., 1999; 2001). Buğday, çeltik, sinameki (*Cassia angustifolia*) bitkisi ve soya fasulyesinde POD aktivitesi tuz stresi ile önemli derecede artmıştır (Lin ve Kao, 2000; Sakhabutdinova vd., 2004; Agarval ve Pandey, 2004; Ghorbanli vd., 2004). Tuz stresine toleransları farklı iki çeşit dut bitkisiyle yapılan bir çalışmada ise apoplastik POD aktivitesinin tuza dayanıklı varyetede daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Sudhakar vd., 2001). Son olarak tuz toleransları farklı iki buğday çeşidinde apoplastik POD aktivitesi tuz uygulamaları ile dayanıklı çeşitte artarken, hassas çeşitte düştüğü belirlenmiştir (Mutlu vd., 2009). Yapılan bir çalışmayla soğuk şartlarda POD'un serbest radikalleri tutma özelliğine sahip olduğu ortaya konmuştur (Burriss, 1960). Papatya bitkisiyle yapılan bir çalışmada 15 °C'de depolanan bitkilerde POD aktivitesi düşükken, 5 °C'de aktivitenin arttığı tespit edilmiştir (Setha vd., 2000). Ladin ağacında aylara göre POD aktivitesi takip edilmiş ve sıcaklığın düştüğü Kasım ayında hem apoplastta hem de simplastta aktivitenin yükseldiği tespit edilmiştir (Polle vd., 1994). Soğukta ve kontrol şartlarda depolanan elmalarda depolama sonunda POD aktivitesinin düştüğü belirlenmiştir (Leja vd., 2003). Buğday, arpa, çavdar ve yulaf bitkileri soğukta büyütüldüklerinde POD aktivitesinin arttığı bulunmuştur (Janda vd., 2003).

Soğuğa dayanıklı ve hassas dört farklı mandalina kültürü soğukta depolanmış, bu mandalinaların kabuklarında ve meyvelerinde POD aktivitesine bakılmış ve hassas türlerde depolama süresince POD aktivitesi düşerken, toleranslı türlerde aktivitenin yükseldiği belirlenmiştir (Sala, 1998). Soğuk şartlarda yetiştirilen salatalık ve pirinç filizlerinde POD aktivitesindeki artışın donma toleransı ile ilişkili olabileceği gösterilmiştir (Saruyama vd., 1995; Kang vd., 2001; 2002). Norveç ladin ağacı -10 °C'ye 45 gün maruz bırakıldığında POD aktivitesinde de önemli derecede bir düşüş gözlenmiştir (Kaminska-Rozek ve Pukacki, 2005). Kışlık buğdayla yapılan bir çalışmada soğuk uygulaması apoplastik POD aktivitesini genelde artırmıştır (Taşğın vd., 2006). Soya fasulyesi (*Glycine max*) ile yapılan bir çalışmada kademeli olarak düşük sıcaklıklara maruz bırakıldığında bitkinin kök ve gövdesinde POD aktivitesinin arttığı belirlenmiştir (Yadeghari vd., 2008). Mercimek bitkisine soğuk stresi uygulandığında kök dokusunda POD aktivitesinde önemli bir artış kaydedilmiştir (Öktem vd., 2008).

POD enzimi üzerine çimento tozunun doğal ortamındaki bitkiler üzerine etkisi ile ilgili bazı çalışmalar da mevcuttur (Mutlu vd., 2009; Erdal ve Demirtaş, 2010). Kontrolleriyle kıyaslandığında çimento fabrikasına yakın bitkilerde kirlilik baskısıyla bitki yapraklarında diğer antioksidan enzimlerde olduğu gibi POD enziminde de önemli değişimler gözlenmiştir. Çimento tozuna maruz kalmış *Artemisia spicigera*, *Crambe orientalis* ve *Convolvulus sepium* bitkilerinde, POD aktivitesi düşük iken buna karşılık *Medicago varia*, *Isatis candolleana* ve *Astragalus christianus* bitkilerinde POD aktiviteleri yüksek bulunmuştur (Mutlu vd., 2009). Çimento tozuna maruz kalmış *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* adlı su bitkileri incelendiğinde benzer şekilde POD aktivitesinde de *P. natans* bitkisinde kontrole göre yüksekken, *L. minor* ve *C. submersum* bitkilerinde ise düşük bulunmuştur (Erdal ve Demirtaş, 2010). Başka bir çalışmada da çimento tozuna maruz kalan Halep çamı (*P. halepensis*) yapraklarında POD aktivitesinde kirlilikle beraber artış belirlenmiştir (Dziri ve Hosni, 2012). Bu çalışmalar kirliliğe bağlı olarak bitkilerde meydana gelen oksidatif stresin bertaraf edilmesinde antioksidan sistemin faaliyete geçirildiğini ve bitkilerin bu stres çeşidinde bitki türüne bağlı olarak farklı antioksidatif tepkiler gösterdiğini ortaya koymuştur (Mutlu vd., 2009).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Yararlanılan Alet ve Cihazlar

Soğutmalı santrifüj	: H-2050 R
Spektrofotometre	: Perkin Elmer Lambda 35 UV/VIS
pH metre	: Hanna pH metre
Hassas terazi	: Ax1S
Buzdolabı	: Arçelik
Derin dondurucu (-30 °C)	: Hotpoint Ariston UPS 1711(TK)HA
Otomatik pipetler	: Socorex
Manyetik karıştırıcı	: Wise Stir MSH-20A
Sıcak su banyosu	: Mrc WBT-200

3.2. Kullanılan Çözeltiler ve Hazırlanmaları

3.2.1. Enzimlerin homojenizasyon tamponu

a) 0,1 M KH_2PO_4 (pH: 7,0), %1 PVP, 1mM EDTA: 2,72 g KH_2PO_4 180 ml saf suda çözülmüş, 1 N NaOH ile pH 7,0'ye kadar titre edildikten sonra saf su ile 200 mL'ye tamamlanmış ve 0,5 g PVP ve 0,04 g EDTA ilave edilerek hazırlanmıştır.

3.2.2. Peroksidaz aktivitesi ölçümünde kullanılan çözeltiler

a) 0,1 M Na_2HPO_4 , pH: 5,5 tampon çözeltisi): 3,55 g Na_2HPO_4 alınarak 200 mL saf suda çözülmüş ve pH: 5,5'e ayarlandıktan sonra toplam hacim 250 mL'ye tamamlanmıştır.

b) Peroksidaz aktivitesi ölçümünde kullanılan substrat çözeltisi: 54 μL quaiKol ve 15 μL H_2O_2 dan ($d=1,13$ g/mol) 5 mM olacak şekilde 100 mL 0,1 M fosfat tamponu (pH: 5,5) içinde çözümlenerek hazırlanmıştır.

3.2.3. Katalaz aktivitesi ölçümünde kullanılan çözeltiler

a) 10,5 mM KH_2PO_4 , pH: 7,5 (tampon çözeltisi): 1,4 g KH_2PO_4 , 80 mL saf suda çözülmüş, 1 N NaOH ile pH: 7,5'e kadar titre edilmiş ve son hacim saf su ile 100 mL'ye tamamlanmıştır.

b) 40 mM H_2O_2 çözeltisi (substrat çözeltisi): 408 μL %30'luk H_2O_2 hacmi saf su ile 100mL'ye tamamlanarak hazırlanmıştır.

3.2.4. Süperoksit dismutaz aktivitesi ölçümünde kullanılan çözeltiler

a) 50 mM K_2HPO_4 (pH: 7,8) (tampon çözeltisi): 2,9 g K_2HPO_4 200 mL saf suda çözülmüş ve son hacmi 250 mL'ye tamamlanmıştır.

b) 13 mM metionin çözeltisi: 0,485 g metionin, 250 mL, 50 mM K_2HPO_4 (pH: 7,8) tamponu içerisinde çözümlenerek hazırlanmıştır.

c) 75 μM NBT (Nitroblue Tetrazolium Klorür): 0,015 g NBT, 250 mL, 50 mM K_2HPO_4 (pH: 7,8) tamponu içerisinde çözümlenerek hazırlanmıştır.

d) 0,1 mM EDTA (Etilen Daimin Tetra Asetik asit): 0,075 g EDTA, 250 mL, 50 mM K_2HPO_4 (pH: 7,8) tamponu içerisinde çözümlenerek hazırlanmıştır.

e) 2 μM riboflavin: 0,038 g riboflavin, 1 L saf suda çözülmüş, bu çözeltilerden 2 μM oluşturmak için, bundan 60 μL alınmış ve 3 mL'lik reaksiyon karışımına pipetlenmiştir.

3.2.5. Malondialdehid seviyesinin belirlenmesinde kullanılan çözeltiler

- a) %5 lik TCA(trikloroasetik asit): 100 mL saf su içerisinde 5 g TCA ilave edilir. TCA tam olarak çözünene kadar karıştırılarak hazırlanır.
- b) %0,5 lik TBA(tiobarbutirik asit) (reaksiyon çözeltisi): 100 mL saf su içine 20 gram TCA çözülür ve içerisinde % 0,5 g TBA ilave edilir ve iyice karıştırılarak hazırlanır.

3.2.6. Hidrojen peroksit (H₂O₂) miktarının ölçümünde kullanılan çözeltiler

- a) %1 lik TCA(trikloroasetik asit): 100 mL saf su içerisinde 1 g TCA ilave edilir. TCA tam olarak çözünene kadar karıştırılarak hazırlanır.
- b) PO₄⁻³ (fosfat tamponu): 0.1 M Na₂HPO₄ (pH: 7) için 3,54 gr Na₂HPO₄ 250 mL saf su içinde çözülerek hazırlanmıştır.
- c) 1 M potasyum iyonit: 16,6 gr potasyum iyonit 100 mL saf su içinde çözülerek hazırlanmıştır.

3.2.7. Klorofil a, b ve toplam miktarı ile karoten miktarı ölçümünde kullanılan çözeltiler

- a) %80 lik aseton: 20 mL saf su içerisinde 80 mL aseton ilave edilir ve iyice karıştırılarak hazırlanır.

3.3. Yöntem

3.3.1. Çimlenme deneyleri

Araştırmamızda buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91) ve arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) kullanılmıştır. Tohumlar Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Çalışmamızda kullanılan çimento fabrikası baca tozları ise Aşkale Çimento A.Ş.'den temin edilmiştir. Bu bitkilerde çimento tozu kirliliğinin bitkiler üzerindeki fizyolojik etkileri (çimlenme süreci ve fidelerin büyümesi özellikle de antioksidan sistem ile oksidatif stres açısından) laboratuvar şartlarında incelenmiştir.

Bitkilere (buğday ve arpa) ait tohumlar, ekimden önce etanol (%96) ile kısa süreli hızlıca yıkanmış ve %5'lik sodyum hipoklorit içerisinde 5 dk yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuştur. Daha sonra 5 kez saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan tohumlardan petri kaplarına yeteri sayıda koyarak belli oranlarda (10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , ve 10^{-1} g/mL) çimento fabrikasının filtresinden atılan (filtre üstü), filtresinde tutulan (filtre altı) atıklar ve bu iki atığın %50 oranında karışımından oluşan (total) çimento tozu ile hazırlanmış çözeltilerden her bir petri kabına 8 mL uygulanıp 6 gün boyunca tohumlar sürekli karanlık bir ortamda çimlendirilmiştir. Altıncı gün devam edilen bu uygulama süresince tohumların çimlenme oranları takip edilmiştir. Altıncı günün sonunda tohumların son çimlenme yüzdesi (%) ile elde edilen etiyole fidelerden ortalama kök-gövde uzunluğu ve kuru ağırlık miktarları belirlenmiştir.

3.3.2. Bitkilerin büyütülmesi

Bitkilere ait tohumlar yüzey sterilizasyonuna tabi tutulup saf suyla şişirildikten sonra içerisinde iyice yıkanmış kum kültürü bulunan özdeş saksılara belli bir miktarda ekilip kum kültürü saf su ile nemlendirilerek çimlenmenin sorunsuz bir şekilde gerçekleşmesi sağlanmıştır. Çimlenme başlayıp fidelerin yüzeye çıkışına mutakiben fidelere çimlenme deneylerinde kullanılan oranlardaki (10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , ve 10^{-1} g/mL) çözeltilerden bir atomizer yardımıyla bitkilerin sulanma ihtiyacı dikkate alınarak uygulanmıştır. Uygulanan çözeltilerin yapraklara tutumunu artırmak için tüm uygulamalar için bir yüzey gerilim maddesi olan Tween-20 ilave edilmiştir. Bu durumda bir bitki için 13 farklı konsantrasyon ve çeşitte çimento tozu uygulaması yapılmıştır. Onuncugüne kadar saf su ile belirli konsantrasyonlarda çimento çözeltisi püskürtülen bitkiler saksılardan çıkarıldıktan sonra kumları temizlenmiştir. Çimento tozunun bitki üzerindeki kalıntılarının uzaklaştırılması için fideler saf sudan geçirilerek daha sonraki deneylerde bu kalıntıların ölçülen parametreler üzerine yapacağı in vitro etkiler ortadan kaldırılmıştır.

Bitkilerin yapraklarından ve köklerinden özdeş özelliklerde numuneler tartılıp derin dondurucuya (-30 °C) kaldırılarak daha sonraki deneylerde kullanılmıştır. Bitkilere ait bu yaprak ve kök numunelerinden;

- a) SOD enzim aktivitesi
- b) CAT enzim aktivitesi
- c) POD enzim aktivitesi
- d) lipid peroksidasyon seviyesi (LPO)
- e) hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarına bakılarak bitkinin oksidatif strese girip girmediği ayrıca yaprak numunelerinde;
- f) klorofil a miktarı
- g) klorofil b miktarı
- h) toplam klorofil miktarı
- i) karoten miktarına bakılarak da bitkinin fotosentetik aygıtlar açısından etkilenip etkilenmediği değerlendirilmiştir.

3.3.3. Antioksidan enzim ekstraksiyonu

Enzim ekstraksiyonu için derin dondurucuda muhafaza edilen yaprak ve kök numunelerinden 1 g alınıp soğuk bir havan içine konulmuş ve toz haline gelinceye kadar öğütülmüştür. Sonra üzerine 5 mL soğuk homojenat tamponu (%1 PVP ve 1 mM EDTA ihtiva eden 0,1 M KH_2PO_4 pH: 7.0) ilave edilmiş ve karışım bir santrifüj tüpüne aktarılarak 15 000 x g ve +4 °C'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonucunda elde edilen süpernatant antioksidan enzimlerin aktivite ölçümleri için kaynak olarak kullanılmıştır (Angelini vd., 1990; Angelini ve Federico, 1989; Mutlu, 2009).

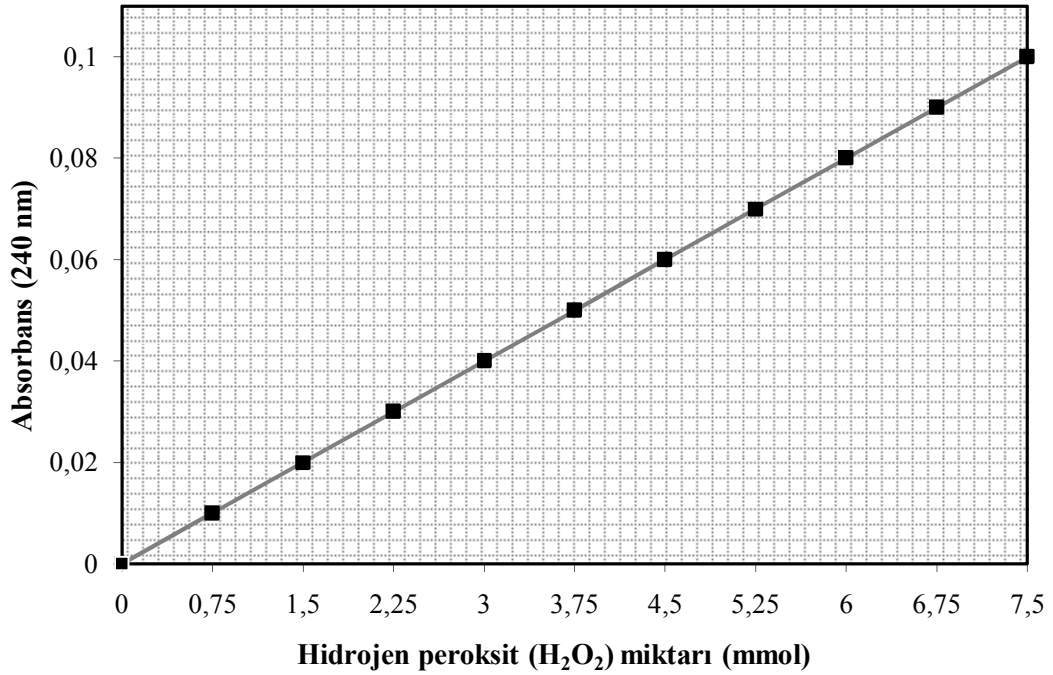
3.3.4. Antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi

3.3.4.a. Katalaz aktivitesinin belirlenmesi

Katalazın (CAT) aktivite tayini için kullanılan yöntem, Havir ve Mchale'nin (1987) dayandırarak uyguladığı yöntemdir. Bu metotla aktivite ölçümü, CAT aktivite ölçüm ortamındaki H_2O_2 'nin O_2 ve H_2O 'ya dönüşümünü sağlarken meydana gelen

absorbans azalmasının 240 nm'de izlenmesi esasına dayanır (Havir ve Mchale, 1987).

Reaksiyonda azalan H_2O_2 miktarını belirlemede kullanılacak olan H_2O_2 standart grafiği önceden hazırlanmıştır. Bunun için, 5 mM H_2O_2 çözeltisinden 3 mL'lik spektrofotometre tüpüne sırasıyla; 0.15, 0.3, 0.45, 0.6, 0.75, 0.9, 1.05, 1.2, 1.35 ve 1.5 mL konulmuştur. Tüpün hacmi saf su ile 1.5 mL'ye tamamlanmış ve her tüpe 1.47 mL, 103.5 mM KH_2PO_4 ve 30 μ L su ilave edilmiştir. Küvet spektrofotometreye yerleştirildikten sonra 240 nm'de absorbans azalışı, 3 dakika boyunca 15 saniye aralıklarla köre karşı okunmuştur. Absorbans değerlerine karşılık gelen μ M H_2O_2 değerleri kullanarak standart grafik elde edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Katalaz aktivitesi ölçümünde kullanılan standart grafik. Bitki örneklerinden elde edilen ekstraksiyon çözeltisindeki katalaz aktivitelerinin belirlenebilmesi için 5 mM H_2O_2 çözeltisi kullanılmıştır.

Aktivite ölçümü için hazırlanan 103,5 mM KH_2PO_4 tamponu ve 40 mM'lık H_2O_2 substrat çözeltisi karıştırılıp 3 mL quartz küvetine konulduktan sonra, yaprak için 20 μ L kök için 50 μ L enzim ekstraktı ilave edilmiştir. Küvet spektrofotometreye yerleştirildikten sonra 240 nm'de 3 dakika boyunca 1 dakika aralıklarla köre karşı

absorbansı okunmuştur. Ölçümlerde absorbansın doğrusal olarak azaldığı aralıktan dakika başına absorbans azalması hesaplanmıştır. Bu ortalama absorbans değerleri, standart grafik yardımıyla μmol cinsinden H_2O_2 miktarına dönüştürülmüştür. 25 °C’de, 1 dakika içinde, absorbansı 1 μmol azaltan enzim miktarı 1 enzim ünitesi olarak kabul edilmiş ve sonuçlar g doku başına düşen enzim ünitesi (EU/g doku) olarak sunulmuştur (Gong vd., 2001; Mutlu, 2005; Mutlu, 2009).

3.3.4.b. Peroksidaz aktivitesinin belirlenmesi

Peroksidaz (POD) aktivite tayini, guaikol ve H_2O_2 ’nin substrat olduğu reaksiyonun ürünü olan renkli bileşiğin meydana getirdiği absorbans artışının 470 nm’de izlenmesi esasına dayanmaktadır (Angelini ve Federico, 1989).

Aktivite ölçümü için spektrofotometre küvetine; 100 mL 0,1 M, NaH_2PO_4 (pH: 5,5) ve 5 mM guaikol içeren substrat çözeltisinden 3 mL konulduktan sonra, üzerine 2,5 μL enzim ekstraktı ilave edilmiştir. 470 nm’de 5 dakika boyunca absorbans artışı 1 dakika aralıklarla kaydedilmiş ve absorbansın doğrusal olarak arttığı kısımdaki absorbans artışı 1 dakikaya oranlanmıştır. 25 °C’de 1 dakikada, absorbansı 0,01 artıran enzim miktarı 1 enzim ünitesi olarak kabul edilmiş ve sonuçlar g doku başına düşen enzim ünitesi (EU/g doku) olarak sunulmuştur (Ye vd., 2002; Mutlu, 2005; Mutlu, 2009).

3.3.4.c. Süperoksit dismutaz aktivitesinin belirlenmesi

Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi, nitro blue tetrazoliumun (NBT) fotokimyasal indirgenmesinin inhibisyonunu, spektrofotometrik olarak belirleme esasına dayanır (Agarwal ve Pandey, 2004; Yordanova vd., 2004).

Reaksiyon karışımı (3 mL); 50 mM KH_2PO_4 (pH: 7,8), 13 mM metiyonin, 75 μM NBT, 2 μM riboflavin ve 0,1 mM EDTA içermektedir.

Aktivite ölçümü için 3 mL spektrofotometre küvetine yukarıdaki riboflavin içermeyen reaksiyon karışımından 2,5 ml alınmış ve üzerine buğday bitkisinde yaprak

için 50 µL kök için 100 µL enzim ekstraktı, arpa bitkisinde ise yaprak ve kök için 250 µL enzim ekstraktı pipetlenmiştir. Reaksiyon, tüp üzerine 100 µM'lık riboflavin çözeltisinden 60 µL pipetlenip karıştırıldıktan hemen sonra, beyaz bir ışık kaynağı önüne yerleştirmek suretiyle başlatılmıştır. Tüp, ışık kaynağının karşısında 20 dk. tutulmuş ve reaksiyon ışık kaynağının kapatılmasıyla durdurulmuştur. 20 dk. içerisinde NBT'nin renk açılma yoğunluğu 560 nm'de köre karşı okunmuştur. Kör, aynı işlemin enzimsiz örneğinden oluşmaktadır. SOD aktivitesinin 1 ünitesi, 560 nm'de gözlenen NBT indirgenmesinin % 50 inhibisyonuna neden olan enzim miktarı, 1 enzim ünitesi olarak kabul edilmiş ve değerler EU/g doku olarak sunulmuştur (Mutlu, 2005; Mutlu, 2009).

3.3.4.d. Lipid peroksidasyon seviyesinin belirlenmesi

Lipid peroksidasyonu seviyesini ölçmek amacıyla Malondialdehid miktarını belirlemek için 0,5 g numune alınarak 5 mL %5 lik TCA içinde homojenize edildikten sonra elde edilen homojenat 10 000 x g'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Tüpün süpernatant kısmından 4 mL alınarak üzerine 1 mL %0,5 lik TBA çözeltisi ilave edilmiştir. Reaksiyon karışımı kaynar suda 30 dakika inkübe edilmiş ve reaksiyon tüplerin buz banyosuna alınmasıyla durdurulmuştur. Örnekler tekrar 10 000 x g'de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmı alınarak absorbansı 532 nm de okunmuş ve daha sonra 600 nm deki non-spesifik absorpsiyon için absorbans değeri belirlenmiştir.

Lipid peroksidasyonun hesaplanması için; 532 nm'de ölçülen absorbans değerinden 600 nm'de belirlenen değeri çıkarılmış ve 1 ml çözeltideki MDA (nmol/ml): $[(A_{532} - A_{600})/155\ 000] \times 10^6$ formülüyle hesaplanmıştır. Sonuçlar MDA (nmol/gram doku) şeklinde verilmiştir (Ananieva vd., 2002; Mutlu, 2009).

3.3.5. Klorofil ve karoten miktarının belirlenmesi

Klorofil miktarı için 0,5 g yaprak alınarak 5 mL %80 lik aseton içinde homojenize edildikten sonra elde edilen homojenat filtre kağıdında süzülür ve 10 mL tamamlanır. Homojenat 1 500 x g'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmı alınarak 663, 646 ve 440 nm absorbans değeri okunmuştur.

Klorofil miktarının hesaplanması için;

$$\text{Chl}_a = 12,25A_{663} - 2,55A_{646}$$

$$\text{Chl}_b = 20,31A_{646} - 4,91A_{663}$$

$$\text{Chl}_a + \text{Chl}_b = 17,76A_{646} + 7,34A_{663}$$

$$\text{Karoten (Car)} = 4,69A_{440} - 0,267\text{Chl}_{a+b}$$

formülleri kullanılmıştır.. Sonuçlar $\mu\text{g/mL}$ şeklinde sunulmuştur (Porra vd., 1989).

3.3.6. Hidrojen peroksit miktarının belirlenmesi

Hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarının belirlenmesi için; 0,5 gram yaprak veya kök numunesi alınarak 5 mL % 1'lik TCA içinde homojenize edildikten sonra homojenat soğuk aseton içinde homojenize edildikten sonra homojenat 12 000 x g'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Daha sonra elde edilen süpernatantın 0,75 mL'si 0,75 mL PO_4^{-3} (fosfat tamponunun pH 7,0'ye ayarlanır) ve 1,5 mL potasyum iyonit ile karıştırılmıştır. Daha sonra karışımın absorbansı 390 nm de ölçülmüştür. Bu ölçümle elde edilen ortalama absorbans değerleri, daha önceden hazırlanmış standart grafik yardımıyla nanogram cinsinden H_2O_2 miktarına dönüştürülmüştür. Sonuçlar g numune başına düşen H_2O_2 miktarı (ngram/g doku) olarak sunulmuştur (Mutlu, 2009).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Çalışmamızda buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91) ve arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) kullanılmıştır. Bu bitkilerde çimento tozu kirliliğinin bitkiler üzerindeki fizyolojik etkileri (çimlenme süreci ve fidelerin büyümesi özellikle de antioksidan sistem ile oksidatif stres açısından) laboratuvar şartlarında incelenmiştir. Çimlenme deneyleri için tohumlardan petri kaplarına yeteri sayıda koyarak belli oranlarda (10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} ve 10^{-1} g/mL) çimento fabrikasının filtresinden atılan (filtre üstü), filtresinde tutulan (filtre altı) atıklar ve bu iki atığın karışımından oluşan (total) çimento tozu ile hazırlanmış çözeltilerden her bir petri kabına uygulanıp 6 gün boyunca tohumların çimlenme oranları takip edilmiştir. 6. günün sonunda tohumların son çimlenme yüzdesi (%) ile elde edilen etiyole fidelerden ortalama kök-gövde uzunluğu ve kuru ağırlık miktarları belirlenmiştir.

Çimento tozunun farklı fraksiyonlarının bu bitkilerin fidelerinde sebep olduğu fizyolojik etkilerin belirlenmesi için, çimlenme başlayıp fidelerin yüzeye çıkışıyla birlikte fidelere (10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , ve 10^{-1} g/mL) oranlardaki çözeltilerden bir atomizer yardımıyla bitkilerin sulanma ihtiyacı dikkate alınarak uygulanmıştır. 10. gün bu bitkilerden alınan yaprak ve kök numunelerinden; antioksidan enzimlerin aktivitesi (SOD, CAT ve POD), lipid peroksidasyon aktivitesi (LPO), hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarına bakılarak bitkinin oksidatif strese girip girmediği belirlenmiştir. Ayrıca yaprak numunelerinde; klorofil miktarı (a, b ve toplam) ve karoten miktarına bakılarak da bitkinin fotosentetik aygıtlar açısından etkilenip etkilenmediği değerlendirilmiştir.

Bulgular, tablolarda ayrıntılı olarak verilmiş, ayrıca tablolardan daha farklı yaklaşımların ve değerlendirmelerin yapılabilmesi için şekillerle de sunulmuştur. Sonuçlar değerlendirilirken ilk olarak kontrol grubu ile çimento tozu uygulaması karşılaştırılmış ve sonra çimento fraksiyonlarının ve konsantrasyonunun etkileri üzerinde durulmuştur.

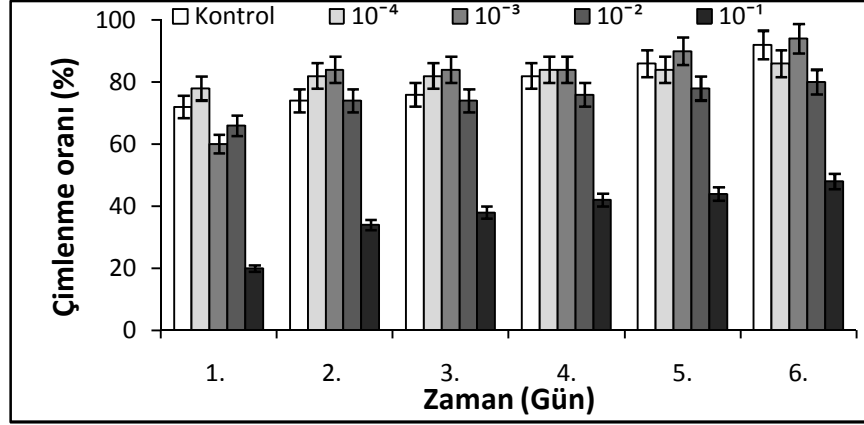
4. 1. Çimlenme ve Büyüme Parametreleri Üzerine Etkisi

4. 1. 1. Çimlenme üzerine etkisi

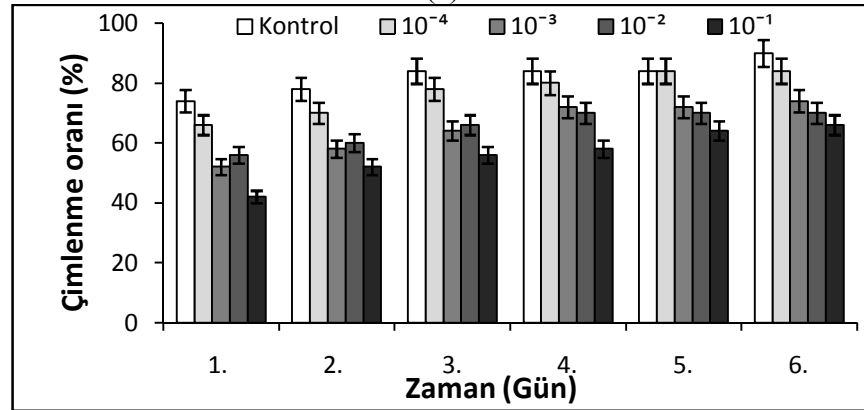
Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen günlük çimlenme ve 6. günün sonunda elde edilen son çimlenme oranları (%) değerlerinde, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak çimlenme oranlarını azaltma ve geciktirmede etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.1a-c, Şekil 4.3a ve Tablo 4.1). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 6 günlük çimlenme takibi ile elde edilen sonuçlara bakıldığında; 1. günden başlayarak her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) da konsantrasyon artışına paralel olarak çimlenme inhibisyonunun arttığı buna bağlı olarak çimlenmenin geciktiği görülmektedir. Sadece kontrolle kıyaslandığında filtre üstü çimento tozunun düşük konsantrasyonlarda (10^{-4} ve 10^{-3} g/mL) çimlendirme oranlarının arttığı bulunmuştur. Ayrıca yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının çimlenme inhibisyonu üzerine çok etkili olduğu bulunmuştur.

Buğday varyetesi Gün 91'den elde edilen günlük çimlenme ve 6. günün sonunda elde edilen son çimlenme oranları (%) değerlerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak çimlenme oranlarını azaltmada Arpada gözlenen oranlar kadar çimlenmeyi geciktirmede etkili olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.2 a-c, Şekil 4.3b ve Tablo 4.1). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 6 günlük çimlenme takibi ile elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) da konsantrasyon artışına paralel olarak herhangi bir çimlenme inhibisyonu ve buna bağlı olarak çimlenmede gecikme görülmemektedir. Hatta kontrolle kıyaslandığında filtre üstü çimento tozunun düşük konsantrasyonlarda (10^{-4} ve 10^{-3} g/mL) çimlendirme oranlarını arttığı da bulunmuştur. Ayrıca diğer fraksiyonlarda (filtre altı ve total) konsantrasyona bağlı olarak herhangi bir etki de söz konusu olmamıştır. Sadece yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının çimlenme inhibisyonu üzerine

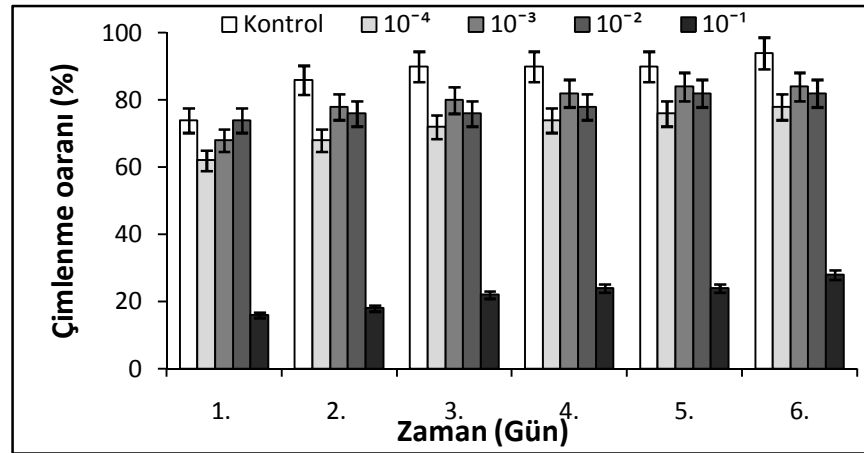
etkili olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak çimlenme oranları açısından arpanın buğdaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.



(a)

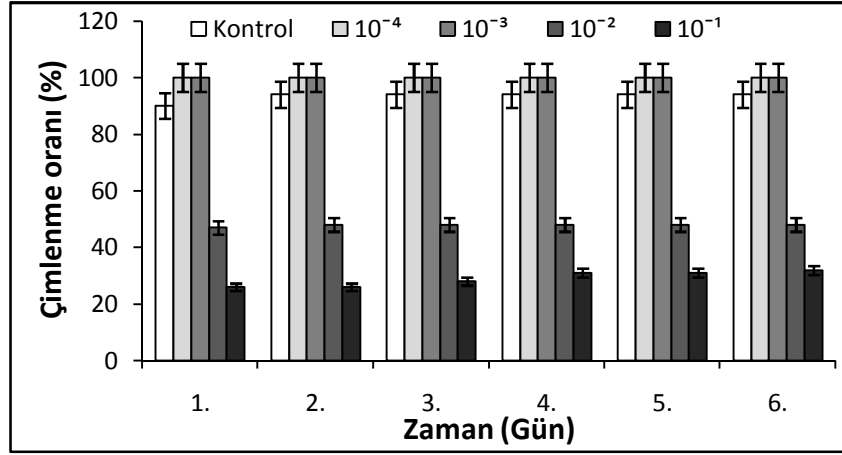


(b)

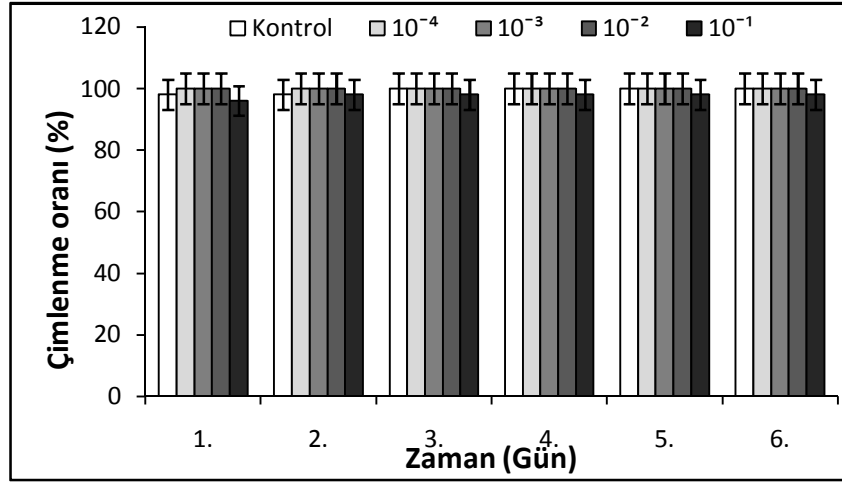


(c)

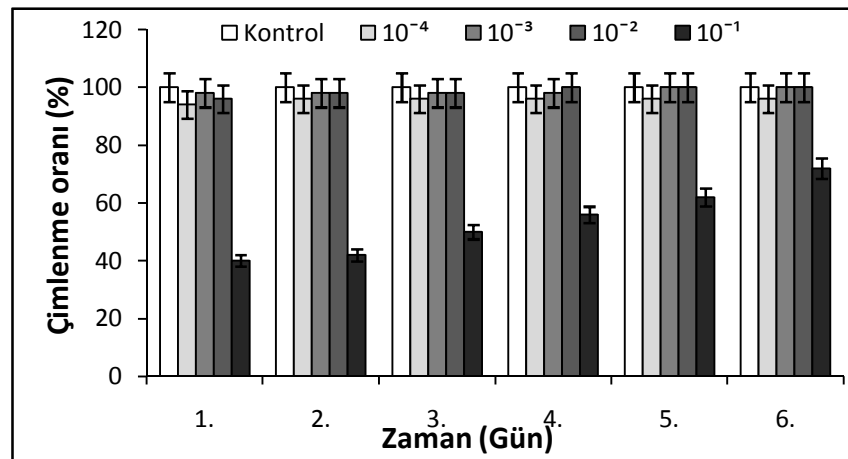
Şekil 4.1. Çimento tozunun arpa tohumlarının günlük çimlenme oranı (%) üzerine etkisi. a: Filtre üstü, b:Filtre altı, c: Total



(a)



(b)

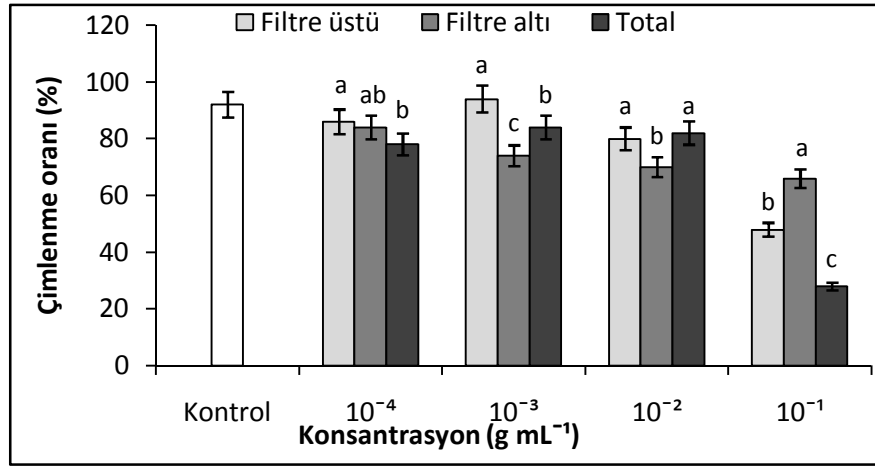


(c)

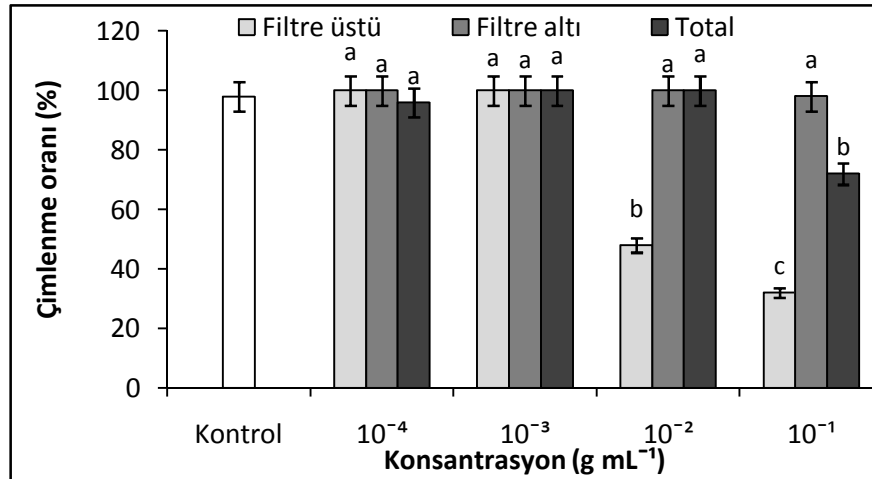
Şekil 4.2. Çimento tozunun buğday tohumlarının günlük çimlenme oranı (%) üzerine etkisi. a: Filtre üstü, b: Filtre altı, c: Total

Tablo 4.1. Çimento tozunun tohumlarının 6. gün *çimlenme oranı* (%) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL ⁻¹)	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		92			98	
10 ⁻⁴	86	84	78	100	100	96
10 ⁻³	94	74	84	100	100	100
10 ⁻²	80	70	82	48	100	100
10 ⁻¹	48	66	28	32	98	72



(a)



(b)

Şekil 4.3. Çimento tozunun tohumlarının 6. gün *çimlenme oranı* (%) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P > 0.05$)

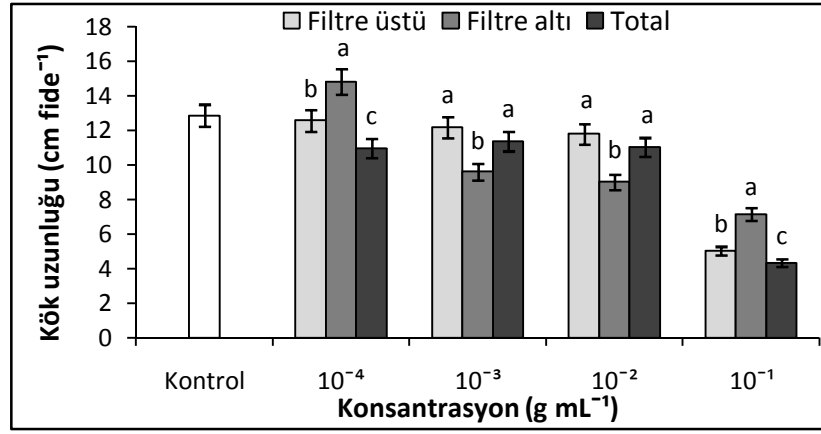
4. 1. 2. Kök ve gövde uzunluğu üzerine etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 6. günün sonunda elde edilen fidelerin ortalama kök uzunluğu değerlerinde, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak ortalama kök uzunluk değerlerini azaltmada ve geciktirmede etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4a ve Tablo 4.2). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 6. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) da konsantrasyon artışına paralel olarak ortalama kök uzunluk inhibisyonunun arttığı buna bağlı olarak ortalama kök uzunluğunun geciktiği görülmektedir. Sadece kontrolle kıyaslandığında filtre altı çimento tozunun düşük konsantrasyonda (10^{-4} g/mL) kök uzunluğu ortalamasını arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının ortalama kök uzunluğu inhibisyonu üzerine çok etkili olduğu bulunmuştur.

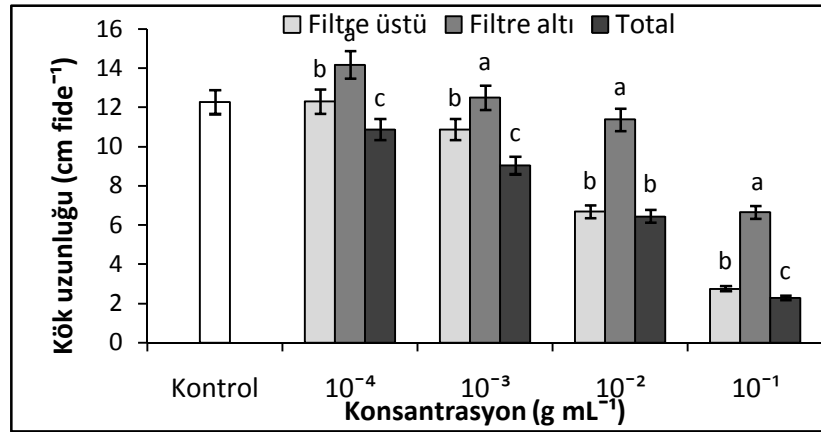
Buğday varyetesi Gün 91'den 6. günün sonunda elde edilen fidelerin ortalama kök uzunluk değerlerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak ortalama kök uzunluk değerlerini azaltmada Arpada gözlenen oranlardan daha fazla kök uzunluk ortalamasını geciktirmede etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4b ve Tablo 4.2). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 6. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) da konsantrasyon artışına paralel olarak ortalama kök uzunluğunda gecikme görülmektedir. Hatta kontrolle kıyaslandığında filtre altı çimento tozunun düşük konsantrasyonlarda (10^{-4} g/mL) ortalama kök uzunluk değerini arttırdığı da bulunmuştur. Sadece yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının ortalama kök uzunluğu üzerine çok etkili olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak ortalama kök uzunluğu açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.2. Çimento tozunun fidelerin ortalama kök uzunluğu (cm fide⁻¹) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL ⁻¹)	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		12,87			12,28	
10 ⁻⁴	12,58	14,83	10,97	12,3	14,18	10,88
10 ⁻³	12,19	9,62	11,38	10,88	12,5	9,04
10 ⁻²	11,8	9,02	11,04	6,68	11,38	6,44
10 ⁻¹	5,04	7,16	4,35	2,75	6,65	2,27



(a)



(b)

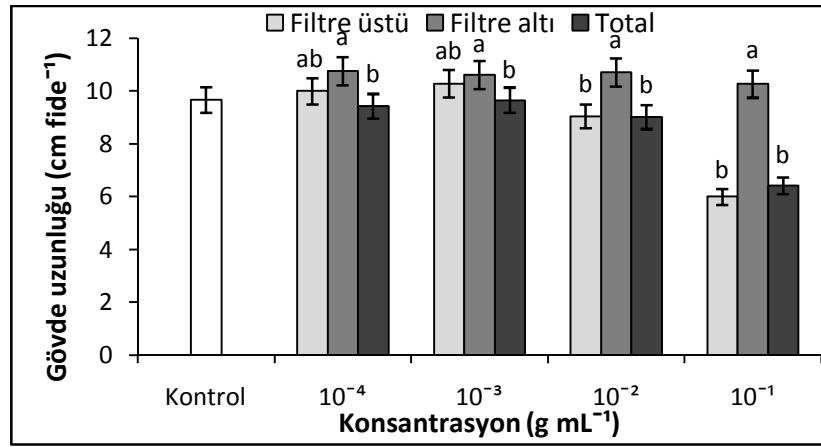
Şekil 4.4. Çimento tozunun fidelerin ortalama kök uzunluğu (cm fide⁻¹) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05)

Arpa varyetesi Tokak'tan 6. günün sonunda elde edilen fidelerin ortalama gövde uzunluğu değerlerinde, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak ortalama gövde uzunluk değerlerini azaltmada veya arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5a ve Tablo 4.3). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 6. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; filtre üstü ve total fraksiyonunda yüksek konsantrasyonda (10^{-1} ve 10^{-2} g/mL) ortalama gövde uzunluk değerlerini azaltma ve geciktirmede etkili olduğu belirlenmiştir. Kontrolle kıyaslandığında filtre altı ve filtre üstü çimento tozunun düşük konsantrasyonda (10^{-4} ve 10^{-3} g/mL) gövde uzunluğu ortalamasını arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının filtre üstünde ve total da ortalama gövde uzunluğu inhibisyonu üzerine çok etkili olduğu bulunmuştur.

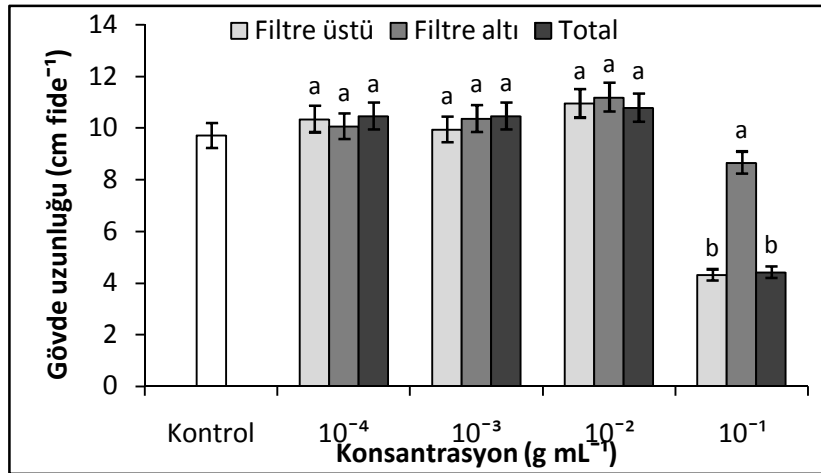
Buğday varyetesi Gün 91'den 6. günün sonunda elde edilen fidelerin ortalama gövde uzunluk değerlerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak ortalama gövde uzunluk değerlerini azaltma veya arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.5b ve Tablo 4.3). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 6. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında çimento tozunun bazı konsantrasyonların da (10^{-4} , 10^{-3} ve 10^{-2} g/mL) ortalama gövde uzunluk değerini arttırdığı bulunmuştur. Sadece yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının ortalama gövde uzunluğu üzerine çok etkili olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının ortalama gövde uzunluğu üzerinde buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.3. Çimento tozunun fidelerin ortalama gövde uzunluğu (cm fide⁻¹) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL ⁻¹)	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		9,67			9,7	
10 ⁻⁴	10	10,76	9,43	10,34	10,06	10,45
10 ⁻³	10,29	10,62	9,66	9,94	10,36	10,46
10 ⁻²	9,05	10,71	9,02	10,94	11,18	10,78
10 ⁻¹	6	10,27	6,42	4,31	8,65	4,42



(a)



(b)

Şekil 4.5. Çimento tozunun fidelerin ortalama gövde uzunluğu (cm fide⁻¹) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05)

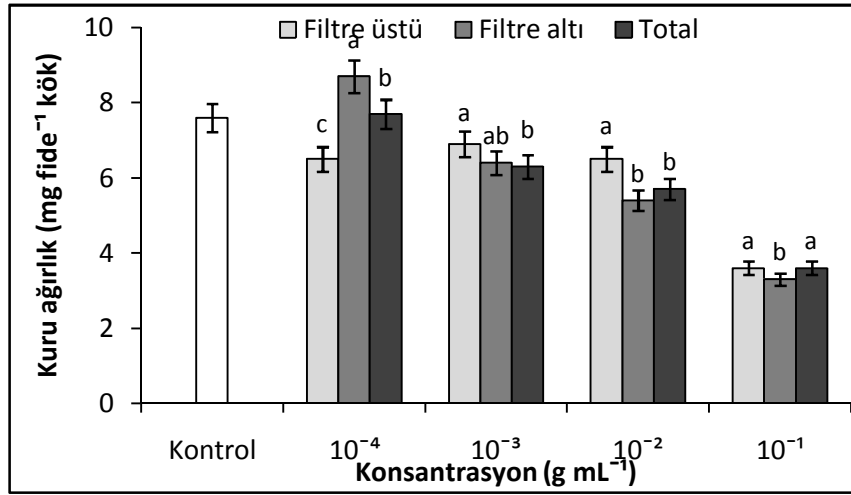
4. 1. 3. Kök ve gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 6. günün sonunda elde edilen fidelerin ortalama kök kuru ağırlık değerlerinde, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak ortalama kök kuru ağırlığını azaltmada ve geciktirmede etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6a ve Tablo 4.4). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 6. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) da konsantrasyon artışına paralel olarak ortalama kök kuru ağırlık inhibisyonunun arttığı buna bağlı olarak ortalama kök kuru ağırlığında azalma görülmektedir. Sadece kontrolle kıyaslandığında filtre altı çimento tozunun düşük konsantrasyonda (10^{-4} g/mL) kök kuru ağırlığını arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının ortalama kök kuru ağırlık inhibisyonu üzerine çok etkili olduğu bulunmuştur.

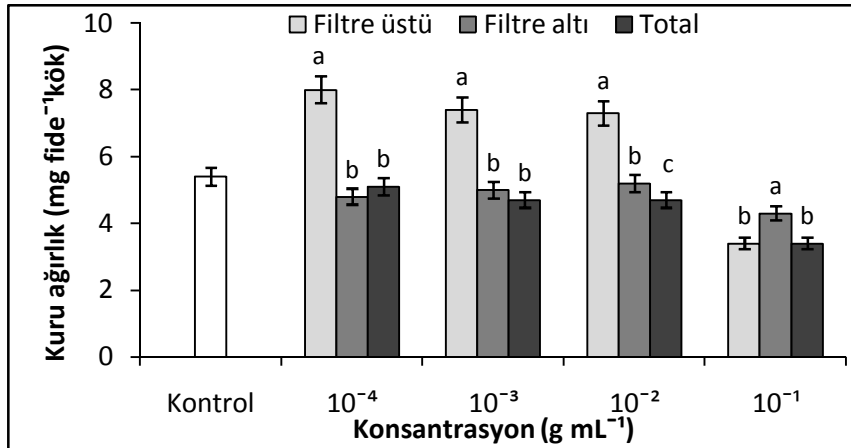
Buğday varyetesi Gün 91'den 6. günün sonunda elde edilen fidelerin ortalama kök kuru ağırlık değerlerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak ortalama kök kuru ağırlığını azaltmada Arpada gözlenen oranlardan daha fazla kök kuru ağırlığını geciktirmede etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.6b ve Tablo 4.4). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 6. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi filtre üstü, kontrolle kıyaslandığında çimento tozunun bazı konsantrasyonların da (10^{-4} , 10^{-3} ve 10^{-2} g/mL) ortalama kök kuru ağırlığını arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca filtre altı ve total fraksiyonunda ise ortalama kök kuru ağırlığını azalttığı görülmektedir. Sadece yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının ortalama kök kuru ağırlığı üzerine çok etkili olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak kök kuru ağırlıkları açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.4. Çimento tozunun ortalama kök kuru ağırlığı (mg fide⁻¹) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL ⁻¹)	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		7,6			5,4	
10 ⁻⁴	6,5	8,7	7,7	8	4,8	5,1
10 ⁻³	6,9	6,4	6,3	7,4	5	4,7
10 ⁻²	6,5	5,4	5,7	7,3	5,2	4,7
10 ⁻¹	3,6	3,3	3,6	3,4	4,3	3,4



(a)



(b)

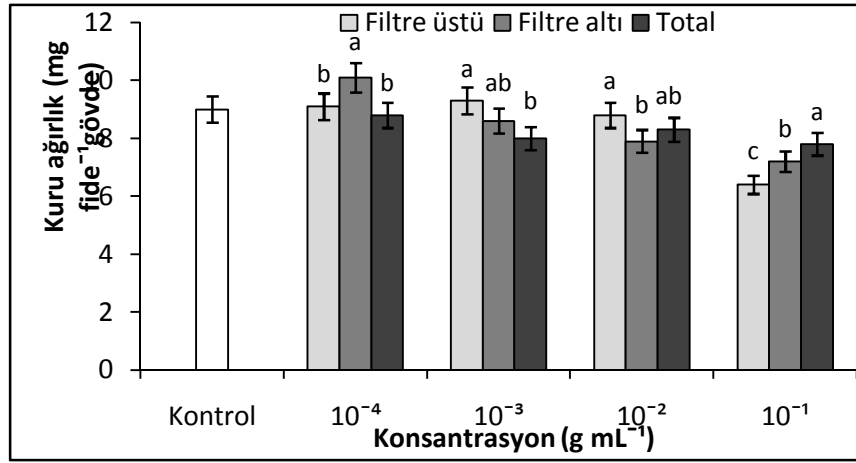
Şekil 4.6. Çimento tozunun ortalama kök kuru ağırlığı (mg fide⁻¹) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05)

Arpa varyetesi Tokak'tan 6. günün sonunda elde edilen fidelerin ortalama gövde kuru ağırlık değerlerinde, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak ortalama gövde kuru ağırlığını azaltmada ve arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7a ve Tablo 4.5). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 6. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) da konsantrasyon artışına paralel olarak ortalama gövde kuru ağırlık inhibisyonunun arttığı buna bağlı olarak ortalama gövde kuru ağırlığında azalma görülmektedir. Sadece kontrolle kıyaslandığında filtre altı çimento tozunun düşük konsantrasyonda (10^{-4} g/mL) gövde kuru ağırlığını arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının ortalama gövde kuru ağırlık inhibisyonu üzerine etkili olduğu bulunmuştur.

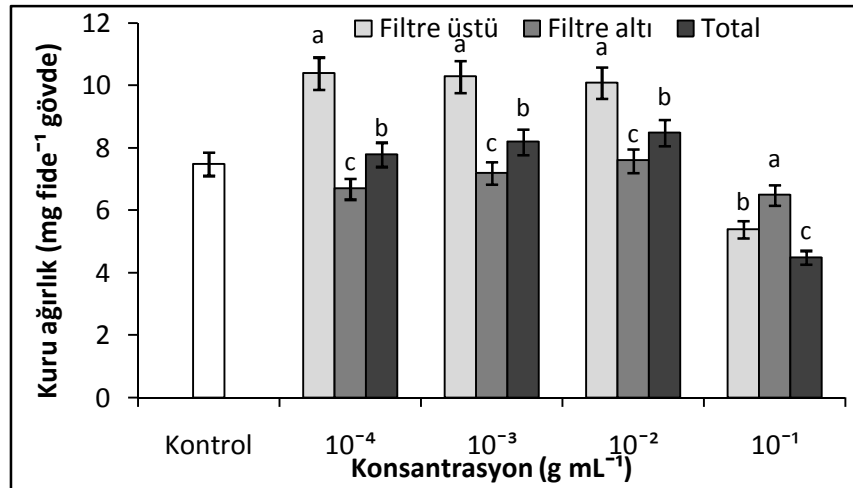
Buğday varyetesi Gün 91'den 6. günün sonunda elde edilen fidelerin ortalama gövde kuru ağırlık değerlerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak ortalama gövde kuru ağırlığını azaltmada Arpada gözlenen oranlar kadar gövde kuru ağırlığını azaltmada etkili olmadığı belirlenmiştir (Şekil 4.7b ve Tablo 4.5). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 6. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi filtre üstü ve total fraksiyonu, kontrolle kıyaslandığında çimento tozunun bazı konsantrasyonların da (10^{-4} , 10^{-3} ve 10^{-2} g/mL) ortalama gövde kuru ağırlığını arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca filtre altı fraksiyonunda ise ortalama gövde kuru ağırlığını azalttığı görülmektedir. Sadece yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının ortalama gövde kuru ağırlığı üzerine çok etkili olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak gövde kuru ağırlıkları açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.5. Çimento tozunun ortalama gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL ⁻¹)	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		9			7,5	
10 ⁻⁴	9,1	10,1	8,8	10,4	6,7	7,8
10 ⁻³	9,3	8,6	8	10,3	7,2	8,2
10 ⁻²	8,8	7,9	8,3	10,1	7,6	8,5
10 ⁻¹	6,4	7,2	7,8	5,4	6,5	4,5



(a)



(b)

Şekil 4.7. Çimento tozunun ortalama gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir (P>0.05)

4. 2. Fotosentetik Sistem Üzerine Etkisi

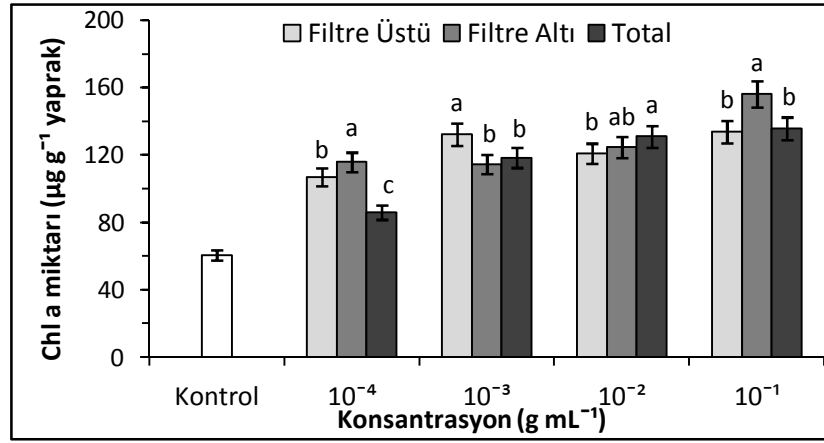
4. 2. 1. Klorofil a miktarı üzerine etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 6. günün sonunda elde edilen yapraklardaki klorofil a miktarı, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak klorofil a miktarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8a ve Tablo 4.6). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 6. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) da konsantrasyon artışına paralel olarak klorofil a miktarını arttırdığı görülmektedir.

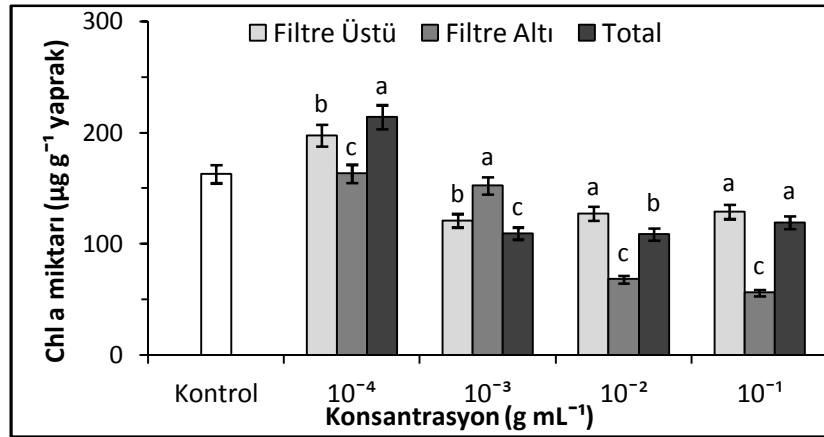
Buğday varyetesi Gün 91'den 6. günün sonunda elde edilen yapraklardaki klorofil a miktarı ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak Arpada gözlenen oranların aksine klorofil a miktarını azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.8b ve Tablo 4.6). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 6. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında çimento tozunun sadece düşük konsantrasyon (10^{-4} g/mL) uygulamasının klorofil a miktarını arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında çimento tozunun bazı konsantrasyonların da (10^{-3} , 10^{-2} ve 10^{-1} g/mL) klorofil a miktarını azalttığı bulunmuştur. Sonuç olarak klorofil a miktarı açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.6. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *klorofil a* miktarı ($\mu\text{g g}^{-1}$) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		60,62			162,88	
10^{-4}	106,99	115,88	86,08	197,63	163,35	214,29
10^{-3}	132,2	114,58	118,46	121,08	152,55	109,58
10^{-2}	120,95	124,66	131,04	127,29	68,13	108,77
10^{-1}	133,9	156,22	135,76	128,99	56,14	119,36



(a)



(b)

Şekil 4.8. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *klorofil a* miktarı ($\mu\text{g g}^{-1}$) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P > 0.05$)

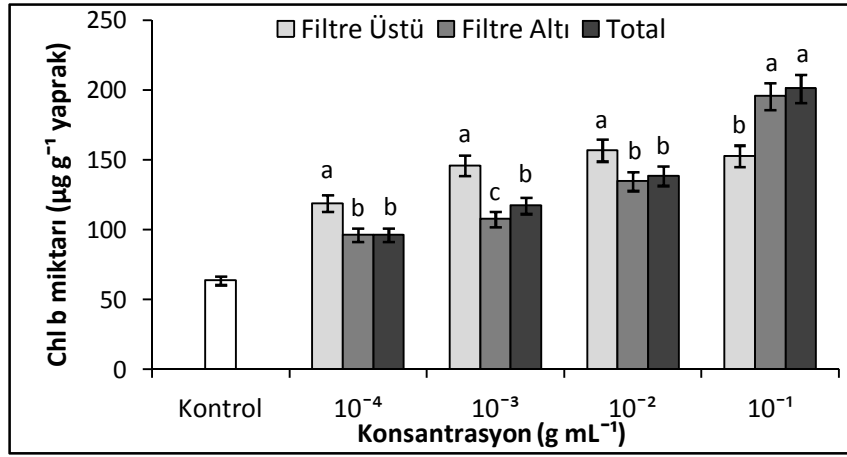
4. 2. 2. Klorofil b miktarı üzerine etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 6. günün sonunda elde edilen yapraklardaki klorofil b miktarı, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak klorofil b miktarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9a ve Tablo 4.7). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 6. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) da konsantrasyon artışına paralel olarak klorofil b miktarını arttırdığı görülmektedir.

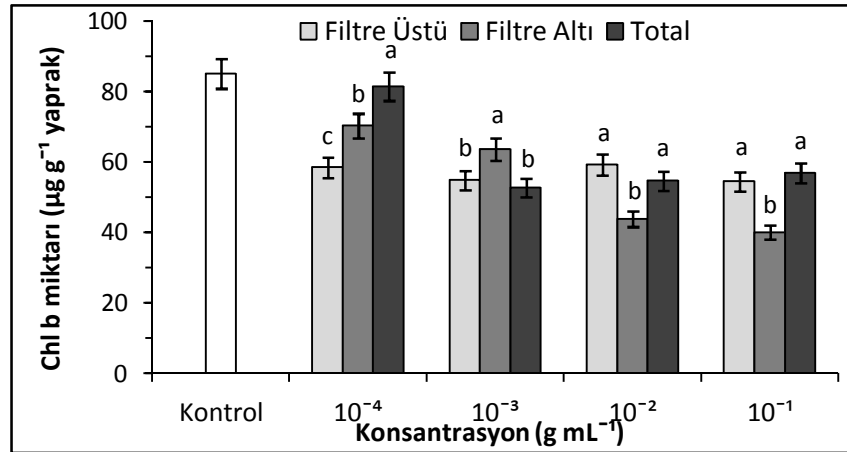
Buğday varyetesi Gün 91'den 6. günün sonunda elde edilen yapraklardaki klorofil b miktarı ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak Arpada gözlenen oranların aksine klorofil b miktarını azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.9b ve Tablo 4.7). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 6. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında çimento tozunun klorofil b miktarını azalttığı bulunmuştur. Ayrıca filtre altı fraksiyonunda yüksek konsantrasyon (10^{-1} g/mL) uygulamasının klorofil b miktarı üzerine çok etkili olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak klorofil b miktarı açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.7. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *klorofil b* miktarı ($\mu\text{g g}^{-1}$) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		63,85			85,16	
10^{-4}	118,95	96,28	96,46	58,49	70,31	81,53
10^{-3}	146,06	107,61	117,44	54,85	63,65	52,68
10^{-2}	156,94	134,81	138,62	59,24	43,86	54,69
10^{-1}	152,91	195,65	201,22	54,52	40,06	56,93



(a)



(b)

Şekil 4.9. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *klorofil b* miktarı ($\mu\text{g g}^{-1}$) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P > 0.05$)

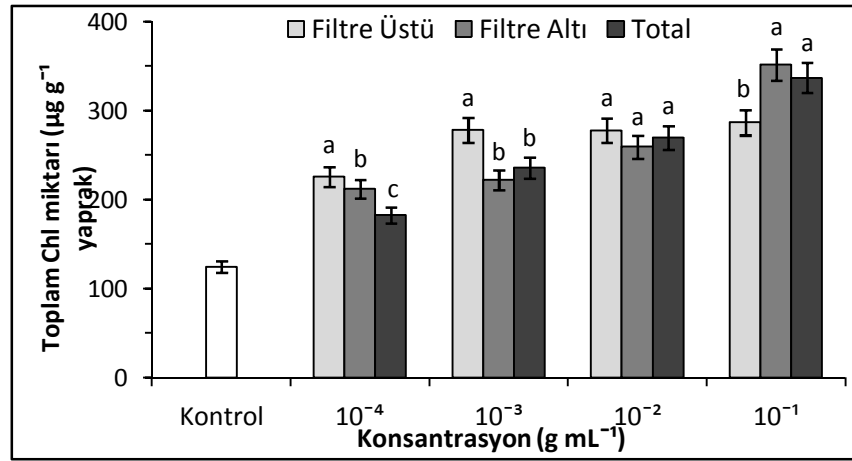
4. 2. 3. Toplam klorofil miktarı üzerine etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 6. günün sonunda elde edilen yapraklardaki toplam klorofil miktarı, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak toplam klorofil miktarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10a ve Tablo 4.8). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 6. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) da konsantrasyon artışına paralel olarak toplam klorofil miktarının arttığı görülmektedir.

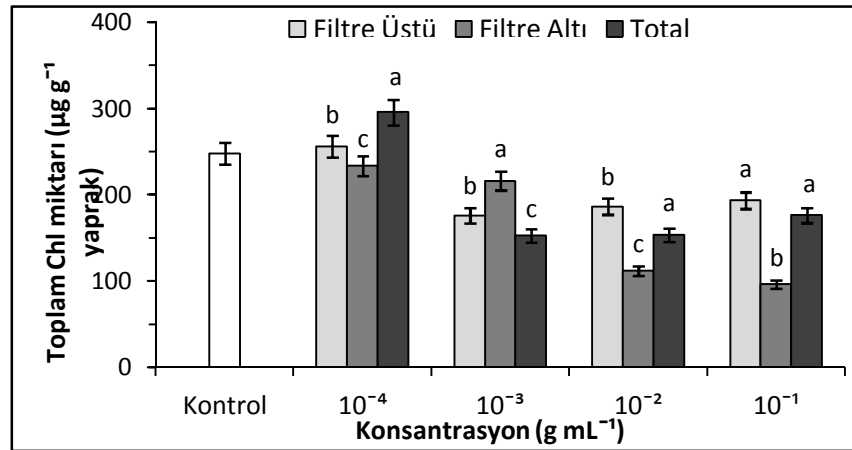
Buğday varyetesi Gün 91'den 6. günün sonunda elde edilen yapraklardaki toplam klorofil miktarı ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak Arpada gözlenen oranların aksine toplam klorofil miktarını azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10b ve Tablo 4.8). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 6. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi filtre üstü ve total fraksiyonu, kontrolle kıyaslandığında çimento tozunun düşük konsantrasyonda (10^{-4} g/mL) toplam klorofil miktarını arttırdığı bulunmuştur. Ayrıca her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında çimento tozunun diğer konsantrasyonlarında toplam klorofil miktarını azalttığı bulunmuştur. Sonuç olarak toplam klorofil miktarı açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.8. Çimento tozunun yapraklardaki *toplam klorofil miktarı* ($\mu\text{g g}^{-1}$) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		124,77			248,04	
10^{-4}	225,94	212,16	182,54	256,12	233,66	295,82
10^{-3}	278,26	222,19	235,9	175,93	216,2	152,66
10^{-2}	277,89	259,47	269,66	186,53	111,99	153,46
10^{-1}	286,81	351,87	336,98	193,51	96,2	176,29



(a)



(b)

Şekil 4.10. Çimento tozunun bitki yapraklardaki *toplam klorofil miktarı* ($\mu\text{g g}^{-1}$) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P > 0.05$).

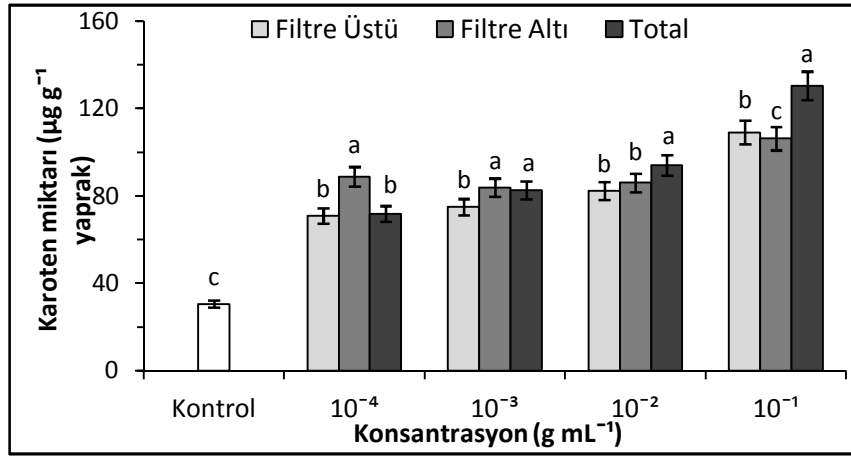
4. 2. 4. Toplam karotenoid miktarı üzerine etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 6. günün sonunda elde edilen yapraklardaki karotenoid miktarı, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak karotenoid miktarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.11a ve Tablo 4.9). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 6. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) da konsantrasyon artışına paralel karotenoid miktarının arttığı görülmektedir.

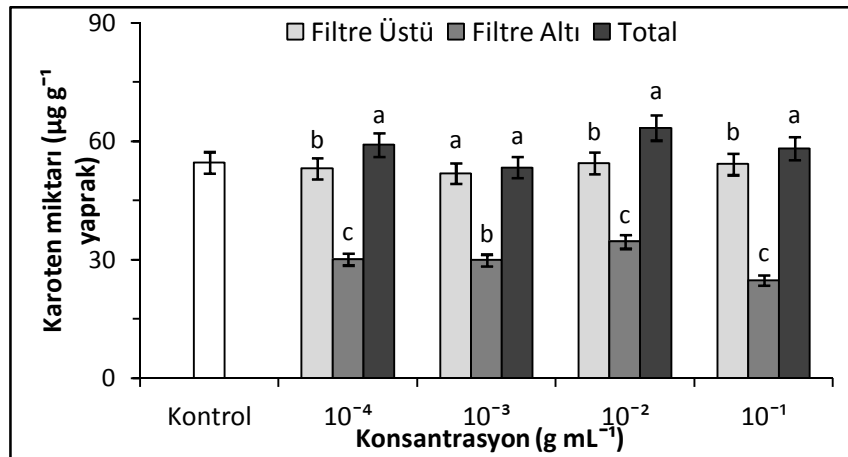
Buğday varyetesi Gün 91'den 6. günün sonunda elde edilen yapraklardaki karotenoid miktarı ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak Arpa'da gözlenen oranların aksine karotenoid miktarını azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.11b ve Tablo 4.9). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 6. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında çimento tozunun konsantrasyonlarında karotenoid miktarının azaldığı görülmüştür. Sadece total fraksiyonu kontrolle kıyaslandığında çimento tozunun bazı konsantrasyonlarında (10^4 , 10^2 ve 10^1 g/mL) karotenoid miktarını arttırdığı bulunmuştur. Sonuç olarak karotenoid miktarı açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.9. Çimento tozunun yapraklardaki *karotenoid miktarı* ($\mu\text{g g}^{-1}$) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		30,5			54,63	
10^{-4}	70,81	88,84	71,8	53,18	30,19	59,14
10^{-3}	74,85	83,77	82,5	51,91	29,93	53,43
10^{-2}	82,31	85,96	93,94	54,51	34,63	63,47
10^{-1}	109,1	106,18	130,41	54,26	24,87	58,21



(a)



(b)

Şekil 4.11. Çimento tozunun yapraklardaki *karotenoid miktarı* ($\mu\text{g g}^{-1}$) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P>0.05$)

4. 3. Oksidatif Stres Parametreleri Üzerine Etkisi

4. 3. 1. Lipid peroksidasyon (MDA) miktarına etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 10. günün sonunda elde edilen bitki yapraklarındaki lipid peroksidasyon (MDA) miktarında, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak MDA miktarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.12a ve Tablo 4.10). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 10. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında düşük konsantrasyonunda (10^{-3} g/mL) MDA miktarı üzerinde daha fazla artışa sebep olduğu bulunmuştur.

Buğday varyetesi Gün 91'den 10. günün sonunda elde edilen bitki yapraklarındaki MDA miktarında ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak MDA miktarını azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.12b ve Tablo 4.10). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 10. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında yapraklardaki MDA miktarı üzerinde azalışa sebep olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak yapraklardaki MDA miktarı açısından arpanın buğdaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

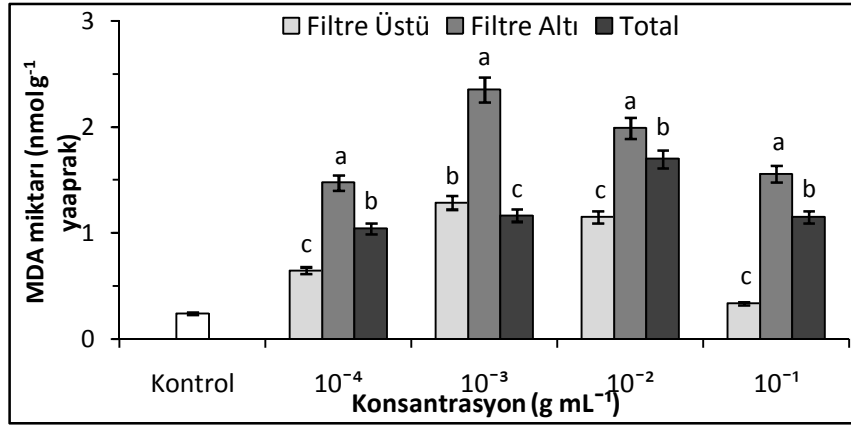
Arpa varyetesi Tokak'tan 10. günün sonunda elde edilen bitki köklerindeki lipid peroksidasyon (MDA) miktarında, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak MDA miktarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.13a ve Tablo 4.11). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 10. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; filtre üstü ve filtre altı fraksiyonda kontrolle kıyaslandığında düşük konsantrasyonunda

(10^{-4} g/mL) bitki köklerindeki MDA miktarı üzerinde daha fazla artışa sebep olduğu bulunmuştur.

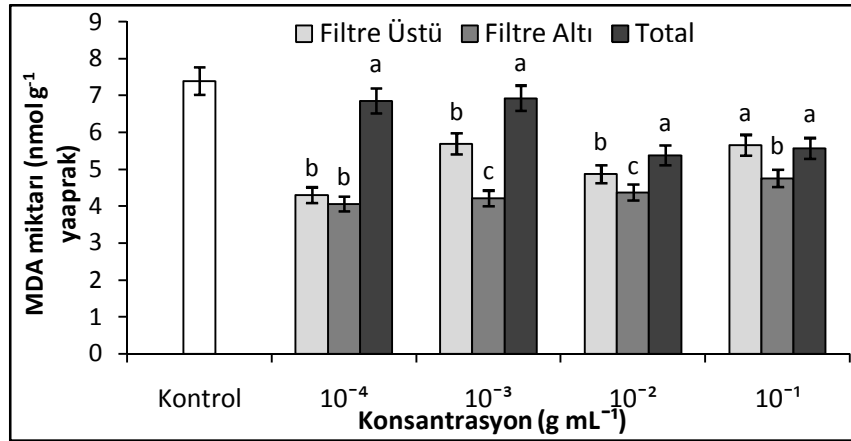
Buğday varyetesi Gün 91'den 10. günün sonunda elde edilen bitki köklerindeki MDA miktarında ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak MDA miktarını arttırmada ve azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.13b ve Tablo 4.11). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 10. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi filtre üstü fraksiyonu kontrolle kıyaslandığında düşük konsantrasyonu (10^{-4} g/mL) ve yüksek konsantrasyonu (10^{-1} g/mL) bitki köklerindeki MDA miktarını arttırdığı, filtre altı fraksiyonunun düşük konsantrasyonu (10^{-4} g/mL) ve total fraksiyonunun yüksek konsantrasyonu (10^{-1} g/mL) ise kontrolle kıyaslandığında bitki köklerindeki MDA miktarını arttırdığı görülmüştür. Ayrıca her üç fraksiyonun (filtre üstü, filtre altı ve total) diğer konsantrasyonlarında ise bitki köklerindeki MDA miktarının azaldığı görülmüştür. Sonuç olarak bitki köklerindeki MDA miktarı açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha toleranslı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.10. Çimento tozunun bitki yapraklarında *MDA miktarı* (nmol g^{-1}) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		0,24			7,392	
10^{-4}	0,648	1,476	1,044	4,296	4,056	6,852
10^{-3}	1,288	2,352	1,168	5,688	4,212	6,924
10^{-2}	1,152	1,992	1,7	4,872	4,368	5,376
10^{-1}	0,336	1,56	1,152	5,652	4,752	5,568



(a)

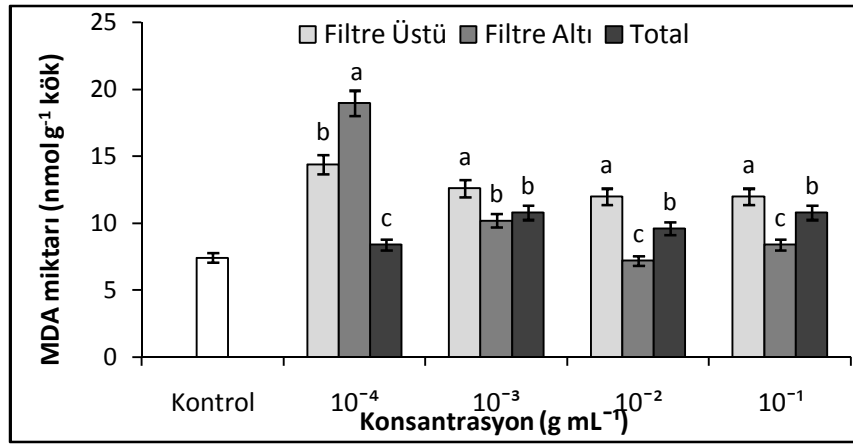


(b)

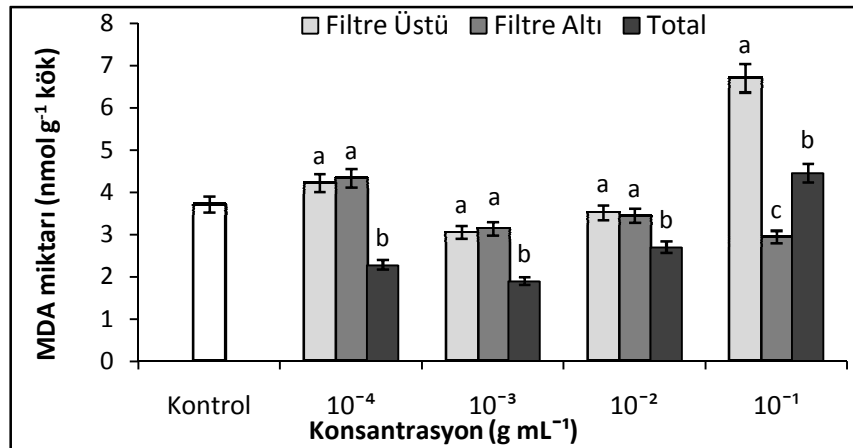
Şekil 4.12. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *MDA miktarı* (nmol g^{-1}) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P>0.05$)

Tablo 4.11. Çimento tozunun bitki köklerindeki *MDA miktarı* (nmol g^{-1}) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		7,44			3,708	
10^{-4}	14,4	18,96	8,4	4,212	4,332	2,28
10^{-3}	12,6	10,2	10,8	3,048	3,132	1,896
10^{-2}	12	7,2	9,6	3,516	3,444	2,7
10^{-1}	12	8,4	10,8	6,696	2,94	4,452



(a)



(b)

Şekil 4.13. Çimento tozunun bitki köklerindeki *MDA miktarı* (nmol g^{-1}) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P > 0.05$)

4. 3. 2. Hidrojen peroksit (H₂O₂) miktarına etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 10. günün sonunda elde edilen bitki yapraklarındaki hidrojen peroksit (H₂O₂) miktarında, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak H₂O₂ miktarını arttırmada ve azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.14a ve Tablo 4.12). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 10. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; filtre altı fraksiyonu kontrolle kıyaslandığında düşük konsantrasyonlarda (10⁻⁴ ve 10⁻³ g/mL) H₂O₂ miktarı üzerinde azalışa sebep olduğu bulunmuştur.

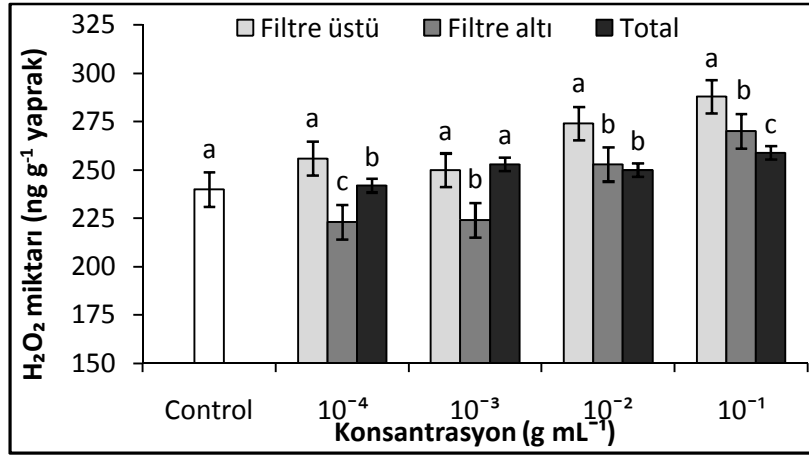
Buğday varyetesi Gün 91'den 10. günün sonunda elde edilen bitki yapraklarındaki H₂O₂ miktarında ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak H₂O₂ miktarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.14b ve Tablo 4.12). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 10. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında yapraklardaki H₂O₂ miktarı üzerinde artışa sebep olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak yapraklardaki H₂O₂ miktarı açısından arpanın buğdaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Arpa varyetesi Tokak'tan 10. günün sonunda elde edilen bitki köklerindeki hidrojen peroksit (H₂O₂) miktarında, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak H₂O₂ miktarını arttırmada ve azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.15a ve Tablo 4.13). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 10. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonun (filtre üstü, filtre altı ve total) yüksek konsantrasyonu (10⁻¹ g/mL) kontrolle kıyaslandığında bitki köklerindeki H₂O₂ miktarını daha fazla arttırdığı görülmüştür.

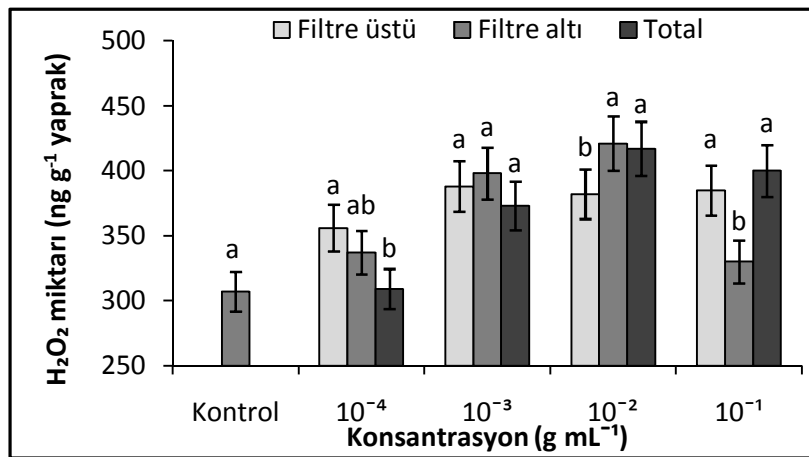
Buğday varyetesi Gün 91'den 10. günün sonunda elde edilen bitki köklerindeki H₂O₂ miktarında ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak H₂O₂ miktarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.15b ve Tablo 4.13). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 10. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonun (filtre üstü, filtre altı ve total) yüksek konsantrasyonu (10⁻¹ g/mL) kontrolle kıyaslandığında bitki köklerindeki H₂O₂ miktarını daha fazla arttırdığı görülmüştür. Sonuç olarak bitki köklerindeki H₂O₂ miktarı açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha toleranslı olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.12. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki H_2O_2 aktivitesi ($nmol\ g^{-1}$) üzerine etkisi

Konsantrasyon ($g\ mL^{-1}$)	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		0,209			0,256	
10^{-4}	0,214	0,185	0,202	0,297	0,281	0,258
10^{-3}	0,2	0,179	0,211	0,324	0,332	0,311
10^{-2}	0,229	0,21	0,209	0,31	0,351	0,348
10^{-1}	0,24	0,225	0,216	0,321	0,275	0,344



(a)

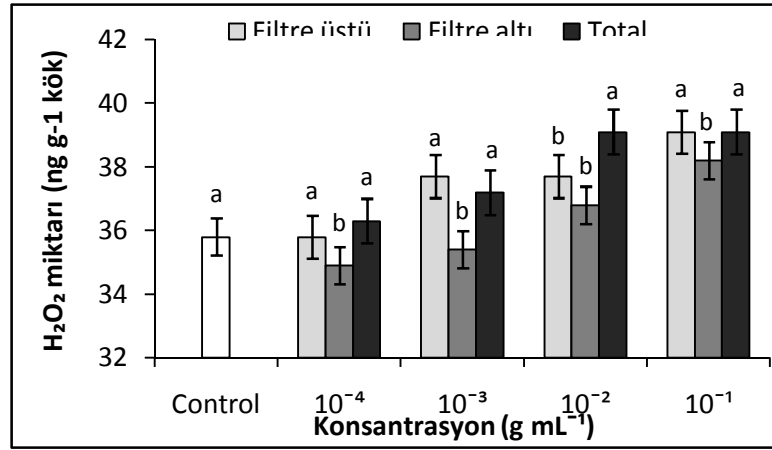


(b)

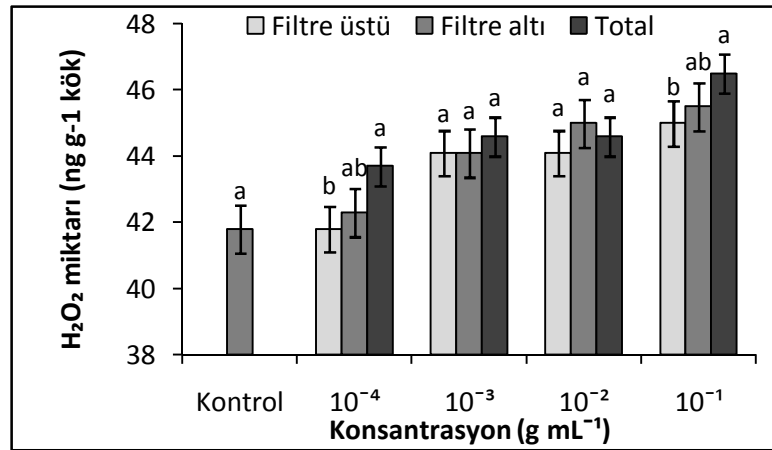
Şekil 4.14. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarı üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P>0.05$)

Tablo 4.13. Çimento tozunun bitki köklerindeki H_2O_2 aktivitesi ($nmol\ g^{-1}$) üzerine etkisi

Konsantrasyon ($g\ mL^{-1}$)	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		0,078			0,091	
10^{-4}	0,078	0,076	0,079	0,091	0,092	0,095
10^{-3}	0,082	0,077	0,081	0,096	0,096	0,097
10^{-2}	0,082	0,08	0,085	0,096	0,098	0,097
10^{-1}	0,085	0,083	0,085	0,098	0,099	0,101



(a)



(b)

Şekil 4.15. Çimento tozunun bitki köklerindeki hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarı üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P>0.05$)

4. 3. 3. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi üzerine etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 10. günün sonunda elde edilen bitki yapraklarındaki süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak SOD aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16a ve Tablo 4.14). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 10. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında düşük konsantrasyonda (10^{-4} g/mL) bitki yapraklarındaki SOD aktivitesi üzerinde daha fazla artışa sebep olduğu bulunmuştur.

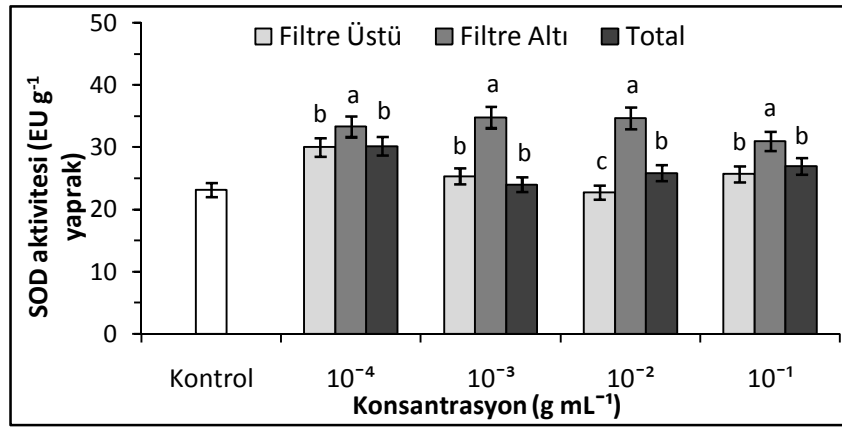
Buğday varyetesi Gün 91'den 10. günün sonunda elde edilen bitki yapraklarındaki SOD aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak SOD aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16b ve Tablo 4.14). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 10. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında düşük konsantrasyonda (10^{-3} g/mL) bitki yapraklarındaki SOD aktivitesi üzerinde daha fazla artışa sebep olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak bitki yapraklarındaki SOD aktivitesi açısından arpanın buğdaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Arpa varyetesi Tokak'tan 10. günün sonunda elde edilen bitki köklerindeki süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak SOD aktivitesini azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.17a ve Tablo 4.15). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 10. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; filtre üstü ve total fraksiyonunun yüksek konsantrasyonu (10^{-1} g/mL) ve filtre altı fraksiyonunun yüksek konsantrasyonu (10^{-2} g/mL) bitki köklerindeki SOD aktivitesi üzerinde daha fazla azalışa sebep olduğu bulunmuştur.

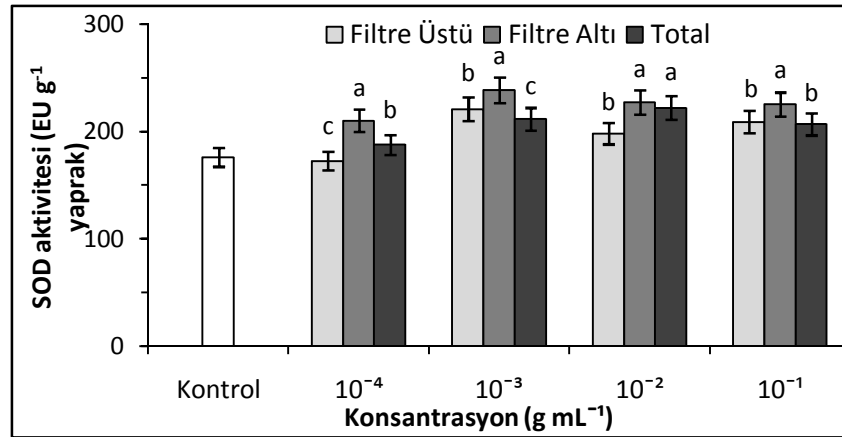
Buğday varyetesi Gün 91'den 10. günün sonunda elde edilen bitki köklerindeki SOD aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak SOD aktivitesini azaltmada ve arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.17b ve Tablo 4.15). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 10. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi total fraksiyonu kontrolle kıyaslandığında tüm konsantrasyonlarında bitki köklerindeki SOD aktivitesi üzerinde artışa sebep olduğu bulunmuştur. Filtre üstü ve filtre altı fraksiyonlarının konsantrasyonları ise kontrolle kıyaslandığında bitki köklerindeki SOD aktivitesi üzerinde azalışa sebep olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak bitki köklerindeki SOD aktivitesi açısından arpanın buğdaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.14. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *SOD aktivitesi* (EU g^{-1}) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		23,12			176	
10^{-4}	30	33,28	30,16	172,4	210	187,6
10^{-3}	25,36	34,8	24	220,8	238,4	211,6
10^{-2}	22,72	34,64	25,84	198	227,2	222
10^{-1}	25,68	30,96	26,96	208,8	225,2	206,8



(a)

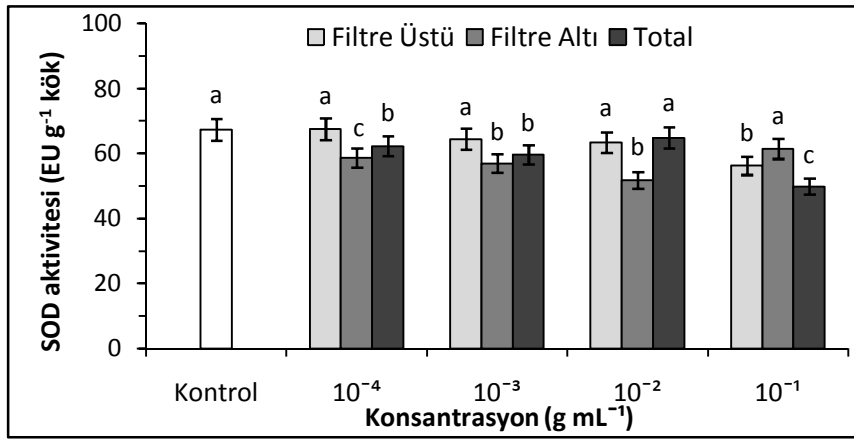


(b)

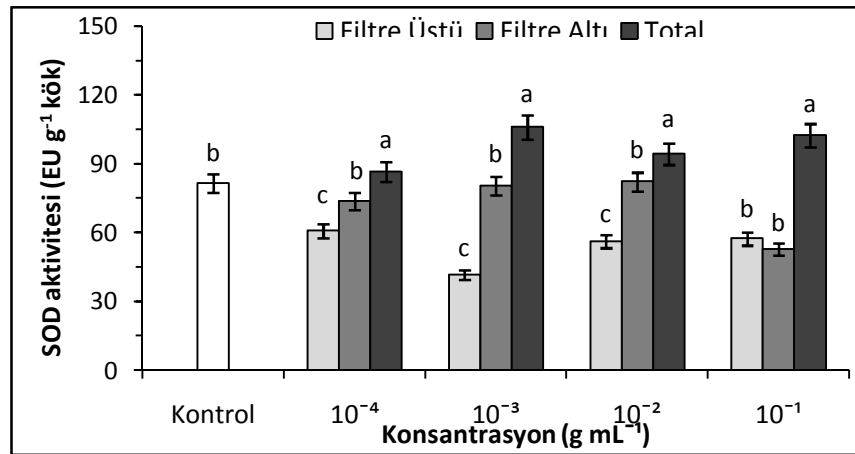
Şekil 4.16. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *süperoksit dismutaz (SOD)* aktivitesi (EU g^{-1}) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P>0.05$)

Tablo 4.15. Çimento tozunun bitki köklerindeki *SOD* aktivitesi (EU g^{-1}) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		67,28			81,6	
10^{-4}	67,52	58,64	62,32	60,8	73,8	86,6
10^{-3}	64,48	56,96	59,68	41,6	80,4	106
10^{-2}	63,44	51,76	64,88	56,2	82,2	94,4
10^{-1}	56,24	61,44	49,84	57,4	52,8	102,4



(a)



(b)

Şekil 4.17. Çimento tozunun bitki köklerindeki süperoksit dismutaz (*SOD*) aktivitesi (EU g^{-1}) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P > 0.05$)

4. 3. 4. Katalaz (CAT) aktivitesi üzerine etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 10. günün sonunda elde edilen bitki yapraklarındaki katalaz (CAT) aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak CAT aktivitesini azaltmada ve arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.18a ve Tablo 4.16). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 10. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; filtre üstü ve filtre altı fraksiyonlarının bütün konsantrasyonları kontrolle kıyaslandığında bitki yapraklarındaki CAT aktivitesi üzerinde azalışa sebep olduğu bulunmuştur. Ayrıca total fraksiyonun konsantrasyonlarında ise bitki yapraklarındaki CAT aktivitesi üzerinde artışa sebep olduğu bulunmuştur.

Buğday varyetesi Gün 91'den 10. günün sonunda elde edilen bitki yapraklarındaki CAT aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak CAT aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.18b ve Tablo 4.16). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 10. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında tüm konsantrasyonlarında bitki köklerindeki CAT aktivitesi üzerinde artışa sebep olduğu bulunmuştur. Filtre üstü fraksiyonunun düşük konsantrasyonu (10^{-4} g/mL) ve total fraksiyonunun yüksek konsantrasyonu (10^{-2} g/mL) ise kontrolle kıyaslandığında bitki yapraklarındaki CAT aktivitesi üzerinde daha fazla artışa sebep olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak bitki yapraklarındaki CAT aktivitesi açısından arpanın buğdaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

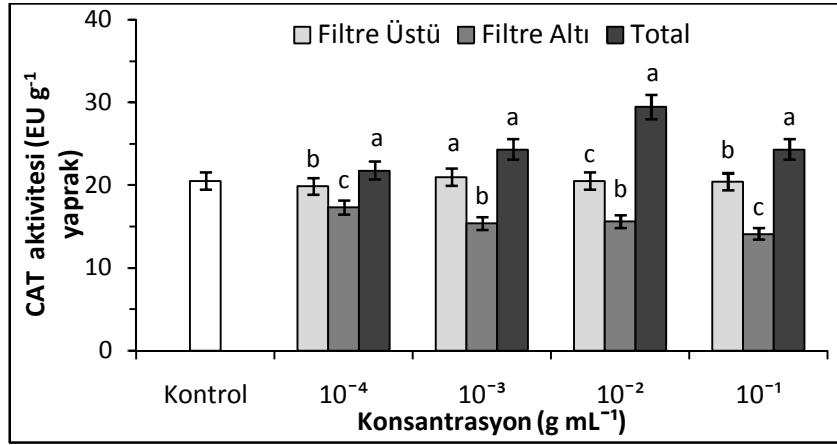
Arpa varyetesi Tokak'tan 10. günün sonunda elde edilen bitki köklerindeki katalaz (CAT) aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak CAT aktivitesini azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.19a ve Tablo 4.17). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 10. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç fraksiyonun (filtre

üstü, filtre altı ve total) yüksek konsantrasyonu (10^{-2} g/mL) ise kontrolle kıyaslandığında bitki köklerindeki CAT aktivitesi üzerinde daha fazla azalışa sebep olduğu bulunmuştur.

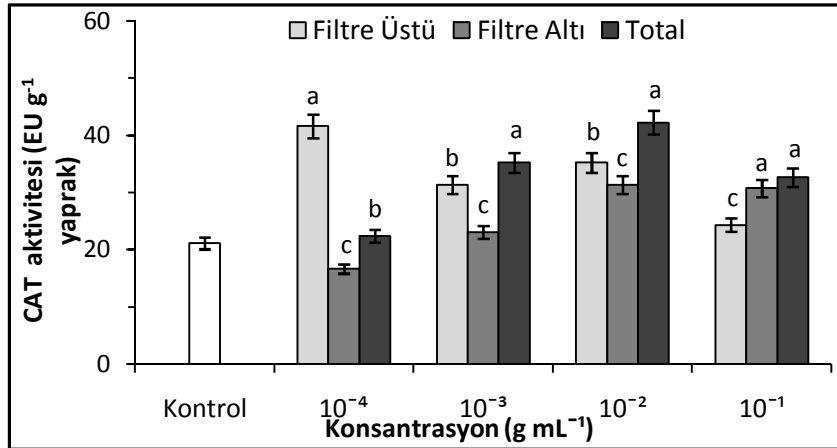
Buğday varyetesi Gün 91'den 10. günün sonunda elde edilen bitki köklerindeki CAT aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak CAT aktivitesini azaltmada ve artırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.19b ve Tablo 4.17). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 10. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi filtre altının tüm konsantrasyonları ve total fraksiyonun bazı konsantrasyonları (10^{-4} , 10^{-3} ve 10^{-2} g/mL) kontrolle kıyaslandığında bitki köklerindeki CAT aktivitesi üzerinde azalışa sebep olduğu bulunmuştur. Filtre üstü fraksiyonunun tüm konsantrasyonları kontrolle kıyaslandığında ise bitki köklerinde CAT aktivitesi üzerinde artışa sebep olduğu bulunmuştur. Ayrıca filtre üstü ve total fraksiyonları kontrolle kıyaslandığında ise bitki köklerinde CAT aktivitesi üzerinde daha fazla artışa sebep olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak bitki köklerindeki CAT aktivitesi açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.16. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *CAT* aktivitesi (EU g^{-1}) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		20,48			21,12	
10^{-4}	19,84	17,28	21,76	41,6	16,64	22,4
10^{-3}	20,96	15,36	24,32	31,36	23,04	35,2
10^{-2}	20,48	15,6	29,44	35,2	31,36	42,24
10^{-1}	20,4	14,08	24,32	24,32	30,72	32,64



(a)

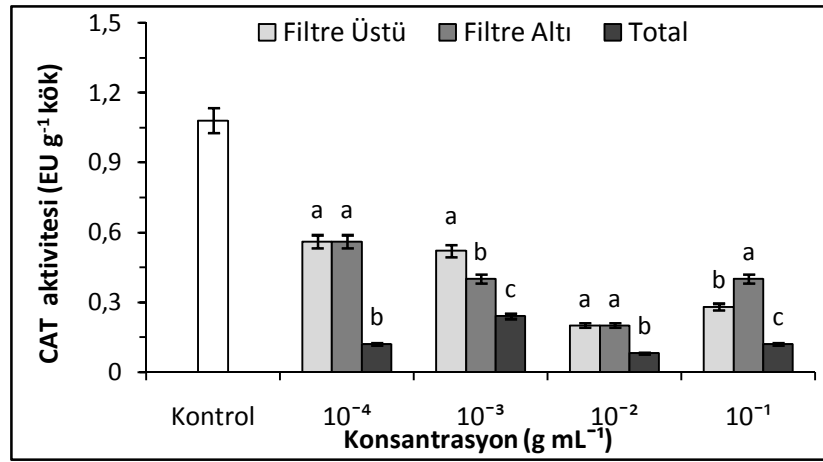


(b)

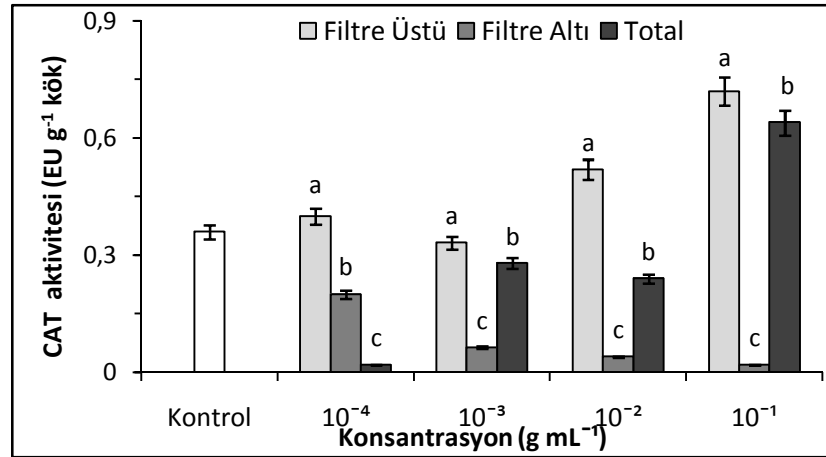
Şekil 4.18. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *katalaz* (*CAT*) aktivitesi (EU g^{-1}) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P>0.05$)

Tablo 4.17. Çimento tozunun bitki köklerindeki *CAT* aktivitesi (EU g^{-1}) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		1,08			0,36	
10^{-4}	0,56	0,56	0,12	0,4	0,2	0,02
10^{-3}	0,52	0,4	0,24	0,332	0,064	0,28
10^{-2}	0,2	0,2	0,08	0,52	0,04	0,24
10^{-1}	0,28	0,4	0,12	0,72	0,02	0,64



(a)



(b)

Şekil 4.19. Çimento tozunun bitki köklerindeki *katalaz* (*CAT*) aktivitesi (EU g^{-1}) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P > 0.05$)

4. 3. 5. Peroksidaz (POD) aktivitesi üzerine etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan 10. günün sonunda elde edilen bitki yapraklarındaki peroksidaz (POD) aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak POD aktivitesini azaltmada ve arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.20a ve Tablo 4.18). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 10. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; filtre üstü ve total fraksiyonlarının bütün konsantrasyonları kontrolle kıyaslandığında bitki yapraklarındaki POD aktivitesi üzerinde artışa sebep olduğu bulunmuştur. Filtre altı fraksiyonun bazı konsantrasyonları (10^{-4} , 10^{-3} ve 10^{-2} g/mL) ise bitki yapraklarındaki POD aktivitesini azalttığı görülmüştür. Ayrıca her üç fraksiyonunda (filtre üstü, filtre altı ve total) yüksek konsantrasyonları (10^{-1}) kontrolle kıyaslandığında bitki yapraklarındaki POD aktivitesi üzerinde daha fazla artışa sebep olduğu bulunmuştur.

Buğday varyetesi Gün 91'den 10. günün sonunda elde edilen bitki yapraklarındaki POD aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak POD aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.20b ve Tablo 4.18). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 10. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonda (filtre üstü, filtre altı ve total) kontrolle kıyaslandığında bitki yapraklarının tüm konsantrasyonlarında POD aktivitesi üzerinde artışa sebep olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak bitki yapraklarındaki POD aktivitesi açısından buğdayın arpaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

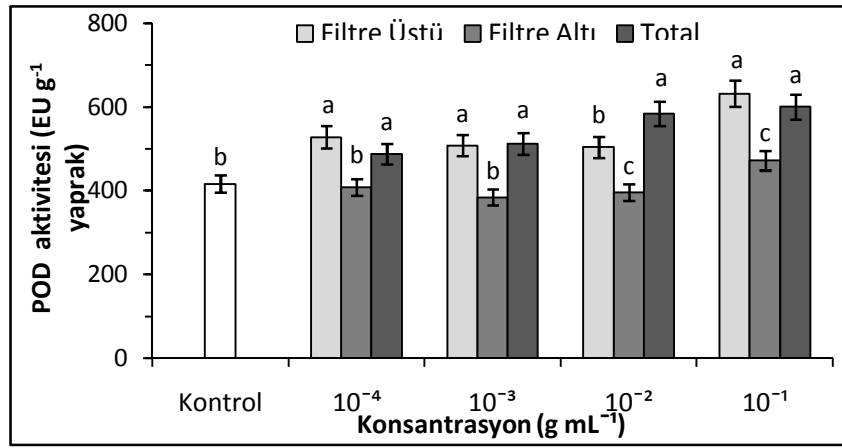
Arpa varyetesi Tokak'tan 10. günün sonunda elde edilen bitki köklerindeki peroksidaz (POD) aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak POD aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.21a ve Tablo 4.19). Sonuçların ayrıntıları aşağıda sunulmuştur. 10. günde elde edilen sonuçlara bakıldığında; her üç

fraksiyonun (filtre üstü, filtre altı ve total) bütün konsantrasyonları ise kontrolle kıyaslandığında bitki köklerindeki POD aktivitesi üzerinde artışa sebep olduğu bulunmuştur.

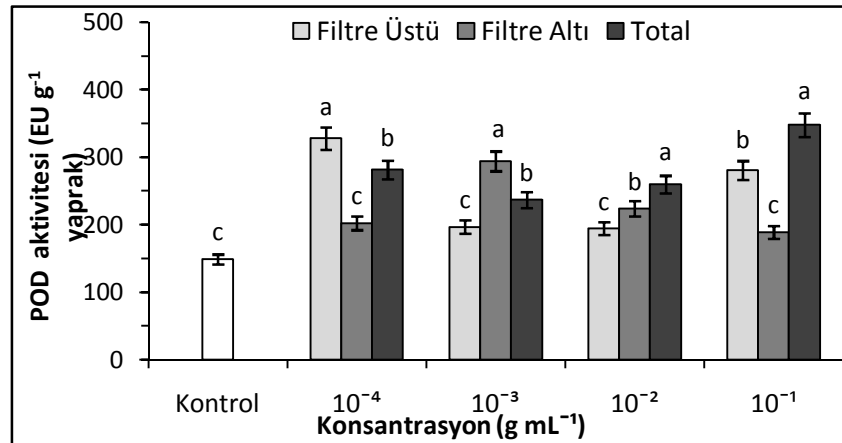
Buğday varyetesi Gün 91'den 10. günün sonunda elde edilen bitki köklerindeki POD aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak POD aktivitesini azaltmada ve artırmada etkili olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.21b ve Tablo 4.19). Sonuçlar ayrıntılı olarak incelendiğinde; 10. günde elde edilen sonuçlardan da anlaşıldığı gibi her üç fraksiyonun (filtre üstü, filtre altı ve total) bütün konsantrasyonları ise kontrolle kıyaslandığında bitki köklerindeki POD aktivitesi üzerinde azalışa sebep olduğu bulunmuştur. Sadece filtre ve total fraksiyonunun yüksek konsantrasyonları (10^{-2}) kontrolle kıyaslandığında bitki köklerindeki POD aktivitesi üzerinde artışa sebep olduğu görülmüştür. Sonuç olarak bitki köklerindeki POD aktivitesi açısından arpanın buğdaya göre çimento tozu kirliliğine karşı daha hassas olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4.18. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *POD* aktivitesi (EU g^{-1}) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		416			148,8	
10^{-4}	528	408	488	328	202,4	281,6
10^{-3}	508	384	512	196,8	294,4	236,8
10^{-2}	504	396	584	194,8	224	260
10^{-1}	632	472	600	280,8	188,8	348



(a)

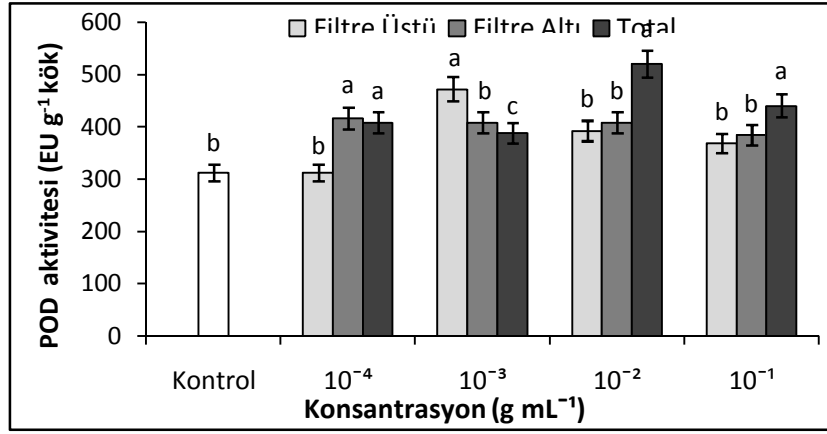


(b)

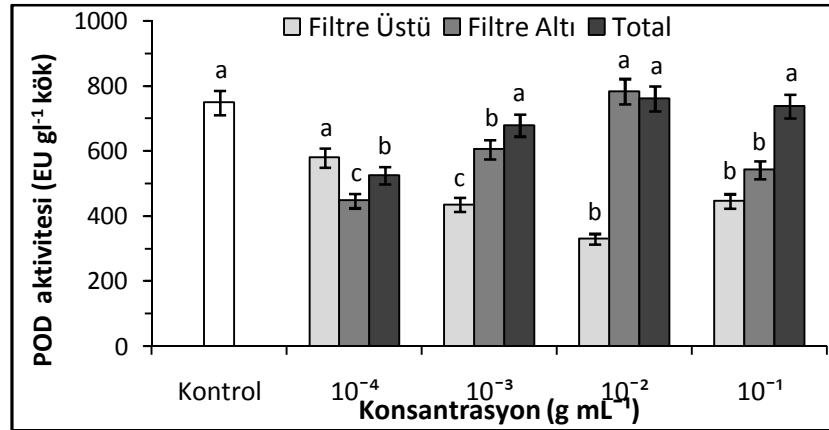
Şekil 4.20. Çimento tozunun bitki yapraklarındaki *peroksidaz (POD)* aktivitesi (EU g^{-1}) üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P>0.05$)

Tablo 4.19. Çimento tozunun bitki köklerindeki *POD* aktivitesi (EU g^{-1}) üzerine etkisi

Konsantrasyon (g mL^{-1})	Arpa			Buğday		
	Filtre üstü	Filtre altı	Total	Filtre üstü	Filtre altı	Total
Kontrol		312			749,6	
10^{-4}	312	416	408	580	448	525,6
10^{-3}	472	408	388	436	605,6	680
10^{-2}	392	408	520	330,4	784	762,4
10^{-1}	368	384	440	446,4	542,4	738,4



(a)



(b)

Şekil 4.21. Çimento tozunun bitki köklerindeki *peroksidaz (POD)* aktivitesi üzerine etkisi. a: Arpa (*Hordeum vulgare* cv. Tokak) b: Buğday (*Triticum aestivum* cv. Gün 91). Her bir konsantrasyon içinde aynı harfi bulunduran gruplar arasındaki fark önemsizdir ($P > 0.05$)

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Çevre kirliliği ile gelecekteki muhtemel etkileriyle ilgili son yıllarda kamuoyunda paylaşılan veriler, bilgiler ve bunların değerlendirilmesi ile ilgili çarpıcı haber, yorum ve görüntüler özellikle yazılı ve görsel medyada önemli bir yer tutmaktadır. Bu haberlerin ve kamuoyundaki etki oranlarının artması beraberinde bilim insanlarının dikkatini çevre ve sorunlara çekmeye başlamıştır. Kamuoyunda sürekli paylaşılan konular hakkında çalışmalar yapmak, popüler bilimlere üzerine yoğunlaşma eğilimindeki bilim insanlarının çalışma alanlarını bu konulara üzerine kaydırmıştır. Bu konuyla ilgili ilk çalışmalar daha çok kirlilik etmeninin doğal ortamında yaşamını sürdüren canlılar üzerine yaptığı anatomik ve morfolojik etkiler üzerine yoğunlaşmışken (Prasad ve Inamdar, 1990; Abdullah ve Iqbal, 1991) son zamanlarda yapılan çalışmalarda ise bu etkilerin bünyesel ne tür fizyolojik ve biyokimyasal sonuçlar doğurduğu belirlenmeye çalışılmaktadır (Mutlu vd., 2009; Erdal ve Demirtas, 2010; Mutlu vd., 2012).

Araştırmamızda özellikle çevre kirliliğine katkısı büyük oranda olan çimento endüstrisi ve bu endüstri kolunun çevreye bıraktığı artıklar üzerine olmuştur. Bu kuruluşlar atmosfere gaz ve toz formunda iki atığı bırakmaktadırlar. Bu konudaki toplumdaki bilinçlenmenin artması bu sanayi kolunda faaliyet gösteren kuruluşların bu atıklarının çevreye zararını minimize edecek önlemler almalarını sağlamaya çalışmıştır. Bu amaçla alınan önlemlerden biri olan baca filtreleridir. Bu çalışmamızda; çimento fabrikalarının baca filtrelerinde tutulan ve tutulmayan bu atıkların konvensiyonel tarımda önemli ve çimento endüstrisinin yoğun olarak faaliyet gösterdiği bölgelerde de ekimi yapılan buğday ve arpa üzerine çimlenme ve bitki gelişim parametreleri ile bitkilerin stres durumlarının ortaya koyulmasında önemli bir belirteç olan oksidatif stres parametreleri açısından etkisine bakılmıştır. Ayrıca bu filtrelerin gerçekten de zararlı maddeleri mi tuttuğu ile filtreden atılan maddelerin zararsız mı olduğu bu parametreler açısından değerlendirilmiştir.

Stres altındaki bitkilerde başta fotosentez gibi birçok metabolik olayın aksaması veya istenilen seviyede gerçekleşmemesinde reaktif oksijen türlerinin (ROT) hızlı bir artışı meydana gelir ve bu reaktif bileşikler, biyolojik membranlar, nükleik asitler, proteinleri, lipidler ve diğer birçok makro ve mikro biyomolekülleri etkileyerek doğal metabolik düzenin bozulmasına sebep olurlar. İlk olarak metabolizmada meydana gelen bu işlevsel bozukluk sonucunda hücre ve dokularda bozulma ve hasar oluşur, nihayetinde hasarın derecesine göre hücrelerde ölüm de gözlenebilir. Bu yüzden stresle birlikte ROT seviyesindeki hızlı artış, antioksidan enzimler (katalaz, peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi) ve enzimatik olmayan antioksidanlarca (glutasyon, C ve E vitamini gibi) uzaklaştırılması veya dengelenmesi gerekir. Çalışmamızda çimento tozunun arpa ve buğday fidelerini etkileme potansiyeli araştırılırken, etkileme derecesi ve konsantrasyonu kriteri olarak literatürde en çok kullanılan parametreler seçilmiştir. Bunlardan etkileme derecesini gösterenler olarak, kontrol ve çimento tozu uygulamalı bitkiler arasında, yapraklarındaki klorofil (a, b ve toplam) ve karotenoid miktarları ile yaprak ve kökte lipid peroksidasyon (MDA) derecesi ve hidrojen peroksit birikiminin ölçülmesi tercih edilmiştir. Ayrıca hücrelerde antioksidan kapasitenin değişimini takip etmek için de kök ve yaprakta simplastik antioksidan enzim (katalaz, peroksidaz ve süperoksit dismutaz) aktivitelerine bakılmıştır. Aşağıda araştırmamızdan elde edilen sonuçların yorumlanması ve diğer araştırmacıların sonuçları ile karşılaştırmalı değerlendirmeleri yapılmıştır.

5. 1. Çimlenme ve Büyüme Parametreleri Üzerine Etkisi

Günlük çimlenme ve 6. günün sonunda elde edilen son çimlenme oranları (%) değerlerinde, Arpa varyetesi Tokak'ta çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak çimlenme oranlarını azaltma ve geciktirmede etkili olduğu belirlenmiştir. Bu inhibisyon kök ve gövde uzunluğu ile kuru ağırlık miktarlarında da görülmektedir. Buğday varyetesi Gün 91'e bakıldığında ise çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de

uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak çimlenme oranlarını azaltmada Arpada gözlenen oranlar kadar çimlenmeyi geciktirmede etkili olmadığı belirlenmiştir. Fakat kök uzunluğu üzerinde arpadakine benzer bir inhibisyon görülmektedir. Deneysel ortamda yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) üzerine çimento tozunun etkilerinin bakıldığı bir çalışmada uygulanan konsantrasyonun dozuna paralel olarak çimlenme ve elde edilen fidelerin büyüme parametrelerinde (kök-gövde uzunluğu, kuru ağırlık gibi) önemli bir inhibisyon gözlenmiştir (Raajasubramanian vd., 2011). Bu durum çimento kirliliğinin çimlenme ve fide gelişimine toksik etkisinden kaynaklanması muhtemeldir. Yüksek konsantrasyonlardaki çimlenme ve gelişimdeki inhibisyonda ise daha çok ortamın ozmotik potansiyelinde tohum ve fidelerin su alamamasının neden olduğu düşünülmektedir. Özellikle çok düşük konsantrasyonlarda çimento tozunun çimlenme ve fide büyümesi üzerindeki gözlenen olumlu etkisinin altında ise çimento içerisindeki bazı besin (Ca ve K gibi) elementlerinin olması yatmaktadır.

5. 2. Fotosentetik Sistem Üzerine Etkisi

Çevresel stres faktörlerinin bitkiler üzerindeki etkilerini anlamak amacıyla en çok başvurulan yöntemlerden biri organizmadaki klorofil içeriğini belirlemektir. Çeşitli araştırmacılar tarafından bazı metallerin kirliliğine bağlı olarak değişik bitki türlerinde klorofil miktarının azaldığı rapor edilmiştir (Chettri vd., 1998; Chatterjee ve Chatterjee, 2000). Çimlenme sonrası (tohum endospermi içerisindeki besin tabakası bittikten sonra) bir bitkinin büyüme ve gelişiminde temel faktör fotosentezdur. Eğer bitkimiz fotosentez olayını etkin bir şekilde devam ettirebiliyorsa büyüme ve gelişimini aksamadan devam ettirebilir. Stresli şartlarda da bitkinin genelde fotosentetik olayları bu durumdan olumsuz etkilenir. Bu etkilemede fotosentezin gerçekleşmesinde rolü çok büyük olan klorofil pigmentlerinin rolü çok büyüktür. Bu amaçla çimento tozunun fotosentetik pigmentler üzerine etkisine baktığımızda; Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen yapraklardaki klorofil a, b ve toplam miktarı ile karotenoid miktarının çimento tozu uygulamalarından hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine (filtre üstü, filtre altı ve total) bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Buğday varyetesi Gün 91'de Arpada gözlenen durumun aksine bu

parametrelerin tamamında bir azalma görülmektedir. Literatürde çimento tozunun bitkilerdeki klorofil miktarı arasındaki ilişkiye bakılan bazı çalışmalar mevcuttur. Doğal yaşama ortamında periyodik olarak çimento tozu muamelesine maruz bırakılmış zeytin (*Olea europaea L.*) bitkisinin yapraklarında klorofil miktarında ve buna bağlı olarak fotosentez veriminde önemli bir düşüş belirlenmiştir (Nanos ve Ilias, 2007). Yerfıstığı (*Arachis hypogaea L.*) üzerine çimento tozunun deneysel ortamda etkilerinin belirlendiği bir çalışmada da uygulanan çimento konsantrasyonuna paralel olarak fidelerin klorofil miktarında önemli bir düşüş belirlenmiştir (Raajasubramanian vd., 2011).

Çalışmamızda klorofil miktarında buğdayda görülen azalma çimento tozu içerisinde bulunan ağır metallere kaynaklanabilir. Çünkü bazı ağır metallere önemli olmasına rağmen toksik seviyelerinin ise bitkilerde fotosentez ve klorofil biyosentezi, çimlenme gibi olayları olumsuz yönde etkileyerek fitotoksik sorunlar ortaya çıkardığını savunan araştırmacılar mevcuttur (Phalsson, 1989). Çünkü ağır metaller genel olarak bitkilerde klorofil içeriğini düşürür, bitki gelişimini ve solunumu inhibe eder, hücre organellerinin yapısını değiştirir, çeşitli metabolik yollardaki anahtar enzimlerin aktivite ve miktarını değiştirir, böylece metabolizmada bozukluk meydana getirirler (Guo ve Zhang, 2007). Klorofil biyosentezinin azalmasıyla bitkide görülen klorozis genel olarak bitkiye uygulanan yüksek ağır metal konsantrasyonlarından kaynaklanır. Ağır metaller bitkide Fe, Zn ve Mn gibi klorofil oluşumunda görev alan iyonlarla yer değiştirerek, bitkinin bu metalleri yeterli düzeyde alamamasına sebep olur böylece yapraklarda klorozis meydana gelir (Kukkola vd., 2000; Lombardi, 2005). Bu durumun sebebi olarak çimento kirliliğine maruz topraklar zamanla kalker (CaCO_3) bakımından zenginleşir ki bu durumda klorofil sentezinde önemli bir element olan demirin (Fe) eksikliğine sebep olduğu bilinen bir gerçektir. Fe eksikliği de klorofil moleküllerinin yıkımlarına sebep olarak azalmasına sebep olabilmektedir (Mutlu vd., 2012).

5. 3. Oksidatif Stres İndikatörü Olan Lipid Peroksidasyon Üzerine Etkisi

Hücre zarı lipidlerinin serbest radikallerle indüklenen peroksidasyonu olarak bilinen lipid peroksidasyon aktivitesi, hücresel düzeyde stresin sebep olduğu hasarın hem derecesi hem de yansması olduğu bilinmektedir (De Azevedo Neto vd., 2006). Bitkiler strese maruz kaldıklarında, doymamış yağ asitlerinin bozulmasıyla son ürün olarak oluşan malondialdehit (MDA) miktarındaki artış, hücrelerde zarların yapısal bütünlüğünün bozulduğunu gösteren iyi bir indikatördür (Posmyk vd., 2005). Değişik stres faktörlerinin LPO üzerine etkisiyle ilgili çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Yüksek sıcaklığa maruz bırakılmış arpa yapraklarının membran lipid peroksidasyonu aktivitesinde artış belirlenmiştir (Kappen, 1981). Bazı ağır metallerin toksik dozlarının bitkilerde lipid peroksidasyonu uyardığı tespit edilmiştir (De Vos vd., 1989; 1991; Çakmak vd., 1991; Çınar, 2005). Tuzluluğa dayanıklılığı farklı iki fasulye çeşidiyle yapılan bir çalışmada, tuz uygulamasıyla hassas varyetede daha fazla olmak üzere iki çeşitte de MDA seviyesinin arttığı belirlenmiştir (Yasar vd., 2008). Kuraklık stresi uygulanan bazı asma (*Vitis vinifera*) çeşitlerinin lipid peroksidasyonda önemli derecede artışa sebep olduğu görülmüştür (Yağmur, 2008). Kuraklık stresiyle ilgili diğer bir çalışmada; iki kahve türü (*Coffea arabica* ve *C. liberica*) kuraklığa maruz bırakıldığında, orta derecedeki kuraklık şiddetinde lipid peroksidasyonu görülmezken, şiddetli kuraklık stresinde, özellikle kuraklığa daha duyarlı olan *C. arabica* türünde, MDA birikiminin daha fazla olduğu gözlenmiştir (Cai vd., 2005). Buğday fideleri su stresi altında büyütüldüğü zaman lipid peroksidasyonunda büyük bir artışın olduğu kaydedilmiştir (Tatar ve Gevrek, 2008). Kışlık çavdar, tütün, *Arabidopsis thaliana*, ve patates soğuk stresine maruz bırakıldığı zaman lipid peroksidasyon ürünü olan MDA içeriğinin arttığı belirlenmiştir (Lynch ve Steponkus, 1987; Moon vd., 1995; Uemura vd., 1995; Lin vd., 2006). Nohutla yapılan bir çalışmada da soğuğa maruz kalan fidelerde MDA miktarının, buna bağlı olarak da lipid peroksidasyon aktivitesinin arttığı tespit edilmiştir (Turan, 2007). Mercimek bitkisine soğuk stresi uygulandığında, kök ve gövde dokusunda MDA içeriğinde kayda değer bir artış kaydedilmiştir (Öktem vd., 2008).

Çalışmamızda kullandığımız Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen bitki yaprak ve köklerindeki lipid peroksidasyon (MDA) miktarında, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak MDA miktarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir. Buğday varyetesi Gün 91'de Arpadan farklı olarak gözlenen artışın aksine MDA miktarında bir artış görülmemektedir. Diğer stres çeşitlerinde olduğu gibi çimento tozuna maruz kalmış *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* bitkileri incelenmiş ve bu bitkilerin MDA seviyelerinin kontrole göre yüksek olduğu bulunmuştur (Erdal ve Demirtas, 2010). Doğal yetiştirme ortamlarında farklı seviyede çimento tozuna maruz kalan Halep çamı (*Pinus halepensis*) üzerine bu kirliliğin etkilerinin bakıldığında, çimento tozuna maruz kalan bitkilerdeki yapraklarda MDA miktarının kirlilikle arttığı belirlenmiştir (Dziri ve, Hosni 2012). Bu çalışma kirliliğe bağlı olarak arpada MDA seviyesinin artarak buğdayda artmaması bazı bitkilerde meydana gelen oksidatif stresin bertaraf edilmesinde etkili mekanizmaları (antioksidan sistemi) faaliyete geçirilebildiğini ve bitkilerin bu stres çeşidinde bitki türüne bağlı olarak farklı antioksidatif tepkiler gösterdiğini ortaya koymuştur (Mutlu vd., 2009). Bu durum buğdayın kirlilik stresine karşı daha dayanıklı olduğu fikrini vermektedir.

5. 4. Oksidatif Stresin Sebeplerinden Olan Hidrojen Peroksit Üzerine Etkisi

Literatürde streslerin belirlenmesinde bir biyolojik işaret molekül olarak kullanılır hale gelen hidrojen peroksitin (H_2O_2) miktarının birçok stres şartında değişimine bakılmıştır (Cheeseman, 2006). Serada mangrov bitkisine hidroponik ortamda tuz verildiğinde, H_2O_2 seviyesinin arttığı belirlenmiştir (Parida ve Das, 2005). Sera şartlarında ozon stresiyle muamele edilen bir bitkide H_2O_2 seviyesinin arttığı ve özellikle de kloroplastlarda birikiminin olduğu tespit edilmiştir (Chen ve Gallie, 2004). Normal şartlarda tütünle yapılan bir çalışmada yaprakların Botrytis cinerea patojeni ile muamele edilmesiyle H_2O_2 seviyesinde önemli bir artış gösterilmiştir (Patykowski ve Urbanek, 2003). Tuz stresine maruz bırakılan Kadife çiçeğinin (*Calendula officinalis*) H_2O_2 seviyesinin normale göre %26 arttığı gösterilmiştir (Chaparzadeh vd., 2004). Phragmites australis bitkisi kısa süreli yüksek sıcaklık (38 °C) stresine maruz bırakıldığında H_2O_2 miktarında önemli bir artış belirlenmiştir

(Velikova ve Loreto, 2005). Bezelye bitkisi su stresine maruz bırakıldığı zaman yapraklardaki doku hasarıyla birlikte H₂O₂ miktarında da büyük bir artış rapor edilmiştir (Kocsy vd., 2005). Mercimek bitkisi ise soğuk stresi uygulandığında, gövde dokusunda H₂O₂ içeriğinin önemli bir şekilde arttığı gözlenmiştir (Öktem vd., 2008).

Çalışmamızda kullandığımız Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen bitki köklerindeki hidrojen peroksit (H₂O₂) miktarında, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak H₂O₂ miktarını arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir. Fakat yapraklar üzerinde uygulanan kirlilik faktörlerinin konsantrasyon ve çeşidinin H₂O₂ miktarında önemli bir değişiklik yapmamıştır. Arpadaki sonuçlara benzemekle beraber Buğday varyetesi Gün 91'de hem yaprak hem de kökte çimento tozu kirlilik artışına paralel olarak H₂O₂ miktarında önemli bir artış görülmüştür. H₂O₂'nin çevresel streslerdeki seviyesinin artışıyla ilgili birçok araştırma mevcutken çimento tozunun etkisiyle ilgili literatürde sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Yaprakları çimento tozuna maruz kalmış *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* gibi su bitkileri incelendiğinde bu bitkilerin H₂O₂ seviyelerinin kontrole göre oldukça yüksek olduğu bulunmuştur (Erdal ve Demirtas, 2010). H₂O₂ seviyesinin stres şartlarında bir miktar artışıyla ilgili olarak, bu uyumun bitkinin stresli şartlara toleransını sağlayıcı metabolik yolları aktive eden bir sinyal molekül olduğu savunulmaktadır (Mutlu vd., 2011). Bu artışın belli bir seviyenin üzerine çıkmasının ise bitkiyi oksidatif strese sürükleyen metabolik olaylara katkı mahiyetinde olduğu düşünülmektedir. Bariz olarak H₂O₂ seviyesinin artış görüldüğü her iki bitkinin kök kısımlarına bakıldığında H₂O₂'i substrat olarak kullanan CAT enziminin aktivitesinde de önemli bir düşüş olduğu ve bu düşüşün H₂O₂ seviyesinin artışına sebep olabileceği de düşünülmektedir.

5. 5. Antioksidatif Sistem Enzimleri Üzerine Etkisi

Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen bitki yapraklarındaki *süperoksit dismutaz (SOD)* aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak (özellikle filtre edilmemiş) SOD aktivitesini arttırmada etkili olduğu fakat kök üzerine ise aktiviteyi düşürücü etkisi belirlenmiştir. Buğday varyetesi Gün 91'den elde edilen bitki yaprak ve köklerinde SOD aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tüm fraksiyonların SOD aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir. Çimento tozuna maruz kalmış *Artemisia spicigera*, *Crambe orientalis* ve *Convolvulus sepium* bitkilerinde, SOD aktiviteleri düşük iken bunun aksine, *Medicago varia*, *Isatis candolleana* ve *Astragalus christianus* bitkilerinde ise SOD aktivitesi yüksek bulunmuştur. Yakın zamanda yapılan diğer bir çalışmada ise çimento tozuna maruz kalmış *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* adlı su bitkileri incelenmiştir. Bu bitkilerin antioksidan enzim faaliyetleri ölçülüp, kontrolleriyle kıyaslandığında SOD enziminin aktivitesi, *P. natans* bitkisinde kontrole göre yüksekken, *L. minor* ve *C. submersum* bitkileri ise düşük bulunmuştur (Erdal ve Demirtas, 2010). Çimento tozuna maruz kalan Halep çamının (*Pinus halepensis*) yapraklarında SOD aktivitesinde önemli bir artış belirlenmiştir (Dziri ve Hosni, 2012). Bu çalışmalar kirliliğe bağlı olarak bitkilerde meydana gelen oksidatif stresin bertaraf edilmesinde antioksidan sistemin faaliyete geçirildiğini ve bitkilerin bu stres çeşidinde bitki türüne bağlı olarak farklı antioksidatif tepkiler gösterdiğini ortaya koymuştur (Mutlu vd., 2009).

Diğer stresler etkisiyle SOD enziminin aktivitesi üzerine yapılmış çalışmalar da mevcuttur. Bitkilerde ROT bileşiklerinin bertaraf edilmesinde etkili antioksidan enzim sistemi içerisinde önemli bir görevi olan süperoksit dismutaz (SOD) enzimi aktivitesine etki eden çevresel (tuz, soğuk, sıcaklık, kuraklık, ozon, besin ve su stresi) ve biyolojik faktörlerle (patojen, allelopati) ilgili de birçok çalışma bulunmaktadır. Çeltik bitkisi tuz stresine maruz kaldığında ise SOD aktivitesinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Lin ve Kao, 2000). Buna ilave olarak, sinameki (*Cassia angustifolia*) ve soya fasulyesi bitkisi ile yapılan çalışmalarda SOD aktivitesi tuz stresi ile artmıştır (Agarwal ve Pandey, 2004; Ghorbanli vd., 2004). Diğer benzer iki çalışmada, tuz

stresine dayanıklı ve hassas olan iki çeşit pamuk (Meloni vd., 2003) ve şeker pancarı (Bor vd., 2003) bitkileriyle yapılan çalışmalarda, hücrel SOD aktivitesinin tuza dayanıklı varyetelerde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Arpa bitkisi su taşkını stresine maruz kaldığı zaman ise kloroplastik SOD aktivitesinin düştüğü gözlenmiştir (Yordanova vd., 2004). Kışlık çavdarla yapılan bir çalışmada 5 haftalık soğuğa uyum süresi sonunda yapraklardaki SOD aktivitesinin kontrollere göre yaklaşık 4 kat arttığı bulunmuştur (Streb vd., 1999). Mutant pamuk bitkisiyle yapılan bir çalışmada SOD aktivitesinin, düşük sıcaklık uygulaması sonucu kontrole göre yaklaşık 3 kat arttığı belirlenmiştir (Korniyev vd., 2001). Alp çiminde aylık olarak SOD aktivitesindeki değişimler takip edilmiş ve havaların soğuduğu sonbahar mevsiminde aktivitenin arttığı tespit edilmiştir (Zhou ve Zhao, 2004). Soğuğa duyarlı olduğu bilinen salatalık ve pirinç bitkilerinde de uygulanan düşük sıcaklığın yapraklardaki toplam SOD aktivitesini arttırdığı bildirilmiştir (Lee ve Lee, 2000; Guo vd., 2006). Sibiryada doğal ortamında takip edilen çamlarda (*Pinus sylvestris*) rizosfer sıcaklığının düşmesine paralel olarak diğer antioksidan enzimlerle birlikte SOD enzim kapasitesinin düştüğü ve buna mukabil dokuda oksitatif stres belirtilerinin görülmeye başladığı belirtilmiştir (Milyutina vd., 2008).

Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen yaprak ve köklerdeki *katalaz (CAT)* aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak CAT aktivitesini azaltmada etkili olduğu belirlenmiştir. Buğday varyetesi Gün 91'den elde edilen bitki yaprak ve köklerinde CAT aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak CAT aktivitesini artırmada etkili olduğu belirlenmiştir. Bu enzim üzerine çimento tozunun doğal ortamındaki bitkiler üzerine etkisi ile ilgili bazı çalışmalar da mevcuttur (Mutlu vd., 2009; Erdal ve Demirtas, 2010). Bu çalışmalarda ilkinde çimento fabrikası etrafındaki doğal olarak yayılış gösteren bitkilerde çimento tozuna bağlı olarak kontrol bitkileriyle kıyaslandığında çimento tozuna maruz kalan bitkilerdeki bitki yapraklarında CAT enziminde de önemli değişimler gözlenmiştir. Çimento tozuna maruz kalmış *Artemisia spicigera*, *Crambe orientalis* ve *Convolvulus sepium* bitkilerinde, CAT aktivitesi yüksek iken bunun aksine, *Medicago varia*, *Isatis candolleana* ve *Astragalus christianus* bitkilerinde CAT

aktivitesi düşük bulunmuştur. Diğer bir çalışmada ise çimento tozuna maruz kalmış *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* adlı su bitkileri incelenip kontrolleriyle kıyaslandığında CAT aktivitesi *L. minor* ve *C. submersum*'da düşükken *P. natans* bitkisinde ise kontrole göre kıyaslanamayacak şekilde yüksek bulunmuştur (Erdal ve Demirtaş, 2010). Son çalışmalardan birinde de çimento tozuna maruz kalan bölgelerde yetişen Halep çamlarının (*P. halepensis*) yapraklarında CAT aktivitesinde önemli bir artış belirlenmiştir (Dziri ve Hosni, 2012). Bu çalışmada kirliliğe bağlı olarak bitkilerde meydana gelen oksidatif stresin bertaraf edilmesinde antioksidan sistemin faaliyete geçirildiğini ve bitkilerin bu stres çeşidinde bitki türüne bağlı olarak farklı antioksidatif tepkiler gösterdiğini ortaya koymuştur (Mutlu vd., 2009).

Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen bitki yaprak ve köklerinde *peroksidaz (POD)* aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının konsantrasyonla orantılı olmayıp, uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak POD aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir. Buğday varyetesi Gün 91'den elde edilen yaprak ve köklerdeki POD aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak POD aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir. POD enzimi üzerine çimento tozunun doğal ortamındaki bitkiler üzerine etkisi ile ilgili bazı çalışmalar da mevcuttur (Mutlu vd., 2009; Erdal ve Demirtaş, 2010). Kontrolleriyle kıyaslandığında çimento fabrikasına yakın bitkilerde kirlilik baskısıyla bitki yapraklarında diğer antioksidan enzimlerde olduğu gibi POD enziminde de önemli değişimler gözlenmiştir. Çimento tozuna maruz kalan *Artemisia spicigera*, *Crambe orientalis* ve *Convolvulus sepium* bitkilerde, POD aktivitesi düşük iken buna karşılık *Medicago varia*, *Isatis candolleana* ve *Astragalus christianus* bitkilerinde POD aktiviteleri yüksek bulunmuştur (Mutlu vd., 2009). Çimento tozuna maruz kalmış *Lemna minor*, *Ceratophyllum submersum* ve *Potamogeton natans* adlı su bitkileri incelendiğinde benzer şekilde POD aktivitesinde de *P. natans* bitkisinde kontrole göre yüksekken, *L. minor* ve *C. submersum* bitkilerinde ise düşük bulunmuştur (Erdal ve Demirtaş, 2010). Yeni çalışmalardan birinde de çimento tozuna maruz kalan Halep çamının (*P. halepensis*) yapraklarında POD aktivitesinde kirlilikle paralel olarak bir artış belirlenmiştir (Dziri

ve Hosni, 2012). Bu çalışmalar kirliliğe bağı olarak bitkilerde meydana gelen oksidatif stresin bertaraf edilmesinde antioksidan sistemin faaliyete geçirildiğini ve bitkilerin bu stres çeşidinde bitki türüne bağı olarak farklı antioksidatif tepkiler gösterdiğini ortaya koymuştur (Mutlu vd., 2009).

Sonuç olarak, diğere stres çeşitlerinde olduğu gibi çimento tozuna bağı olarak oluşan stres durumunda bu reaktif oksijen türlerinin (hidrojen peroksit gibi) etkin bir şekilde ortamdaki uzaklaştırılmasında etkili antioksidan enzimlerin aktivitelerinin artırılmaması sonucu bir hücrenin oksidatif strese girdiğini gösteren en önemli indikatör bileşiklerden olan MDA seviyesi ve buna bağı olarak ta lipid peroksidasyon seviyesi artmıştır. Bu durum hücre zarındaki geçişlerin kontrol dışına çıkmasını bu durumun daha ilerisinde ise hücre ve dokuların ölüme sürüklenmesini tetiklenebileceğini göstermektedir. Çalışılan iki bitkide bu stres çeşidine karşı arpanın daha hassas olduğu bahsedilen bu kriterler değerlendirildiğinde görülmektedir. Zaten bu durum sadece oksidatif stresle ilgili bulgularda değil aynı zamanda çimlenme ve bitki büyüme ve gelişim parametrelerinde de görülmektedir. Buğday bitkisinden elde edilen veriler değerlendirildiğinde bu stresli ortamda özellikle fotosentetik pigmentler açısından arpaya göre daha çok etkilenmiştir. Bu durum buğdayın çimento içerisindeki ağır metallerin klorofil sentezleme mekanizması açısından daha hassas olabileceği gibi toprakta biriken kalkerin klorofil sentezinde önemli bir element olan demirin bitkiye alınımı açısından daha pasif olabileceği düşünülmektedir.

Bu araştırmadan elde edilen önemli sonuçlar ve öneriler:

- Çalışılan bitkiler değerlendirildiğinde çimento tozunun sebep olduğu çimlenme inhibisyonu ile oksidatif stres parametreleri açısından arpa çeşidi buğday çeşidine nazaran daha hassas olduğu görülmüştür. Bu veri bu kirlilik stresine muhtemel maruz kalacak yerlerde ekim önceliği olarak bu buğday çeşidinin tercih edilmesi tavsiye edilmektedir.

- Karşılaştırma fotosentetik pigmentler açısından yapıldığında ise buğday çeşidi arpa çeşidine göre kirlilik stresinde daha fazla etkilenmiştir.
- Her iki bitkide de incelenen parametreler açısından köklerin kirlilik stresine karşı hassasiyeti yapraklardan fazla olmuştur.
- Çok yüksek kirlilik konsantrasyonlarında meydana gelen inhibisyonda/etkide ortamın ozmotik basıncının da etkisinin olması muhtemeldir. Bu yüzden yüksek konsantrasyonlarda görülen etkilerde sadece kirlilik etmenlerinin değil ozmotik etkininde katkısının olduğu düşünülmektedir.
- İncelenen parametrelerin çoğunda filtrede tutulan kirlilik etmenlerinin filtrede tutulmayan ve atmosfere toz olarak verilen etmenlere göre inhibisyon/etki derecesi daha fazladır. Fakat bu etki beklenenin altında gerçekleşmiştir.
- Düşük dozlarda özellikle filtrede atmosfere verilen tozların bazı büyüme parametrelerine olumlu katkısı ise ilginç olarak bulunmuştur.
- Arpada MDA seviyesinin artarak buğdayda artmaması bazı bitkilerde meydana gelen oksidatif stresin bertaraf edilmesinde etkili mekanizmaları (antioksidan sistemi) faaliyete geçirilebildiğini ve bitkilerin bu stres çeşidinde bitki türüne bağlı olarak farklı antioksidatif tepkiler gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu durum buğdayın kirlilik stresine karşı daha dayanıklı olduğu fikrini vermektedir.
- Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen bitki kökleri hidrojen peroksit (H_2O_2) miktarını arttırmada etkili iken yapraklar üzerindeki H_2O_2 miktarında önemli bir değişiklik yapmamıştır. Buğday varyetesi Gün 91'de hem yaprak hem de kökte çimento tozu kirlilik artışına paralel olarak H_2O_2 miktarında önemli bir artış görülmüştür. H_2O_2 seviyesinin stres şartlarında bir miktar artışıyla ilgili olarak, bu uyumun bitkinin stresli şartlara toleransını sağlayıcı metabolik yolları aktive eden bir sinyal molekül olduğu savunulmaktadır.
- Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen bitki yapraklarındaki *süperoksit dismutaz (SOD)* aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak (özellikle filtre edilmemiş) SOD aktivitesini arttırmada etkili olduğu fakat kök üzerine ise aktiviteyi düşürücü etkisi belirlenmiştir. Buğday varyetesi Gün 91'den elde edilen bitki yaprak ve

köklerinde SOD aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tüm fraksiyonların SOD aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir.

- Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen yaprak ve köklerdeki *katalaz (CAT)* aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak CAT aktivitesini azaltmada etkili iken buğday varyetesi Gün 91'den elde edilen bitki yaprak ve köklerinde CAT aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak CAT aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir.
- Arpa varyetesi Tokak'tan elde edilen bitki yaprak ve köklerinde peroksidaz (POD) aktivitesi üzerine, çimento tozu uygulamalarının konsantrasyonla orantılı olmayıp, uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak POD aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir. Buğday varyetesi Gün 91'den elde edilen yaprak ve köklerdeki POD aktivitesi üzerinde ise, çimento tozu uygulamalarının hem konsantrasyona hem de uygulanan tozun çeşidine bağlı olarak POD aktivitesini arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir.
- Bu çalışmada bulunan sonuçlar iki bitki türüne ait birer çeşitle gerçekleştirilmiş olup bazı parametreler açısından değerlendirilmeler yapılmıştır. Bu durumun net olarak ortaya konabilmesi için daha fazla bitki ve daha fazla parametre denenmesinin gerektiği sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abdullah C. M., Iqbal M. Z. "Response of automobiles, stone and cement particulate matters on stomatal colgging of plants", *Geobios*, 18, 196, (1991)
- Ade-Ademilua O.E, Umebese C.E., "The growth of *Phaseolus vulgaris* L. cv. Ife Brown (Leguminosae) in a cement site rich in heavy metals", *Pakistan J. Biol. Sci.* 10: 182 (2007).
- Agarval, S. and Pandey V., "Antioxidant enzyme responses to NaCl stress in *Cassia angustifolia*", *Biologia Plantarum*, 48(4): 555-560 (2004).
- Akkus, İ., "Serbest Radikaller ve Fizyopatolojik Etkiler", *Mimoza Yayınları*, Konya, (1995).
- Ananieva, E.A., Alexieva V.S., Popova L.P., "Treatment with salicylic acid decreases the effects of paraquat on photosynthesis", *J. Plant Physiol.*, 159: 685-693 (2002).
- Angelini, R. and Federico R., "Histochemical evidence of poliamin oxidation and generation of hydrogen peroxide in the cell wall", *J. Plant Physiol.*, 135, 212-217 (1989).
- Angelini, R., Manes F. and Federico R., "Spatial an functional correlation between daimine-oxidase and peroxidase activities and their dependence upon deetilation and wounding in chick-pea", *Planta*, 182: 89-96 (1990).
- Augustin, W., Wiswedel I., Noack H., Reinheckel T. and Reichelt O., "Role of endogenous antioxidants in the defence aganist fñctional damage and lipid peroxidation in rat liver mitochonria", *Molecular and cellular biochemistry*, 174,: 199-205 (1997).
- Baet, S.H., Kwan I.S., Part T.I., Yun S.J., Kim J.K. and Chai K.G., "Activities and isozyme profiles of antioxidant enzymes in intercellular comparment of overwintering barley leaves", *J. Biochem. Mol. Biol.*, 33(5): 385-390 (2000).
- Bakardjieva, N., and Christov K., "Effect of calcium and zinc ions on the sensitivity of peroxidase from moses (*Mnium* sp.) and ferns (*Polydium vulgare*) to hight temperature", *Can. J. Bot.*, 74:, 1665-1670 (1996).
- Banci, L., "Structural properties of peroxidase". *J. Biotech.*, 53: 253-263 (1997).
- Bayhan, Y.K., Yapıcı, S., Kocaman, B., Nuhoğlu, A., Çakıcı, A., "The Effect of Cement Dust on Some Soil Characteristics", *Fresenius Environmental Bulletin*, 11: 1030-1033 (2002).
- Beak, K.H. and Skinner D. Z., "Alteration of antioxidant enzyme gene expression during cold acclimation of near-isogenic wheat lines" *Plant Science*, 165: 1221-1227 (2003).
- Bergmeyer, J. and Grabl, M., "Methods of Enzymatik Analysis (Third Edition)", pp.190-302, *Germany*, (1983)..
- Bidwell, R.G.S., 1974. "Plant Physiology", *Giles, McMillan Co.*, New York, (1974).
- Bilaloğlu R, Yñrekli A.K., "Çimento Tozlarının Zeytin Polenlerinin Çimlenme ve Polen Tñpñ Bñyñmesine Etkisi Üzerine Bir Çalışma" In: *TñBITAK VII. Bilim Kongresi Bildiri Metinleri*, İstanbul, 23-26 (1980).
- Bishop, D.L., "Gene expression of vakuolar peroxidase with stress-induced pathogenesis in wheat sheats", *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 61:, 65-71 (2002).

- Boeuf, G., Legnard B. and Rambour S., "Influence of light conditions on development, apoplastic peroxidase activities and peroxidase activities and peroxidase isoenzymes in chicory root explants", *Physiol. Plant*, 106: 331-336 (1999).
- Boeuf, G., Legnard B. and Rambour S., "Effect of NAA on the development, apoplastic peroxidase activities, and peroxidase isoenzymes in chicory root explants", *J. Plant Physiol*, 158: 963-969 (2001).
- Bor, M., Özdemir F. and Türkan I., "The effect of salt stress on lipid peroxidation in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet *Beta maritima* L.", *Plant Science*, 164: 77-84 (2003).
- Borka, G., "Effects of cement dust on the growth development, major metabolic processes and yield of winter barley in situ and under controlled conditions", *Acta Agronomia Hungarica* 35: 45-52 (1986).
- Brandt, C.J., Rhoades, R.W., "Effects of Limestones Dust Accumulation on Composition of a Forest Community", *Environmental Pollution* 3, 217-225 (1972).
- Brandt, C.J., Rhoades, R.W., "Effects of Limestones Dust Accumulation on Lateral Growth of Forest Trees", *Environmental Pollution* 4, 207-213 (1973).
- Brennan, T., Frenkel C., "Involvement of hydrogen peroxide in the regulation of senescence in pear". *Plant Physiology*, 59: 411-416 (1977).
- Burris, R.H., "Hydroperoxidase (peroxidase and catalase)", In: *Ruhland W.ed. Encyclopedia of Plant Physiology*. Vol. 12. Berlin, Springer-Verlag, 365-400 (1960).
- Cai, Z.Q., Chen Y.J., Guo Y.H. and Cao K.F., "Responses of two field-grown coffee species to drought and re-hydration", *Photosynthetica*, 43 (2): 187-193 (2005).
- Chaparzadeh, N., D'Amico M.L., Khavari-Nejad R.A., Izzo R. and Navari-Izzo F., "Antioxidative responses of *Calendula officinalis* under salinity conditions", *Plant Physiology and Biochemistry*, 42: 695-701 (2004).
- Charbaji, T. and Ayyoubi, Z., "Differential growth of some grapevine varieties in Syria in response to salt in vitro" In vitro *Cellular & Developmental Biology-Plant*, 40(2): 221-224.(2004).
- Chatterjee ve Chatterjee 2000
- Chaudiere, J. and Ferrari-Iliou R., "Intracellular antioxidants from chemical to biochemical mechanism", *Food Chem. Toxicol.*, 37: 949-962 (1999).
- Cheeseman, J. M., "Hydrogen peroxide concentrations in leaves under natural conditions" *Journal of Experimental Botany*, 57: 10, 2435-2444 (2006).
- Chen Z, Gallie D., "The ascorbic acid redox state controls guard cell signaling and stomatal movement", *The Plant Cell*, 16, 1143-1162 (2004).
- Chen, Z., Silva H., Klessig D., "Active oxygen species in the induction of plant systemic acquired resistance induced by salicylic acid". *Science*, 262, 1883-1886 (1993).
- Chettri, M. K., Cook, C. M., Vardaka, E., Sawidis, T. & Lanaras, T. "The effect of Cu, Zn and Pb on the chlorophyll content of the lichens *Cladonia convoluta* and *Cladonia rangiformis*", *Environmental and Experimental Botany*, 39: 1-10 (1998).

- Cireli, B., "Endüstriyel Baca Gazlarının Nif Dağı Vejetasyonuna Etkileri", *Bitki Dergisi* 2, 115-152 (1975).
- Çakmak, I. and Horst W. J., "Effect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*)", *Physiologia Plantarum*, 83; 463-468 (1991).
- Çınar, S., "Mangan ve Demir Stresi Uygulanmış Roka (*Eruca sativa*) Bitkisinde Bazı Antioksidan Enzim Aktivitesindeki ve Lipid Peroksidasyon Düzeylerindeki Değişiminin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Manisa, (2005).
- Darley, E.F. "Studies on the effect of cement kiln dust on vegetation", *J. Air. Pollut. Control. Assoc.* 16: 145-150 (1966).
- De Azevedo Neto, A.D., Prisco J.T., Enéas-Filho J., de Abreu C.E.B., Gomes-Filho E., "Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt-tolerant and salt-sensitive maize genotypes", *Environ. Exp. Bot.*, 56: 87-94 (2006).
- Demiray, H. and A. Esiz Dereboylu, "Elementi ve Niasinin Nantes Havuc (*Daucus carota* L.) Cesidinin Buyumesi Uzerine Etkileri", *Ege Univ. Ziraat Fak. Derg.*, 42 (1): 191-201 ISSN 1018-8851 (2005).
- De Vos, C.H.R., Schat H., Waal M. A. M., Vooijs R. and Ernst W.H.O., "Increased resistance to copper induced damage of the root cell plasmalemma in copper tolerant *Silene cucubalus*", *Physiol. Plant.*, 82: 523-528 (1991).
- De Vos, C.H.R., Vooijs R., Schat H. and Ernst W.H.O., "Copper induced damage to permeability barrier in roots of *Silene cucubalus*", *Physiol. Plant* 135: 165-169 (1989).
- Dziri, S. and Hosni, K., "Effects of cement dust on volatile oil constituents and antioxidative metabolism of Aleppo pine (*Pinus halepensis*) needles", *Acta Physiol Plant* DOI 10.1007/s11738-012-0962-6 (2012).
- Erdal, S., and Demirtas, A., "Effects of cement flue dust from a cement factory on stress parameters and diversity of aquatic plants", *Toxicology and Industrial Health* 26(6) 339-343 (2010).
- Eyidoğan, F.İ., Öktem H.A. and Yücel M., "Superoxide dismutase activity in salt stressed wheat seedlings", *Acta Physiologia Plantarum*, 25: 263-269 (2003).
- Foyer, C.H., Lopez-Delgado H., Dat J.F. ve Scott I.M., "Hydrogen peroxide and glutathione associated mechanisms of acclimatory stress tolerance and signalling", *Physiol. Plant.*, 100: 241-254 (1997).
- Fridovich, I., "Superoxide Radical and Superoxide Dismutases", *Annu. Rev. Biochem.*, 64: 97-112 (1995).
- Gechev, T., Gadjev I., Van Breusegem F., Inze D., Dukiandjiev S., Taneve V. and Minkov I., "Hydrogen peroxide protect tobacco from oxidative stress by inducing a set of antioxidant enzymes", *CMLS*, 59: 708-714 (2002).
- Ghorbanli M., Ebrahimzadeh H., Sharifi M., "Effects of NaCl and mycorrhizal fungi on antioxidative enzymes in soybean", *Biologia Plantarum*, 48: 575-581 (2004).
- Gong, Y., Toivonen P.M.A., Lau O.L. and Wiersma P.A., "Antioxidant system level in 'Braeburn' apple in related to its browning disorder", *Bot. Bull. Acad. Sin.*, 42: 259-264 (2001).

- Guo, Z., Ou, W., Lu S., Zhong Q., “Differentail responses of antioxidative system to chilling and drought in four rice cultivars differing in sensitivity”, *Plant Physiol. Biochem.*, 44: 828-836 (2006).
- Guo, T.R. ve Zhang, G.R., “Physiological Changes in Barley Plants Under Combined Toxicity of Aluminum, Copper and Cadmium, Colloids and Surfaces”, *B: Biointerfaces*, 57, 82–188 (2007).
- Gupta A. K., Mishra R. M. “Effect of lime kilns air pollution on some plant species”, *Pollut. Res.* 13, 1, (1994).
- Güler, N.S., ”*Ctenanthe setosa*’da yaprak kıvrılması sırasında apoplastik ve simplastik alanlarda antioksidan sistemde meydana gelen değişimler”, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon (2008).
- Güven, A., “Effects of Cement Dust on the IAA and ABA Content of Some Plants.” In: Öztürk MA (ed.), *International Plants and Pollutants in Developed and Developing Countries Symposium*, 22-28 August 1988, Izmir, Ege Univ. Press, 545-548 (1989).
- Hale, M.G., Orcutt D.M., ”The physiology of plants under stress”, *John Wiley and Jons*, 206p. New York (1987),
- Halliwell, B., “The toxic effects activated oxygen on plant tissues”, 89-123 (1982).
- Halliwell, B. “Free radicals and antioxidants: A personal view”, *Nutri. Rev.* 52: 253-265 (1994).
- Halliwell, B., Clement M. and Long L., “Hydrogen peroxide in the human body”, *FEBS Letters*, 486: 10–13 (2000).
- Harlan, J.R., Zohary D., ”Distribution of wild wheats and barley” *Science*, (4), 1074-1079 (1966).
- Havir, E.A. and Mchale N.A., “Biochemical and developmental characterization of mutiple forms of catalase in tobacco leaves”, *Plant Physiol.*, 84: 1291-1294 (1987).
- Işıklı, B., Demir, T.A., Akar, T., Berber, A., Urer, S.M., Kalyoncu, C., Canbek, M. “Cadmium exposure from the cement dust emissions: A field study in a rural residence”. *Chemosphere* 63: 1546 (2006).
- Iqobal, M.Z., Shafüg, M., “Periodical Effect of Cement Dust Pollution on the Growth of Some Plant Species”, Turk J Bot 25 19-24 *TÜBİTAK* (2001).
- İren, S., Katircioğlu, YZ., “Çorum Çimento Fabrikası bacalarından çıkan fırın tozlarının bazı kültür bitkilerinin sağlığına etkileri üzerinde araştırmalar”, *Doğa Bilim Dergisi* D 2, 8, 2, 147-159. Aebi, H., 1974. Catalase, in: H.U. Bergmeyer (Ed), *Methods of enzymatic analysis*, Varley, Chemie/ Academic Pres, 680 p, Weinheim/ New York (1984).
- Janda T., Szalai G., Rios-Ganzalez K., Veisz O. and Paldi E., “Correlation between frost tolerance and antioxidant activitiesin cereals”, *Acta Biologica Szegediensis*, 46(3-4), 67-69 (2002).
- Janda, T., Szalai G., Rios-Gonzales K., Veisa O. and Paldi E., “Comparative study of frost tolerance and antioxidant activity in cereals”, *Plant Science*, 164: 301-306 (2003).

- Kachroo, A., He Z, Paktar R., Zhu Q., Zhong J., Li D., Ronald P., Lamb C., Chattoo B., "Induction of H₂O₂ in transgenic rice leads to cell death and enhanced resistance of both bacterial and fungal pathogens", *Transgenic Research*, 12: 577-586 (2003).
- Kadıoğlu, A., Bitki Fizyolojisi. Trabzon, (2004).
- Kadıoğlu, A., Bitki Fizyolojisi. Trabzon, (2011).
- Kaminska-Rozek, E., Pukacki P.M., "Effect of freezing desiccation on cold hardiness, ROS, membrane lipid levels and antioxidant status in spruce seedlings", *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 74(3): 218-228 (2005).
- Kang, H.M., Saltveit M.E., "Activity of enzymatic antioxidant defence systems in chilled and heat shocked cucumber seedlings radicles", *Physiol. Plant.* 113, 548-556 (2001).
- Kang, H.M., Saltveit M.E., "Antioxidant enzymes and DPPH-radical scavenging activity in chilled and heat shocked rice (*Oryza sativa* L.) seedlings radicles", *J. Agric. Food Chem.* 50: 513-518 (2002).
- Kantarıcı, D., "Hava Kirliliğinin Bitkiler Üzerine Doğrudan ve Dolaylı Etkileri", *İ.T.Ü., II. Hava Kirlenmesi, Modellenmesi ve Kontrolü Sempozyumu*, s. 234-251 (1995).
- Kappen, L., "Ecological significance of resistance to high temperature", *Physiological*, 12 A, 439-474 (1981).
- Karanlık, S., "Değişik buğday genotiplerinde tuz stresine dayanıklılık ve dayanıklılığın fizyolojik nedenlerinin araştırılması", Doktora Tezi, *Ç.Ü. Fen Bil. Enst.*, Adana, (2001).
- Katircioğlu, YZ., İren, S., "Çimento Fırın Tozlarının Elma ve Fasulye Bitkilerinin Fotosentezine Olan Olumsuz Etkileri", *Çevre* 6, 31-44 (1988).
- Kaya, Y., "Tohumlu Bitkiler". Erzurum, (2008)
- Keleş, Y., Öncel I., "Response of antioxidative defence system to temperature and water stress combinations in wheat seedlings", *Plant Sci.* 163: 783-790 (2002).
- Kim, K.Y., Kwon S.Y., Lee H.S., Hur Y., Bang C.W., Choi K.S. and Kwak S.S., "Differential expression of four sweet potato peroxidase genes in response to abscisic acid and ethaphon", *Phytochemistry*, 54: 19-22 (2000).
- Kocaçalışkan, İ., "Bitki Fizyolojisi". Kütahya, (2004)
- Kocsy, G., Laurie, R., Szalai, G., Szilágyi, V., Simon-Sarkadi, L., Galiba, G., de Ronde JA., "Genetic manipulation of proline levels affects antioxidants in soybean subjected to simultaneous drought and heat stresses", *Physiol Plant* 124:224-235 (2005).
- Kornyeyev, D., Logan B.A., Payton P., Allen R.D. and Holaday A.S., "Enhanced photochemical light utilization and decrease chilling-induced photoinhibition of photosystem II in cotton overexpressing genes encoding chloroplast-targeted antioxidant enzymes", *Physiologia Plantarum*, 113: 323-331 (2001).
- Kronfuss, G., Wieser G., Havranek W.M., and Polle A., "Effects of ozone and mild drought stress on total and apoplastic guaiacol and lipid peroxidation in current-year needles of young Norway Spruce (*Picea abies* L., Karst)", *J. Plant Physiol.* 148: 203-206 (1996).

- Kukkola, E., Rautio, P., Huttune, S., "Indications in copper- and nickel-exposed Scots pine seedlings", *Environmental and Experimental Botany*, 43: 197-210 (2000).
- Kuru, H.İ., "Arseniğin insan ve bazı canlılarda oksidatif enzimler üzerine etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, (2007).
- Kuşçu, A., "Yazlık ekmeçlik buğday (*Triticum aestivum* L.) veriminde Son çeyrek yüzyılda gerçekleşen ilerlemenin morolojik ve fizyolojik esasları", Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, (2006).
- Lee, D.H. and Lee C.B., "Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays", *Plant Sci.*, 159: 75-85 (2000).
- Leja, M., Mareczek A., Ben J., "Antioxidant properties of two apple cultivars during long-term storage", *Food Chem.* 80: 303-307 (2003).
- Lerman, S., "Cement-kiln Dust and the Bean Plant in-depth Investigation into Plant Morphology, Physiology and Patalogy", *Ph.D. Dissertation, University of California*, Riverside, (1972).
- Levine, A., Tenhaken R., Dixon R.A., Lamb C.J., "H₂O₂ from the oxidative burst orchestrates the plant hypersensitive disease resistance response", *Cell*, 79: 583-593 (1994).
- Lewit, J., "Responses of plants to enviromental stresses", *Academic Press, (1)*, New York, (1980).
- Lin, C.C. and Koa C.H., "Effect of NaCl stress on H₂O₂ metabolism in rice leaves", *Plant Growth Regulation*, 30: 151-155 (2000).
- Lin, K.H., Pai, F.H., Hwang, S.Y., Lo, H.F., "Pre-treating paclobutrazol enhanced chilling tolerance of sweet potato". *Plant Growth Regul.*, 49: 249-262 (2006).
- Lombardi, L., "Copper toxicity in *Prunus cerasifera*: growth and antioxidant enzymes responses of in vitro grown plants", *Plant Sciens*, 168, 797-802 (2005).
- Lukatkin, A.S., "Contribution of oxidative stress to the development of coldinduced damage to leaves of chilling-sensivite plants: 2. the activity of antioxidant enzymes during plant chilling", *Russ. J. Plant Physiol.*, 49: 782-788 (2002).
- Lynch, D. V. and Steponkus P. L., "Plasma membrane lipid alterations associated with cold acclimation of winter rye seedlings (*Secale cereale* L. cv. Puma)", *Plant Physiology*, 83: 761-767 (1987).
- McClung, C.R., "Regulation of catalases in *Arabidopsis*", *Free Radical Bio. Med.*, 23: 489-496 (1997).
- Meloni, D.A., Oliva M.A., Martinez C.A. and Cambraia J., "Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stres", *Environ. and Exp. Botany*, 49: 69-76 (2003).
- Milyutina, I. L., Sudachkova, N. E., Romanova, L.I. and Semenova, G.P., "Effect of Cold Stress in the Rhizosphere on the Activity of Antioxidant Enzymes in the Tissues of *Pinus sylvestris*", *Contemporary Problems of Ecology*, 1(4), 404-408 (2008).

- Minibaeva, F.V. and Gordon L.Kh., "Superoxide production and the activity of extracellular peroxidase in plant tissues under stress conditions", *Russ. J. of Plant Physiology*, 50(3), 411-416 (2003a).
- Moon, B. Y., Higashi S., Gombos Z., Murata N., "Unsaturation of the membrane lipids of chloroplasts stabilizes the photosynthetic machinery against low-temperature photoinhibition in transgenic tobacco plants", *Proceedings of the National Academy of Science*, 92: 6219-6223 (1995).
- Mutlu, S., "Tuz stresi ve salisilik asitin buğday yapraklarında apoplastik ve simplastik antioksidan enzimler üzerine etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, (2005)..
- Mutlu, S., Atici Ö., and Kaya, Y., "Effect of cement dust on diversity and antioxidant enzyme activities of plants growing around a cement factory", *Fresenius Environmental bulletin* Feb/Vol 18/No 10/ pages 1923-1827.EB (2009).
- Mutlu S., "Salisilik Asidin Arpada (*Hordeum vulgare* L.) Soğuk Toleransını Sağlama ve Apoplastik ile Simplastik Proteinler Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum (2009).
- Mutlu, S. and Atici, O., "Allelopathic effect of *Nepeta meyeri* Benth. extracts on seed germination and seedling growth of some crop plants", *Acta Physiologiae Plantarum*, 31(1): 89-93 (2009).
- Mutlu, S., Atici, O., Esim, N., Mete, E., "Essential oils of catmint (*Nepeta meyeri* Benth.) induce oxidative stress in early seedlings of various weed species", *Acta Physiologiae Plantarum*, 33(3): 943-951 (2011).
- Mutlu, S., Atici, O., Gulen, Y., "Cement dust pollution induces toxicity or deficiency of some essential elements in wild plants growing around a cement factory" *Toxicology and Industrial Health (in press)* (2012).
- Nanos, G.D. and I. Ilias.F., "Effects of inert dust on olive (*Olea europaea* L.) leaf physiological parameters", *Environ Sci. Pollut. Res. Int.* 14(3):212-4 (2007).
- Nishiyama, Y., Ikeda, H. and Haramaki, N., "Oxidative stress is related to exercise in tolerance in patients with heart failure", *Am. Heart. J.*, 135, 115 (1998).
- Öktem, H.A., Eyidogan, F., Demirba, D., Bayrac, A.T., Oz, M.T., Ozgur, E., Selcuk, F., Yucel, M., "Antioxidant responses of lentil to cold and drought stres", *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology*, 17(1): 15-21 (2008).
- Öz ve Karasu 2007
- Özbay, O., Bayhan, YK., "Çimento Toz Emisyonlarının Bazı Bitkilerin Büyüme ve Metabolik Olaylarına Etkileri Üzerinde İncelemeler", in: Ayvaz, Z., *I. Uluslar arası Çevre Koruma Sempozyumu Bildirileri, Çevre Kirliliği ve Kontrolü*, 2, İzmir, 302-314 (1991).
- Özcan, S., Gürel, E. and Babaoğlu, M., "Bitki Biyoteknolojisi". *S.Ü. Vakfı Yayınları*, (2001).
- Özata, A., and Türe, C., "Bitkilerde Fotosentez ve Solunum", Eskişehir, (2009).
- Orozco-Cardenas, M., Narva'ez-Va'squez, J. and Ryan, C., "Hydrogen peroxide acts as a second messenger for the induction of defense genes in tomato plants in response to wounding, systemin, and methyl jasmonate", *The Plant Cell*, 13: 179-191 (2001).

- Otter, T., Polle, A., "Characterisation of acidic and basic apoplastic peroxidases from needles of Norway Spruce (*Picea abies*, L., Karsten) with respecth to lignifying substrates", *Plant Cell Physiol*, 38(5):595-602 (1997).
- Padu, E., "Apoplastic peroxidases, ascorbat and lignification in relation to nitrate supply in wheat stem", *J. Plant Physiol*, 154: 576- 583 (1999).
- Pajenkamp H "Einwirkung des Zementofenstaubes auf Pflanzen und Tiere", *Zement-Kalk Gyps* 14, 3, 88-95 (1961).
- Pandey, D.D and Kumar, S., "Impact of cement dust pollution on biomass, chlorophyll, nutrients and grain characteristics of wheat", *Environ Ecol*. 14:872-875 (1996).
- Parida, A.K., Das, A.B., "Salt tolerance and salinity effects on plants: a review", *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60, 324-349 (2005).
- Parish, S.B., "The Effect of Cement Dust on Citrus Trees", *Plant World* 13, 12, 288-291 (1910).
- Patykowski, J. and Urbanek, H., "Activity of enzymes related to H₂O₂ generation and metabolism in leaf apoplastic fraction of tomato leaves infected with *Botrytis cinerea*", *Journal of Phytopathology*, (151), 153-161 (2003).
- Peirce, G.J., "On Effect of Cement Dust on Orange Trees", *Plant World* 13, 12, 283-287 (1910).
- Phalsson, A.M.B., "Toxicity of heavy metals (zn, cu, cd, pb) to vascular plants", *Water, Air, Soil Pollut* 47: 287-19 (1989).
- Polle, A., Otter, T., Seifert, F., "Apoplastic peroxidase and lignification in needles of Norway Spruce (*Picea abies*, L.)", *Plant Physiol*. 94: 312-319 (1994).
- Porra, R.J., Thompson, W.A. and Kriedemann, P.E., "Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standarts by atomic absorption spectroscopy", *Biochimica et Biophysica Acta*, 975; 384-394 (1989).
- Posmyk, M.M., Bailly, C., Szafranska, K., Janas, K.M., Corbineau, F., "Antioxidant enzymes and isoflavonoids in chilled soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) seedlings", *J. Plant Physiol.*, 162: 403-412 (2005).
- Prasad, M.S.V. and Inamdar, J.A., "Effect of cement kiln dust pollution on groundnut", *Indian Bot. Cont.* 7, 159, (1990).
- Raajasubramanian, D., Sundaramoorthy, P., Baskaran, L., Ganesh, K., Chidambaram, A. and Jeganathan, M., "Cement dust pollution on growth and yield attributes of groundnut (*Arachis hypogaea* L.)", *International Multidisciplinary Research Journal* , 1/1:31-36 (2011).
- Sairam, R.K. and Srivastava G.C., "Induction of oxidative stress and antioxidant activity by hydrogen peroxide treatment in tolerant and susceptible wheat genotypes", *Biologia Plantarum*, 43(3), 381-386 (2000).
- Sairam, R.K., Srivastava, G.C. and Saxena, D.C., "Increased antioxidant activity under elevated temperatures a mechanism of heat stress tolerance in wheat genotypes", *Biologia Plantarum*, 43(2): 245-251 (2000).
- Sakhabutdinova, A.R., Fatkhutdinova, D.R. and Shakirova, F.M., "Effect of salicylic acid on the activity of antioxidant enzymes in wheat under conditions of salination", *Applied Biochemistry and Microbiology*, 40 (5): 501-505 (2004).

- Sala, J.M., "Catalase enzyme activity is related to tolerance of mandarin fruit to chilling", *Postharvest Biol. and Technol.* 20: 81-89 (1998).
- Sala, J.M., Lafunte, M.T., "Involvement of oxidative stress in chilling injury in cold stored mandarin fruits", *Postharvest Biol. and Technol.* 3: 255-261 (2000).
- Salisbury, F.B. and Ross, C.W., "Plant Physiol", *Wadsworth Publishing Company*. California, pp.682, USA, (1992).
- Saruyama, H. and Tanida, M. "Effect of chilling on activated oxygen-scavenging enzymes in low temperature-sensitive and -tolerant cultivars of rice (*Oryza sativa* L.)", *Plant Sci.*, 109: 105–113 (1995).
- Scandalios, J.G., "Oxygen stress and superoxide dismutases", *Plant Physiol.*, (101), 7-12 81993).
- Sencar, Ö., Gökmen, S., Yıldırım, A., Kandemir, N., "Tarla Bitkileri Üretimi", *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*. 3. Ders Kitabı 3, 180-185 (1997).
- Setha, S., Kanlayanarat, S. and Srilaong, V., "Changes in polyamine levels and peroxidase activity 'khakdum' (*Carica papaya* L.) under low temperature storage conditions", *Quality Assurance in Agricultural Produce*, 593-598 (2000).
- Shim, I.S., Momose, Y., Yamamoto, A., Kim, D.W., and Usui, K., "Inhibition of catalase activity by oxidative stress and its relationship to a salicylic acid accumulation in plants" *Plant Growth Regul.* 39: 285-292 (2003).
- Silahlı, M., "Ergani Çimento Fabrikası Baca Partiküllerinin Bitki Örtüsü ve Toprağa Etkisi", *Dicle Üniv. Fen Bil. Enst.* , syf. 29, Diyarbakır, (1998).
- Sivritepe N, Eriş A, "Determination of salt tolerance in some grapevine cultivars (*Vitis vinifera* L.) under *invitro* conditions", *Turkish Journal of Biology* 23: 473-485 (1999).
- Slesak, I., Libik, M., Karpinska, B., Karpinski, S. and Miszalski, Z., "The role of hydrogen peroxide in regulation of plant metabolism and cellular signalling in response to environmental stresses", *Acta Biochim. Pol.*, 54, 39-50 (2007).
- Sotiropoulos, T.E., Dimassi, K.N. and. Tsirakoglou.V., "Effect of boron and methionine on growth and ion content in kiwifruit shoots cultured in vitro", 50 (2): 300-302 (2006).
- Spiteller, G., "Peroxidation of lineoleic acid and its relation to aging and age dependent diseases", *Mechanisms of Ageing and Development*, Vol.122, 617-657 (2001)
- Stahl, W. ve Sies, H., "Introduction: Reactive oxygen species, research monographs", 1-2 (2002).
- Streb, P., Shang W. and Feierabend J., "Resistance to cold-hardened winter rye leaves (*Secale cereale* L.) to photo-oxidative stress", *Plant Cell and Environment*, (22), 1211-1223 (1999).
- Subha, S.J., Dakshinamoorthy, M., "Effect of Cement kiln dust on Sorghum and Blackgram Crops", *Madras Agricultural Journal*, 87 (7-9), 444-446 (2001).
- Sudhakar, C., Lakshmi, A. and Giridarakumar, "Changes in the antioxidant enzyme efficacy in two high yielding genotypes of mulber (*Morus alba* L.) under NaCl salinity", *Plant Science*, (161), 613-619 (2001).
- Şimsek, F., "Serbest oksijen radikalleri, antioksidanlar ve lipid peroksidasyonu", *Türkiye Klinikleri J Pediatr*, 8, (1), 42-47 (1999).

- Taşgın, E., Atıcı, Ö., Nalbantoğlu, B., Popova, L.P., “Effects of salicylic acid and cold treatments on protein levels and on the activities of antioxidant enzymes in the apoplast of winter wheat leaves”, *Phytochemistry*, (67), 710-715 (2006).
- Taşgın, E., “Düşük sıcaklık ve salisilik asidin kışlık buğday yapraklarındaki donma toleransı, oksidatif enzim aktiviteleri ve apoplastik proteinler üzerine etkileri”, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, (2004).
- Tatar, O and Gevrek, M.N. “Influence of water stress on proline accumulation, lipid peroxidation and water content of wheat”, *Asian Journal of Plant Sciences*, 7(4), 409-412 (2008).
- Teixeira, J., and Pereira, S., “High salinity and drought act on an organ- dependent manner on potato glutamine synthetase expression and accumulation”, *Environmental and Experimental Botany*, (60), 121-126 (2007).
- Turan, Ö., “Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşit ve Hatlarının Soğuk Stresine Karşı Toleransını Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametreler ile Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2007).
- Uemura, M., Joseph, R.A. and Steponkus, P.L., “Cold acclimation of *Arabidopsis thaliana*. Effect of plasma membrane lipid composition and freeze-induced lesions”, *Plant Physiology*, (109), 15-30 (1995).
- Uysal, I., Karabacak, E., Tutenocakli, T., “The effects of cement kiln dust emitted from Canakkale cement factory on the growth and yield of the olive trees”, *Ekoloji* 13, 49, 17-24, (2003).
- Vanacker, H., Carver, T.L.W., Foyer, C.H., “Pathogen-induced changes in the antioxidants status of the apoplast in barley leaves”, *Plant Physiol.* 117: 1103-1114 (1998a).
- Vandergrift, A.E., Shannon, L.J., Sallee, E.E., Gorman, P.G., Pork, W.R., “Particulate Air Pollution in the United States”, *J. Air Pollut. Contr. Ass.* 21, 321-328 (1971).
- Velikova, V., Yordanov, I., Edreva, A., “Oxidative stress and some antioxidant system in acid rain-treated bean plants protective role of exogenous polyamines”, *Plant Sci.* 151, 59-66 (2000).
- Velikova, V., Loreto, F., “On the relationship between isoprene emission and thermotolerance in *Phragmites australis* leaves exposed to high temperatures and during the recovery from a heat stress”, *Plant, Cell and Environment* 28, 318–327 (2005).
- Vicente, G.; Martinez, M., Aracil, J., “Integrated biodiesel production: a comparison of different homogeneous catalysts systems”, *Bioresource Tech.*, 92 (3), 297-305 (2004).
- Vijayawar, A., Pandey, G.P., “Effect of Cement dust Pollution on Soybean: Physiological and Biochemical”, *Eco. Env. Conserv.*, 2 (3,4), 143-145 (1996).
- Wang, Y., Nil, N., “Changes in chlorophyll, ribulose biphosphate carboxylase-oxygenase, glycine betaine content, photosynthesis and transpiration in *Amaranthus tricolor* leaves during salt stress”, *J. Hortic. Sci. Biotechnol.*, 75, pp. 623-627 (2000).

- Wood, E. S. and Simith C. A., “Moleculer and Cell Biochemistry”, Chapman & Hail, Hong Kong (1991).
- Wojtaszek, P., “Oxidation burst: an early plant response to pathogen infection”, *Biochemistry*, (322), 681–692 (1997).
- Yadeghari, L.Z., Heidari, R., Carapetian, J., “Cold pretreatment-induced changes in antioxidant enzyme activities and relative water content and soluble sugars in shoots and roots of soybean seedlings”, *Research Journal of Biological Sciences*, 3(1), 68-73 (2008).
- Yağmur, Y., “Farklı Asma (*Vitis vinifera* L.) Çeşitlerinin Kuraklık Stresine Karşı Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Tolerans Parametrelerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, (2008).
- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, S. and Yildiz, K., “Effect of salt stress on antioxidant defense systems, lipid peroxidation, and chlorophyll content in green bean”, *Russian Journal of Plant Physiology*, 55(6), 782–786 (2008).
- Yee, Y., Tam, N.F.Y., Wong, Y.S. and Lu, C.Y., “Growth and physiological responses of two mangrove species (*Bruguira gymnorrhiza* and *Kandelia candel*) to waterlogging”, *Environ. Exp. Bot.*, 1-13 (2002).
- Yılmaz, S., and Ozan, T.S., “Meme kanserli hastalarda lipid peroksidasyonu ve bazı enzim aktiviteleri arasındaki ilişki”, *Türk Biyokimya Dergisi*, 28, (4), 252-256 (2003).
- Yordanova, R.Y., Christov, K.N. and Popova, L.P., “Antioxidative enzymes in barley plants subjected to soil flooding”, *Environ. and Exp. Botany*, (51), 93-101 (2004).
- Zhou, R., Zhao, H., “Seasonal pattern of antioxidant enzyme system in the roots of perennial forage grasses grown in an alpine habitat, related to freezing tolerance”, *Physiologia Plantarum*, (121), 399–408 (2004).

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Erzincan'da doğdu. İlkokul, orta ve lise öğrenimini Erzincan'da tamamladı. 2004 yılında girdiği Dumlupınar Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünden 2009 yılında mezun oldu. 2010 yılında Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladı. 2010-2012 yılları arasında bu öğrenimine devam etmektedir. Ayrıca 2009 yılında özel bir hastanenin laboratuvarında biyologluk görevi yaptı. Ayrıca evlidir.