

**GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GAZİANTEP İLİNDE EKİMİ YAPILAN
EKMEKLİK BUĞDAY ÇEŞİTLERİNDE
(TOSUNBEY, CEYHAN 99) KURŞUN STRESİNİN
FİZYOLOJİK VE MORFOLOJİK ETKİLERİ İLE
KURŞUNA TOLERANS DÜZEYLERİNİN
BELİRLENMESİ**

**BİYOLOJİ BÖLÜMÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**UĞUR ÇOLAK
NİSAN 2009**

**Gaziantep İlinde Ekimi Yapılan Ekmeklik Buğday
Çeşitlerinde (Tosunbey, Ceyhan 99) Kurşun
Stresinin Fizyolojik ve Morfolojik Etkileri ile
Kurşuna Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi**

**Gaziantep Üniversitesi
Biyoloji Bölümü
Yüksek Lisans Tezi**

**Danışman
Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN**

**Uğur ÇOLAK
Nisan 2009**

T.C.
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

Tezin Adı: Gaziantep İlinde Ekimi Yapılan Ekmeklik Buğday Çeşitlerinde
(Tosunbey, Ceyhan 99) Kurşun Stresinin Fizyolojik ve Morfolojik
Etkileri ile Kurşuna Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi
Öğrencinin, Adı Soyadı: Uğur ÇOLAK
Tez Savunma Tarihi: 28.04.2009

Prof. Dr. Ramazan KOÇ
FBE Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylıyorum.

Prof. Dr. Mehmet ÖZASLAN
Enstitü ABD Başkanı

Bu tez tarafımda okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN
Tez Danışmanı

Bu tez tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri:

İmzası

Prof. Dr. Saadet D. SAYGIDEĞER (Jüri Başkanı) _____

Doç. Dr. Canan CAN _____

Yrd. Doç. Dr. Ali ÖZKAN _____

Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN _____

Öğr. Gör. Dr. Erdihan TUNÇ _____

ÖZET

GAZİANTEP İLİNDE EKİMİ YAPILAN EKMEKLİK BUĞDAY ÇEŞİTLERİNDE (TOSUNBEY, CEYHAN 99) KURŞUN STRESİNİN FİZYOLOJİK VE MORFOLOJİK ETKİLERİ İLE KURŞUNA TOLERANS DÜZEYLERİNİN BELİRLENMESİ

ÇOLAK, Uğur
Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Bölümü
Tez Yöneticisi: Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN
Nisan 2009, 56 sayfa

Bu çalışmada, toksik metallere kurşunun farklı derişimlerinin (0, 10, 100 mg/L) ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99’da meydana getirdiği fizyolojik ve morfolojik değişiklikler araştırılmıştır. Kontrol bitkilerde dikkate değer morfolojik semptomlar oluşmazken, özellikle 100 mg/L’lik kurşun derişiminde yapraklarda lokal kahverengileşmeler ve kloroz oluştuğu görülmüştür. Kurşun stresinin buğdaylarda büyüme ve gelişmeyi engellediği yapılan kök ve yeşil aksam uzunlukları ve ağırlık ölçümleri sonucunda belirlenmiştir. Buğday çeşitlerinin kök ve yeşil aksamlarının Pb derişimleri, uygulanan Pb’nin artan derişimiyle birlikte artmıştır. Yapılan karşılaştırmaya göre, kök ve yeşil aksamlarındaki en yüksek Pb derişiminin Ceyhan 99’un 100 mg/L’lik derişiminde ölçülmüştür. Kurşun stresi buğdayların pigment miktarlarını da azaltmıştır. Fakat her iki çeşitte de karotenoid miktarlarındaki azalmalar önemsiz olmuştur. Protein miktarları da her iki buğday çeşidinin kök ve yeşil aksamlarında artan Pb uygulamasıyla azalmıştır. Tosunbey’in kök ve yeşil aksamlarının fenolik bileşik miktarlarında azalmalar olmuşken, Ceyhan 99’da artışlar belirlenmiştir. Buğday çeşitlerinin dokularında askorbik asit miktarlarında genelde artışların olması, protein olmayan –SH grup ve prolin miktarlarında artan Pb birikimi ile birlikte artmış olması, bunların kurşun stresinde rollerinin olduğunu gösterebilir.

Anahtar Kelimeler: Fizyolojik etki, morfolojik etki, kurşun stresi, Tosunbey, Ceyhan 99

ABSTRACT

PHYSIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL EFFECTS OF LEAD STRESS ON BREAD WHEAT VARIETIES (TOSUNBEY, CEYHAN 99) GROWN IN GAZIANTEP AND DETERMINATION OF LEAD TOLERANCE LEVELS

ÇOLAK, Uğur
M.Sc. in Biology Department
Supervisor: Dr. Muhittin DOĞAN
April 2009, 56 pages

In this research, physiological and morphological changes caused by different lead concentrations (0, 10, 100 mg/L), one of toxic metals, on bread wheat varieties Tosunbey and Ceyhan 99 were investigated. Important morphological symptoms did not occur in control plants, while local browning and chlorosis were observed on leaves at 100 mg/L lead concentration. It is determined by root and shoot lengths and weight measurements that lead stress inhibited growth and development in wheat varieties. Pb concentrations of root and shoot of wheat varieties increased by applied Pb concentration. When two varieties were compared, highest Pb concentration in root and shoot was measured at 100 mg/L in Ceyhan 99. Lead stress also decreased pigment amounts of wheat varieties. In both varieties, however, reduction in carotenoid amounts was not important. Protein amounts decreased in root and shoot of both wheat varieties by raising Pb application. Phenolic compound amounts reduced in root and shoot tissues of Tosunbey, while increases were determined in Ceyhan 99. General increase in ascorbic acid amount, enhancement of non-protein – SH group and proline amounts by increasing Pb accumulation in tissues of wheat varieties may show their roles in lead stress.

Key Words: Physiological effect, morphological effect, Tosunbey, Ceyhan 99, lead stress

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve tecrübelerini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN'a,

Deneylemimizin yapılması için imkan sağlayan ve yardımlarını esirgemeyen başta Sayın Prof. Dr. Saadet DEMİRÖRS SAYGIDEĞER olmak üzere, üzerimde emeği olan tüm hocalarıma,

Çalıőmalarımnda yardımlarını gördüğüm değerli arkadaşlarım Doktorant Önder YUMRUTAŐ, Arő. Gör. Feyza Nur KAFADAR, Arő. Gör. Fatih DENİZ, Uzman Biyolog Mustafa PEHLİVAN, Biyolog Pelin OKKIRAN ve Biyoloji bölümü öğrencilerinden Oğuzhan ARIK, Ruően AVŐAR ve Mustafa Onur NAMLI'ya,

İyi ve kötü günlerimde yanımda olan, varlıklarından güç aldığım sevgili annem Selvi ÇOLAK, babam Mustafa ÇOLAK ve kardeşlerim Veli ÇOLAK ve Nermin ÇOLAK'a,

En içten teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa no
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ	vii
BÖLÜM 1: GİRİŞ	1
1.1. Ağır Metal Kirliliğine Neden Olan Etmenler	2
1.1.1. Doğal Etmenler	2
1.1.2. Tarımsal Etmenler	2
1.1.3. Endüstriyel Etmenler	3
1.1.4. Evsel Etmenler.....	3
1.2. Kurşun.....	3
1.2.1. Kurşun Kaynakları.....	4
1.2.2. Bitki Dokularında Kurşunun Birikimi ve Lokalizasyonu.....	4
1.2.3. Kurşunun Tohum Çimlenmesine ve Gelişmeye Etkileri.....	5
1.2.4. Kurşunun Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkileri.....	6
1.2.5. Bitkilerin Kurşuna Sitolojik Yanıtları.....	8
1.3. Çalışmanın amacı.....	9
BÖLÜM 2: LİTERATÜR ÖZETLERİ	11
BÖLÜM 3: MATERYAL VE METOD	14
3.1. Materyal.....	14
3.1.1. Bitki Materyali.....	14
3.1.2. Besin Çözültisi.....	14
3.1.3. Uygulanan Kurşun Derişimleri.....	15
3.1.4. Deney Ortamı ve Düzenegi.....	15
3.2. Metod.....	15
3.2.1. Buğdayların Çimlendirilmesi.....	15
3.2.2. Buğdayların Deney Ortamına Alınması ve Kurşun Uygulanması.....	16

3.2.3. Ölçümler ve tartımlar.....	16
3.2.4. Buğdayların Kök ve Yeşil Aksamalarının Pb Derişimlerinin Belirlenmesi.....	17
3.2.5. Pigment Analizi.....	17
3.2.6. Protein Olmayan –SH Grupların Belirlenmesi	17
3.2.7. Prolin Tayini	18
3.2.8. Protein Analizi.....	18
3.2.9. Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi	18
3.2.10. Askorbik Asit Tayini.....	19
3.2.11. İstatistiksel Analiz.....	19
BÖLÜM 4: ARAŞTIRMA BULGULARI.....	20
4.1. Morfolojik Gözlemler.....	20
4.2. Büyüme oranları.....	23
4.2.1. Kök ve Yeşil Aksam uzunlukları.....	23
4.2.2. Ağırlık Değişimleri.....	25
4.3. Kök ve Yeşil Aksamaların Kurşun Derişimleri.....	28
4.4. Buğday Çeşitlerinin Yapraklarının Pigment Miktarları.....	30
4.5. Protein Olmayan -SH Grup Miktarları.....	31
4.6. Kök ve Yeşil Aksamaların Prolin Miktarları.....	33
4.7. Kök ve Yeşil Aksamaların Protein Miktarları.....	34
4.8. Kök ve Yeşil Aksamaların Fenolik Bileşik Miktarları.....	36
4.9. Kök ve Yeşil Aksamaların Askorbik Asit Miktarları.....	37
BÖLÜM 5: TARTIŞMA VE SONUÇ.....	40
KAYNAKLAR.....	48

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa no
Şekil 3.1. Farklı Pb derişiminin etkisinde yetiştirilen buğday çeşitlerinin araştırma ortamı.....	15
Şekil 4.1. Kurşunun farklı derişimlerinin etkisinde yetiştirilen Tosunbey'in hasat anındaki yapraklarından görünüm.....	20
Şekil 4.2. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in deney sonundaki durumu.....	21
Şekil 4.3. Kurşunun farklı derişimlerinin etkisinde yetiştirilen Ceyhan 99'un hasat anındaki yapraklarından görünüm.....	22
Şekil 4.4. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'in deney sonundaki durumu.....	23

ÇİZELGELER LİSTESİ

	Sayfa no
Çizelge 1.1. Endüstriyel Atık Sulardaki Arıtmadan Önce Rapor Edilmiş Kurşun Seviyeleri.....	4
Çizelge 3.1. Buğdayların su kültürü ortamında yetiştirmek için kullanılan besin çözeltisinin içeriği.....	14
Çizelge 4.1. Çimlenmiş buğday çeşitlerinin su kültürü ortamına aktarılrkenki kök uzunlukları.....	24
Çizelge 4.2. Çimlenmiş buğday çeşitlerinin su kültürü ortamına aktarılrkenki yeşil aksam uzunlukları.....	25
Çizelge 4.3. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in köklerinin taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık / kuru ağırlık oranları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	26
Çizelge 4.4. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in yeşil aksamlarının taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık / kuru ağırlık oranları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	26
Çizelge 4.5. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un köklerinin taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık / kuru ağırlık oranları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	27
Çizelge 4.6. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un yeşil aksamlarının taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık / kuru ağırlık oranları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	28
Çizelge 4.7. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki Pb derişimleri (mg/kg K.A.) ve biyokonsatrasyon faktörleri (BKF) ile istatistiksel değerlendirmesi.....	29

Çizelge 4.8.	Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki Pb derişimleri (mg/kg K.A.) ve biyokonsatrasyon faktörleri (BKF) ile istatistiksel değerlendirmesi.....	30
Çizelge 4.9.	Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in yapraklarının klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoid miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	30
Çizelge 4.10.	Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un yapraklarının klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoid miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	31
Çizelge 4.11.	Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki protein olmayan –SH grup miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	32
Çizelge 4.12.	Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki protein olmayan –SH grup miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	33
Çizelge 4.13.	Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki prolin miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	34
Çizelge 4.14.	Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki prolin miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	34
Çizelge 4.15.	Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki toplam protein miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	35

Çizelge 4.16. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki toplam protein miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi.....	36
Çizelge 4.17. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki toplam fenolik bileşik miktarları ve istatistiksel değerlendirmesi.....	37
Çizelge 4.18. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki toplam fenolik bileşik miktarları ve istatistiksel değerlendirmesi.....	37
Çizelge 4.19. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki askorbik asit miktarları ve istatistiksel değerlendirmesi.....	38
Çizelge 4.20. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki askorbik asit miktarları ve istatistiksel değerlendirmesi.....	39

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde bazı elementlerin üretim ve tüketiminin sürekli artış göstermesi, bunların çevreye yayılma ve bulaşma olasılığını artırmaktadır. Bir element gerek maden cevheri halindeyken gerekse işlenirken doğaya karışabilmektedir. Ayrıca tarımda yüksek üretim için gübre kullanımı da bu olasılığı artırmaktadır (Özbek vd., 1995).

Bazı metallerin canlıların yaşamı ve insan sağlığına eser miktarda da olsa katkısı vardır. EPA (Environmental Protection Agency; Çevre Koruma Örgütü)'nin 1993 yılı öncelikli kirleticiler listesinde 129 kirletici vardır. Bunlardan 13 tanesi metal, diğerleri organik bileşikler, pestisitler, poliklorobifeniller ve birkaç metal olmayan inorganik bileşiklerdir. Bu metaller; Kadmiyum, Kurşun, Antimon, Arsenik, Berilyum, Krom, Bakır, Civa, Nikel, Selenyum, Gümüş, Talyum ve Çinkodur. Bu metaller dünyanın birçok yerinde çevre koruma örgütleri tarafından öncelikli kirleticiler listesine alınmışlardır (Novotny, 1995).

Ağır metaller atomik yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten büyük olan metal ve metaloitler grubu için kullanılan genel bir isimdir. Genellikle kirlilik ve toksisite problemleriyle ilişkili olan Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb ve Zn gibi elementler için kullanılır. Bu grup elementler için alternatif isim iz elementlerdir. Ancak yaygın bir şekilde kullanılmaz. Ağır metaller normal olarak, kayaların ve maden cevherlerinin bünyesinde bulunduğu için yaşayan organizmalarda, sularda, sedimentlerde ve toprakta bulunması doğaldır (Alloway ve Ayres, 1993).

Bitkiler buldukları ortamlardan bazı elementleri bünyelerinde biriktirme yeteneğine sahiptirler. Bazı ağır metaller bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için gereklidir. Bunlar; Mn, Zn, Cu, Mg, Mo ve Ni' dir. Bazı bitkiler ise biyolojik işlevi bilinmeyen ağır metalleri de biriktirmektedirler. Bunlar da; Cd, Cr, Pb, Co, Ag, Se ve

Hg' dir (Raskin vd., 1994). Farklı bitki türleri bu metalleri birlikte ve ayrı olarak yüksek derişimlerde biriktirme yeteneğine sahiptirler. Ayrıca bazı bitki türlerinin yüksek derişimdeki metal düzeylerine tolerans yetenekleri gelişmiştir (Baker ve Brooks, 1989).

Biyokimyasal düzeyde bu metallerin aşırı konsantrasyonlarının neden olduğu olumsuz etkiler ATP ve ADP'nin fosfat gruplarıyla olan reaksiyonları, hücre membranlarının zarar görmesi, SH gruplarıyla olan reaksiyonları, besin elementlerinin yerine geçmesi ve esas metabolitlerle rekabet etmesidir. Organizmalar sahip oldukları homeostatik mekanizmalarıyla çoğu elementin alınmasında ortaya çıkan bu düzensizlikleri tolere edebilirler (Alloway ve Ayres, 1993).

1.1. Ağır Metal Kirliliğine Neden Olan Etmenler

1.1.1. Doğal Etmenler

Sel, rüzgar ve yağmur gibi doğal olaylar sonucu ağır metaller kayalardan aşınarak derelere, nehirlere, buralardan da deniz ve göl gibi su kaynaklarına taşınmaktadır. Toprak ve doğal su kaynaklarının toksik metallerle kirlenmesi sonucunda bu bölgelerde yaşayan organizma grupları önemli zararlar görmektedirler. Ağır metaller toprak, su ve havada organik ve inorganik materyallerle kimyasal bağlar kurarak, ligant denilen kompleks yapıları oluşturmaktadır (Salamons ve Förstner, 1995).

1.1.2. Tarımsal Etmenler

Ağır metaller tarımsal çalışmalarda özellikle yabancı otlar ve tarım zararlılarına karşı geliştirilen yeni tarım ilaçları yapımında kullanılmaktadır. Örneğin bakır, mangan ve çinko fungusit, kurşun ve arsenik ise meyvelerdeki böcek zararlılarına karşı geliştirilen ilaçlarda (insektisit) kullanılmaktadır. Bazı önemli ağır metaller de bitkiler için besin maddesi olarak tarımsal gübrelerin yapısında bulunmaktadır (Alloway ve Ayers, 1993).

1.1.3. Endüstriyel Etmenler

Ağır metallerin en fazla kullanıldığı alan metal endüstrisi olup en çok kirletenler de bunlardır. Örneğin çinko, pirinç elde edilmesinde, demir galvanizlemede, pil sanayiinde kaplanma aşamasında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır (Diels ve Mergeay, 1990).

1.1.4. Eysel Etmenler

Doğal nedenlerden ileri gelen kirliliğin yanı sıra ağır metal kirlenmelerinin asıl nedenini insan kaynakları oluşturmaktadır. Eysel atık sularda ağır metal kirlenmesine neden olanlar arasında özellikle temizlik maddeleri ön plandadır (Alloway ve Ayers, 1993).

1.2. Kurşun

Kurşun, yeryüzündeki doğal kaynaklarda birçok formlarda bulunan ve geniş olarak dağılmış bir iz metaldir (Nriago, 1992). Kurşun derişimleri çevrede insanlar tarafından kullanımının artmasıyla birlikte hızlı bir şekilde artmaktadır. Yoğun şehirleşmenin olduğu yerlerdeki tozda ve endüstriyel atıkların bulunduğu çeşitli alanlarda ve sularda endişe verici Pb düzeyleri rapor edilmiştir. Bitkilerin Pb'yi absorbe ettiği ve dış metal miktarının artışına paralel olarak artan bir şekilde kök, gövde, yaprak, kök modülleri ve tohumlarında Pb'yi biriktirdikleri bilinir (Singh vd., 1997).

Kurşun, bütün bitkilerde doğal olarak bulunmasına rağmen bitki metabolizması için gerekli bir metal değildir (Kabata-Pendias ve Pendias, 1984). Uzun yıllardan beri birçok evsel ve endüstriyel kaynaklar tarafından su yüzeyine Pb boşaltılmış ve bu alanlarda yaşayan bitkiler tarafından sınırlandırılmıştır (Harrison ve Laxen, 1981). Kurşun çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal proseslere etki etmekte, doğal ekosistemi bozmaktadır (Xiong, 1998).

1.2.1.Kurşun Kaynakları

Birçok endüstriyel prosesler çevrede Pb kirliliğine neden olmaktadır. Kurşun içeren endüstriyel prosesler; madencilik, maden tasfiyesi, pestisit üretimi ve gübreleme, belediyelere ait atık sular ve Pb içeren fosil yakıtların yakılmasıdır. Kurşun içeren boyalar, seramikçilik, televizyon camı, pil üretimi, askeri mühimmat, tıbbi cihaz ve elektrikli cihazlar gibi bir çok ticari ürün ve materyaller de Pb kirliliğine sebep olur. Çatı kaplaması ve askeri mühimmatta Pb kullanımı da çok eskiden beri bilinmektedir. Sucul çevrelerdeki Pb'nin ana kaynakları ise kurşunlandırılmış benzin ve madencilik çalışmalarıdır (Prossi, 1989). Endüstriyel atık sularda arıtmadan önce rapor edilen Pb seviyeleri Çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Endüstriyel Atık Sulardaki Arıtmadan Önce Rapor Edilmiş Kurşun Seviyeleri (Harrison ve Laxen, 1981).

Endüstri		Pb (mg/dm³)
Pil Üretimi	Partikül	5-48
	Çözünebilir	0,5-25
Kaplamacılık		0-30
Televizyon Tüpü Üretimi		400
Maden İşlemleri Sular		0,018-0,098
Tetra Etil Pb Üretimi		45
Boya Sanayi		3
Çelik Çalışmaları	Partikül	< 0,05-9,5
	Çözünebilir	0,016-49

1.2.2. Bitki Dokularında Kurşunun Birikimi ve Lokalizasyonu

Kurşun toksisitesinin süresi onun emilimine, taşınmasına ve hücrel lokalizasyonuna bağlıdır. Kurşun bakımından zengin çevrede yetişen hassas bitki türleri organlarındaki yüksek Pb'yi düzenleme yeteneğindedirler (Johnson ve Proctor

1977). Yol kenarında yetişen *Casia tora* ve *C. occidentalis* bitkileri 300 mg/g kuru ağırlıkta Pb biriktirirler (Krishnayappa ve Bedi, 1986). Kurşun birikimi bitki türüne, bitki organına, dış ortamdaki Pb derişimine ve çevredeki diğer iyonların varlığına bağlıdır. *Vigna radiata*'nın simbiyotik kök nodülleri Hoagland besin çözeltisine dışardan Pb eklenmesiyle yapılarına yüksek miktarda metali almış ve dokulardaki Pb düzeyi, dış Pb miktarının artmasına bağlı olarak yükselmiştir. Birçok durumda köklerin filiz ve yapraklara göre daha fazla miktarda metal biriktirdiği rapor edilmiştir. Biriktirilen kurşun miktarı mısır ve bezelye yapraklarında, *Vigna* kök nodüllerinde (Dabas, 1992) ve susam kök ve yapraklarında (Kumar vd., 1993; Bharti ve Singh, 1993) çevredeki metal artmasına bağlı olarak artmıştır. Kök yüzeyine ve hücre duvarına bağlanma nedeniyle filizlere taşınımı genellikle sınırlıdır. Kurşun pirofosfat olarak köklerin hücre duvarında çökelti halinde bulunur. Benzer çökelti halinde gövde ve yapraklarda bulunması belki düşük toksisiteyi daha iyi açıklayabilir (Kabata-Pendias ve Pendias 1984). K_2HO_4 , $CaCl_2$ ve KNO_3 gibi inorganik tuzların varlığı Pb'nin soya fasulyesi tarafından alınımını ve birikimini sınırladığı bulunmuştur (Singh vd., 1994).

Kurşunun hücre içi lokalizasyonu onun toksisitesi için önemli bir kanıttır. Vakuol içinde depolanması herhangi bir zararlı etkiye neden olmaz. Soğan kök uçlarında metalin Pb-ortofosfat olarak nukleolusta lokalize olduğu bildirilmiştir (Tandeler ve Solari, 1969). *Potamogeton pectinatus*'ta olasılıkla Donan dengesi yoluyla metal hücre duvarını sarmaktadır (Sharpe ve Denny, 1976). Aynı zamanda *Lactuca sativa*'da değişen kurşun derişimi kromozomal bölgeyi de etkilediği belirtilmiştir (Sekerka ve Bapak, 1974). Kurşun *Allium cepa* kök ucu hücrelerinde iğ ipliği karmaşasına neden olmuştur (Ahlberg vd., 1972).

1.2.3. Kurşunun Tohum Çimlenmesine ve Gelişmeye Etkileri

Tohum çimlenmesi ve filizlerin erken gelişimi gelecekte bitki hayatında beklenen fizyolojik ve biyokimyasal yolların derecesiyle ilgili ilk kanıttır. Tohum çimlenmesi, depo dokularda (kotiledon ve endosperm) ve embriyonik ekseninde katabolik ve anabolik yolları aktive eden enzimatik reaksiyonun regülasyonu ile başlatılmıştır. Bu yolda tek bir bileşenin etkilenmesiyle bile çimlenme başlar. Topraktaki Pb kontaminasyonunun *Spartina alterniflora* (Morzek ve Funicelli, 1982), *Vigna*

radiata (Dabas, 1992) ve *Oryza sativa*'da (Mukherjee ve Maitra, 1976) tohum çimlenmesini inhibe ettiği bildirilmiştir.

Dış ortamdaki Pb konsantrasyonu ile çimlenmenin inhibisyonu, bu olay için gerekli olan bazı enzimleri engelleyici bir etki yapabilir. Pirinç endosperminde yüksek düzeyde Pb miktarına bağlı olarak proteaz ve amilaz aktivitesinde % 50 civarında inhibisyon bulunmuştur (Mukherjee ve Maitra, 1976). Yulaf filizleri 21 gün süreyle kurşun nitrat içeren besin çözeltisinde yetiştirildiklerinde yaş ağırlıkta % 34, kuru ağırlıkta % 23 ve klorofil içeriğinde % 26 azalma meydana gelmiştir (Fiussello ve Molinari, 1973).

Kurşun bir çok bitki türünde kök gelişimini inhibe etmekte ve sonuçta bitkinin ölümüne neden olmaktadır (Symeonidis vd., 1985). Düşük konsantrasyondaki Pb, marulun kök ve merkezi silindir ve havuç köklerinin sekonder floem gelişimini inhibe ederek sonunda bitkinin ölümüne neden olmuştur (Barker, 1972). Kurşunun bitki gelişimi üzerindeki inhibitör etkisi *Avena* koleoptil analizlerinde kanıtlandığı gibi Pb'nin hücre uzamasında oksin regülasyonunu etkilemesiyle de meydana gelebilir (Lane vd., 1978). *Sesamum indicum* ve *Vigna radiata*'da embriyonik eksenin uzamasında kesin bir düşüş göstermiştir (Kumar vd., 1993; Bharti ve Singh, 1993). Kurşun bitki organlarının taze ve kuru biyokütlesine etkisi bitki türü, bitki organları ve metabolik yollarla ilişkili olarak farklılıklar göstermektedir (Singh vd., 1994).

1.2.4. Kurşunun Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkileri

Yapılan çok sayıda çalışmada, kurşunun çeşitli fizyolojik yolları etkileyen ve inhibe eden bir metal olduğu bildirilmiştir. Kurşuna maruz bırakılan bitkilerde metalin miktarları yükselirken fotosentez ve transpirasyon hızlarının düştüğü gözlenmiştir. Etkilerin (doğrudan ya da dolaylı olarak) stomaların CO₂ direncinin ve su difüzyonunun değişimiyle ilgili olduğu düşünülmektedir (Bazzaz ve Govindjee, 1974). Kurşun iyonları klorofil biyosentezini de (düşük klorofil içeriği nedeniyle) inhibe etmektedir. İnhibe edilmiş fotosentez kısmen yapraklarda azalan klorofil miktarıyla ilişkili olabildiği belirtilmiştir (Balsberg Pahlsson, 1989).

Köklerin yeşil aksamına daha fazla Pb transferine karşı etkili bir bariyer olmasına karşın, gelişme ortamındaki tolerant bitkilerde fotosentezi etkilemek için yüksek derişimde metal gereklidir. *Picea abies* fidelerinde kök uzamasının Pb ile inhibe edilmesine rağmen, net fotosentezde herhangi bir etki elde edilmemiştir. Ayrıca klorofil içeriğinde de bir değişme olmamıştır (Godbold ve Hütterman, 1987). Bunun aksine, kurşunla kontamine edilen toprak kültürlerinde yetiştirilen *Platanus occidentalis* fidelerinde büyüme ve biyokütle azalmasıyla fotosentez ve transpirasyon hızlarını azalması bir arada olmuştur (Carlson vd, 1977).

Fotosentez, kurşun toksisitesine en hassas metabolik olaylardan biridir. Metal fotosentez hızını bitkilerde farklı şekilde etkiler. Yaprakta fotosentez hızını yaklaşık % 50 oranında inhibe ettiği belirtilmiştir. Metalin izole edilmiş kloroplastlarda da fotosentezi engellediği bildirilmiştir (Miles vd., 1972).

Yapraklarda fotosentezin kurşun tarafından azaltılması aşağıdaki sebeplere bağlı olabilir:

- 1-Stomanın kapanması (Rolfe ve Bazzaz, 1975),
- 2-Kloroplastik organizasyonun bozulması (Rebechini ve Hanzelly,1974),
- 3-Fotosentez metabolitlerinin değişmesi (Bazzaz ve Govindjee, 1974; Sarkar ve Jana, 1987),
- 4-Kloroplastlarda Mg ve Mn gibi önemli iyonların Pb tarafından değiştirilmesi,
- 5-Fotosentetik pigmentlerin yeniden sentezinin inhibisyonu. *In vivo* ve *in vitro* pigment moleküllerinin azalması sırasında klorofil ve karotenoitlerin parçalanması (Kumar vd., 1993).

Kurşun tarafından toplam klorofil düzeyinin inhibisyonu yulaf (Fiussello ve Molinari, 1973), su bitkileri (Jana ve Chaudhary,1984), salatalık (Burzynski, 1985), soya fasulyesi (Prasad ve Prasad,1987; Dabas, 1992), mısır ve bezelye (Sinha vd.1988a; Sinha vd.1988b) gibi bazı bitkilerde gözlenmiştir.

Köksüz makrofit *Ceratophyllum demersum* 'un Pb(NO₃)₂ ile muamelesi sunucunda kloroplastta grana ve stromanın azalmasına neden olmuştur (Rebechini ve Hanzely, 1974). Kurşun klorürün PS II aktivitesini ortam pH'sına bağlı olarak inihbe ya da

stimüle ettiği gözlenmiştir. Fotosentetik karbon asimilasyonu için gerekli olan iki enzim (Ribuloz 1,5-bifosfat karbonsilaz ve Ribuloz-5 Fosfat kinaz) ıspanakta 5 mM Pb ile inhibe edilmiştir (Hamppe vd.,1973).

Ağır metallere hassas olduğu bilinen diğer fizyolojik yollar; su ve besin alımınıdır. 2000 mg/L'lik Pb ile yapılan muamelelerde girişin ya da iyonların iyon taşıyıcılara bağlanmasını bloke edilmesiyle genç *Pisum sativum* sürgün ve köklerinde Fe, Mn ve Zn konsantrasyonlarında düşüş olduğu görülmüştür. Ancak ağır metallerin besin içeriği üzerindeki etki dereceleri bitkinin gelişim durumuna bağlı olduğu belirtilmiştir (Balsberg Pahlsson,1989).

Kurşun önemli fonksiyonel grup olarak hareket ettiğinden birçok enzimin aktivitesini etkiler. Kurşunla muamele edilen bitkilerde hidrolitik enzimlerin ve peroksidazın aktivitesinin bozulduğu, senesenste bir artış olduğu görülmüştür. Kurşun muamelesinde çözünebilir protein ve serbest aminoasit içeriğinde de artış gözlenmiştir (Lee vd.,1976).

Kurşunun köklerden filizlere sınırlı miktarda taşınmasından dolayı metale fizyolojik ve biyokimyasal cevaplar da köklerde daha fazla olmuştur. 200 mg/L Pb'ye maruz kalmış *Zea mays*'ta kök/sürgün oranındaki düşüşle beraber, köklerin protein içeriğinde de bir azalma olmuş, ancak sürgünlerde bir değişiklik olmamıştır. PEPC (fosfoenolpiruvat karboksilaz)'nin yapraklardaki aktivitesinin Pb'ye hassas olduğu ve bu derişimdeki gelişimde önemli azalmanın olduğu ortaya çıkmıştır (Balsberg Pahlsson,1989).

Azot asimilasyonu bitkilerde önemli bir metabolik yol olmasına rağmen bu konu ile ilgili çok az çalışma yapılmıştır. Nitrat asimilasyonunda sınırlı oranda sentezlenen bir enzim olan nitrat redüktaz (NR), *Sorghum* yapraklarında 10-100 mM Pb ile inhibe edilmiştir (Venkantraman vd.,1978). Düşük derişimde Pb salatalık filizlerinde NR aktivitesini ve nitrat alımını inhibe etmiştir (Burzynski ve Grabowaski, 1984). Aynı zamanda NR aktivitesi soya (Huang vd., 1974), *Zostera marina* köklerinde, mısır ve bezelye yapraklarında (Sinha vd.,1988a; Sinha vd., 1988b), susam kök ve yapraklarında inhibe edilmiştir. *Triticum aestivum* köklerinde 150 mg/L'lik kurşun uygulamasında NR aktivitesi düşerken, 25 mg/L'lik Pb'de artmıştır (Bhandal ve

Kaur, 1992). *Vinga radiata*'nın bazı türlerinde yaprak ve kökteki NR aktivitesinin metal ihtiyacının karşılanması sırasında farklı yollarla düzenlendiği rapor edilmiştir. Çeşitli konsantrasyonlardaki Pb'nin 24 saat *Hydrilla verticillata* ve *Vallisneria spiralis*'e uygulanması sonrasında NR aktivitesinde önemli bir etkilenme gözlenmiştir (Gupta ve Chandra,1994).

Kurşunun nodülasyon, nitrojenaz ve amonyak asimilasyon enzimleri üzerindeki etkileri kanıtlanmıştır. Bitkilerin metal ihtiyacının karşılanması süresince genç filizlerin yaprak ve sürgünlerinde çözünebilir protein ve total organik azot artmıştır (Singh vd., 1997). Kotiledonda toplam organik azot düşüşüne karşılık kurşun geliştirmekte olan kök ve sürgünlerde yüksek bir translokasyona neden olmuştur. Bitki bölümlerinde muhtemelen azot bileşiklerinin sentezinin azalması nedeniyle kurşun uygulamasında yaşlı filizlerin organik azot içeriği azalmıştır (Sinha vd., 1988a; Sinha vd., 1988b).

1.2.5. Bitkilerin Kurşuna Sitolojik Yanıtları

Kurşun tuzu çözeltilerine ya da organik bileşiklerine maruz kalan bitkilerde hücresel etkilerle ilgili çok sayıda rapor vardır. Kurşun derişiminin ve etkide kalma süresinin artmasıyla beraber tetra etil kurşun hücre bölünmesini inhibe etmektedir. Zarar görmüş hücre organellerinden en fazla etkilenen mitokondridir (Sekerka ve Bapak, 1974). Düşük düzeyde Pb etkisinde *Allium cepa* kök ucu hücrelerinde iğ karmaşası ortaya çıkmıştır. Daha sonra hücre bölünmelerinin sayısı önemli şekilde etkilenmiştir. Kurşun nitrat önemli derecede iğ karmaşasına neden olmasına karşın hücre bölünmesini engellememiştir (Ahlberg vd.,1972). Bu sonuçlar Pb alkil bileşiklerinin inorganik olanlara nazaran hücre fonksiyonları için daha toksik olduğu gösterilmiştir. *Allium sativum* kök ucu hücrelerinde sadece inorganik Pb kullanılarak yapılan benzer bir çalışmada kromozomal anormallikler muamelenin dozu ve süresiyle artmıştır (Dhir vd.,1986).

1.3. Çalışmanın amacı

Gaziantep, sanayi bakımından gelişmiş bir ildir. Gaziantep'teki ekonomik faaliyetler çok değişik sektörlerde sürdürülmekte ve geniş bir ürün yelpazesini içermektedir.

Makarna, un, irmik, mercimek, bulgur, fıstık işleme gibi konuları kapsayan gıda sektöru, pamuk ipliği, akrilik iplik, makine halısı, battaniye, triko örgü, nakış gibi konuları kapsayan tekstil sektöru, plastik sanayi, ürünleri, PVC, polipropilen ürünleri, makine imalat sanayi, deri, kimya, inşaat malzemeleri ve orman ürünleri gibi çok değişik alanlarda üretim yapılmaktadır. Gerek evsel gerekse sanayiden kaynaklanan hava, su ve toprak kirliliği özellikle tarım arazileri için oldukça önemli bir sorundur.

Bilindiği gibi su, toprak ve atmosferin insan aktiviteleri sonucu kirlenmesi günümüzün önemli sorunlarından biridir. Bu kirleticiler arasında inorganik kirleticiler olan ve biyolojik özelliği bulunmayan kurşun da önemli bir yer tutmaktadır. Gaziantep ilinde yoğun sanayinin yanında tarımsal aktiviteler de yapılmaktadır. Nüfus yoğunluğu bakımından da ilimiz oldukça kalabalık olmasından dolayı evsel kökenli atıklar da büyük sorunlar oluşturabilmektedir. İlimiz ve çevresi buğday ekim potansiyeline sahiptir. Bu araştırma, bitki büyüme ve gelişimi için gerekli olmayan ve toksik elementlerden olan kurşunun ekmeçlik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'da meydana getireceği fizyolojik ve morfolojik değişiklikleri ile bu çeşitlerin kurşuna tolerans düzeylerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETLERİ

Gichner vd. (2006), *Nicotiana tabacum* var. *xanthi* ve *Solanum tuberosum* var. *korela*'yı ağır metallerle kirlenmiş ve kirlenmemiş bölgelerde yetiştirmişlerdir. Test edilen topraklarda Cd, Cu, Pb ve Zn gibi ağır metallerin total içerikleri ve test edilen bitkilerin köklerindeki bu metallerin birikimi atomik absorpsiyon spektrometresi tarafından analiz edilmiştir. Ortalama tütün yaprak alanı ve patates bitki ağırlığı kirlenmiş topraklarda yetişen bitkilerde önemli derecede azalmıştır. DNA zararındaki artış kirlenmiş topraklarda kontrol bitkilerine göre oldukça fazla olduğu gözlemlenmiştir. DNA zararı artışı ile tütün ve patates bitkilerinde bazı zararlar gözlemlendiği gibi (büyüme engellenmesi, gelişmeyen yapraklar v.b.) bu artış genellikle nekrotik ve DNA fragmantasyonları ile ilgili olduğu tespit edilmiştir.

Kıran ve Şahin (2005), önemli çevre kirleticilerinden biri olan kurşun ($PbCl_2$)'un mercimek (*Lens culinaris* Medik) tohumlarının çimlenmesi, kök büyümesi ve kök ucu hücrelerinin mitoz bölünmeleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Denemelerde Pb'nin farklı konsantrasyonları (0,125, 0,25, 0,5 ve 1 mM) kullanılmıştır. Düşük Pb konsantrasyonları ile muamele edilen tohumların çimlenmesinde kontrole göre belirgin bir farkın olmadığı, ancak yüksek konsantrasyonlarda çimlenmenin azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca uygulanan tüm konsantrasyonlarda, kök büyümesi kontrole göre engellenmiştir. Kurşunun konsantrasyon artışına paralel olarak, hücre bölünmesinin azaldığı ve çeşitli mitotik anormalliklerin arttığı tespit edilmiştir.

Zengin ve Munzuroğlu (2004), klor tuzu halinde uygulanan bakır ve kurşunun fasulye fidelerinin kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Her iki ağır metalin de fidelerin kök, gövde ve yaprak büyümesini önemli oranlarda engellediği tespit edilmiştir. Ağır metal tuzunun konsantrasyonundaki artış ile kök, gövde ve yaprak büyümesinin inhibisyon oranı arasında bir paralellik görülmüştür. Fidelerin ağır metale maruz kalma süresinin uzaması kök, gövde ve yaprak

büyümesinin takip ettiği belirlenmiştir. Kurşun ve bakır birbiriyle kıyaslandığında bakırın daha toksik olduğu tespit edilmiştir.

Bekiaroglou ve Karataglis (2002) *Menta spicata*'nın klonlarında Pb ve Zn'nin etkilerini araştırmışlardır. Bu bitkiler bu çözeltilerde iki hafta süresince kontrol altında tutulan bir çevrede gözlemlenmiştir. Bitkilerin kök uzunluğu ve alt ve üst yaprakların klorofil içeriği ölçülmüştür. Ayrıca bitki dokularının Pb ve Zn miktarları belirlenmiştir. Metal konsantrasyonlarındaki artış gövde büyümesi kök büyümesi ve klorofil miktarı buna bağlı olarak azalma ile sonuçlandığı tespit edilmiştir. Kök büyümesindeki azalış ile ağır metalin konsantrasyonları arasındaki ilişkinin logaritmik olduğu gözlemlenmiştir. Bitki dokularına kurşunun Zn'den daha fazla girdiği ancak yapraklara Zn'den daha az ulaştığı belirlenmiştir.

Xiong (1998) bir hiper-akümülatör olan *Brassica pekinensis* Rupr.'da Pb alınımının çimlenme ve gelişmeye etkisi araştırılmıştır. Derişim artışına bağlı olarak çimlenme yüzdesinde bir azalma bulunmuştur. Kontrolde çimlenme % 100 iken 1000 mg/mL Pb içeren ortamda % 43.33 olarak bulunmuştur. Aynı şekilde kök ve yeşil aksamındaki uzamanın da Pb artışına bağlı olarak azaldığı bulunmuştur. İki haftalık araştırma periyodunun sonunda organlardaki Pb dağılımına da bakılmıştır. Derişim artışına bağlı olarak kök, gövde ve yapraklardaki metal miktarlarının da arttığı bulunmuştur.

Titov vd. (1996) kurşun ve kadmiyumun arpa ve buğdayda tohum çimlenmesine, kök ve gövdelerin gelişimine olumsuz etkilerin olduğunu gözlemlenmiştir. Bu metallerin düşük doz uygulamalarında ilk günlerde büyüme üzerine engelleyici etki yapmamakla birlikte daha sonraki günlerde bu etkinin derecesinin arttığı gözlemlenmiştir. Her iki metal çalışma süresince sırasıyla kök büyümesi, gövde büyümesi ve tohum gelişimi üzerine azaltıcı etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Arpada Cd'a direnç artarken arpa ve buğdayın her ikisinde Pb'ye direnç benzer şekilde artmıştır.

Mesmar ve Jaber (1991) *Triticum sativum* ve *Lens esculanta*'da yüksek Pb derişimlerinin bazı fizyolojik ve biyokimyasal değişimlere neden olduğunu

saptamışlardır. Her iki türün $Pb(NO_3)_2$ ile filtre kağıdı üzerindeki tohum çimlenme oranları % 60 civarında engellediği görülmüştür. Her iki türün kök ve gövdelerde Pb miktarlarının ölçülmesi ile elde edilen sonuçlara göre köklerde biriken Pb miktarı gövdede biriken Pb miktarından fazla olmuştur. Bu sonuçlar her iki bitki türünde de büyümenin inhibe edildiğini göstermiştir. Ancak kökün büyüme inhibisyonu farklı konsantrasyonlarda gövde büyüme inhibisyonundan daha fazla olduğu belirlenmiştir. Toplam klorofil miktarı Pb uygulamasından sonra her iki türde de azaldığı tespit edilmiştir.

Khan ve Khan (1983), ağır metaller üzerine yapılan bir çalışmada kurşun ve kadmiyumun domates ve patates bitkilerinde kuru madde ve besin derişimlerine etkisine bakılmış, düşük dozlarda kurşun ve kadmiyumun olumlu etkisi, yüksek dozlarda toksik olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ağır metallere karşı domatesin patatesten daha toleranslı olduğu görülmüştür. Her iki bitki için toksisite sıralaması $Cd > Pb$ şeklinde olmuştur.

Bazzaz vd. (1974a)'e göre Pb, Cd, Ni ve Tl'nin düşük konsantrasyonları göreceli olarak ayçiçeği yapraklarının fotosentez ve transpirasyonunu inhibe etmiştir. Etkinin birincil sebebinin stoma fonksiyona bağlı olduğu tespit edilmiştir. Fotosentezin maksimum seviyesi, yaprak dokuları Tl 63 ppm, Cd 96 ppm, Pb 193 ppm ya da Ni 79 ppm konsantrasyonuna ulaştığı zaman % 50 oranında bir azalma olduğu gözlemlenmiştir.

Bazzaz vd. (1974b) yaptıkları çalışmada, kurşun konsantrasyonlarının mısır ve soya fasulyesinin de artan Pb uygulama seviyeleri ile fotosentezde ve transpirasyonda azalmaya neden olduğunu bulmuşlardır. Düşük Pb seviyelerinde mısır bitkisinin soya fasulyesinden daha duyarlı olduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte yüksek kurşun uygulama seviyelerinde soya fasulyelerinin mısırdan daha duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Ortamda 250 mg Pb/bitki olduğu zaman fotosentez soya fasulyesinde maksimum seviyenin % 10'unu sergilerken mısırdan % 47 olduğu tespit edilmiştir. Her iki bitki içinde transpirasyon fotosentezdeki gibi benzer etkilere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Her iki sürecin inhibisyonunun Pb konsantrasyonunun artması sonucu stoma direncinin artmasıyla ilişkili olduğu gözlemlenmiştir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki Materyali

Araştırmada kullanılan ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un tohumları Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Gaziantep İl Müdürlüğünden temin edilmiştir. Çalışmalar başlayana kadar tohumlar +4 °C'de muhafaza edilmişlerdir.

3.1.2. Besin Çözeltisi

Buğday çeşitlerinin yetiştirilmesi için kullanılan besin çözeltisinin içeriği Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Buğdayların su kültürü ortamında yetiştirmek için kullanılan besin çözeltisinin içeriği (Öztürk vd., 2003).

Besin Tuzları		
1	K ₂ SO ₄	0,88 mM
2	KH ₂ PO ₄	0,25 mM
3	MgSO ₄	1,0 mM
4	Ca(NO ₃) ₂	2,0 mM
5	KCl	0,1 mM
6	H ₃ BO ₃	1,0 µM
7	MnSO ₄	0,5 µM
8	CuSO ₄	0,2 µM
9	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄	0,02 µM
10	Fe-EDTA	100 µM
11	ZnSO ₄ .7H ₂ O	1,0 µM

3.1.3. Uygulanan Kurşun Derişimleri

Çalışma için kurşun nitrattan $[Pb(NO_3)_2]$ 1000 mg/L stok çözeltiler hazırlanmıştır. Bu stoktan seyreltmeler yapılarak 10 ve 100 mg/L'lik derişimler hazırlanmıştır.

3.1.4. Deney Ortamı ve Düzenegi

Araştırmada kullanılacak su kültürü kapları 2 litrelik hacimde hazırlanmıştır. Her kaba Şekil 3.1'de görüldüğü gibi buğday çeşitlerinden dörderli demetler yerleştirilecek şekilde delikler açılmıştır. Deney ortamları sürekli olarak komprosör ile havalandırılacak şekilde hazırlanmıştır.



Şekil 3.1. Farklı Pb derişiminin etkisinde yetiştirilen buğday çeşitlerinin araştırma ortamı

3.2. Metod

3.2.1. Buğdayların Çimlendirilmesi

Ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un tohumlarının sağlam olanları dikkatli bir biçimde seçilmiştir. Bu tohumlar daha sonra % 5'lik Sodyum hipoklorit ile sterilize edilmiştir. Bu tohumlar sonra üçer defa distile sudan geçirilerek yüzeylerindeki hipoklorittten arındırılmıştır. Distile sudan geçirilen buğday tohumları kalsiyum nitrat ile ıslatılmış perlit ortamına ayrı ayrı ekilmiştir. Buğdaylar çimlenene kadar daimi karanlık uygulanmıştır. Günlük olarak çimlenme ortamları kontrol edilmiş ve ihtiyaç halinde distile su ile sulanmışlardır.

3.2.2. Buğdayların Deney Ortamına Alınması ve Kurşun Uygulanması

Çimlenme deneyinin 10. gününün sonunda buğday çeşitleri ayrı ayrı olarak 2 litrelik su kültürü kaplarına alınmıştır. Ekmeklik buğday çeşitlerine su kültürü kaplarında Çizelge 3.1'de verilen besin çözeltisi hazırlanmış ve deney ortamında (Şekil 3.1) 10 gün boyunca adaptasyona bırakılmışlardır. Su kültürü kapları kompresör kullanılarak sürekli olarak havalandırılmıştır. Araştırma kontrollü şartlarda 20 ± 2 °C'de ve 16 saat aydınlık, 8 saat karanlık ortamda yapılmıştır. Adaptasyon periyodu sonunda buğday çeşitleri her saksıda dört tekrarlı ve her demette ise dört kök buğday olmak üzere deney üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Kurşunun 0, 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisindeki buğdayların çözeltileri her üç günde bir değiştirilmiştir. Buğdaylar 15 gün boyunca kurşun stresi altında yetiştirilmiştir.

3.2.3. Ölçümler ve tartımlar

Buğday çeşitleri su kültürü kaplarına koyulmadan önce yeşil aksam ve kök uzunlukları cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Aynı şekilde 0, 10 ve 100 mg/L'lik derişimdeki hasat edilmeden önce de kök ve yeşil aksam uzunlukları cetvelle ölçülerek kaydedilmiştir.

Kurşunun 0, 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde yetiştirilen buğday çeşitleri hasat edildikten sonra kökleri dikkatli bir biçimde bol distile su ile yıkanmış ve filtre kağıdıyla kurularak hemen tartılmıştır. Böylece köklerin taze ağırlıkları belirlenmiştir. Yeşil aksamlar ise direk hasattan sonra tartılarak taze ağırlıkları belirlenmiştir. Kök ve yeşil aksamların kuru ağırlıklarını belirlemek için ise örnekler

80 °C’de sabit tartıma kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları hassas terazi kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.4. Buğdayların Kök ve Yeşil Aksamalarının Pb Derişimlerinin Belirlenmesi

Buğday çeşitlerinin kök ve yeşil aksamalarının Pb derişimlerini belirlemek için yaş yakma metodu kullanılmıştır. Kurutularak öğütölmüş örnekler tartılıp 50 mL’lik erlene konmuştur. Üzerine 10 mL konsantre HNO₃ ilave edilmiştir. Erlenlerin ağzı balonla kapatılıp oda sıcaklığında birkaç gün bekletilmiştir. Erlenler daha sonra ısıyı ayarlanabilen ısıtıcı tabla üzerinde düşük ısıda renkli buharlar kayboluncaya kadar yavaş yavaş ısıtılmıştır. Daha sonra ısı biraz yükseltilmiştir. Erlenlerin üzerindeki balonlar alınmıştır. Tortu kalıncaya kadar yavaş yavaş buharlaştırılmıştır. Erlenlere 10 ml HCl ilave edilerek aynı işlem yenilenmiştir. Örneklerin tümü buharlaştıktan ve dipteki tortu kuruduktan sonra erlene konan örnek için 1 M’lik HCl ile sulandırılmıştır. Sulandırılan örneklerdeki Pb derişimleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Perkin Elmer AA400) kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.5. Pigment Analizi

Yıkanmış taze buğday yapraklarından 100 mg alınmıştır. Örnekler porselen havanda 1-2 mL % 80’lik aseton ile yapraktan tüm klorofil alınıncaya kadar homojenize edilmiştir. Daha sonra ekstraktın son hacimi 10 mL olacak şekilde % 80’lik asetonla tamamlanmış ve 3000 rpm’de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Klorofil-a için 662 nm, klorofil-b için 645 nm ve karotenoid için 470 nm’de spektrofotometrede (Cintra 202) asetona karşı okunmuştur. Klorofil-a, klorofil-b ve karotenoid hesaplamaları Lichtentaler ve Wellburn (1985)’e göre yapılmıştır.

3.2.6. Protein Olmayan –SH Grupların Belirlenmesi

Protein olmayan –SH grupların belirlenmesi Cakmak ve Marschner (1992)’e göre yapılmıştır. Tartılan taze bitki materyali 5 mL % 5’lik meta-fosforik içinde homojenize edilmiştir. Homojenizat 15.000 rpm’de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatanttan 500 µL alınmış ve üzerine 2.5 mL fosfat tamponu (pH 7.4)

eklenmiştir. Son olarak 0,5 mL DTNB eklenmiş ve karıştırılmıştır. 20 dakika inkübasyondan sonra hazırlanan örnekler standartlara karşı 412 nm’de spektrofotometrede (Cintra 202) okunmuştur. Standart olarak redükte glutatyon (GSH) kullanılmıştır.

3.2.7. Prolin Tayini

Bitki kök ve yeşil aksamalarının prolin miktarları Bates ve ark. (1973)’larının saptadıkları yöntemle göre belirlenmiştir. Taze bitki materyali tartılmış ve % 3’lük 5 mL sülfosalisilik asit kullanılarak havanda homojenize edilmiştir. Homojenizat 5000 rpm’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatantın 2 ml’si 2 mL asit-ninhidrin ve 2 mL glasiyel asetik asitle test tüpünde karıştırılmıştır. Bu karışım 100 °C’de 1 saat su banyosunda bekletilmiştir. Bu süre sonunda tüpler alınarak buz içerisine sokulmuş ve reaksiyon sonlandırılmıştır. Reaksiyon karışımı 4 mL toluen ile ekstrakte edilmiş ve 15-20 saniye tüp karıştırıcıda çalkalanmıştır. Toluene içeren renkli sıvı oda sıcaklığında bekletilmiş ve 520 nm dalga boyunda spektrofotometrede (Cintra 202) okunmuştur. Standart olarak *L*-Prolin kullanılmıştır.

3.2.8. Protein Analizi

Buğdayların kök ve yeşil aksamalarının protein analizi Lowry ve ark. (1951)’nin saptadıkları yöntemle göre yapılmıştır. 0,5 gram taze materyal 5 mL 0.1 M fosfor tamponunda (pH 7) homojenize edildikten sonra 12000 rpm’de 10 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatanttan 0,3 mL alınmış, üzerine 3 mL alkali çözelti ilave edilip 15 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Sonra 0,3 mL Folin-Ciocalteu ayırıcı eklenerek 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiş ve 750 nm’de okunmuştur. Aynı işlem 0,3 mL distile su kullanılarak tanık için de uygulanmıştır. Standart olarak bovin serum albumin (BSA) kullanılmıştır.

3.2.9. Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi

Buğdayların kök ve yeşil aksamalarının fenolik bileşik miktarları Ratkevicius ve ark. (2003)’na göre belirlenmiştir. 0,5 gram taze bitki materyali tartılmış ve 5 ml 0,1 M fosfor tamponunda (pH 7) homojenize edilmiştir. Homojenizat 12000 rpm’de 10

dakika santrifüj edilmiştir. Sonra süpernatanttan 50 µL alınarak son hacim 1 mL olacak şekilde % 3'lük sodyum karbonat ve 0,3 N Folin-Ciocalteau eklenerek oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiştir. Daha sonra bu örnekler 765 nm'de okunmuştur. Standart olarak Gallik asit kullanılmıştır.

3.2.10. Askorbik Asit Tayini

Buğdayların kök ve yeşil aksamalarının askorbik asit miktarlarının tayini Cakmak ve Marschner (1992)'e göre yapılmıştır. Tartılan taze bitki materyali 5 mL % 5'lik meta-fosforik içinde homojenize edilmiştir. Homojenizat 15.000 rpm'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Süpernatanttan 400 µL alınmış ve üzerine 1 mL fosfat tamponu (pH 7,4) eklenmiştir. Hazırlanan örneğin üzerine 200 µL ditiyotreititol eklenmiş ve karıştırılarak 15 dakika bekletilmiştir. Üzerine 200 µL *N*-etilmalaimid, 800 µL % 10'luk trikloroasetik asit, 800 µL % 44'lük orto-fosforik asit, 800 µL % 4'lük 2,2 Bipiridin ve son olarak 400 µL % 3'lük FeCl₆H₂O eklenerek 50 dakika 40 °C'de inkübasyona bırakılmıştır. Sıcak su banyosundan çıkarılan örnekler karıştırılarak 525 nm'de okunmuştur. Standart olarak askorbik asit kullanılmıştır.

3.2.11. İstatistiksel Analiz

Bu araştırmada tanımlanmış gruplar arasında fark var mıdır hipotezi test edilmiştir. Bu amaçla $\alpha=0,05$ alınmıştır.

Kurulan hipotezde:

H_0 : Gruplar arasında fark yoktur.

H_1 : En az bir grup diğerlerinden farklıdır.

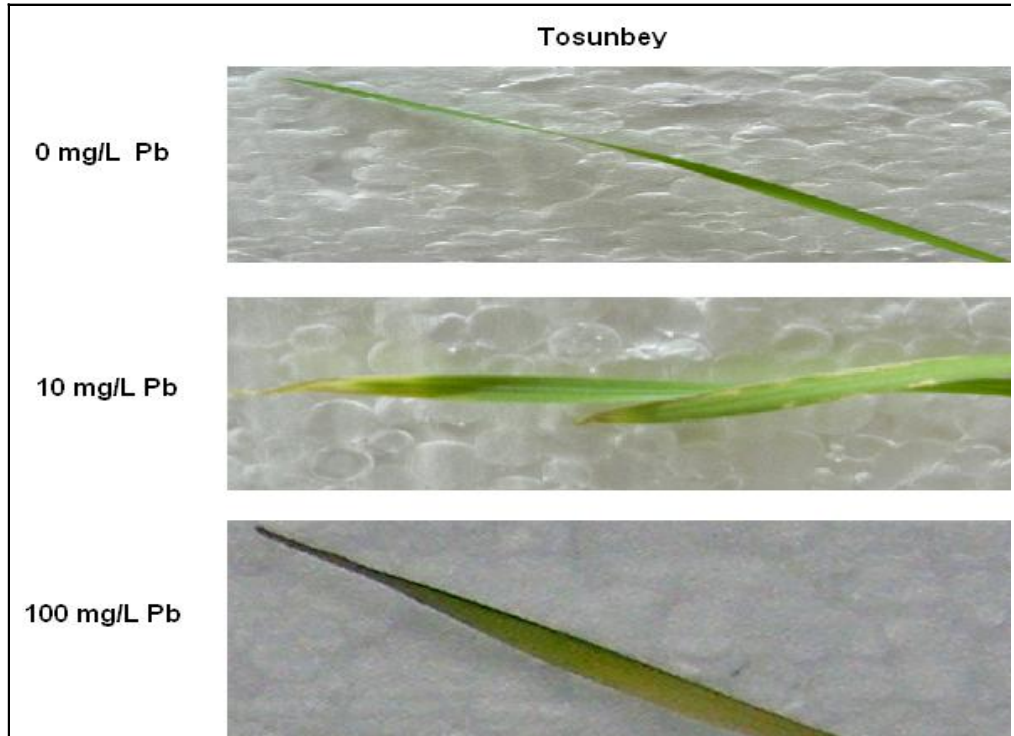
Bu hipotezler SPSS (SPSS 11.0 for Windows) paket programı kullanılarak yapılmıştır. Analizler sonucunda H_0 hipotezi reddedilmiştir. Çünkü gruplardan en az biri farklı bulunmuştur. Hangi grubun ya da grupların farklı olduğunu belirlemek amacıyla One-Way ANOVA LSD testi uygulanmıştır.

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Morfolojik Gözlemler

Kurşunun farklı derişimlerinin etkisinde 15 gün boyunca yetiştirilen ekmeçlik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in deney sonu yapraklarına ait görünümle Şekil 4.1, buğdayların genel görümleri ise Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Deney başlangıcından sonuna kadar günlük morfolojik gözlemler kaydedilmiştir. Kontrol bitkilerde dikkate değeri morfolojik semptomlar oluşmamıştır. Kurşunun 10 ve 100 mg/L'lik streslerinde ise özellikle yaprak uçlarında sararmalar olduğu görülmüştür. Yaprak ayasında yer yer lokal kahverengimsi lekelerin oluştuğı da belirlenmiştir. Özellikle 100 mg/L'lik derişimlerde yapraklarda canlı yeşil görünüm aksine yeşil renkte sararmaların oluştuğı da görülmüştür.



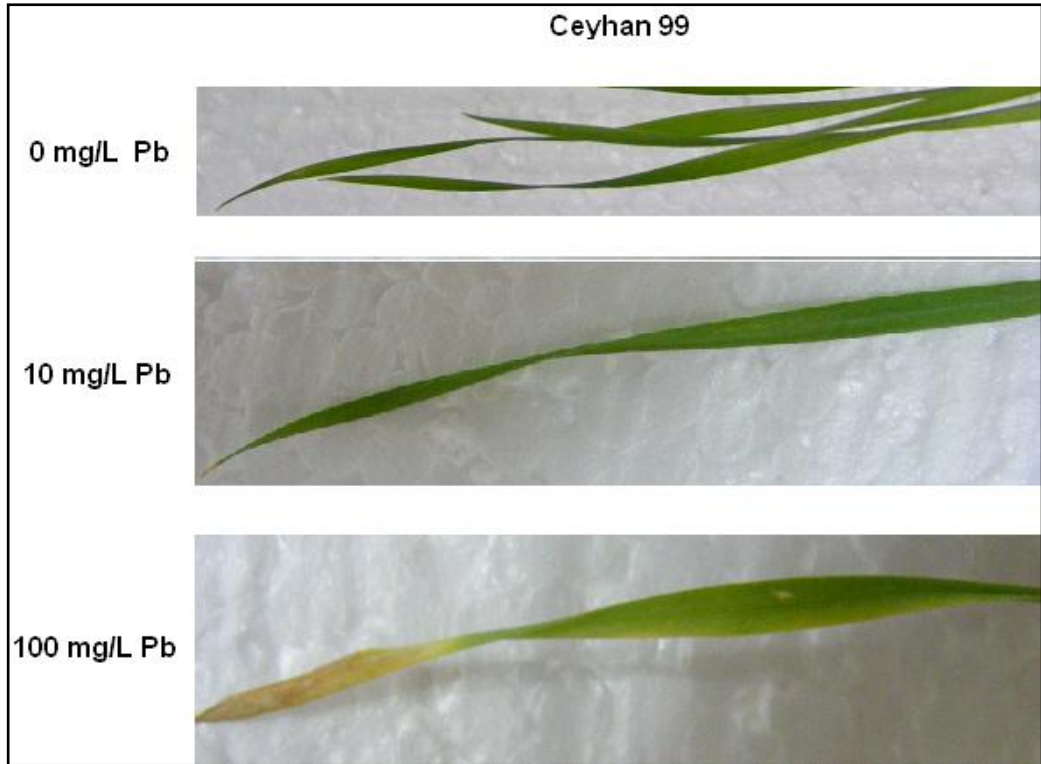
Şekil 4.1. Kurşunun farklı derişimlerinin etkisinde yetiştirilen Tosunbey'in hasat anındaki yapraklarından görünümle.



Şekil 4.2. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in deney sonundaki durumu.

Aynı şekilde Pb'nin farklı derişimlerinin etkisinde 15 gün boyunca yetiştirilen Ceyhan 99'un deney sonu yapraklarına ait görünüm Şekil 4.3'de, buğdayların genel görünümü ise Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Kontrol bitkilerde dikkate değer morfolojik semptomlar oluşmamıştır. Tosunbey'deki Pb toksisitesinden kaynaklanan

semptomların aksine 10 mg/L'lik kurşun derişimlerinde yetiştirilen Ceyhan 99'a ait bitkilerde de kontroldeki bitkilere benzer şekilde dikkate değer toksisite semptomlarının oluşmadığı görülmüştür. Gerçek anlamda toksisite semptomlarının ise özellikle 100 mg/L'lik derişimde olduğu görülmüştür. Yaprak ayasında yer yer lokal kahverengimsi lekeler ve sararmaların olduğu belirlenmiştir. Gerek Tosunbey gerekse Ceyhan 99'da özellikle 100 mg/L'lik derişimde yaprakların taban kısımlarından kırıldığı da görülmüştür.



Şekil 4.3. Kurşunun farklı derişimlerinin etkisinde yetiştirilen Ceyhan 99'un hasat anındaki yapraklarından görünümler.



Şekil 4.4. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'in deney sonundaki durumu

4.2. Büyüme Oranları

4.2.1. Kök ve Yeşil Aksam Uzunlukları

Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinin su kültürüne aktarım anındaki kök uzunlukları ve deney sonu kök uzunlukları ile istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.1'de verilmiştir. Deney süresi sonunda

Tosunbey ve Ceyhan 99'un kontrollerindeki kök uzunluklarının deney başlangıcına göre sırasıyla % 41,4 ve % 55,1'lik bir artış gösterdikleri belirlenmiştir. Buğday çeşitlerinin deney sonunda hesaplanan kök uzunlukları ölçüldüğünde kontrollerine göre önemli azalmaların olduğu belirlenmiştir. Deney sonunda 10 ve 100 mg/L'lik Pb derişimlerinin etkisinde Tosunbey'in kök uzunlukları kontrolüne göre sırasıyla % 13,8 ve % 25,0 düzeyinde azalmıştır ($p<0,05$). Benzer şekilde deney sonunda 10 ve 100 mg/L'lik Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen Ceyhan 99'un kök uzunlukları da kontrolüne göre sırasıyla % 12,0 ve % 16,4 düzeyinde azalmaların olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Çizelge 4.1. Çimlenmiş buğday çeşitlerinin su kültürü ortamına aktarım anındaki ve deney sonundaki kök uzunlukları

Buğday çeşidi	Su kültürüne aktarım anındaki kök uzunluğu (cm)	Deney sonu kök uzunluğu (cm)		
		0 mg/L *	10 mg/L *	100 mg/L *
Tosunbey	13,3±1,4	18,8±1,4 A	16,2±1,0 AB	14,1±2,1 B
Ceyhan99	11,8±1,8	18,3±0,5 a	16,1±1,1 b	15,3±0,6 b

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinin su kültürüne aktarım anındaki yeşil aksam uzunlukları ve deney sonu yeşil aksam uzunlukları ile istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Deney süresi sonunda Tosunbey ve Ceyhan 99'un kontrollerindeki yeşil aksam uzunluklarının deney başlangıcındaki yeşil aksam uzunluğuna göre sırasıyla % 132,9 ve % 118'lik artış gösterdikleri belirlenmiştir. Tosunbey ve Ceyhan 99'un deney sonunda hesaplanan yeşil aksam uzunlukları ölçüldüğünde kontrollerine göre önemli azalmaların olduğu belirlenmiştir. Kurşunun 10 ve 100 mg/L'lik Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen Tosunbey'in yeşil aksam uzunlukları kontrolüne göre sırasıyla % 10,8 ve % 15,8 düzeyinde azalmıştır ($p<0,05$). Benzer şekilde deney sonunda 10 ve 100 mg/L'lik Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen Ceyhan 99'un kök uzunlukları da kontrolüne göre sırasıyla % 12,0 ve % 16,4 düzeyinde azalmaların olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Tosunbey ve Ceyhan 99'un deney sonu göre genel görünümü sırasıyla Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te görülmektedir.

Çizelge 4.2. Çimlenmiş buğday çeşitlerinin su kültürü ortamına aktarım anındaki ve deney sonundaki yeşil aksam uzunlukları

Buğday çeşidi	Su kültürüne aktarım anındaki yeşil aksam uzunluğu (cm)	Deney sonu yeşil aksam uzunluğu (cm)		
		0 mg/L *	10 mg/L *	100 mg/L *
Tosunbey	14,3±1,1	33,3±2,6 A	28,0±1,4 B	24,3±2,4 B
Ceyhan99	12,8±0,8	27,9±0,5 a	24,9±1,1 b	23,5±1,1 b

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.2.2. Ağırlık Değişimleri

Kurşunun farklı derişimlerinin etkisinde 15 gün yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in köklerinin deney periyodu sonundaki taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık/ kuru ağırlık (T.A./K.A.) oranları ile bunların istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.3'te verilmiştir. Tosunbey'in köklerinin yaş ağırlık oranlarında kontrole göre azalmalar olmuştur. Bu azalmalardan sadece 100 mg/L'deki buğday köklerine ait yaş ağırlıklarının kontrole göre % 16.8 ile önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Kurşun stresinde Tosunbey'in köklerinin deney sonu kuru ağırlık ölçümlerinde kontrole göre azalmalar olmuştur. Fakat bu azalmalar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p>0,05$). Tosunbey'in köklerinin T.A./K.A. oranlarının da artan Pb derişimiyle birlikte azaldığı belirlenmiştir. Bu azalmalardan yalnız 100 mg/L'lik derişimdeki oran istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Tosunbey'in yeşil aksamalarının deney periyodu sonundaki taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık/ kuru ağırlık (T.A./K.A.) oranları ile bunların istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.4'te verilmiştir. 10 ve 100 mg/L'lik Pb etkisinde yeşil aksamalarının taze ağırlıkları kontrole göre sırasıyla %24,6 ve %35,4 oranında azaldığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu bulgulara benzer şekilde yeşil aksamalarının kuru ağırlıklarında da önemli azalmalar olmuştur ($p<0,05$). Yeşil aksamaların T.A./K.A. oranlarının da 10 ve 100 mg/L'lik derişimde kontrole göre sırasıyla % 1,1 ($p>0,05$) ve % 10,0 ($p<0,05$) düzeyinde azaldığı belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel

değerlendirmelere göre taze ağırlık ve T.A./K.A. oranlarının verileri arasındaki farklar önemli bulunmuşken, kuru ağırlıklarda önemli bir fark oluşmamıştır.

Çizelge 4.3. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in köklerinin taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık / kuru ağırlık oranları (T.A./ K.A.) ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Taze ağırlık (g) *	Kuru ağırlık (g) *	T.A./ K.A.	*
0	0,369±0,03	0,029±0,01	12,92±0,82	a
10	0,347±0,01	0,027±0,01	12,78±0,43	a
100	0,307±0,01	0,026±0,01	11,63±0,12	b

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Çizelge 4.4. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in yeşil aksamının taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık / kuru ağırlık oranları (T.A./ K.A.) ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Taze ağırlık (g) *	Kuru ağırlık (g) *	T.A./ K.A.	*
0	1,30±0,04	0,16±0,05	8,27±0,22	a
10	0,98±0,15	0,14±0,02	7,22±0,16	b
100	0,84±0,2	0,12±0,01	7,14±0,71	b

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Ceyhan 99'un köklerinin deney periyodu sonundaki taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık/ kuru ağırlık (T.A./K.A.) oranları ile bunların istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Ceyhan 99'un köklerinin yaş ağırlık oranlarında kontrole göre azalmalar olmuştur. 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerdeki bu azalmaların hiç biri kontrole göre önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Aynı şekilde Ceyhan 99'un köklerinin kuru ağırlıklarında da azalmalar olmuştur. Bu azalmalar da istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Bu verilerin aksine Ceyhan 99'un köklerinin T.A./K.A. oranlarının da artan Pb derişimiyle birlikte azaldığı belirlenmiştir. Kurşunun 10 ve

100 mg/L'lik derişimlerindeki bu azalmalar kontrole göre sırasıyla % 12,3 ve % 35,8 oranında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.5. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un köklerinin taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık / kuru ağırlık oranları (T.A./ K.A.) ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Taze ağırlık (g) *	Kuru ağırlık (g) *	T.A. / K.A. *
0	0,45±0,05	a 0,029±0,003	a 15,29±0,60
10	0,44±0,14	a 0,033±0,01	a 13,42±0,51
100	0,27±0,03	a 0,029±0,03	a 9,82±0,44

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Ceyhan 99'un yeşil aksamalarının deney periyodu sonundaki taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık/ kuru ağırlık (T.A./K.A.) oranları ile bunların istatistiksel değerlendirmeleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. 10 ve 100 mg/L'lik Pb etkisinde yeşil aksamaların taze ağırlıkları kontrole göre sırasıyla % 2,7 ($p>0,05$) ve % 25,2 ($p<0,05$) oranında azaldığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Bu bulgulara benzer şekilde yeşil aksamaların kuru ağırlıklarında azalmalar olmuştur. Fakat 10 ve 100 mg/L'lik derişimdeki buğdayların yeşil aksamalarındaki bu azalmaların hiçbiri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Yeşil aksamaların T.A./K.A. oranlarının da 10 ve 100 mg/L'lik derişimde kontrole göre sırasıyla % 7,7 ($p>0,05$) ve % 22,5 ($p<0,05$) düzeyinde azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un yeşil aksamlarının taze ağırlık, kuru ağırlık ve taze ağırlık / kuru ağırlık oranları (T.A./ K.A.) ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Taze ağırlık (g) *	Kuru ağırlık (g) *	T.A./ K.A. *
0	1,51±0,07	a 0,151±0,007	a 9,97±0,15
10	1,47±0,23	a 0,160±0,023	a 9,20±0,54
100	1,13±0,08	b 0,147±0,017	a 7,73±0,60

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.3. Kök ve Yeşil Aksamların Kurşun Derişimleri

Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinin kök ve yeşil aksamlarının kurşun birikimleri Pb standartları ile absorbanlarına ait regresyon denkleminde hesaplanmıştır.

Bulgularımıza göre Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarının Pb derişimleri uygulanan metal derişimiyle birlikte artmıştır (Çizelge 4.7). Kök dokularının kurşun derişimleri 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerde kontrole göre sırasıyla 594,8 ve 861,5 kat arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Farklı derişimlerde Pb uygulaması aynı şekilde yeşil aksamların Pb derişimlerini de önemli düzeylerde artırmıştır. 10 ve 100 mg/L'lik Pb derişimlerinde yeşil aksamlarının kurşun derişimleri sırasıyla 29,6 ve 93,5 kat artmıştır ($p<0,05$). Yapılan istatistik analizine göre (ANOVA) kök ve yeşil aksamlarının Pb derişimlerinin grup içindeki farkları da önemli bulunmuştur ($p<0,001$).

Buğday çeşitlerinin kurşun akümülyasyon kapasitelerini belirlemede kullandığımız biyokonsantrasyon faktörlerine (BKF) göre Tosunbey'in kök ve yeşil aksamların Pb derişimleri artan metal derişimiyle birlikte azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Buna göre kök ve yeşil aksamların en yüksek BKF'nin 10 mg/L'lik derişimde, en düşük BKF'nin ise 100 mg/L'lik derişimde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.7. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki Pb derişimleri (mg/kg K.A.) ve biyokonsatrasyon faktörleri (BKF) ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Kök			Yeşil Aksam		
	Pb derişimi	*	BKF	Pb derişimi	*	BKF
0	2,7±1,3	a		1,8±0,2	a	
10	1606,0±57,2	b	160,6	53,3±8,1	b	5,3
100	2326,1±403,0	c	23,3	168,3±15,8	c	1,7

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarının kurşun birikimleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. Yapılan ölçüm ve hesaplara göre kök ve yeşil aksamlarının Pb derişimleri uygulanan metal derişimiyle birlikte artmıştır. Ceyhan 99'un kök dokularının kurşun derişimleri 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerde kontrole göre sırasıyla 384,8 ve 806,6 kat arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Farklı derişimlerde Pb uygulaması aynı şekilde yeşil aksamlarının Pb derişimlerini de önemli düzeylerde artırmıştır. Kurşunun 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinde yeşil aksamlarının Pb derişimleri sırasıyla 58,4 ve 196,8 kat artmıştır ($p<0,05$). Yapılan istatistik analizine göre (ANOVA) Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarının Pb derişimlerinin grup içindeki farkları da önemli bulunmuştur ($p<0,001$). Yapılan BKF hesaplamalarına göre, Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarının Pb derişimleri artan metal derişimiyle birlikte azaldığı belirlenmiştir. Tosunbey'de olduğu gibi Ceyhan 99'un da kök ve yeşil aksamların en yüksek BKF'nin 10 mg/L'lik derişimde, en düşük BKF'nin ise 100 mg/L'lik derişimde olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamların Pb derişimleri (mg/kg K.A.) ve biyokonsatrasyon faktörleri (BKF) ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Kök			Yeşil Aksam		
	Pb derişimi	*	BKF	Pb derişimi	*	BKF
0	3,3±1,30	a		2,3±0,4	a	
10	1269,8±167,9	b	126,97	134,4±8,7	b	13,4
100	2661,7±613,9	c	26,62	452,7±134,5	c	4,53

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.4. Buğday Çeşitlerinin Yapraklarının Pigment Miktarları

Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in yapraklarının klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoid miktarları ile verilen istatistiksel değerlendirmesi Çizelge 4.9'da verilmiştir. Bulgularımıza göre Tosunbey'in klorofil-a miktarları uygulanan Pb derişimiyle birlikte azalmıştır. 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerdeki bu azalmalar kontrole göre sırasıyla % 1,9 ($p>0,05$) ve % 18,1 ($p<0,05$) olmuştur. Klorofil-b miktarları da artan Pb derişimiyle birlikte azalmıştır. Fakat bu azalmalar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Tosunbey'in yapraklarının toplam karotenoid miktarları da önemsiz düzeyde azalmıştır ($p>0,05$). Yapılan istatistik analizine göre (ANOVA) Tosunbey'in yapraklarının yalnız klorofil-a'nın grup içindeki farkları da önemli bulunmuştur ($p=0,012$).

Çizelge 4.9. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in yapraklarının klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoid miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Pigment miktarı (mg/g T.A.)					
	Klorofil-a	*	Klorofil-b	*	Toplam karotenoid	*
0	1,05±0,04	a	1,16±0,09	a	0,41±0,02	a
10	1,03±0,03	a	1,12±0,15	a	0,38±0,01	a
100	0,86±0,04	b	1,04±0,05	a	0,38±0,03	a

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen Ceyhan 99'un yapraklarının klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoid miktarları ile verilen istatistiksel değerlendirmesi Çizelge 4.10'da verilmiştir. Klorofil-a miktarları uygulanan Pb derişimiyle birlikte azalmıştır. Kurşunun 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisindeki bu azalmalar kontrole göre sırasıyla % 27,4 ve % 29,5 olmuştur ($p<0,05$). Klorofil-b miktarları da artan Pb derişimiyle birlikte azalmıştır. Fakat bu azalmalardan istatistiksel olarak önemli olanı % 15,8 ile 100 mg/L'lik derişimde bulunmuştur ($p<0,05$). Ceyhan 99'un yapraklarının toplam karotenoid miktarlarının da Tosunbey'in karotenoid miktarlarında olduğu gibi kurşun stresi altında istatistiksel olarak önemli bir değişim göstermemiştir ($p>0,05$). Yapılan istatistik analizine göre (ANOVA) Ceyhan 99'un yapraklarının yalnız klorofil-a'nın grup içindeki farkları da önemli bulunmuştur ($p<0,001$).

Çizelge 4.10. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un yapraklarının klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoid miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Pigment miktarı (mg/g T.A.)					
	Klorofil-a	* Klorofil-b	* Klorofil-b	* Toplam karotenoid	*	
0	1,46±0,09	a	1,14±0,10	a	0,37±0,01	a
10	1,06±0,06	b	1,13±0,10	ab	0,36±0,02	a
100	1,03±0,07	b	0,96±0,06	b	0,35±0,03	a

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.5. Protein Olmayan -SH Grup Miktarları

Kurşun derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamaların protein olmayan SH grup miktarları redükte glutasyon (GSH) standartları ile absorbanslarına ait regresyon denkleminde hesaplanmıştır.

Artan kurşun derişimleriyle birlikte Tosunbey ve Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamalarının protein olmayan SH grup miktarların da arttığı belirlenmiştir. Kurşunun uygulamasının 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde Tosunbey'in kök

dokularının SH grup miktarları kontrole göre sırasıyla % 111,2 ve % 220,9 düzeylerinde arttığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.11). Benzer şekilde 10 ve 100 mg/L'lik Pb etkisinde Tosunbey'in yeşil aksamalarının da SH grup miktarlarının kontrole göre sırasıyla % 113,9 ve % 270,3 düzeylerinde arttığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki protein olmayan –SH grup miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Protein olmayan –SH grup miktarı (mg/g T.A.)			
	Kök	*	Yeşil Aksam	*
0	4,02±0,09	a	1,01±0,008	a
10	8,49±0,82	b	2,16±0,28	b
100	12,90±2,37	c	3,74±0,28	c

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Kurşunun uygulamasının 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde Ceyhan 99'un kök dokularının protein olmayan SH grup miktarları kontrole göre sırasıyla % 129,9 ve % 286,5 düzeylerinde arttığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.12). Aynı şekilde 10 ve 100 mg/L'lik Pb etkisinde Ceyhan 99'un yeşil aksamalarının SH grup miktarlarının da kontrole göre sırasıyla % 247,7 ve % 388,5 düzeylerinde arttığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.12). Yapılan istatistiksel analizlere göre Tosunbey ve Ceyhan 99'un köklerinin ve yeşil aksamalarının grup içinde oldukça önemli farkların oluştuğu belirlenmiştir ($p<0,001$).

Çizelge 4.12. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki protein olmayan –SH grup miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Protein olmayan –SH grup miktarı (mg/g T.A.)			
	Kök	*	Yeşil Aksam	*
0	4,08±0,34	a	1,30±0,21	a
10	9,38±1,10	b	4,52±1,05	b
100	15,77±1,28	c	6,35±0,84	c

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.6. Kök ve Yeşil Aksamların Prolin Miktarları

Kurşun derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamların prolin miktarları *L*-prolin standartları ile absorbanlarına ait regresyon denkleminde hesaplanmıştır.

Tosunbey'in kök ve yeşil aksamların prolin miktarlarının kurşun stresli şartlarda arttığı bulunmuştur (Çizelge 4.13). Kurşunun uygulamasının 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde köklerdeki prolin birikimlerinin kontrole göre sırasıyla % 30,3 ($p<0,05$) ve % 24,2 ($p>0,05$) düzeylerinde arttığı belirlenmiştir. Tosunbey'in yeşil aksamlarında köklerine kıyasla daha yüksek prolin biriktirdikleri belirlenmiştir. 10 ve 100 mg/L'lik kurşun stresinde yeşil aksamlarının prolin miktarları sırasıyla % 150,0 ve % 86,0 düzeyinde arttığı bulunmuştur ($p<0,05$). Yapılan istatistiksel analizlere göre ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in köklerinin grup içinde önemli fark oluşmamışken, yeşil aksamlarında ise bu farkın önemli olduğu belirlenmiştir.

Ceyhan99'un kök ve yeşil aksamlarında prolin miktarlarının da kurşun stresli şartlarda arttığı bulunmuştur (Çizelge 4.14). Tosunbey'in prolin miktarlarına benzer olarak Ceyhan 99 da yeşil aksamlarında köklerine kıyasla daha yüksek prolin biriktirdikleri belirlenmiştir. Kurşunun uygulamasının 10 ve 100 mg/L'lik kurşun stresinde kök dokularının prolin miktarları sırasıyla % 8,6 ($p>0,05$) ve % 34,3 ($p<0,05$) düzeyinde arttığı bulunmuştur. 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde

yeşil aksamların prolin birikimlerinin ise kontrole göre sırasıyla % 55,1 ve % 73,9 ($p<0,05$) düzeylerinde arttığı belirlenmiştir. Yapılan istatistiksel analizlere göre ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in köklerinin grup içinde önemli fark oluşmamışken, yeşil aksamalarında ise bu farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamalarında ise grup içinde önemli fark oluştuğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.13. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki prolin miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Prolin miktarı ($\mu\text{mol/g T.A.}$)			
	Kök	*	Yeşil Aksam	*
0	0,33 \pm 0,02	a	0,50 \pm 0,02	a
10	0,43 \pm 0,05	b	1,25 \pm 0,34	b
100	0,41 \pm 0,04	a	0,93 \pm 0,12	b

Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Çizelge 4.14. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki prolin miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Prolin miktarı ($\mu\text{mol/g T.A.}$)			
	Kök	*	Yeşil Aksam	*
0	0,35 \pm 0,02	a	0,69 \pm 0,05	a
10	0,38 \pm 0,05	a	1,07 \pm 0,15	a
100	0,47 \pm 0,07	b	1,20 \pm 0,09	b

Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.7. Kök ve Yeşil aksamaların Protein Miktarları

Kurşun derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamalarının protein miktarları bovin serum albumin (BSA) standartları ile absorbanslarına ait regresyon denkleminde hesaplanmıştır. Tosunbey'in kök ve yeşil aksamalarının protein miktarlarının kurşun stresli şartlarda

azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.15). Kontrol bitkiler dikkate alındığında köklerde yeşil aksamla göre daha yüksek protein miktarlarının olduğu belirlenmiştir. Kurşunun uygulamasının 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde köklerdeki protein birikimlerinin kontrole göre sırasıyla % 14,5 ($p>0,05$) ve % 39,7 ($p>0,05$) düzeylerinde azalmıştır. Köklerdeki bulgulara benzer olarak yeşil aksamların da protein miktarlarında önemli azalmalar olmuştur. 10 ve 100 mg/L'lik kurşun stresinde yeşil aksamlarının protein miktarları sırasıyla % 10,0 ve % 16,8 düzeyinde azaldığı bulunmuştur ($p<0,05$). Yapılan istatistiksel analizlere göre ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in köklerinin grup içinde önemli fark bulunmuşken, yeşil aksamlarında ise bu farkın önemli olmadığı belirlenmiştir.

Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarının protein miktarlarının da kurşun stresli şartlarda azaldığı bulunmuştur (Çizelge 4.16). Tosunbey'in protein miktarlarına benzer olarak Ceyhan 99 da köklerinde yeşil aksamlarına kıyasla daha yüksek protein miktarları belirlenmiştir. Kurşunun uygulamasının 10 ve 100 mg/L'lik kurşun stresinde kök dokularının protein miktarları sırasıyla % 15,3 ve % 28,0 düzeyinde azaldığı bulunmuştur ($p<0,05$). Ceyhan 99'un 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde yeşil aksamlarının protein miktarlarının ise kontrole göre sırasıyla % 13,4 ve % 20,3 düzeylerinde azaldığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Yapılan istatistiksel analizlere göre ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarının grup farkları oldukça önemli bulunmuştur ($p<0,001$).

Çizelge 4.15. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki toplam protein miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Toplam protein miktarı (mg/g T.A.)			
	Kök	*	Yeşil Aksam	*
0	10,7±1,21	a	5,78±0,58	a
10	9,15±0,90	a	5,20±0,16	a
100	7,52±0,62	b	4,81±0,53	b

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Çizelge 4.16. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki toplam protein miktarları ile istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Toplam protein miktarı (mg/g T.A.)			
	Kök	*	Yeşil Aksam	*
0	12,44±1,15	a	6,11±0,42	a
10	10,54±0,30	b	5,29±0,21	b
100	8,96±0,20	c	4,87±0,31	b

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.8. Kök ve Yeşil Aksamların Fenolik Bileşik Miktarları

Kurşun derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarının toplam fenolik bileşik miktarları Gallik asit standartları ile absorbanlarına ait regresyon denkleminde hesaplanmıştır. Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarının toplam fenolik bileşik miktarları kurşun stresli şartlarda azaldığı bulunmuştur (Çizelge 4.17). Kurşunun uygulamasının 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde toplam fenolik bileşik miktarları kontrole göre sırasıyla % 10,0 ($p>0,05$) ve % 19,1 ($p<0,05$) düzeylerinde azaldığı belirlenmiştir. Tosunbey'in yeşil aksamlarının da 10 ve 100 mg/L'lik kurşun stresinde sırasıyla % 30,3 ve % 39,5 düzeyinde azaldığı bulunmuştur ($p<0,05$). Yapılan istatistiksel analizlere göre ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in köklerinin grup içinde önemli fark oluşmamışken, yeşil aksamlarında ise bu farkın önemli olduğu belirlenmiştir.

Kurşun stresi etkisinde Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarının toplam fenolik bileşik miktarları azaldığının belirlenmesine karşın Ceyhan 99'un fenolik bileşik miktarlarında artışların olduğu bulunmuştur. Kurşunun uygulamasının 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde Ceyhan 99'un toplam fenolik bileşik miktarları kontrole göre sırasıyla % 2,33 ve % 17,4 düzeylerinde arttığı belirlenmiştir ($p>0,05$). Ceyhan 99'un yeşil aksamlarının da 10 ve 100 mg/L'lik kurşun stresinde sırasıyla % 25,6 ve % 51,0 düzeyinde arttığı bulunmuştur ($p<0,05$). Yapılan istatistiksel

analizlere göre Ceyhan 99'un köklerinin grup içinde önemli fark oluşmamışken, yeşil aksamalarında ise bu farkın önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarındaki toplam fenolik bileşik miktarları ve istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Toplam fenolik bileşik miktarı (mg/g T.A.)			
	Kök	*	Yeşil Aksam	*
0	0,170±0,014	a	0,950±0,104	a
10	0,153±0,016	ab	0,662±0,015	b
100	0,137±0,007	b	0,575±0,07	b

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Çizelge 4.18. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki toplam fenolik bileşik miktarları ve istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Toplam fenolik bileşik miktarı (mg/g T.A.)			
	Kök	*	Yeşil Aksam	*
0	0,559±0,04	a	0,661±0,05	a
10	0,572±0,05	a	0,830±0,03	b
100	0,656±0,06	a	0,998±0,05	c

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

4.9. Kök ve Yeşil Aksamların Askorbik Asit Miktarları

Kurşun derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un kök ve Yeşil aksamalarının askorbik asit miktarları askorbat standartları ile absorbanlarına ait regresyon denkleminde hesaplanmıştır. Tosunbey'in kök ve yeşil aksamalarının askorbik asit miktarlarının kurşun stresli şartlarda değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Kontrol bitkiler dikkate alındığında yeşil aksamalarda köklere göre daha yüksek askorbik asit miktarlarının olduğu belirlenmiştir. Kurşunun uygulamasının 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde

köklerdeki askorbat miktarlarının kontrole göre sırasıyla 2,5 ve 1,6 kat arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Tosunbey'in köklerinin askorbat miktarlarının aksine yeşil aksamalarının askorbat miktarlarında ise azalmalar bulunmuştur. 10 ve 100 mg/L'lik kurşun etkisinde yeşil aksamalarının askorbat miktarları sırasıyla % 13,4 ($p>0,05$) ve % 40,5 ($p<0,05$) düzeyinde azaldığı bulunmuştur.

Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamalarının askorbik asit miktarlarının kurşun etkisinde arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.20). Tosunbey'de bulunduğu gibi Ceyhan 99'un da kontrol bitkiler dikkate alındığında yeşil aksamalarda köklere göre daha yüksek askorbik asit miktarlarının olduğu belirlenmiştir. Kurşunun 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde köklerdeki askorbat miktarlarının kontrole göre sırasıyla % 72,7 ve % 103,8 düzeylerinde arttığı belirlenmiştir ($p<0,05$). Ceyhan 99'un yeşil aksamalarının askorbat miktarlarının kurşunun 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde kontrole göre sırasıyla % 33,0 ve % 22,5 düzeyinde arttığı bulunmuştur ($p<0,05$).

Çizelge 4.19. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey'in kök ve yeşil aksamalarındaki askorbik asit miktarları ve istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Askorbik asit miktarı ($\mu\text{g/g T.A.}$)			
	Kök	*	Yeşil Aksam	*
0	66,4 \pm 6,7	a	860,8 \pm 115,3	a
10	165,9 \pm 12,0	b	745,7 \pm 74,5	a
100	108,9 \pm 14,3	c	512,0 \pm 58,9	b

Değerler ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

Çizelge 4.20. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamlarındaki askorbik asit miktarları ve istatistiksel değerlendirmesi

Pb derişimi (mg/L)	Askorbik asit miktarı (µg/g T.A.)			
	Kök	*	Yeşil Aksam	*
0	75,9±11,5	a	725,2±44,9	a
10	131,1±17,0	b	964,3±50,4	b
100	154,7±16,2	b	888,3±83,8	b

Değerler ortalama±standart sapma olarak verilmiştir. * Değerlerin yanındaki farklı harfler $p<0,05$ düzeyinde istatistiksel olarak önemi belirtir.

BÖLÜM 5

TARTIŞMA VE SONUÇ

Kurşun en önemli çevre kirleticilerinin arasındadır. Doğal proseslerden başka kurşun içeren benzin, Pb içeren boyalar ve patlayıcılar, madencilik faaliyetleri, evsel atıklar çevrede kurşun kirlenmesine neden olmaktadır (Chaney ve Ryan, 1994). Birçok ülkede düzenli ölçümler yapılmasına rağmen, çevre ve insan sağlığı açısından kurşun hala en önemli kirleticiler arasında yer almaktadır. Modern hayatta kurşun kullanımına duyulan ihtiyaçtan dolayı yakın geleceğe kadar toprakların Pb tarafından kirlenmesinde bir azalmanın muhtemel olmadığı belirtilmektedir (Yang vd., 2000).

Yoğun endüstriyel aktiviteye yakın olan kültür arazilerindeki kurşun derişimlerinde önemli atışlar bulunmuştur. Kurşunla kirlenmiş topraklarda bu metalin birikimi yüzey tabakalarda artmasına karşın daha derinlere doğru azaldığı belirlenmiştir (de Abreu vd., 1998). Kurşun topraktan kolayca alınmakta ve bitkilerin farklı organlarında birikmektedir. Kurşun ile kontamine olmuş topraklarda tahıl üretiminde azalmalar olmakta ve böylece zirai anlamda ciddi problemler ortaya çıkmaktadır. (Johnson ve Eaton, 1980).

Kurşunun bitki büyüme ve gelişmesini engellediği bilinmektedir. Kurşun stresi altında bitkilerin fizyolojik ve morfolojik özelliklerinde değişimler olmaktadır. Kurşun toksisitesinin spesifik olmayan semptomları kök büyümesinin inhibisyonu, cüce büyüme ve klorozdur (Burton vd., 1984). Tosunbey (Şekil 4.1 ve Şekil 4.2) ve Ceyhan 99 (Şekil 4.3 ve Şekil 4.4)'a ait fotoğraflarda da görüldüğü gibi Pb toksisitesi kök ve yeşil aksamlarda büyümeyi özellikle 100 mg/L'lik derişimlerde önemli düzeyde azalmıştır. Özellikle 100 mg/L'lik derişimlerde yapraklarda canlı yeşil görünüm aksine yeşil renkte sararmaların oluştuğu da görülmüştür. Gerek Tosunbey gerekse Ceyhan 99'da özellikle 100 mg/L'lik derişimde yaprakların taban kısımlarından kırıldığı da görülmüştür. Kurşunun enzim aktivitesini, su dengesi, mineral beslenmeyi, hormonal değişimi ve membran permabilitesinde değişime

neden olduğu bilinmektedir. Yüksek derişimlerde ise Pb bitkinin ölümüne yol açabileceği de belirtilmiştir (Ernst, 1998; Seregin ve Ivanov, 1997). Bu gözlemlere göre yüksek derişimdeki Pb'nin buğdayların normal fizyolojik olaylarını bozduğunu ve sonucunda bu semptomlara neden olduğunu söyleyebiliriz.

Kurşun bitki kökleri tarafından çözeltilerinden absorblanmaktadır. Böylece bitki büyüme ve gelişimini engellemektedir. Bitki büyüme ve gelişimine kurşun stresinin etkileriyle ilgili birçok araştırma yapılmıştır (Breckle, 1991; Obroucheva vd., 1998). Godbold ve Kettner (1991) *Picea abies* bitkilerinde artan Pb derişimiyle birlikte dokuların kurşun konsantrasyonlarının arttığını bulmuşlardır. Dört haftalık μM 0,5 Pb uygulaması sonucunda primer, sekonder ve tersiyer kök gelişiminin azaldığını belirlemiştirler. Benzer şekilde Obroucheva vd. (1998)'de *Zea mays* fidelerinde kurşun toksisitesinin kök gelişimini engellediğini bulmuşlardır. Kurşunun 1,5, 2,0 ve 2,5 mM etkisinde bırakılan fasulye fidelerinin primer kök uzunlukları, uygulamanın ikinci gününde kontrole göre sırasıyla % 10,85, % 11,03 ve % 11,90 oranlarında daha az olmuş ve bu değerler önemli bulunmuştur. On günlük uygulama süresinin sonunda yapılan ölçümlerde bu fark daha da artmış ve yukarıdaki oranlar sırasıyla, % 23,06, % 24,80 ve % 25,26 olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde 1,5, 2,0 ve 2,5 mM kurşun tuzu uygulanan fidelerin gövde büyüme oranları (uzunlukları) uygulamanın ikinci gününde kontrole göre, sırasıyla % 2,96, % 6,09 ve % 9,28 oranlarında daha az olmuştur. Bu değerler uygulamanın onuncu günü için, sırasıyla, % 10,77, % 12,85 ve % 16,24 olarak tespit edilmiştir (Zengin ve Munzuroğlu, 2004). Bulgularımıza göre kurşunun 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde 15 gün yetiştirilen ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksam uzunluklarının da artan Pb derişimiyle birlikte önemli düzeylerde azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Yeşil aksam uzunlukları dikkate alındığında Pb etkisinde en fazla azalmanın Ceyhan 99'un 100 mg/L'lik derişiminde olduğu belirlenmiştir. Kök uzunluklarındaki bu azalmalar dikkate alındığında ise kontrollerine göre en fazla azalma % 25,0 ile Tosunbey'in 100 mg/L'lik derişiminde olduğu belirlenmiştir. Kurşun stresi altında buğday köklerindeki bu büyümenin azalması Eun vd. (2000)'nin de rapor ettiği gibi Pb tarafından indüklenen hücre bölünmesinin bir inhibisyonundan dolayı olabilir.

Büyümenin bir diğer göstergesinin de ağırlık artışı olduğu bilinmektedir. Metal stresinin bitkilerde ağırlık artışını azalttığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Ouzounidou vd., 1997; Vitoria vd., 2001). Öztürk vd. (2003) farklı buğday çeşitlerinde (Balcalı-85 ve C-1252) kadmiyum stresinin kök ve yeşil aksamların kuru ağırlıklarda azalmalara neden olduğunu belirlemişlerdir. Bu azalmaların 6µM'lık Cd derişiminde Balcalı-85 ve C-1252'de sırasıyla % 20 ve % 40 civarında olduğunu saptamışlardır. Araştırma bulgularımıza göre Tosunbey ve Ceyhan 99'un kurşun stresi altında kök ve yeşil aksamlarının taze ve kuru ağırlıklarında azalmalar olmuştur. Tosunbey'in köklerindeki kuru ağırlıklarındaki bu azalmalar istatistiksel olarak önemli bulunmamışken ($p>0,05$), taze ağırlıklarında ise yalnız 100 mg/L'lik derişimdeki azalma önemli olmuştur ($p<0,05$). Köklerinin aksine yeşil aksamların taze ve kuru ağırlıklarında önemli azalmalar belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre bitkinin ağırlık artışları dikkate alındığında yeşil aksamların köklere göre Pb stresinden daha fazla etkilendiği söylenebilir. Ceyhan 99'un köklerinin de taze ve kuru ağırlıklarında azalmalar bulunmuştur. Fakat bu azalmaların hiçbiri istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0,05$). Köklerinin aksine Ceyhan 99'un yeşil aksamlarının ise sadece taze ağırlıklarında 100 mg/L'lik derişimde önemli azalma belirlenmiştir ($p<0,05$). Taze ve kuru ağırlık değişimleri dikkate alındığında Tosunbey'in kurşun stresinden daha fazla etkilendiği ortaya çıkmaktadır.

Bitkiler kurşunu topraktan ve aerosol kaynaklardan alabilirler. Bitkiler topraktan aldıkları kurşunun önemli bir miktarını köklerinde tuttıkları, toprak üstü organlara taşınımını ise sınırlandırdıkları rapor edilmiştir (Lane ve Martin, 1977). Bunun aksine *Zea mays*'da kurşunun yüksek derişimlerinin yapraklara taşındığı ve burada biriktirildiği de belirtilmiştir (Miller ve Koepe, 1971). Buğday çeşitlerinden Balcalı-85 ve C-1252'i ile yapılan araştırmada bitkilerin köklerinin yeşil aksamlarına kıyasla daha yüksek derişimlerde Cd biriktirdikleri bulunmuştur (Öztürk vd., 2003). Yaptığımız araştırma bulgularına göre ekmeklik buğday çeşitlerinin köklerinde yeşil aksamlarına göre oldukça yüksek derişimlerde kurşun biriktirdikleri belirlenmiştir. Tosunbey'in 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinde köklerindeki Pb derişimleri yeşil aksamlarına göre sırasıyla 30,1 ve 13,8 kat fazla olmuştur (Çizelge 4.7). Benzer şekilde Ceyhan 99'un da 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinde köklerindeki Pb derişimleri yeşil aksamlarına göre sırasıyla 9,5 ve 5,8 kat fazla olmuştur (Çizelge

4.8). Buğday çeşitleri kıyaslandığında Ceyhan 99'un Tosunbey'e göre kök ve yeşil aksamalarında yüksek derişimde daha fazla Pb biriktirdiği belirlenmiştir. Biyokonsantrasyon faktörü (BKF) bitkilerin metal akümülyasyon kapasitelerini belirlemek için kullanılır. Buna göre her iki buğday çeşidinin kök ve yeşil aksamalarının BKF'si uygulanan Pb derişimiyle birlikte azalmıştır (Tosunbey için Çizelge 4.7, Ceyhan 99 için Çizelge 4.8). Yeşil aksamaların BKF'leri dikkate alındığında Ceyhan 99'un daha fazla metali biriktirdiği bulunmuştur.

Klorofil miktarı ağır metal toksisitesine hassas olan parametrelerden biridir. Ağır metalelerin klorofil sentezini inhibe ettiği ve sonuç olarak klorofil miktarlarında azalmalara neden olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Miranda ve Ilangovan, 1996; Mohan ve Hosetti, 1997). Kurşun stresi altında yetiştirilen ekmeçlik buğdayların pigment miktarlarında azalmalar olmuştur. Tosunbey'in klorofil-b ve karotenoid miktarlarının Pb stresinde önemsiz düzeyde azaldığı belirlenmiştir ($p>0,05$) (Çizelge 4.9). Klorofil-a miktarında ise sadece 100 mg/L'lik derişimdeki azalma önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Tosunbey'in klorofil-a ve klorofil-b'deki bu azalmaların aksine Ceyhan 99'da ise önemli azalmalar bulunmuştur ($p<0,05$) (Çizelge 4.10). Bunun nedeninin Ceyhan 99'un özellikle yeşil aksamalarında daha yüksek düzeyde Pb biriktirmesinden dolayı olabilir. Van Assche ve Clijters (1990) Pb toksisitesi tarafından klorofil miktarındaki azalmanın klorofil biyosentezinin inhibisyonu olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca ağır metal iyonlarının etkisine bırakılan bitkilerin izole edilen klorofilleri ile yapılan çalışmada; klorofilin merkezinde yer alan Mg'nin kurşun gibi ağır metallerle yer değiştirdiği de bulunmuştur (Kupper vd., 1996). Bulgularımıza göre karotenoid miktarlarının Pb stresinde önemsiz düzeyde azaldığı belirlenmiştir. ($p>0,05$). Genel olarak karotenoidler ağır metal stresinden daha az etkilendikleri bilinmektedir (Krupa, 1988).

Bitkilerde bulunan -SH gruplarını başlıca monotiyoller (sistein ve glutatyon), fitokelatinler ve metalotiyoneinler oluşturmaktadır. Yaptığımız araştırmada protein olmayan -SH grup miktarları belirlenmiştir. Bu amaçla buğday dokularının metafosforik asitte homojenize edilmesi ve protein yapıdaki moleküllerin presipite olmasından dolayı protein olmayan -SH grupları belirlenmiştir. Uygulanan kurşun derişimleriyle birlikte Tosunbey (Çizelge 4.11) ve Ceyhan 99'un (Çizelge 4.12) kök

ve yeşil aksamlarının protein olmayan -SH grup miktarların da arttığı belirlenmiştir. Buğday çeşitlerinin köklerdeki protein olmayan -SH grup miktarları yeşil aksamlara göre daha fazla bulunmuştur. Öztürk vd. (2003) Cd-tolerant ve Cd'ye hassas buğday çeşitlerin köklerinde protein olmayan -SH miktarlarının yeşil aksamlardan daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca Cd tolerant çeşidin köklerinde yüksek -SH miktarının bulunmasını oksidatif savunmaya veya Cd detoksifikasyonunda rol oynayan peptitlerin artışına bağlamışlardır. Bitkilerde ağır metaller tarafından indüklenmiş -SH artışları başka araştırmacılar tarafından da rapor edilmiştir (di Toppi vd., 1998; Torricelli vd., 2004).

Bitkiler ağır metallerle kirletilmiş alanlarda canlılıklarını sürdürebilmek için çeşitli detoksifikasyon mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bu mekanizmanın esas bileşenlerini metali şelatlama kapasitesine sahip ve aynı zamanda bir antioksidan olan glutatyon (GSH) (Nagalakshmi ve Prasad, 2001) ve GSH'tan enzimatik olarak türetilen fitokelatinler oluşturmaktadır (Gekeler vd., 1988). Yaptığımız araştırmanın sonuçlarına göre protein olmayan -SH grup miktarlarında kurşun toksisitesine dayalı artışların bulunması buğdaylarda bu metalin detoksifikasyonunda yapısında sülfidril bulunan moleküllerin önemli rolleri olduğunu gösterebilir. Ayrıca Ceyhan 99'un Tosunbey'e kıyasla dokularında daha fazla metal biriktirmesi ve SH miktarlarının Ceyhan 99'da daha yüksek bulunması da bu bilgileri desteklemektedir.

Tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklık, ağır metal toksisitesi, patojen enfeksiyonları, besin elementi eksiklikleri atmosferik kirlilik ve UV radyasyonları gibi stres koşullarında bitkilerde prolin akümülyasyonları stimüle edilebilir (Hare ve Cress, 1997). Bu stresler etkisinde bitkilerin büyük bir çoğunluğu prolin konsantrasyonlarını normal seviyeden 100 kat artırabildikleri belirtilmiştir (Aziz vd., 1998). Buğday çeşitlerinin kök ve yeşil aksamlarının prolin miktarları kurşun stresinde artmıştır. Her iki çeşitte de en yüksek prolin birikimleri yeşil aksamlarda belirlenmiştir. Tosunbey'in kök ve yeşil aksamlarının en yüksek prolin miktarlarının 10 mg/L'lik derişimde bulunması, bu aminoasidin düşük derişimdeki Pb toksisitesinde daha çok etkin olduğunu gösterebilir (Çizelge 4.13). Tosunbey'in prolin miktarlarının aksine Ceyhan 99'da ise prolin miktarlarının artan Pb derişimiyle birlikte arttığı bulunmuştur (Çizelge 4.14). Ağır metal stresinde prolin miktarlarında artışların olduğunu gösteren birçok araştırma yapılmıştır. Schat vd.

(1997) *Silene vulgaris*'in metal tolerant ve tolerant olmayan ekotiplerini Cd, Cu ve Zn etkisinde bırakmış ve en yüksek prolin akümülyasyonun Cd stresinde oluştuğunu bulmuşlardır. Cd etkisinde bırakılan iki farklı arpa genotipinde prolin miktarlarında artışlar bulunmuştur (Wu vd., 2004). Prolinin metal toksisitesindeki rolleri de birçok araştırmacı tarafından tartışılmıştır. Mehta ve Gaur (1999) prolinin bitkileri metal toksisitesinden korumayacağını belirtmişlerdir. Metal stresinde prolin proteinlerin denaturasyonunda, hücre içi pH ve NAD(P)⁺/NAD(P)H oranlarının regülyasyonunda, karbon ve azot kaynağı olarak kullanımda ve toksik reaktif oksijen türlerinin temizlenmesinde görev yapabilir (Sharmila ve Pardha Saradhi, 2002). Bazı araştırmacılar metalin prolin tarafından şelatlanıp detoksifikasyonunda da görev yaptığı belirtilmiştir (Farago ve Mullen, 1979). Yukarıdaki nedenler dikkate alındığında kurşun stresinde buğday çeşitlerinin kök ve yeşil aksamalarında prolin miktarlarında artışların olmasını açıklayabilir.

Buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamalarının protein miktarlarının da kurşun stresli şartlarda azaldığı bulunmuştur (Çizelge 4.15 ve Çizelge 4.16). Tosunbey'in 10 mg/L'lik derişimindeki bitkilerde protein miktarındaki bu azalmalar önemsiz olmuşken ($p>0,05$), 100 mg/L'lik derişimde ise önemli bulunmuştur ($p<0,05$). Ceyhan 99'da ise her iki Pb derişimi de protein miktarını önemli düzeyde azaltmış olması ($p<0,05$), bu çeşidin kurşun toksisitesinde toplam protein miktarlarının daha olumsuz yönde etkilendiğini açıklayabilir. Ağır metal streslerinde bitkilerin protein azalmalarının nedenlerinin genelde protein sentezinin inhibisyonundan ya da oksidatif streste üretilen reaktif oksijen türlerinin tetiklediği proteolisizten kaynaklandığı da rapor edilmiştir (Solomon vd., 1999).

Fenoller biyotik ve abiyotik stres faktörlerine cevapta rol oynayan bileşiklerdir (Ruiz ve Romero, 2001). Araştırma bulgularımıza göre buğday çeşitlerinin fenolik bileşik miktarlarında Pb stresi altında değıştiğı bulunmuştur. Tosunbey'in kök ve yeşil aksamalarının fenolik bileşik miktarlarının artan Pb derişimiyle birlikte azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Bu bulguların aksine Ceyhan 99'un kök ve yeşil aksamalarının fenolik bileşik miktarlarının ise artan Pb derişimiyle birlikte arttığı bulunmuştur (Çizelge 4.18). Bu artışların özellikle yeşil aksamalarında önemli bulunmuş olması, özellikle Pb stresinde fenolik bileşiklerin rollerinin olduğunu

gösterebilir. *Pinus nigra*'da (Giertych vd., 1999), tütünde (Edreva ve Apostolova, 1989), mısırdaki (Baccouch vd., 1998) ve *Acer saccharum*'da (Zobel ve Clarke, 1999) fenolik bileşiklerin miktarlarında artışlar olduğu rapor edilmiştir. Öncel vd. (2000) Cd etkisinde fenoliklerin akümülesyonunu metalin toksisitesine bağlamıştır. Craft ve Audia (1962) ise metal toksisitesinin dokularda meydana gelen hasarlanmadan dolayı olduğunu belirtmiştir. Tosunbey'in kök ve yeşil aksamındaki fenolik bileşiklerin azalmasının nedeni de fenoliklerin sentezinin inhibisyonu veya reaktif oksijen türlerinin indüklediği polimerizasyon olabilir (Lavid vd., 2001).

Oksijenli hücre metabolizmasının kaçınılmaz ürünlerinden biri de reaktif oksijen türlerinin (ROT) üretimidir. Ağır metal ve tuzluluk gibi abiyotik stres faktörlerinin bitkilerde süperoksit radikal, alkoksil radikal, hidrojen peroksit ve hidroksil radikaller gibi ROT'ları katalizledikleri bilinmektedir (Scandalios, 2002). Bitkiler ROT'lar tarafından başlatılmış hasarın tamiri ve hafifletilmesi için kompleks antioksidan sistemler geliştirmişlerdir. Bu sistemin esas bileşenlerini süperoksit dismutaz, katalaz, glutatyon peroksidaz, peroksidazlar ve glutatyon-askorbat döngüsünün enzimleri olan askorbat peroksidaz, dehidroaskorbat redüktaz, monodehidroaskorbat redüktaz ve glutatyon redüktaz gibi enzimatik antioksidanlar ile askorbat, glutatyon, α -tokoferol, fenolik bileşikler ve karotenoidler gibi enzimatik olmayan antioksidanları içerdiği bilinmektedir (Foyer vd., 1994; Noctor ve Foyer, 1998; Hodges ve Forney, 2000).

Major bir metabolit olan askorbat, antioksidandır ve diğer antioksidanlarla ilişki içerisindedir. Çeşitli stres etmenlerine maruz bırakılmış bitkilerin askorbat biyosentezinde ve miktarlarında değişimler olduğunu açıklayan çalışmalar yapılmıştır. Iannelli vd. (2002) *Phragmites australis* ile yaptıkları bir araştırmada 50 μ M Cd etkisinde yaprakların askorbat miktarlarının azaldığını, köklerde ise arttığını bulmuşlardır. 0,5 ve 5 μ M Cd uygulamasının arpa yapraklarının askorbat miktarlarını azalttığı bulunmuştur (Wu vd., 2004). Öztürk vd. (2003) 6, 30, 75 ve 150 μ M Cd etkisinde bıraktıkları buğday çeşitlerinin (Bacalı-85 ve Ç-1252) yeşil aksamlarında askorbat miktarlarında azalmaların olduğunu bulmuşlardır. Her iki çeşidin köklerinde ise 6 μ M Cd uygulaması askorbat miktarını 2 kata artırmış olmasına karşın, daha yüksek derişimlerde ise azalmaların olduğunu bulmuşlardır. Kurşun stresi altında yetiştirilen ekmeçlik buğday çeşitlerinin kök ve yeşil aksamlarının askorbik asit

miktarlarında değişmeler belirlenmiştir. Kurşunun uygulaması Tosunbey'in köklerdeki askorbat miktarlarını arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Tosunbey'in köklerinin askorbat miktarlarının aksine yeşil aksamalarının askorbat miktarlarında ise azalmalar bulunmuştur. Ceyhan 99'da ise kök ve yeşil aksamalarının askorbik asit miktarlarının kurşun etkisinde arttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.20). Askorbatın bitki hücrelerinde oluşan oksidatif strese doğrudan (H_2O_2 'yi askorat peroksidaz enzimi yardımıyla H_2O 'ya dönüştürmekte) ve dolaylı (membran bağımlı antioksidan olan α - tokoferolün yeniden oluşturulmasında, peroksil radikal ve singlet oksijenin temizlenmesinde) etkilerinin olduğu bilinmektedir (Asada, 1992). Ancak bu biyolojik olayların işleyişinde birçok enzim (askorbat peroksidaz, monodehidroaskorbat redüktaz ve dehidroaskorbat redüktaz) ve enzim olmayan moleküller devreye girmektedir. Hangi neden ya da nedenlerden dolayı askorbat miktarlarında artışların olduğu konusunda kesin bilgi vermek mümkün değildir. Ancak buğdayların dokularında askorbat miktarlarında genelde artışların olması, askorbik asidin buğday çeşitlerinde strese cevapta önemli bir yerinin olduğunu gösterebilir.

Gaziantep ilinde ekimi yapılan ekmeklik buğday çeşitlerinden Tosunbey ve Ceyhan 99'un kurşun stresine cevapları ve bu çeşitlerin kurşuna tolerans düzeylerinin belirlenmesi için yapılan bu araştırma sonuçlarına göre buğdayların kök ve yeşil aksamalarının kurşun birikimleri bakımından farklılıklar bulunmuştur. Araştırılan fizyolojik parametreler ve morfolojik gözlemler iki çeşit arasındaki kurşun toksisitesine cevapların da farklı olduğunu göstermiştir. Literatürde buğdaylarda kurşun toksisitesiyle ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu nedenle yapılan bu çalışmanın ilerde yapılacak benzer araştırmalara kaynak olacağı kanısındayız.

KAYNAKLAR

- Ahlberg, J., Ramah, C., ve Wachtmeister, C.A. (1972). Organ lead compounds shown to be genetically active. *Ambio.*, **1**, 29-31
- Alloway, B.J. ve Ayres, D.C. (1993). Chemical Principles of Environmental Pollution. *Chapman and Hall, U.K.*, pp. 291.
- Asada, K. (1992). Ascorbate peroxidase-a hydrogen peroxide scavenging enzyme in plants. *Physiol. Plant*, **85**, 235-241
- Aziz, A., Martin-Tanguy, J. ve Larher, F. (1998). Stress-induced changes in polyamine and tyramine levels can regulate proline accumulation in tomato leaf discs treated with sodium chloride. *Physiol. Plant*, **104**, 195-202
- Baccouch, S., Chaoui, A. ve El-Ferjani, E. (1998). Nickel toxicity: Effects on growth and metabolism of maize. *J. Plant Nutr.*, **21**, 577-588
- Baker, A.J.M. ve Brooks, R.R. (1989). Terrestrial higher plants which hyper-accumulate metallic elements, *A Review of Their Distribution, Ecology and Phytochemistry. Biorecovery*, **1**, 81-126
- Balsberg Pahlsson, A.M. (1989). Toxicity of heavys (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants. *Water, Air, and Soil Pollution*, **47**, 287-319
- Barker, W.G. (1972) Toxicity level of mercury, lead, copper and zinc in tissue culture system of cauliflower, lettuce, potato and carrot. *Can. J. Bot.* **50**,973-976.
- Bates, L.S., Waldren, R.P. ve Teare, D. (1973). Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soil*, **39**, 205-297
- Bazzaz, F.A., Roger, W.C. ve Rolfe, G.L. (1974a) The effect of heavy metals on plants: Inhibition of gas exchange in sunflower by Pb, Cd, Ni and Tl. *Environmental Pollution*, **7**, 241-246
- Bazzaz, F.A., Rolfe, G.L. ve Windle, P. (1974b). Windle differing sensitivity of corn and soybean photosynthesis and transpiration to lead contamination. *J. Environ., Qual.* **3**,156-158
- Bazzaz, M. B. ve Govindjee (1974). Effect of lead chloride on chloroplast reaction. *Environ. Lett.*, 175-191

- Bekiaroglou, P. ve Karataglis, S. (2002). The effect of lead and zinc on *Mentha spicata*. *J. Agronomy and Crop Science*, **188**, 201-205
- Bhandal, I.S. ve Kaur, H. (1992). Heavy metal inhibition of nitrate uptake and in vivo nitrate reductase in roots of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Indian J. Plant Physiol.*, **35**, 281-284
- Bharti, N. ve Singh, R.P. (1993). Growth and nitrate reduction by *Sesamum indicum* cv PB-1 respond differentially to lead. *Phytochemistry*, **33**, 531-534
- Breckle, S.W. (1991). Growth under stress. Heavy metals. In: Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U (eds), *Plant Roots: The Hidden Half*, pp. 351-373. Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Burton, K.W., Morgan, E. ve Roig, A. (1984). The influence of heavy metals on the growth of sitka-spruce in South Wales forests. II green house experiments. *Plant Soil*, **78**, 271-282
- Burzynski, M. (1985). Influence of lead on the chlorophyll content and on initial steps on its synthesis in greening cucumber seedlings. *Acta Soc. Bot. Poll.*, **54**, 95-105
- Burzynski, M. ve Grabowaski, A. (1984). Influence of lead on nitrate uptake and reduction in cucumber seedlings. *Acta Soc. Bot. Poll.*, **53**, 77-86
- Cakmak, I. ve Marschner, H. (1992). Magnesium deficiency and high light intensity enhance activities of superoxide dismutase, ascorbate peroxidase and glutathione reductase in bean leaves. *Plant Physiol.*, **98**, 1222-1227
- Carlson, R.W., Stukel, J.J. ve Bazzaz, F.A. (1977). In environmental contamination by lead and other heavy metals (G.L. Krolfe and K.S. Reinhold, eds.) *Institute for Environmental Studies*, Urbana Illinois, pp. 51-66
- Chaney, R.L., ve Ryan, J.A. (1994) Risk based standards for arsenic lead and cadmium in urban soils. Dechema, Frankfurt, Germany.
- Craft, C.C. ve Audia, W.V. (1962). Phenolic substances associated with wound-barrier formation in vegetables. *Bot. Gaz.*, **123**, 211-219
- Dabas, S. (1992). To study the effect of lead on efficiency of nitrogen fixation and nitrogen assimilation in *Vigna radiata* (L.) Wilczek. Ph.D. Thesis, M.D. University, Rohtak
- De Abreu, C.A., De Abreu, M.F., ve De Andrade, J.C. (1998). Distribution of lead in the soil profile evaluated by DTPA and Mehlich-3 solutions. *Bragantia*, **57**, 185-192
- Dhir, H., Sharma, A., ve Talukder, G. (1986). Cytotoxic action of lead on plant systems. *Acta Bot. Indica* **14**, 213-219.

- Di Toppi, L.S., Lambardi, M., Pazzagli, L., Cappugi, G., Durante, M. ve Gabrielli, R., (1998). Response to cadmium in carrot in vitro plants and cell suspension cultures. *Plant Science*, **137**, 119-129
- Diels, G.E. ve Mergeay, M.N. (1990). DNA-probe mediated detection of resistance bacteria from soil highly by heavy metals. *Appl. Env. Mic.*, **56**, 1485-1491
- Edreva, A. ve Apostolova, E. (1989). Manganese toxicity in tobacco. A Biochemical Investigation. *Agrochimica*, **33**, 441-451
- Ernst, W.H.O. (1998). Effects of heavy metals in plants at the cellular and organismic levels. In: Schuurmann G (ed), *Ecotoxicology: Ecological Fundamentals, Chemical Exposure and Biological Effects*, pp. 587-620. Heidelberg, Wiley.
- Eun, S.O., Youn, H.S. ve Lee, Y. (2000). Lead disturbs microtubule organization in the root meristem of *Zea mays*. *Physiol. Plant*, **110**, 357-365
- Farago, M.E., ve Mullen, W.A. (1979). Plants which accumulate metals. Part IV. A possible copper-proline complex from the roots of *Armeria maritima*. *Inorg. Chim. Acta*, **32**, 93-94
- Fiussello, N. ve Molinari, M.T. (1973). Effect of lead on plant growth. *Allionia*, **19**, 89-96
- Foyer, C.H., Lelandais, M. ve Kunert, K.J. (1994). Photooxidative stress in plants. *Physiol. Plant*, **92**, 696-717
- Gekeler, W., Grill, E., Winnacker, E.-L. ve Zenk, M.H. (1988). Algae sequester heavy metals via synthesis of phytochelatin complexes. *Archs. Microbiol.*, **150**, 197-202
- Gichner, T., Patkova, Z., Szakova, J. ve Demnerova, K.(2006). Toxicity and DNA damage in tobacco and potato plants growing on soil polluted with heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **65**, 420-426
- Giertych, M.J., Karolewski, P. ve De Temmerman, L.O. (1999). Foliage age and pollution alter content of phenolic compounds and chemical elements in *Pinus nigra* needles. *Water Air Soil Pollut.*, **110**, 363-377
- Godbold, D.L. ve Hutterman, A. (1987). In Lindberg, S.E. ve Hutchinson, T.C. (eds), Heavy metals in the environment, *Vol. II International Conference*, New Orleans, Sept. pp253
- Goldbold, D.L. ve Kettner, C. (1991). Lead influences root growth and mineral nutrition of *Picea abies* seedlings. *J. Plant Physiol.*, **139**, 95-99
- Gupta, M. ve Chandra, P. (1994). Lead contamination in *Vallisneria spiralis* and *hydrilla verticillata* (L.F.) Rogle. *J. Environ. Sci. and Health A*, **29(3)**, 503-516

- Hamppe, R., Ziegler H. ve Ziegler, I. (1973) The effect of lead ions on the $^{14}\text{CO}_2$ fixation and on the ATP synthesis by spinach chloroplast. *Biochem. Physiol. Pflanzen*. **164**,126–134.
- Hare, P.D. ve Cress, W.A. (1997). Metabolic implications of stress-induced proline accumulation in plants, *Plant Growth Regul.*, **21**, 79-102
- Harrison, R.M. ve Laxen, D.P.H.(1981). Lead pollution cause and control. Printed in Great Britian at University Press, Cambridge, pp 168
- Hodges, D.M. ve Forney, C.F. (2000). The effect of ethylene, depressed oxygen and elevated carbon dioxide on antioxidant profiles of senescing spinach leaves. *Journal of Experimental Botany*, **51**, 645-655
- Huang, C.Y., Bazzaz, F.A. ve Vanderhoef, L.N. (1974). The inhibition of soybean metabolism by Cd and Pb. *Plant Physiol.*, **54**, 122-124
- Iannelli, M.A., Pietrini, F., Fiore, L., Petrilli, L. ve Massacci, A. (2002). Antioxidant response to cadmium in *Phragmites australis* plants. *Plant Physiol. Biochem.*, **40**, 977-982
- Jana, S. ve Chaudhury, M.A. (1984). Synergistic effect of heavy metals pollutants on senescence in submerged aquatic plants. *Water, Air and Soil Pollut.*, **21**, 351-357
- Johnson, M.S., ve Eaton, J.W. (1980). Environmental contamination through residual trace metal dispersal from a derelict lead-zinc mine. *J. Environ. Qual.*, **9**, 175-179
- Johnson, W.R. ve Proctor, J.A. (1977). Comparative study of metal leaves in plants from two contrasting lead mine sites. *Plant Soil*, **46**, 251-257
- Kabata-Pendias, A. ve Pendias, H. (1984). *Trace element in the soil and plants*. CRC Press Florida.
- Khan, S. ve KHAN, N.N. (1983). Influence of lead and cadmium on the growth and nutrient concentration of tomato (*Lycopersicum esculentum*) and egg-plant (*Solanum melongena*). *Plant and Soil*, **74**, 387-394
- Kıran, Y. ve Şahin, A. (2005). The effect of the lead on the seed germination, root growth and root tip cell mitotic divisions of *Lens culinaris* medik. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, **18(1)**, 17-25
- Krishnayappa, N.S.R. ve Bedi S.J.(1986). Effect of automobile lead pollution of *Cassia tora* and *Cassia occidentalis* L., *Environ. Polut*, **40**, 221-226
- Krupa, Z., (1988). Cadmium-Induced changes in the composition and structure of the light harvesting chlorophyll a/b protein complexes II in radish cotyledons. *Phyisologia Plantarum*, **73**, 518-524

- Kumar, G., Singh, R.P. ve Sushila. (1993). Nitrate assimilation and biomass production in *Sesamum indicum* L. seedling in lead enriched environment. *Water, Air and Soil pollut.*, **66**, 163-171
- Kupper, H., Kupper, F., ve Spiller, M., (1996). Environmental relevance of heavy metal- substituted chlorophylls using the example of water plants. *Journal of Experimental Botany*, **47**, 259-266
- Lane, S.D. ve Martin, E.S. (1977). A histochemical investigation of lead uptake in *Raphanus sativus*. *New Phytol.*, **79**, 281-286
- Lane, S.D., Margin, E.S. ve Carrod, J.F. (1978). Lead toxic effect on indole-3-acetic acid induced cell elongation. *Planta*. **144**, 79-84
- Lavid, N., Schwartz, A., Tel Yarden, O. ve Or E. (2001). The involvement of polyphenols and peroxidase activities in heavy-metal accumulation by epidermal glands of the waterlily (Nymphaeaceae). *Planta*, **212**, 323-331
- Lee, K.C., Cunningham, B.A., Chung, K.H., Paulson, G.M. ve Laing, G.H. (1976). Lead effect on several enzymes and nitrogenous compounds in soybean leaf. *J. Environ. Qual.*, pp357-359
- Lichtenthaler, H. K. ve Wellburn, A.R. (1985). Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. *Biochem. Soc. Trans.*, **603**, 591-592
- Lowry, O.H., Rosenbrough, N.J., Farr, A.L., Randall, R.J. (1951). Protein measurement with folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, **193**, 265-275
- Mehta, S.K. ve Gaur, J.P. (1999). Heavy metal-induced proline accumulation and its role in ameliorating metal toxicity in *Chlorella vulgaris*. *New Phytol.*, **143**, 253-259
- Mesmar, M.N. ve Jaber, K. (1991). The toxic effect of lead on seed germination, growth, chlorophyll and protein contents of wheat and lens. *Acta Biologica Hungarica*, **42**, 331-344
- Miles, C.D., Brandle, J.R., Daniel, D.J., Chuder, O., Schnare, P.O. ve Uhlick, D.J. (1972). Inhibition of photosystem II isolated chloroplast by lead. *Plant physiol.*, **49**, 820-825
- Miller, R.J. ve Koeppel, D.E. (1971). Accumulation and physiological effects of lead in corn. In: Proceedings of University of Missouri, Columbia 4, pp.186-193.
- Miranda, M.G. ve Ilangovan, K. (1996). Uptake of lead by *Lemna gibba* L. influence on specific growth rate and basic biochemical changes. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **56**, 1000-1007

- Mohan, B.S. ve Hosetti, B.B. (1997). Potential phytotoxicity of lead and cadmium to *Lemna minor* grown in sewage stabilization ponds. *Environ. Pollution*, **9**, 233-238
- Morzek, B.S. ve Funicelli, N.A. (1982). Effect of lead and zinc in germination of *Spartina alterniflora* L. seeds at various salinities. *Environ. Exp. Bot.*, **22**, 23-32
- Mukherjee, S. ve Maitra, P. (1976). The effect of lead on growth and metabolism of germinating rice seeds and on mitosis of onion root tips. *Ind. J. Exp. Biol.*, **14**, 519-521
- Nagalakshmi, N. ve Prasad, M.N.V. (2001). Responses of glutathione cycle enzymes and glutathione metabolism to copper stress in *Scenedesmus bijugatus*. *Plant Sci.*, **160**, 291-299
- Noctor, G. ve Foyer, C.H. (1998). Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, **49**, 249-279
- Novotny, V. (1995). Diffuse source of pollution by toxic metals and impact on waters, heavy metals problems and solutions, Salamons, W., Förstner, U and Mader, P. (Eds.). Springer Verlag.
- Nriago, J.O. (1992). Toxic metal pollution in Africa. *Sci. Total Environ.*, **121**,137
- Obroucheva, N.V., Bystrova, E.I., Ivanov, V.B., Anupova, O.V. ve Seregin, I.V. (1998). Root growth responses to lead in young maize seedlings. *Plant Soil*, **200**, 55-61
- Oncel, I., Keles, Y. and Ustun, A.S. (2000). Interactive effects of temperature and heavy metal stress on the growth and some biochemical compounds in wheat seedlings. *Environmental Pollution*, **107**, 315-320
- Ouzounidou, G., Moustakas, M. ve Eleftheriou. E.P. (1997). Physiological and ultrastructural effects of cadmium on wheat (*Triticum aestivum*) leaves. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **32**, 154-160.
- Özberk, H., Kaya, Z., Gök, M. ve KAPLAN, H. (1995). Toprak bilimi. *Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:73*, Adana, pp.816.
- Öztürk, L., Eker, S. ve Özkutlu, F. (2003). Effect of cadmium on growth and concentrations of cadmium, ascorbic acid and sulphhydryl groups in durum wheat cultivars. *Turk.J. Agric. For.* **27**, 161-168
- Prasad, D.D.K. ve Prasad, A.R.K. (1987). Effect of lead and mercury on chlorophyll synthesis in Mung Bean seedlings. *Phytochem.*, **26** ,881-883
- Prossi, F. (1989). Factors controlling biological availability and toxic effect of lead in aquatic organisms. *The Science of Total Environment*, **79**, 5-23

- Raskin, I., Kumar, P.B.A.N., Dushenkov, S. ve Salt, D.E. (1994). Bioconcentration of heavy metals by plants. *Current Opinion in Biotechnology*, **5**, 285-290
- Ratkevicius, N., Correa, J.A. ve Moenne, A. (2003). Copper accumulation, synthesis of ascorbate and activation of ascorbate peroxidase in *Enteromorpha compressa* (L.) Grev. (Chlorophyta) from heavy metal-enriched environments in Northern Chile. *Plant, Cell and Environment*, **26**, 159-1608
- Rebechini, H.M. ve Hanzelly, L. (1974). Lead induced ultrastructural changes in chloroplast of the hydrophytes. *Z. Pflanzenphysiol.*, **73**, 377-386
- Rolfe, G.L. ve Bazzaz, F.A. (1975). Effect of lead contamination by lead other heavy metals. *Inst. Environ. Studies*, Urbana, Illinois, pp143
- Ruiz, J.M. ve Romero, L. (2001). Bioactivity of the phenolic compounds in higher plants. In: Rahman A. (ed.), *Studies in natural products chemistry*. Vol. 25(F). Elsevier Science, pp. 651-681
- Salamons, W., ave Förstner, U. (1995). *Heavy Metals Problems and Solutions*, (P., Moder Eds.), Springer Verlag, 412.
- Sarkar, A. ve Jana, S. (1987). Effect of combination of heavy metals on hill activity of *Azolla pinnata*. *Water, Air, and Soil Pollut.*, **35**, 141-145
- Scandalios, J.G. (2002). The rise of ROS. *Trends in Biochemical Sciences*, **27**, 483-486
- Schat H., Sharma, S.S. ve Vooijs, R. (1997). Heavy metal-induced accumulation of free proline in a metal-tolerant and a nontolerant ecotype of *Silene vulgaris*. *Physiol. Plant*, **101**, 477-482
- Sekerka, V. ve Bapak, M. (1974). Influence of lead on plant cell. *Acta Fac. Rerum Nat. Univ. Commeniance Physiol. Plant*, **9**, 1-12
- Seregin, I.V. ve Ivaniov, I.B. (1997). Histochemical investigation of cadmium and lead distribution in plants. *Fiziol. Rast.*, **44**, 915-921
- Sharmila, P. ve Pardha Saradhi, P. (2002). Proline accumulation in heavy metal stressed plants: an Adaptive Strategy. In: Prasad MNV, Strazlka K (eds) *physiology and biochemistry of metal toxicity and tolerance in plants*. Kluwer, Dordrecht, pp 179-199
- Sharpe, V. ve Denny, P. (1976). Electron microscope studies on the absorption and localization of lead in the leaf tissue of *Potamogeton pectunatus*. *J. Exp.Bot.*, **27**, 1155-1162
- Singh, R.P. Bharti, N. ve Kumar, G. (1994). Differential toxicity of heavy metal to growth and nitrate reductase activity of *Sesamum indicum* seedlings. *Phytochemistry*, **35(5)**, 1153-1156

- Singh, R.P., Tripathi, R.D., Sinha, S.K., Maheshwari, R. ve Srivastava, H.S. (1997). Response of higher plants to lead contaminated environment. *Chemosphere*, **34**, 2467-2493
- Sinha, S.K., Srivastava, H.S. ve Mishra, S.N. (1988a). Nitrate assimilation in intact and excised maize leaves in the presence of lead. *Bull. Environ. Cont. Toxicol.*, **41**, 419-426
- Sinha, S.K., Srivastava, H.S. ve Mishra, S.N. (1988b). Effect of lead on RNA and nitrate assimilation in Pea leaves. *Acta Soc. Bot. Poll.*, **57(4)**, 457-463
- Solomon, M., Belenghi, B., Delledonne, M., Menachem, E. ve Levine, A. (1999). The involvement of cysteine proteases and protease inhibitor genes in the regulation of programmed cell death in plants, *Plant Cell*, **11**, 431-444
- Symeonidis, L., McNeilly, T. and Bradshaw, A.D. (1985). Differential tolerance of three cultivars of *Agrostis capillaris* L. to cadmium, copper, lead, nickel and zinc. *New Phytol.* **101**, 309-315.
- Tandeler, C.J. ve Solari, A.J. (1969). Nuclear orthophosphate ions-electron microscope and diffraction studies. *J. Cell. Biol.* **41**, 91-108
- Titov, A.F., Talanova, V.V. ve Boeva, N.P. (1996). Growth responses of barley and wheat seedlings to lead and cadmium. *Biol. Plant.* **38**, 431-436
- Toricelli, E., Gorbi, G., Pawlik-Skowronska, B., Di Toppi, L.S. ve Corradi, M.G., (2004). Cadmium tolerance, cysteine and thiol peptide levels in wild type and chromium-tolerant strains of *Scenedesmus acutus* (Chlorophyceae). *Aquatic Toxicology*, **68**, 315-323
- Van Assche. ve Clijsters, H., (1990). Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant Cell and Environ.*, **13**, 195-206
- Vitoria, A.P., Lea, P.J. ve Azevedo, R.A. (2001). Antioxidant enzymes responses to cadmium in radish tissues. *Phytochem.* **57**, 701-710
- Venkataraman, S., Veeraniyulu, K. ve Ramdas, V.S. (1978). Heavy metal inhibition of nitrate reductase. *Ind. J. Exp. Biol.*, **16**, 615-616
- Wu, F.B., Chen, F., Wei, K. ve Zhang, G.P. (2004). Effect of cadmium on free amino acid, glutathione and ascorbic acid concentrations in two barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) differing in cadmium tolerance. *Chemosphere*, **57**, 447-454
- Xiong, Z.T. (1998) Lead uptake and effects on seed germination and plant growth in a Pb hyperaccumulator *Brassica pekinensis* Rupr., *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, **60**, 285-291

- Yang, Y.Y., Jung, J.Y., Song, W.Y., Suh, H.S., ve Lee, Y., (2000). Identification of rice varieties with high tolerance or sensitivity to lead and characterization of the mechanism of tolerance. *Plant Physiol.*, **124**,1019-1026
- Zengin, F. K. ve Munzuroğlu, Ö. (2004). Effects of lead (Pb⁺⁺) and copper (Cu⁺⁺) on the growth of root,shoot and leaf of bean (*Phaseolus vulgaris L.*) seedlings. *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, **17(3)**, 1-10
- Zobel, A.M. ve Clarke, P.A., (1999). Production of phenolics in seedlings of *Acer saccharum* and *Acer platanoides* in response to UV-A irradiation and heavy metals. *Allelopathy J.*, **6**, 21-34