

GAZIANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KURŞUN UYGULAMASININ YERFISTIĞINDAKİ
(*Arachis hypogaea* L.) FİZYOLOJİK ETKİLERİ

BİYOLOJİ BÖLÜMÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

SULTAN DERE
NİSAN 2012

**Kurşun Uygulamasının *Arachis hypogaea* L. (Yerfıstığı)'deki
Fizyolojik Etkileri**

**Gaziantep Üniversitesi
Biyoloji Bölümü
Yüksek Lisans Tezi**

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

**Sultan DERE
Nisan 2012**


©2012 [Sultan DERE].

T.C.

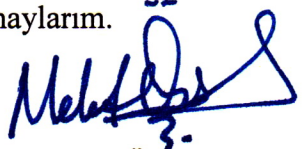
GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BİYOLOJİ ANA BİLİM DALI

Tezin Adı: Kurşun Uygulamasının Yerfıstığındaki (*Arachis hypogaea* L.) Fizyolojik Etkileri

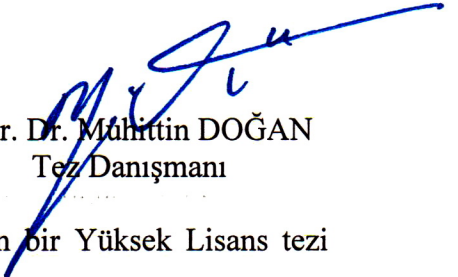
Öğrencinin, Adı Soyadı: Sultan DERE
Tez Savunma Tarihi: 19.04.2012


Prof. Dr. Ramazan KOÇ
FBE Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları sağladığımı onaylarım.


Prof. Dr. Mehmet ÖZASLAN
Enstitü ABD Başkanı

Bu tez tarafımca 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:

Prof. Dr. Saadet D. SAYGIDEĞER

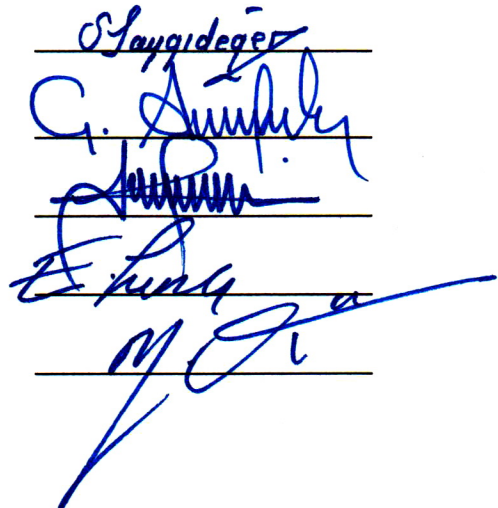
Doç. Dr. Abuzer ÇELEKLİ

Yrd. Doç. Dr. Ali ÖZKAN

Yrd. Doç. Dr. Erdihan TUNÇ

Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN

İmzası


The jury members' signatures are written on horizontal lines. From top to bottom, they correspond to Prof. Dr. Saadet D. Saygideğer, Doç. Dr. Abuzer Çelekli, Yrd. Doç. Dr. Ali Özkan, Yrd. Doç. Dr. Erdihan Tunç, and Öğr. Gör. Dr. Muhittin Doğan.

İlgili tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazdığımı ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek ilgili tezde yer aldığını beyan ederim.

Sultan DERE

ÖZET

KURŞUN UYGULAMASININ YERFISTIĞINDAKİ (*Arachis hypogaea* L.) FİZYOLOJİK ETKİLERİ

DERE, Sultan
Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Bölümü
Tez Yöneticisi: Öğr. Gör. Dr. Muhittin DOĞAN
Nisan 2012
46 sayfa

Kurşun, yeryüzündeki doğal kaynaklarda birçok formlarda bulunan ve geniş olarak dağılmış bir ağır metaldir. Çevredeki Pb derişimleri antropojenik aktivitelerden dolayı hızlı bir şekilde artmaktadır. Yerfistiğı Fabaceae'ye ait tek yıllık önemli bir yağ bitkisidir ve özellikle Osmaniye ve çevresinde ciddi ekim potansiyeline sahiptir. Bu çalışmamızda perlit ortamında yetiştirilen yerfistiğinin (*Arachis hypogaea* L. cv. Sultan) büyüme ve gelişimleri üzerine kurşunun derişimlerinin (0, 10, 100 ve 1000 mg/L) etkisi araştırılmıştır. İklim dolabında, kontrollü şartlarda yürütülen çalışma bulgularımıza göre, uygulanan Pb'nin derişimleri artıkça metalin olumsuz etkilerinin de arttığı belirlenmiştir. Yerfistiğı fidelerinin kök, gövde ve yapraklarının Pb miktarları artan metal uygulamasıyla birlikte artmıştır. Fidelerde Pb içeriğı kök>gövde>yaprak şeklinde olmuştur. Yaprakların fotosentetik pigment miktarları Pb toksisitesinden etkilenmiştir. Uygulanan Pb derişimleri, yerfistiğinin kök, gövde ve yapraklarının hücre membranlarında oksidatif strese neden olduğu malondialdehit sonuçlarından anlaşılmıştır. Fidelerin bütün kısımlarının protein miktarlarında genelde azalmalar belirlenmiştir. Prolin aminoasidinin miktarları kök ve gövdede kontrole göre genelde azalmışken, yapraklarda ise özellikle 100 ve 1000 mg/L'lik derişimde artmış olması, bu aminoasidin yapraklarda Pb toksisine karşı bazı rollerinin olabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: *Arachis hypogaea*, kurşun, fizyolojik etki, morfolojik etki

ABSTRACT

PHYSIOLOGICAL EFFECTS OF LEAD APPLICATION ON PEANUT (*Arachis hypogaea* L.)

DERE, Sultan
M.Sc. in Biology Department
Supervisor: Dr. Muhittin DOĞAN
April 2012
46 pages

Lead is a heavy metal existing in different forms in natural sources on earth and being widely distributed. Environmental concentration of Pb is increased rapidly because of anthropogenic activities. Peanut is an annual important oil plant belonging to Fabaceae family and has great planting potential especially in Osmaniye and surrounding area. In our present study, effects of lead concentrations (0, 10, 100 and 1000 mg/L) on growth and development of peanut (*Arachis hypogaea* L. cv. Sultan) cultivated in a perlite medium were studied. According to our findings obtained from investigation carried under controlled conditions in climate chamber, it was determined that adverse effects of metal potentiated with increasing Pb concentrations. Pb amounts of root, stem and leaves of peanut seedlings elevated with increasing metal applications. Pb content followed root>stem>leaf pattern in seedlings. Photosynthetic pigment amounts of leaves are affected by Pb toxicity. It was figured by results of malondialdehyde that applied Pb concentrations caused oxidative stress in cell membranes of root, stem and leaves of peanut. Protein amounts of all parts of seedlings were determined to decrease in general. Although amount of prolin aminoacid decreased in root and stem when compared to control, determined increase in leaves especially at 100 and 1000 mg/L concentrations shows that this aminoacid can play some roles against Pb toxicity in leaves.

Key Words: *Arachis hypogaea*, lead, physiological effect, morpholojical effect,

TEŞEKKÜR

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

Bilgi, tecrübe ve önerilerini esirgemeyen bölüm hocalarıma,

Çalışmalarında yardım eden Sayın Uzman Biyolog Mustafa PEHLİVAN ve Arş. Gör. Fatih YAYLA'ya,

Çalışmalarına destek olan Sayın Biyolog Oğuzhan ARIK, Meral ALP, Emine GÜLTEKİN ve Özcan DİP'e,

İyi ve kötü günlerimde yanımda olan, varlıklarından güç aldığım sevgili annem, babam ve kardeşlerime,

En içten teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa no
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	vii
BÖLÜM 1: GİRİŞ	1
1.1. Kurşun.....	2
1.1.1. Kurşun Kaynakları.....	3
1.1.2. Kurşunun Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkileri.....	3
1.2. Yerfıstığı (<i>Arachis hypogaea</i> L.).....	7
1.2.1. İklim ve Toprak İsteği.....	8
1.2.2. Türkiye ve Dünyadaki Durumu.....	8
1.3. Çalışmanın Amacı.....	8
BÖLÜM 2: LİTERATÜR ÖZETLERİ	10
BÖLÜM 3: MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Bitki Materyali.....	16
3.1.2. Besin Çözeltileri.....	16
3.1.3. Uygulanan Kurşun Derişimleri.....	17
3.1.4. Deney Ortamı ve Düzenegi.....	17
3.2. Metod.....	17
3.2.1. Fidelerin Gelişimi ve Kurşun Uygulanması.....	17
3.2.2. Ölçümler ve tartımlar.....	17
3.2.3. Kök, Gövde ve Yaprakların Pb Derişimlerinin Belirlenmesi.....	18
3.2.4. Pigment Analizi.....	18
3.2.5. Prolin Tayini	19
3.2.6. Protein Analizi.....	19
3.2.7. Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi	19

3.2.8. Lipit Peoksidasyonunun Belirlenmesi.....	20
3.2.11. İstatistiksel Analiz.....	20
BÖLÜM 4: ARAŞTIRMA BULGULARI.....	21
4.1. Morfolojik Gözlemler.....	23
4.2. Büyüme Oranları.....	23
4.2.1. Kök ve Gövde Uzunlukları.....	23
4.2.2. Ağırlık Değişimleri.....	24
4.3. Kök, Gövde ve Yaprakların Kurşun Derişimleri.....	24
4.4. Konsantrasyon Faktörleri ve Transport İndeksleri.....	25
4.5. Yaprakların Fotosentetik Pigment Miktarları.....	26
4.6. Kök, Gövde ve Yaprakların Prolin Miktarları.....	27
4.7. Kök, Gövde ve Yapraklarda Lipit Peroksidasyonu.....	28
4.8. Kök, Gövde ve Yaprakların Protein Miktarları.....	29
4.9. Kök, Gövde ve Yaprakların Fenolik Bileşik Miktarları	30
BÖLÜM 5: TARTIŞMA VE SONUÇ.....	32
KAYNAKLAR.....	38

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa no
Şekil 4.1. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin uygulama sonu genel görünümü	22
Şekil 4.2. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı yapraklarının uygulama sonu genel görünümü.....	22
Şekil 4.3. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fide kök ve gövdelerinin gövde ve kök uzunluğu	23
Şekil 4.4. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin yaprak, gövde ve köklerinin taze ağırlık değişimleri.....	24
Şekil 4.5. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin yaprak, gövde ve köklerinin Pb derişimleri.....	25
Şekil 4.6. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin konsantrasyon faktörleri ile Pb'nin yaprak ve gövdelere transport indeksleri.....	26
Şekil 4.7. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fide yapraklarının fotosentetik pigment miktarları.....	27
Şekil 4.8. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı kök, gövde ve yapraklarının prolin miktarları	28
Şekil 4.9. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı kök, gövde ve yapraklarının malondialdehit (MDA) miktarları	29
Şekil 4.10. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı kök, gövde ve yapraklarının protein miktarları.....	30
Şekil 4.11. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı kök, gövde ve yapraklarının fenolik bileşik miktarları	31

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa no
Tablo 3.1. Fideleri yetiştirmek için kullanılan besin çözeltilisinin içeriği.....	16

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ağır metaller atomik yoğunluğu 5 g/cm³'ten büyük olan metal ve metaloitler grubu için kullanılan genel bir addır. Genellikle kirlilik ve toksisiteyle ilişkili olan Cd, Cr, Cu, Hg, As, Pb ve Zn gibi elementler için kullanılır. Ancak yaygın bir şekilde kullanılmaz. Ağır metaller normal olarak, kayaların ve maden cevherlerinin bünyesinde bulunduğu için yaşayan organizmalarda, sulara ve toprakta bulunması doğaldır (Alloway ve Ayres, 1993). Bazı metallerin canlıların yaşamı ve biyolojik aktivitelerine eser miktarda da olsa katkısı vardır. EPA'nın 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, ekolojik dengeyi bozan, canlı büyüme ve gelişmesini önemli oranda etkileyen, çevreyi kirleten temel kaynaklardan biri arasındadır (Ruis- Jiménez vd. , 2003). Birçok kirlenmede olduğu gibi ağır metal kirlenmesinde de öncelikle etkilenen grup primer üreticiler olan bitkilerdir. Toprak çözeltisinde iyon halinde bulunan ağır metaller bitki kökleri tarafından alınabilmektedir. Fakat bazı araştırmalarda atmosferde bulunan ağır metallerin az da olsa yapraklar aracılığı ile alınabildiği belirtilmiştir (Lindberg vd. , 1992; Marschner, 1995). Çevredeki ve topraktaki ağır metaller bitkilerin toprak üstü kısımları ile köklerinde birikmektedirler. Ağır metallerin toksik etkileri insan sağlığını tehdit etmektedir. Ağır metaller bitkilerde belirli oranlarda bulunabilir fakat bunlar belirli sınırları geçerse toksik etkiye neden olabilmektedirler. Tarımsal üretimin yoğun olduğu bölgelerde ağır metallerin toksik etkilerinin araştırılması önemlidir. Çünkü ağır metaller ürünü etkileyerek insan sağlığını olumsuz etkilemektedirler (Spona ve Baum, 1993).

1. 1. Kurşun

Kurşun, yeryüzündeki doğal kaynaklarda birçok formlarda bulunan ve geniş olarak dağılmış bir iz metaldir (Nriago, 1992). Kurşun derişimleri çevrede antropojenik aktivitelerden dolayı hızlı bir şekilde artmaktadır. Şehirleşmenin yoğun olduğu yerlerde ve endüstriyel atıkların bulunduğu alanlarda ve sularda ciddi Pb düzeyleri rapor edilmiştir (Singh vd., 1997).

Biyosfere insan faaliyetlerine bağlı olarak önemli oranda yayılan kurşun, günümüzden 4000-5000 yıl öncesinde, antik uygarlıklar tarafından gümüş üretimi esnasında yan ürün olarak keşfedilmiş ve tarih boyunca kurşun üretimi ve kullanımı giderek artış göstermiştir. Kurşun, Roma İmparatorluğunda su borularında, su saklama haznelerinde kullanılmıştır ve günümüz bilim adamları ve tarihçiler bu kullanım şeklinin Roma İmparatorluğunun sonunu hazırladığı görüşünü ortaya atmaktadırlar (Henssler ve Gospage, 1987).

Kurşunlu benzin ve boya maddelerinin yanı sıra yiyecekler ve su da kurşun kaynağı olabilmektedir. Özellikle endüstriyel ve şehir merkezlerine yakın yerlerde yetişen yiyecekler; tahıllar, baklagiller, bahçe meyveleri ve birçok et ürünü bünyesinde normal seviyelerin üzerinde kurşun bulundurmaktadırlar. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlarda, kurşunun suya karışmasına sebep olabilmektedirler. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddelerde kurşun bulundurulur. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilirler. Endüstriyel olarak kuyumculuk sektöründe altın rafinasyon ve geri kazanımı esnasında illegal olarak önemli oranda kurşunun oksit halinde atmosfere atılmasına neden olmaktadır. İnsan vücudundaki kurşun miktarı tahmini ortalama olarak 125-200 mg civarındadır ve normal koşullarda insan vücudu normal fonksiyonlarla günde 1-2 mg kadar kurşunu atabilme yeteneğine sahiptir. Birçok kişinin maruz kaldığı günlük miktar 300-400 mg ı geçmemektedir. Buna rağmen çok eski iskeletler üzerinde yapılan kemik analizleri günümüz insanı kemiklerinde, atalarımızdakinin 500-1000 katı kadar fazla kurşun bulunduğunu göstermektedir (Dunne vd., 1993).

1. 1. 1. Kurşun Kaynakları

Karasal ve sucul ekosistemlerde Pb önemli bir kirleticidir. Doğal ayrışan Pb'nin yanında Pb'nin ana kaynakları otomobil, Pb kullanan fabrikaların bacaları, depolanan pil artıkları, egzoz dumanı, sanayi, madencilik ve Pb cevherleri, metal kaplama, gübre, pestisit ve boyalar ve mazottur (Eick vd. , 1999). Benzinde oktanı arttırmak için Pb kullanılır. Otomobil egzozu kentsel alanlarda Pb kirliliğini arttırmaktadır. Pb bileşikler otomobiller tarafından salınan önemli kirleticilerdir. Karayolları yanında büyüyen bitkiler, genellikle başka yerlerden daha fazla kurşuna maruz kalmaktadır. Kentleşmeyle birlikte içerisinde büyük oranda Pb ve diğer metallerin bulunduğu çamurlar tarla ve bahçelere aktarılmaktadır (Paivoke, 2002).

Kurşun ile kirlenmiş toprakta Pb düzeyi 400-800 mg/kg aralığında iken sanayileşmiş bölgelerde 1000 mg/kg düzeyindedir (Angelone ve Bini, 1992). Kurşun içeren partiküler maddeler hava hareketleriyle çok uzak mesafelere taşınır. Cadde ve karayolları üzerinde biriken Pb yağmur sularıyla birlikte yüzey akıntılarında taşınması dolayısıyla geçtiği yerdeki suları ve toprakları kirletmektedir (Laxen ve Harrison, 1977).

1. 1. 2. Kurşunun Fizyolojik ve Biyokimyasal Etkileri

Bitkilerde aşırı kurşun alınımı çeşitli fizyolojik mekanizmalarla engellenmektedir (Nwosu vd. , 1995), fakat yine de bitkiler belirli miktarlarda kurşunu almakta ve çeşitli dokularında depolayabilmektedirler (Sawidis vd. , 1995; Xiong, 1997). Kurşunun özellikle belirli dozlardan itibaren bitkilerdeki fizyolojik fonksiyonları ve biyokimyasal olayları direkt veya dolaylı olarak etkilediği bilinmektedir. Bitki dokularında kurşun birikimi fazla olursa tohum çimlenmesi (Azmat vd. , 2006), fide büyümesi (Kıran ve Munzuroğlu, 2004), mineral besin alınımı (Kopittke vd. , 2007), terleme (Rolfe ve Bazzaz, 1975), fotosentez (Parys vd. , 1998), enzim aktivitesi (Van Assche ve Cliisters, 1990), nükleik asit yapısı (Eichhorn vd. , 1985), klorofil biyosentezi (Symeonidis ve Karataglis, 1992) ve mitoz bölünme (Kıran ve Şahin, 2005) gibi çok sayıda olay olumsuz yönde etkilenir. Bunlara membranlarda hasar (Kennedy ve Gonsalves, 1989), hormon dengesinin bozulması ve su ilişkisinin değişmesi (Zengin ve Munzuroğlu, 2004) gibi fizyolojik olaylar da eklenebilir.

Kurşun etkisinde kalan bitkilerde Pb'nin miktarları yükselirken fotosentez hızlarının azaldığı bulunmuştur. Kurşunun bu etkilerinin stomaların CO₂ direncinin ve su difüzyonunun değişimiyle ilgili olabileceği düşünülmüştür (Bazzaz ve Govindjee, 1974). Ayrıca, Pb klorofil biyosentezini de engellemiştir. İnhibe edilmiş fotosentez kısmen yapraklarda azalan klorofil miktarıyla ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Balsberg Pahlsson, 1989).

Bitkilerde yeşil aksamlar Pb taşınımında köklere göre geride kalmaktadır. Kurşuna dayanaklı bitkilerin geliştirildiği yere yüksek konsantrasyonda metal vermeliyiz ki ancak fotosentezi etkilemesini sağlarız. Pb'nun *Picea abies* (Avrupa Ladini) fidelerinin köklerinde kök uzamasını engellediği fakat Pb'nun fotosentezde net bir farklılık yaratmadığı görülmüştür. bunun yanında klorofil içeriğinde de bir farklılık görülmemiştir. (Godbold ve Hüttermann, 1987). Toprak kültürünün Pb ile kontamine edilmesi ve bu kontamine toprakta yetiştirilen *Platanus occidentalis* fidelerinin büyümelerinde ve biyokütlelerinde azalmayla birlikte terleme ve fotosentezde de azalma olmuştur (Carlson vd, 1977).

Kurşun toksisitesinin bitkilerde fotosentez olayına etki eden önemli bir faktör olduğu saptanmıştır. Pb'nin fotosentezin hızını değişik şekilde etkilediği görülmüştür. Kurşunun yapraktaki fotosentezi %50 oranında önlediği tespit edilmiştir. Kloroplastlarda da fotosentezin engellendiği bildirilmiştir. (Miles vd. , 1972).

Kurşunun yapraklarda fotosentez hızını azaltması aşağıdaki koşullara 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- Pb 'nun kloroplastlarda önemli olan Mg ve Mn gibi önemli iyonları değiştirmesi
- 5- Fotosentetik pigmentlerin yeniden sentezinin önlenmesi. Canlıda ve laboratuvar ortamında pigment moleküllerinin azalmasıyla birlikte klorofil ve karotenoitlerin parçalanması (Kumar vd. , 1993).

Yulaf (Fiussello ve Molinari, 1973), su bitkileri (Jana ve Chaudhary,1984), soya fasulyesi (Prasad ve Prasad,1987; Dabas, 1992), mısır ve bezelye (Sinha vd. 1988a; Sinha vd. 1988b) gibi bitkilerde toplam klorofil miktarı emiliminin kurşun tarafından engellendiği gözlenmiştir. (Rebechini ve Hanzely, 1974).

Pb(NO₃)₂ ile muamele edilen yeksek yapılı bitkilerden *Ceratophyllum demersum*'un kloroplastta grana ve stromanın azalmasına sebep olmuştur. Fotosistem II etkinliğini kurşun klorürün ortam pH'sına bağlı olarak engellediği ya da uyarıcı etki ettiği belirtilmiştir. Ispanakta 5 mM Pb ile fotosentetik karbon asimilasyonu için gerekli olan iki enzim (Ribuloz 1,5-bifosfat karboksilaz ve Ribuloz-5 Fosfat kinaz) inhibe edilmiştir (Hamppe vd., 1973).

Su ve besin alınımı gibi fizyolojik olaylar ağır metallere karşı hassastır. *Pisum sativum*'un sürgün ve kökleri 2000 mg/L'lik Pb konsantrasyonu ile muamele edilmiştir ve iyonların iyon taşıyıcılarına engel olarak sürgün ve köklerde Fe, Mn ve Zn konsantrasyonlarında düşüş olduğu saptanmıştır. Kurşunun besin içeriğine etkisi bitki büyümesine göre değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Balsberg Pahlsson,1989).

Enzimlerin aktivitelerini etkilemesinin sebebi kurşunun önemli fonksiyonel grup olmasıdır. Kurşun önemli fonksiyonel grup olarak hareket ettiğinden birçok enzimin aktivitesini etkiler. Kurşunla muamele edilen bitkilerde hidroliz yapan enzimlerin ve peroksidazın aktivitesinin bozulduğu, yaşlanmada bir artış olduğu görülmüştür. Kurşun muamelesinde çözünebilir protein ve serbest aminoasit içeriğinde de artış gözlenmiştir (Lee vd., 1976).

Kurşunun köklerden üst organlara yani yeşil aksamalara taşınımı az olduğundan dolayı, köklerde kurşuna karşı fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler daha fazla olmuştur. 200 mg/L Pb'ye maruz kalmış *Zea mays*'ta kök ve sürgün oranında düşüş olmakla birlikte köklerin protein içeriğinde bir azalma olmuş, fakat sürgünlerde bir değişikliğe rastlanmamıştır. Pb miktarının yapraktaki fosfoenolpiruvat karboksilazın aktivitesine etki ettiği ve Pb miktarının gelişimde önemli azalmalara sebep olduğu görülmüştür. (Balsberg Pahlsson, 1989).

Bitkilerde önemli bir metabolik olay olan azot asimilasyonu ile ilgili çok az çalışma yapılmıştır. Nitrat asimilasyonunda çok az miktarda sentezlenen nitrat redüktaz enzimi *Sorghum* yapraklarında, 10-100 Mm Pb ile inhibe edildiği saptanmıştır (Venkataraman vd., 1978). Pb'nin düşük konsantrasyonu salatalık filizlerinde nitrat redüktaz aktivitesini ve nitrat alımını engellemiştir (Burzynski ve Grabowaski, 1984). NR aktivitesi soya (Huang vd., 1974), *Zostera marina* köklerinde, bezelye ve mısır yapraklarında (Sinha vd., 1988a; Sinha vd., 1988b), susam kök ve yapraklarında inhibe edilmiştir. Pb'nin 150 mg/L konsantrasyonu *Triticum aestivum* köklerinde nitrat redüktaz aktivitesi azalmışken, 25mg/L'lik Pb konsantrasyonunda artmıştır (Bhandal ve Kaur, 1992). Kurşunun çeşitli konsantrasyonları 24 saat boyunca *Hydrilla verticillata* ve *Vallisneria spiralis*'e uygulandıktan sonra nitrat redüktaz aktivitesinde önemli değişimler gözlenmiştir (Gupta ve Chandra, 1994).

Nodülasyon, amonyak asimilasyon ve nitrojenaz enzimleri üzerine Pb'nin etkileri araştırılmıştır. Pb ihtiyacını karşılayan bitkilerin genç yapraklarında ve sürgünlerinde çözünebilir protein ve total organik azot miktarında artışlar görülmüştür (Singh vd., 1997). Gelişmekte olan kök ve sürgünlerde Pb translokasyona neden olurken kotiledondaki toplam organik azot miktarında düşüşe sebep olmuştur. Kurşun uygulaması yaşlı bitkilerin organik azot içeriğini azaltırken, bitki bölümlerinde de azot sentezinin azalmasına sebep olmuştur (Sinha vd., 1988a; Sinha vd., 1988b).

1.2. Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.)

Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) baklagiller familyasından tek yıllık, yazlık, çok değerli bir yağ bitkisidir. Yalnız diğer baklagillerden meyvelerini toprak içinde meydana getirmesiyle ayrılır. Dünyada ekili alanlar 40 derece kuzey ve 35 derece güney enlemleri arasındadır. Kültürü yapılan yerfıstıklarında kromozom sayısı $2n=40$ olup, bazı yabancı türleri $2n=20$ 'dir. Bu da kültürü yapılanların ayırt edilmesinde önemli rol oynar. Güney Amerika kökenli olan bu bitki, ilk olarak Amerika'nın keşfinden sonra Portekizliler tarafından 16. yüzyılda gemilerle önce Avrupa'ya getirilmiş, buradan Afrika ve Asya kıtalarına yayılmış, daha sonra da Pasifik adalarına götürülmüştür. Günümüzde tohumlarında bulunan yüksek oranlardaki yağ ve protein nedeniyle, başta fıstık yağı ve fıstık ezmesi üretmek amacıyla dünyanın tropik ve subtropik bölgelerinde yer alan ülkelerde yaygın olarak üretilmektedir.

Dünya yerfıstığı üretiminde Çin, Hindistan, ABD, Nijerya ve Endonezya başta gelmektedir. Dünya bitkisel yağ üretiminde kullanılan yaklaşık 8 yağ bitkisinden ilk 3'ü içerisinde yer alır. Gerek insan gıdası, gerek hayvan yemi ve gerekse toprağı azot yönünden zenginleştirmesi bakımından çok önemli bir yağ bitkisidir. Bileşiminde %45-55 yağ, %20-25 protein, %16-18 karbonhidrat, %5 mineral madde bulunur. Ülkemizde fiyatların yüksek olması nedeniyle bitkisel yağ sanayine giremediğinden, büyük çoğunluğu çerez olarak tüketilmektedir. Yerfıstığı, yetiştirildiğı bölgelerde üreticiye en fazla gelir sağlayan ürünlerdendir. Yetiştirildiğı bölgelerde beyazsinek ve diğer zararlılardan etkilenmemesi, yerfıstığını diğer ürünlere göre daha avantajlı konuma getirmektedir. Buğday hasadından sonra ikinci ürün olarak başarıyla yetiştirilebildiğı için üreticiye ek bir gelir sağlamaktadır. Hasadı henüz tam olarak mekanize olmadığı için yetiştirildiğı bölgelerde iyi bir iş olanağı meydana getirmektedir (Kadiroğlu, 2008).

Yerfıstığı, diğer baklagillerde olduğu gibi, havanın serbest azotunu toprağı bağlar ve kendisinden sonra ekilecek bitkiye azot ve organik maddece zengin bir toprak bırakır. Yerfıstığı bitkisi bir çapa bitkisidir. Yetiştirme süresi boyunca toprak çapalandığı için, yabancı otlar temizlenmekte ve toprak havalanmaktadır. Bu nedenle de iyi bir ekim nöbeti bitkisidir. Buğday hasadından sonra ikinci ürün olarak başarıyla yetiştirildiğı için üreticiye ek bir gelir sağlamaktadır (Kadiroğlu, 2008).

1. 2. 1. İklim ve Toprak İsteğı

Yerfıstığı tropik, subtropik ve ılıman iklim bölgelerinin sıcak kuşaklarında yetiştirilip sıcaklık ve güneş isteğı fazladır. Sıcaklık arttıkça, yetiştirme süresi kısalmaktadır. Yerfıstığı, toprak isteğı yönünden seçici olup, drenajı iyi, hafif bünyeli, gevşek yapıda, kumlu- tınlı, kalsiyum ve organik maddece zengin toprakları sever. Yerfıstığı tarımı yapılacak toprakta kil miktarının, %7'nin altında olması gerekmektedir. Fazla killi ve ağır topraklar yerfıstığı tarımı için uygun değildir. Fazla taşlı topraklarda ise, iğnelerin toprak içine girmesi zorlaşmaktadır. Ayrıca, taban suyu yüksek ve durgun olan arazilerde yerfıstığı yetiştirilecek olur ise, bitki gelişmesini normal sürdüremez ve bunun neticesinde verim önemli ölçüde düşer (Kadiroğlu, 2008).

1.2. 2. Türkiye ve Dünyadaki Durumu

Dünyada tek yıllık yağ bitkileri arasında soya, kolza ve ayçiçeğinden sonra en fazla üretilen yağ bitkisidir. 2006 yılında dünyada 22,2 milyon ha alanda 47,8 milyon ton kadar yarfıstığı üretilmiştir. Yarfıstığı tohumlarının işlenmesiyle her yıl dünyada 5 milyon ton yarfıstığı yağı elde edilmektedir (Kadiroğlu, 2008).

Ülkemizde yarfıstığının 90 yıllık geçmişi olmasına karşın ekim, hasat ve harman teknolojisinin henüz yeterince gelişmemiş olması ve bu yüzden yağ sanayinde değerlendirilememesi üretim artışını sağlayan en önemli faktördür. Yarfıstığı üretiminde makineleşmenin henüz yeterince gelişmemiş olması, bu ürünün üretim maliyetinin diğer yağlı tohumlu bitkilere nazaran daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Yüksek maliyet, yarfıstığının sanayinde değerlendirilmesini engellemektedir. Bu nedenle yarfıstığı ülkemizde çerez olarak tüketilmekte ve yine çerez olarak ihraç edilmektedir (Kadiroğlu, 2008).

Yarfıstığı sıcak iklim bitkisi olduğundan, Türkiye’de Akdeniz ikliminin hakim olduğu Akdeniz ve Ege Bölgelerinin sulanabilen kıyı ovalarında üretimi yapılmaktadır. Yarfıstığı meyvelerini (kapsüllerini) toprak altında oluşturduğu için, bu bölgelerin nispeten hafif yapılı kumlu-tınlı topraklarında başarıyla yetiştirilmektedir. Önceki yıllarda GAP Bölgesinde yapılan araştırma çalışmaları sonucunda bölgenin sulamaya açılmasıyla birlikte yarfıstığı yetiştiriciliği yönünden büyük bir potansiyel olacağı tespit edilmiştir. Bu bölgede önemli bir baklagil ve yağ bitkisi olan yarfıstığının da yerini alması gerekmektedir. Türkiye’de yarfıstığı ekim alanları uzun yıllardır çok az değişmiştir. 2006 yılında 30 bin ha olan yarfıstığı ekim alanından 77.5 bin ton kadar fıstık üretilmiştir. Ülkemizde yarfıstığı başta Osmaniye ili olmak üzere en fazla Çukurova bölgesinde üretilmektedir. Ayrıca; İçel, Antalya, Kahramanmaraş, Aydın ve Muğla illerinde de ekonomik olarak üretilmektedir. Türkiye’nin dünya üretiminden aldığı pay çok düşük olmasına rağmen hektar başına verim dünya ortalamasından yüksektir (Kadiroğlu, 2008).

1. 3. Çalışmanın Amacı

Nüfus artışının aksine tarım arazilerinin günden güne azalması ve çevre kirliliğine bağlı olarak bitkisel üretimde ve kalitede düşüşlerin meydana gelmesine neden

olmaktadır. Bitkisel üretime olumsuz etkiler yapan faktörlerden biri de ağır metal kirlenmesidir. Ağır metal kirliliği de özellikle sanayi ve zirai aktivitelerden dolayı artmaktadır.

Yerfıstığı, diğer baklagillerde olduğu gibi, köklerindeki azot bağlayan bakteriler aracılığıyla havanın serbest azotunu toprağa bağlar ve kendisinden sonra ekilecek bitkiye azot ve organik maddece zengin bir toprak bırakır. Ülkemizde yerfıstığı yetiştiriciliği Akdeniz Bölgesi, Batı Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Marmara Bölgesinin bazı bölümlerinde ağırlık kazanmış olup, Adana, Osmaniye, İçel, Antalya, Kahramanmaraş, Aydın ve Muğla illerinde ekonomik olarak üretilmektedir.

Bu çalışmada, önemli çevre kirleticilerinden olan kurşunun özellikle çevremizdeki illerde ciddi ekim potansiyeline sahip olan yerfıstığında meydana getireceği bazı fizyolojik ve morfolojik etkilerin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETLERİ

Akıncı ve Çalışkan (2010) kurşunun artan dozlarının bazı önemli yazlık sebzelerin (domates, biber, patlıcan, hıyar, karpuz, bamyada, mısır, kabak, kavun ve fasulye) çimlenmesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kurşunun çimlenme oranı üzerine etkisi domates, biber, fasulye ve mısırdaki 100 mg/L bamyada 400 mg/L de hıyar ve kavunda 800 mg/L deki etkisi olumsuz olmuştur. Çimlenme indeksi domates, biber, patlıcan, hıyar, kabak, fasulye ve mısırdaki 100 mg/L Pb'de, karpuz ve bamyada 400 mg/L Pb'de, kavunda 800 mg/L Pb'de azalmıştır.

Kafadar ve Saygıdeğer (2010) Gaziantep'te tarımsal sulamada kullanılan atık sulardaki kurşun miktarının bazı tarım bitkilerinde yapmış olduğu kirliliğin boyutlarını ölçmüşlerdir. Bu amaçla (*Lycopersicum esculentum*, *Capsicum annuum*, *Solanum melongena*, *Zea mays*) farklı organlarında (kök, gövde, yaprak) ve bu bitkilerin yetiştiği alana ait topraklardaki kurşun miktarı yaş yakma metodu kullanılarak belirlenmiştir. Sulama suyu, toprak ve bitki örneklerindeki kurşun miktarları, temiz su ile sulanan Bostancık köyü çevresinden alınan sulama suyu, toprak ve bitki örnekleri ile karşılaştırılmıştır. İnceleme sonucunda, bitkilerde ve bitkilerin yetiştirildiği toprak ve sulama suyunda ölçülen kurşun miktarlarının kontrol bölgesine göre önemli düzeyde artış gösterdiği saptanmıştır.

Doğan ve Çolak (2009) toksik metallere kurşunun su kültüründe uygulanan farklı derişimlerinin (0, 10, 100 mg/L) ekmeclik buğday çeşitlerinden Tosunbey'de bazı fizyolojik özellikler üzerine etkilerini araştırmışlardır. Uygulanan kurşun derişimine bağlı olarak buğdayda büyüme ve gelişmenin engellendiği, yapılan kök ve otsu gövde uzunluk değerleri ile belirlenmiştir. Bu buğday çeşidinin kök ve otsu gövdelerindeki Pb miktarlarının, uygulanan Pb derişimine bağlı olarak arttığı belirlenmiştir. Diğer yandan, kurşun uygulaması bitki yapraklarındaki fotosentetik pigment miktarlarında azalmaya neden olmuştur. Buna karşılık, uygulanan kurşun bitkinin kök ve otsu gövdelerinde protein ve fenolik bileşiklerin miktarını azaltmıştır. Bitki köklerinde askorbik asit miktarı Pb etkisinde artarken, otsu gövdede ise

azalmıştır. Kurşun uygulaması sonucu bitki kök ve otsu gövdesinde protein olmayan SH gruplar ve prolin miktarlarında artış görülmesi, bunların kurşun toksisitesine karşı bitkinin vereceği tepkide rol oynayabileceğini işaret etmektedir.

Parlak (2010) yaptığı çalışmada *Lemna gibba* ve *Groenlandia densa* bitkilerini 0.05, 0.5, 5, 10, 20 mg/L konsantrasyonlarında 96 saat nikel nitrat, kadmiyum nitrat ve kurşun nitrat tuzlarına maruz bırakmış ve konsantrasyona bağlı olarak bitkilerin ağır metal biriktirme kapasitelerindeki değişimi ölçülmüştür. Aynı zamanda bu tuzların *L. gibba* and *G. densa*'da antioksidan enzim aktivitesinin yanı sıra fotosentetik pigmentler ve protein içeriğindeki değişime etkisi de araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, *L. gibba* ve *G. densa*'nın nikel, kadmiyum ve kurşun için iyi birer akümülatör olduğunu göstermiştir. Aynı zamanda, protein ve fotosentetik pigmentlerin önemli derecede azalması, düşük oranda nikel, kadmiyum ve kurşun ile kirlenmiş sucul ortamın temizlenmesinde *L. gibba* ve *G. densa*'nın uygun bitkiler olduğunu göstermektedir.

Ergün ve Öncel (2009) buğday bitkisinde kurşun, çinko ve kadmiyum ve bu ağır metallerle birlikte uygulanan ABA ve GA₃ hormon etkileşimlerinin kök ve sürgün büyümesi üzerine olan etkilerini zamana bağlı olarak (5. ve 10. gün) araştırmışlardır. Her üç ağır metalin yüksek konsantrasyonları ve bu ağır metallerle birlikte uygulanan ABA ve GA₃ buğday bitkisinin kök ve sürgün büyümesini engellediği görülmüştür. Ağır metallerin konsantrasyon ve uygulama süresinin artışına paralel olarak kök ve sürgün büyümesinin engellenmesi arasında bir paralellik olduğu tespit edilmiştir.

Aksu ve Yıldız (2007) tarafından yapılan çalışmada besin çözeltisinde 8 hafta süreyle yetiştirilen iki farklı domates çeşidinin kuru madde üretimi ve mineral element içeriği üzerine farklı seviyelerdeki etkisi incelenmiştir. Toprak+kum karışımında çimlenip, 3-4 yaprak aşamasına gelen fideler besin çözeltisine aktarılmış ve 0, 0.5, 1, 2, 5, 10, 20, 50 ve 100 mg/kg Pb; iki tekrarlı olarak uygulanmıştır. Çiçeklenme başlangıcında (8. hafta) hasat edilen bitkilerin kuru madde miktarları ve besin içerikleri belirlenmiştir. Sonuç olarak, yapılan varyans analizlerine göre artan Pb konsantrasyonlarının her iki çeşitte de kuru madde üretimi üzerine etkisi önemli olmuştur. Artan Pb düzeyleri yine her iki çeşitte Pb alımını artırmış, P, Ca, Zn ve Mn alımını azaltmıştır.

Ayhan (2006) kurşunun bazı mısır çeşitleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Deneme sonucunda Pb'nin, mısır çeşitlerinin kök ve gövde uzunluklarında önemli derecede inhibisyona neden olduğu belirlenmiştir. Tüm çeşitlerin yapraklarında ağır metal konsantrasyonlarının artışına bağlı olarak iyon sızıntısı ve MDA miktarının arttığı belirlenmiştir. Antioksidan enzimlerin aktivitelerinde ise, ağır metalin ve mısırın çeşidine göre farklılıklar görülmekle birlikte, konsantrasyona bağlı genellikle artış yönünde önemli değişiklikler saptanmıştır. kurşun konsantrasyonunun artışına bağlı olarak çeşitlerin yapraklarındaki pigment içeriğinin önemli derecede azaldığı, ayrıca klorofil miktarının karotenoidlere göre ağır metal stresinden daha çok etkilendiği tespit edilmiştir.

Çavuşoğlu vd. (2006) Kırıkkale il merkezinin çeşitli bölgelerinden toplanan karaçam yapraklarında taşıtların sebep olduğu kurşun kirliliğini araştırmıştır. Karaçam yapraklarında kurşun birikiminin trafik yoğunluğuna göre arttığı tespit edilmiştir. Buna göre en yoğun kurşun kirliliğine Zafer Caddesinden alınan yaprak örneklerinde (% 58,783), en azı ise Rafineri bölgesinden alınan örneklerde (% 12,023) rastlanılmışlardır.

Keser ve Saygıdeğer (2011) çalışmalarında doğal ortamından toplanan *N. officinale* kontrollü şartlar altında kurşunun farklı derişimlerinin etkisinde (0, 25, 50, 100, 200, 250 ve 500 ppm) 14 gün boyunca bırakılmıştır. Uygulama periyodu sonunda fotosentetik pigment, su içeriği, lipit peroksidasyonu, Mn, Cu, Mg, Ca, Fe, Zn, Pb miktarları, antioksidant enzimlerden süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon redüktaz (GR), askorbat peroksidaz (AP) ve katalaz (CAT) aktiviteleri belirlenmiştir. *N. officinale*'nin gövde ve yapraklarındaki Pb miktarları uygulanan metal miktarıyla artmıştır. Düşük Pb (25-50 ppm) derişimleriyle muamele edilen *N. officinale*'nin yaprak dokularında fotosentetik pigment içerikleri artmıştır. Uygulanan Pb derişimine bağlı olarak kök, gövde ve yapraklarda su içeriği azalmıştır. 200, 250 ve 500 ppm Pb derişimlerinde Mn ve Cu miktarları azalmıştır. Kurşunun yüksek konsantrasyonları (250-500 ppm) Ca ve Fe miktarlarını arttırırken Mg miktarını azaltmıştır. Dokularda Pb derişimi uygulama miktarıyla artmıştır. Pb muameleli bitkiler yapraklarında malondialdehit içeriğinin artışının kanıtı olan lipit peroksidasyonu artma göstermiştir. Kurşun stresi antioksidant enzimlerin aktivitesinde önemli değişikliklere neden olmuştur.

Kıran ve Şahin (2005) bu çalışmalarında, önemli çevre kirleticilerinden biri olan kurşunun mercimek tohumlarının çimlenmesi, kök büyümesi ve kök ucu hücrelerinin mitoz bölünmeleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Denemelerde Pb'nin farklı konsantrasyonları kullanılmıştır. Düşük Pb konsantrasyonları ile muamele edilen tohumların çimlenmesinde kontrole göre belirgin bir farkın olmadığı, ancak yüksek konsantrasyonlarda çimlenmenin azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca uygulanan tüm konsantrasyonlarda, kök büyümesi kontrole göre engellenmiştir. Kurşunun konsantrasyon artışına paralel olarak, hücre bölünmesinin azaldığı, c- mitoz ve multipolar anafaz gibi çeşitli mitotik anormalliklerin arttığı tespit edilmiştir.

Kıran ve Munzuroğlu (2004) mercimek (*Lens culinaris*) tohumlarının çimlenmesi, fide büyümesi ve yaş-kuru ağırlık değişimleri üzerine klor tuzu halinde kullanılan kurşunun etkilerini araştırmışlardır. Denemelerde 1, 2, 3 ve 4 mM'lık Pb çözeltileri kullanılmış ve uygulanan kurşunun gerek tohum çimlenmesi, gerekse çimlenme sonrası aşamada kök uzamasını önemli oranlarda engellediği saptanmıştır. Bu durumun, kurşun tuzu konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak daha belirgin bir şekilde ortaya çıktığı görülmüştür. Mercimek tohumlarının çimlendirilmesiyle geliştirilen 15 günlük fidelerin 10 gün süreyle aynı konsantrasyonlardaki kurşun tuzuna maruz bırakılması sonucu gövde ve kök uzunluğu ile yan kök sayısının azaldığı belirlenmiştir. Aynı şekilde, kurşun uygulanan fidelerin yaş ve kuru ağırlıklarında da önemli düşüşler tespit edilmiştir. Fidelerin kurşun tuzuna maruz bırakılma periyodu sonunda, özellikle 3 ve 4 mM Pb çözeltisinde yetişen fidelerde solgunluk, kloroz ve nekroz görülmüştür.

Hameed vd. (2001) kurşunun farklı dozlarının (0, 10, 50, 100 ve 150 ppm), domates ve ıspanak tohumlarının çimlenmesine etkisini inceledikleri bir çalışmada; Kurşunun domates tohumlarının çimlenme oranlarına etkisi kontrolde % 100, 10 ppm'de % 60, 50 ppm'de % 45 100'de % 25, 150 ppm'de % 10 kadar azaldığı belirlenmiştir. Kurşunun ıspanak tohumlarının çimlenme oranlarına olumsuz etkisi, sırasıyla, % 75, % 50, % 45 ve % 40 düzeylerinde olduğu kaydedilmiştir.

Funicelli ve Mrozek (1982) *Spartina alterniflora* tohumlarını, iklim odasında çinko ve kurşun içeren çözeltilerde 30 gün boyunca çimlendirmeye almışlardır.

Araştırmacılar çalışmalarında farklı dozlarda kurşun içeren solüsyonlarda çimlenme oranının azaldığını saptamışlardır.

Wierzbicka ve Obidzinska (1998) 12 familyaya ait 25 çeşit bitki üzerinde tohum kabuklarının kurşuna karşı gösterdiği tepkiyi ve çimlenmenin bu ağır metalden nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. *Papilionaceae*, *Crucifereae* ve *Graminae* familyalarına ait bitki türlerinde kurşunun çimlenmeyi geciktirdiği ve kurşun geçirgen özelliği olan tohum kabuklarının da artan dozlara bağlı bir şekilde tohumların çimlenme yeteneğini azalttığı gözlemlenmiştir.

Ewais (1997) ağır metallere olan kadmiyum, kurşun, nikel konsantrasyonları ile yaptığı bir çalışmada; otu bitkilerde büyümede etkisi bulunan protein ve klorofil içeriklerini incelemek üzere araştırma yapmıştır. Araştırmada, kontrolden itibaren metallere dozlari arttika kadmiyum, nikel ve kurşunun denemeye konu olan tüm türlerin bitki ağırlığı, kök uzunluğu ve hacmi, sürgün büyümesi gibi bitki gelişimi özelliklerinde önemli düzeylerde azalmalar meydana getirdiği rapor edilmiştir.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Bitki Materyali

Araştırmada kullanılan yerfıstığı (*Arachis hypogaeae* L.) tohumları Çukurova Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölüm'ünden temin edilmiştir.

3.1.2. Besin Çözeltisi

Yerfıstığı fidelerinin yetiştirilmesi için kullanılan besin çözeltisinin içeriği Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Fideleri yetiştirmek için kullanılan besin çözeltisinin içeriği

A-Makro elementler		g/L
1	K ₂ SO ₄	1,57
2	KH ₂ PO ₄	0,27
3	MgSO ₄ . 7H ₂ O	2,40
4	Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O.....	4,723
B-Mikro elementler		g/L
1	H ₃ BO ₃	1,24
2	MnSO ₄	0,66
3	CuSO ₄	1,00
4	NH ₄ Mo.....	0,48
5	Fe-EDTA.....	3,65
6	ZnSO ₄ .7H ₂ O.....	2,87

Yukarıdaki tabloda verilen besin tuzları belirtilen ağırlıkta tartılmış ve uygun derişimde uygulanmıştır. B çözeltisi A çözeltisi içinde 200 kat sulandırıldıktan sonra kullanılmıştır.

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, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimler hazırlanmıştır.

3.1.4. Deney Ortamı ve Düzenegi

Araştırma perlit ortamında yürütülmüştür. Çalışmada her kaba beş tohum ekilmiş ve her derişim üç tekrarlı olarak çalışılmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Fidelerin Gelişimi ve Kurşun Uygulanması

Yerfistığı 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 hipokloritten arındırılmıştır. Daha sonra uygulama ortamı olan perlitli kaplara ekim yapılmıştır. Çimlendikten sonra on gün boyunca ihtiyaç durumunda %10'luk besin çözeltisi ile sulanan yerfistığı fideleri, daha sonra kurşunun 0, 10, 100 ve 1000 mg/L derişimlerini içeren besin çözeltisi ile sulanmıştır. Yerfistığı fidelerinde Pb'nin toksik etkileri başladığı için, çalışma sekizinci günün sonunda sonlandırılmıştır. Çalışma kontrollü şartlarda 26 ± 2 °C'de ve 16 saat aydınlık ($120 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), 8 saat karanlık ortamda yapılmıştır.

3.2.2. Ölçümler ve Tartımlar

Kurşunun 0, 10, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimdeki yerfistığı fideleri, hasat edildikten sonra kök ve gövde uzunlukları cetvelle ölçülmüştür. Hasat edilen fide kökleri dikkatli bir biçimde bol distile su ile yıkanmış ve filtre kağıdıyla kurularak hemen

tartılmıştır. Böylece köklerin taze ağırlıkları belirlenmiştir. Gövde ve yapraklar ise direk hasattan sonra tartılarak taze ağırlıkları belirlenmiştir. Kök, gövde ve yaprakların kuru ağırlıklarını belirlemek için ise örnekler 80 °C’de sabit tartıma kadar kurutulmuş ve kuru ağırlıkları hassas terazi kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.3. Kök, Gövde ve Yaprakların Pb Derişimlerinin Belirlenmesi

Dokuların Pb derişimlerini belirlemek için yaş yakma metodu kullanılmıştır. Kurutularak öğütülmüş 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 ısısı 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 Emler AA400) kullanılarak belirlenmiştir.

Yerfıstığı fidelerinin konsantrasyon faktörleri (Zayed vd., 1998), ve kurşunun toprak üstü kısımlara transport indeksleri (Ghosh ve Singh, 2005) aşağıda verilen hesaplamalar kullanılarak belirlenmiştir:

$$\text{Konsantrasyon faktörü (KF)} = \frac{\text{Bitkideki toplam Pb derişimi (kök+gövde+yaprak)}}{\text{Uygulama ortamındaki Pb derişimi}}$$

$$\text{Transport indeks (TI)} = \frac{\text{Toprak üstü kısımlardaki Pb miktarı (mg/kg)}}{\text{Kökteki Pb miktarı (mg/kg)}} \times 100$$

3.2.4. Pigment Analizi

Yerfıstığı fidelerinin yapraklarından 100 mg tartılmış ve porselen havanda 1-2 mL % 80’lik aseton ile homojenize edilmiştir. Daha sonra ekstraktın son hacimi 10 mL olacak şekilde % 80’lik asetonla tamamlanmış ve 3000 g’de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Yaprakların fotosentetik pigment içeriğini belirlemek için santrifüj edilen

örnekler 662, 645 ve 470 nm'de spektrofotometrede (Cintra 202) okunmuştur. Klorofil-a, klorofil-b ve karotenoid hesaplamaları Lichtentaler ve Wellburn (1985)'e göre yapılmıştır.

3.2.5. Prolin Tayini

Yerfıstığı fidelerinin prolin miktarları Bates vd. (1973)'ye göre yapılmıştır. Taze bitki materyali tartılmış ve % 3'lük 5 mL sülfosalisilik asit kullanılarak havanda homojenize edilmiştir. Homojenizat 5000 g'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.

3.2.6. Protein Analizi

Yerfıstığı fidelerinin kök, gövde ve yapraklarının protein miktarları Lowry vd. (1951)'nin saptadıkları yöntemle göre yapılmıştır. 0,5 gram taze materyal 5 mL 0,1 M fosfor tamponunda (pH 7,4) homojenize edildikten sonra 12000 g'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.

3.2.7. Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi

Fenolik bileşik miktarları Ratkevicius vd. (2003)'na göre yapılmıştır. 0,5 gram taze bitki materyali tartılmış ve 5 ml 0,1 M fosfor tamponunda (pH 7,4) homojenize edilmiştir. Homojenizat 12000 g'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-Ciocalteu eklenerek oda sıcaklığında 2 saat bekletilmiştir. Daha sonra bu örnekler 765 nm'de okunmuştur. Standart olarak Gallik asit kullanılmıştır.

3.2.8. Lipid Peroksidasyonunun Belirlenmesi

Yerfıstığı fidelerinin lipid peroksidasyon miktarları Zhou (2001)'nin saptadığı yöntemle göre yapılmıştır. Taze bitki dokuları %10'luk trikloroasetik asitte havan kullanılarak homojenize edilmiştir. Homojenizat 10000 g'de 20 dakika santrifüj edilmiştir. Sonra 2 mL homojenizattan alınmış, 2 mL tiyobarbutirik asit eklenerek 95°C'de 30 dakika bekletilmiştir. Bu bekleme süresi sonunda örnekler şok soğutma uygulamasına tabi tutulmuştur. Tekrar 10000 rpm'de 20 dakika santrifüjden sonra 532, 600 ve 450 nm'de spektrofotometrede okunmuştur.

3.2.9. İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi SPSS paket programı kullanılarak yapılmıştır. Hangi grubun ya da grupların farklı olduğunu belirlemek amacıyla LSD testi uygulanmıştır.

BÖLÜM 4

BULGULAR

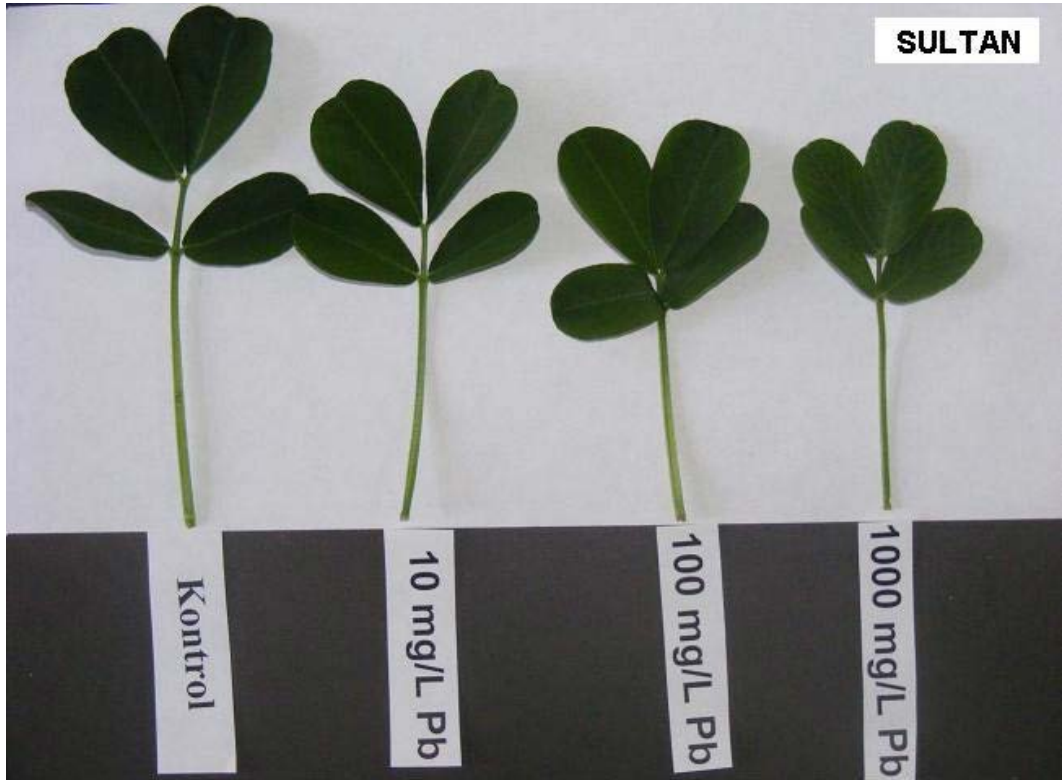
Çalışmamızda kurşunun 10, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı (*Arachis hypogaea*) fidelerinde meydana gelen fizyolojik ve biyokimyasal değişimler araştırılmıştır. Bu amaçla, yerfıstığının Sultan çeşidi seçilmiş ve perlit ortamında yetiştirilmiştir. Belli bir olgunluğa gelen fidelere kurşun uygulanmış ve aşağıdaki morfolojik ve fizyolojik analizler yapılmıştır.

4.1. Morfolojik Gözlemler

Kurşunun farklı derişimlerinin etkisinde sekiz gün boyunca yetiştirilen yerfıstığı çeşitlerinden Sultan'ın deney sonu genel görünümüleri Şekil 4.1'de, yapraklarına ait gelişim durumu ise Şekil 4.2'de verilmiştir. Deney başlangıcından sonuna kadar günlük morfolojik gözlemler kaydedilmiştir. Kontrol bitkilerde dikkate değer morfolojik semptomlar oluşmamıştır. Kurşunun 10 mg/L'lik derişiminin etkisinde de, kontroldeki gelişime benzer şekilde dikkate değer bir morfolojik değişim belirlenememiştir. Kurşunun 100 mg/L'lik derişimindeki fidelerde gelişim yavaşlamasına ek olarak yapraklarda damarlar arası bölgede sararmalar olduğu görülmüştür. Köklerde ise gelişim azalması dışında herhangi bir renk değişimi gözlenmemiştir. Özellikle 1000 mg/L'lik derişimdeki fidelerde ciddi büyüme yavaşlaması olmuştur. Oluşan morfolojik değişimler arasında köklerde kahverengileşmeler, yapraklarda ise özellikle damarlar arası bölgede sararmalar ve yer yer lokal kurumalar olduğu gözlenmiştir.



Şekil 4.1. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin uygulama sonu genel görünümü.

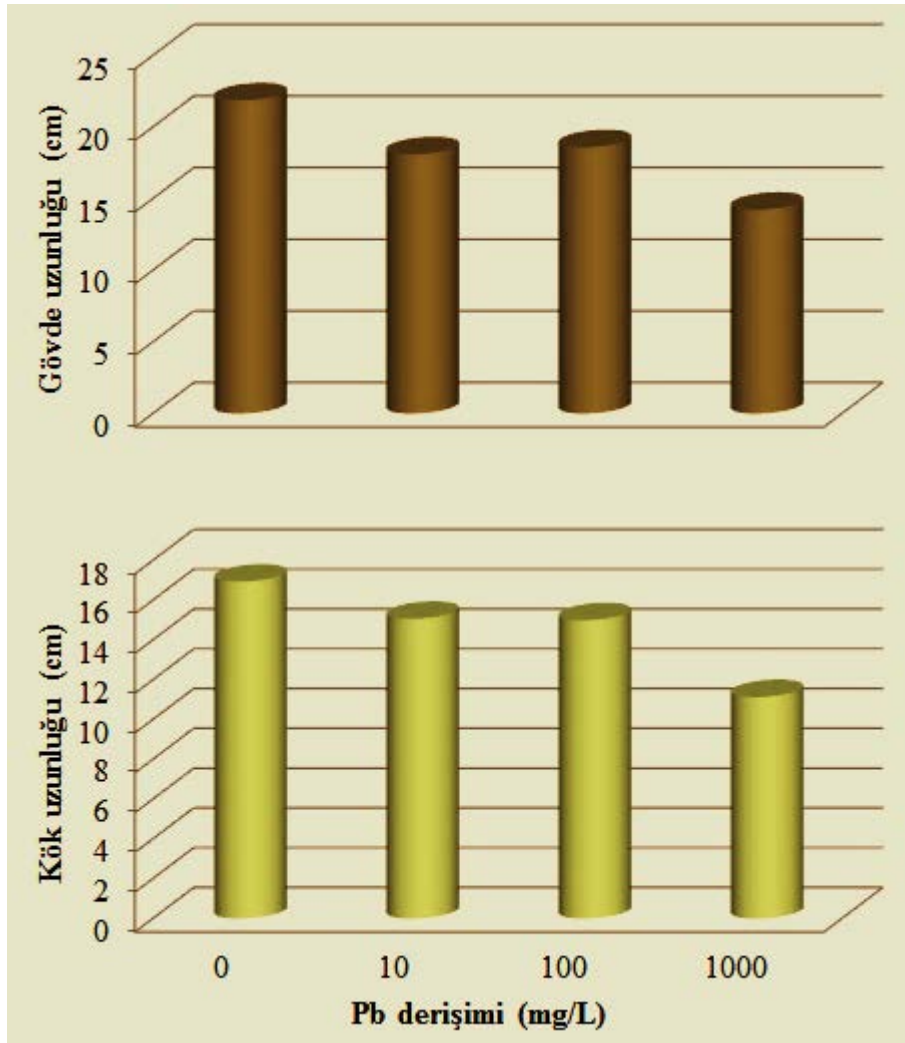


Şekil 4.2. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı yapraklarının uygulama sonu genel görünümü.

4.2. Büyüme Oranları

4.2.1. Kök ve Gövde Uzunlukları

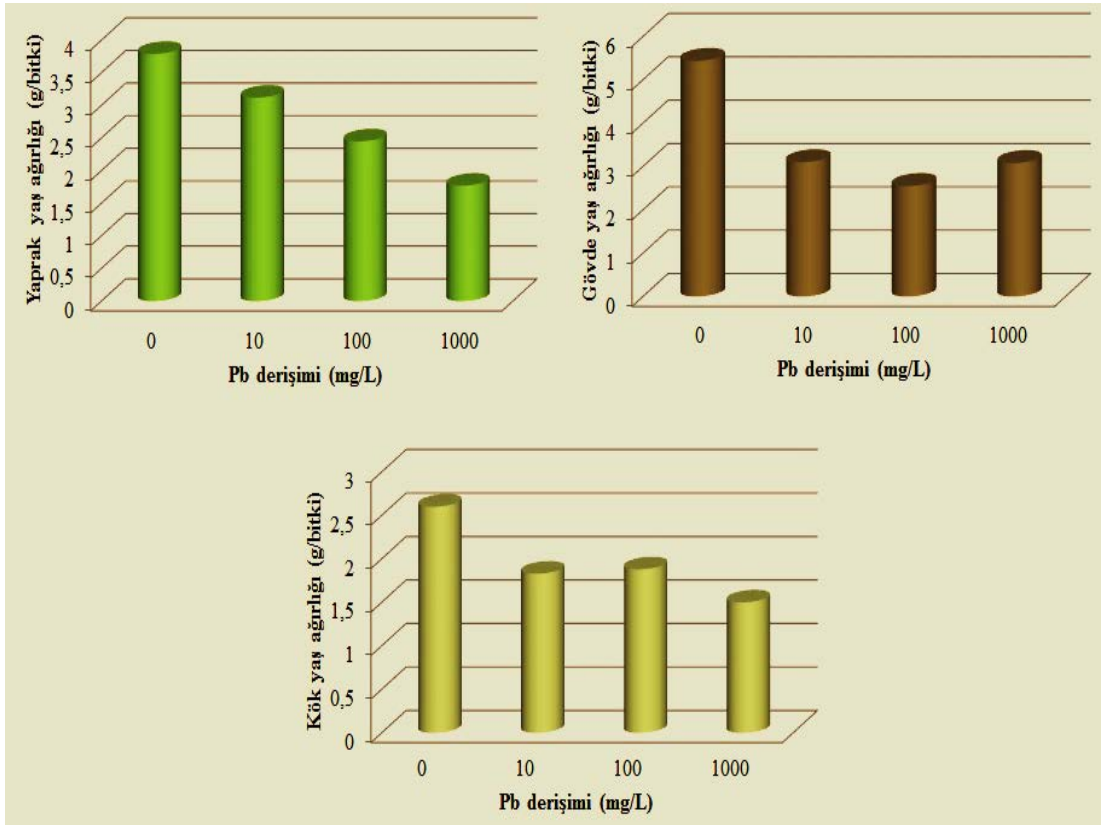
Kurşun derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin kök ve gövde uzunlukları Şekil 4.3'te verilmiştir. Fidelerin deney sonunda ölçülen kök ve gövde uzunlukları kontrole göre azalmaların olduğu belirlenmiştir. Kurşunun 10, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerinde kök uzunluğundaki azalmalar kontrole göre sırasıyla % 10,7 ($p>0,05$), % 11,7 ($p>0,05$) ve % 34,3 ($p<0,05$) olmuştur. Yine Pb'nin 10, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerinde gövde uzunluğundaki azalmalar kontrole göre sırasıyla %17,4 ($p<0,05$), %15,1 ($p<0,05$) ve %35,2 ($p<0,05$) bulunmuştur.



Şekil 4.3. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinde gövde ve kök uzunluğu

4.2.2. Ağırlık Değişimleri

Kurşunun farklı derişimlerinin etkisinde sekiz gün yetiştirilen fidelerin uygulama periyodu sonundaki taze ağırlıkları Şekil 4.4'te verilmiştir. Köklerin taze ağırlıkları artan Pb derişimi ile birlikte azalmıştır. En fazla azalma kontrole göre % 42,3 ($p<0,05$) ile 1000 mg/L'de hesaplanmıştır. Benzer şekilde gövde ve yapraklarında yaş ağırlıklarında da genelde artan derişimle birlikte azalmalar olmuştur.

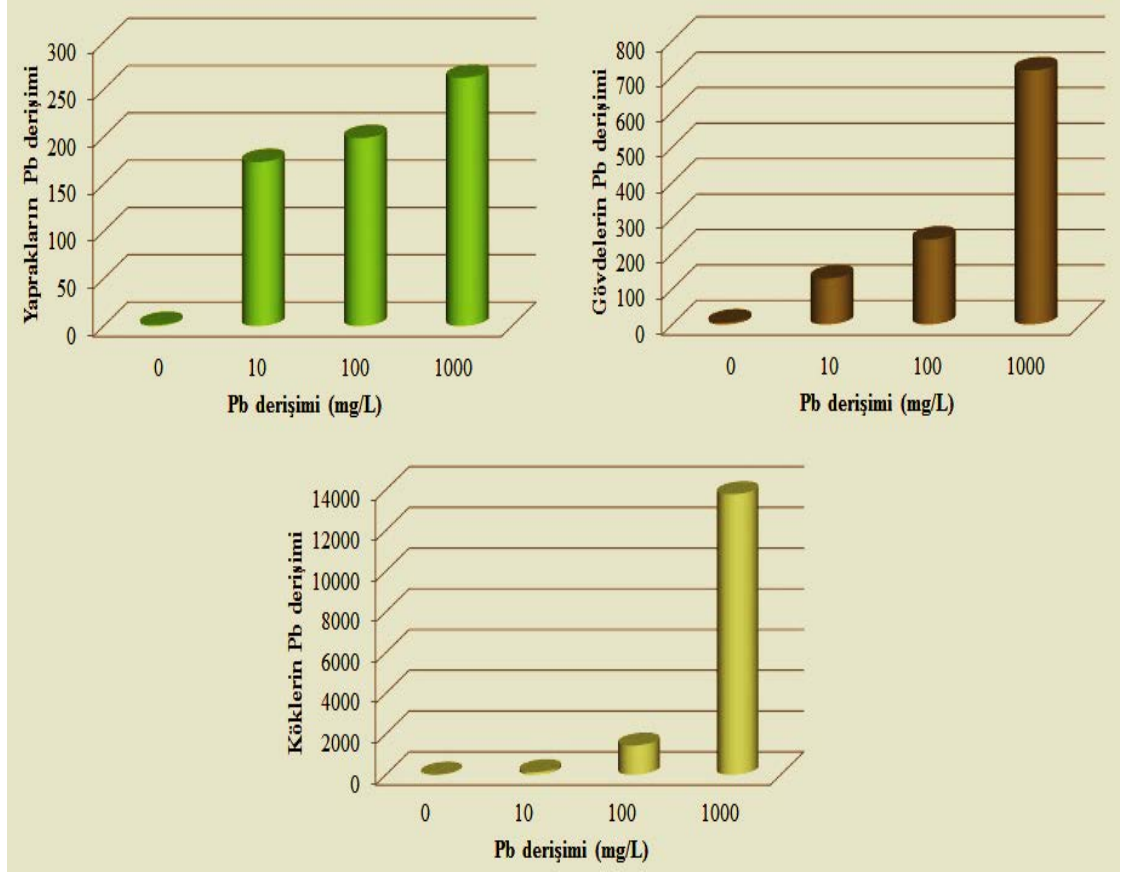


Şekil 4.4. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin yaprak, gövde ve köklerinin taze ağırlık değişimleri

4.3. Kök, Gövde ve Yapraklarının Kurşun Derişimleri

Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin kök, gövde ve yapraklarının kurşun derişimleri Pb standartları ile absorbanlarına ait regresyon denkleminde hesaplanmıştır. Fidelerindeki kök, gövde ve yaprakların Pb derişimleri uygulanan kurşun derişimiyle birlikte artmıştır (Şekil 4.5). 10, 100 ve 1000 mg/L Pb etkisindeki yaprakların kurşun derişimleri kontrole göre sırasıyla 144,6 ($p<0,05$), 165,7 ($p<0,05$) ve 218,8 ($p<0,05$) kat arttığı belirlenmiştir. Gövdelerin kurşun

miktarı 10, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerde kontrole göre 22,4 ($p<0,05$), 41,4 ($p<0,05$) ve 123,6 ($p<0,05$) kat artmıştır. Benzer şekilde köklerin de aynı derişimlerin etkisinde kurşun derişimleri kontrole göre 14,0 ($p>0,05$), 150,4 ($p<0,05$) ve 1436,6 ($p<0,05$) kat arttığı hesaplanmıştır.

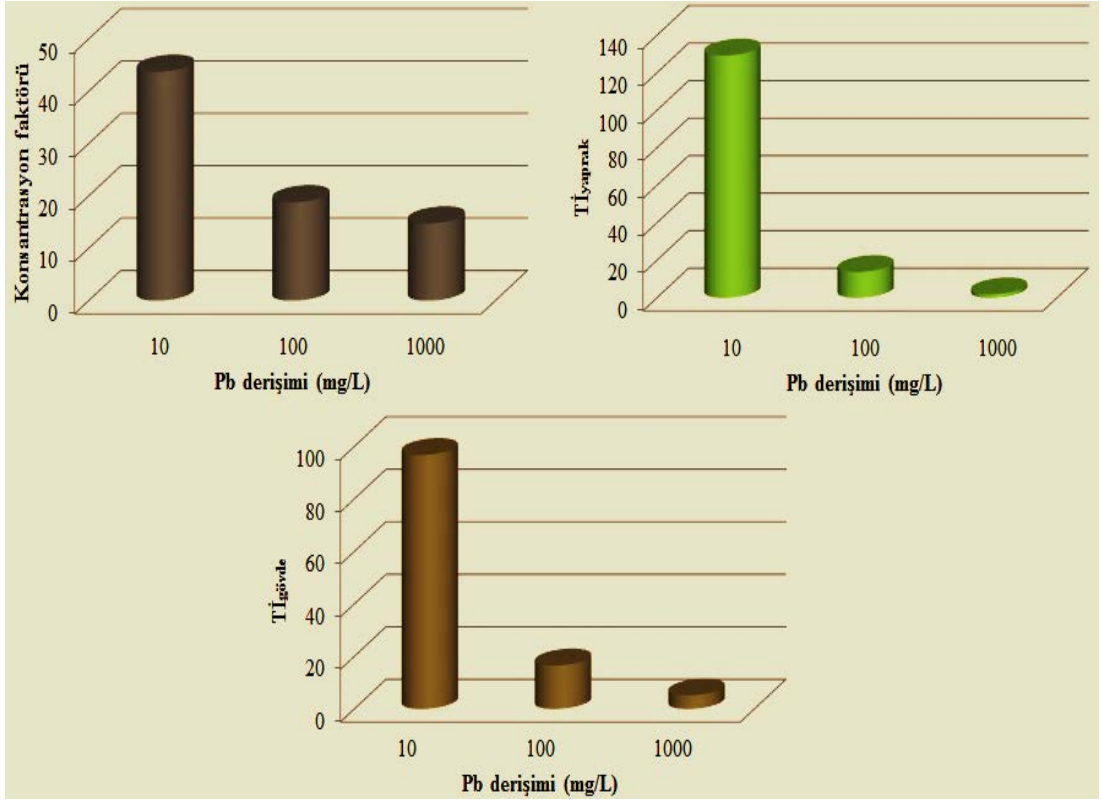


Şekil 4.5. Farklı Pb derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin yaprak, gövde ve köklerinin Pb derişimleri (mg/kg kuru ağırlık)

4.4. Konsantrasyon Faktörleri ve Transport İndeksleri

Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin konsantrasyon faktörleri Şekil 4.6'da gösterilmiştir. Konsantrasyon faktörü fidelerdeki kurşun derişiminin uygulanan kurşun derişimine bölünmesiyle belirlenmiştir. 10, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerdeki fidelerin konsantrasyon faktörleri sırasıyla 43,75, 18,83 ve 17,77 olduğu hesaplanmıştır. Yerfıstığı fidelerinin Pb transport indeksleri de Şekil 4.6'da verilmiştir. Gövde transport indeksleri gövdedeki kurşun derişiminin köklerdeki kurşun oranıyla, yapraklara transport ise yapraktaki kurşun derişiminin kökteki kurşun derişimine bölümüyle hesaplanmıştır. Buna göre 10, 100 ve 1000 mg/L'lik

derişimlerdeki yaprakların transport indeksleri sırasıyla 129,3, 13,8 ve 1,9 olduğu hesaplanmıştır. Yapraklarda olduğu gövdelerde de artan Pb derişimiyle birlikte gövdeye transport düzeyi de azalmıştır. Fide gövdelerine 10, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerdeki transport indeksleri ise sırasıyla 96,8, 16,6 ve 5,2 olduğu hesaplanmıştır.

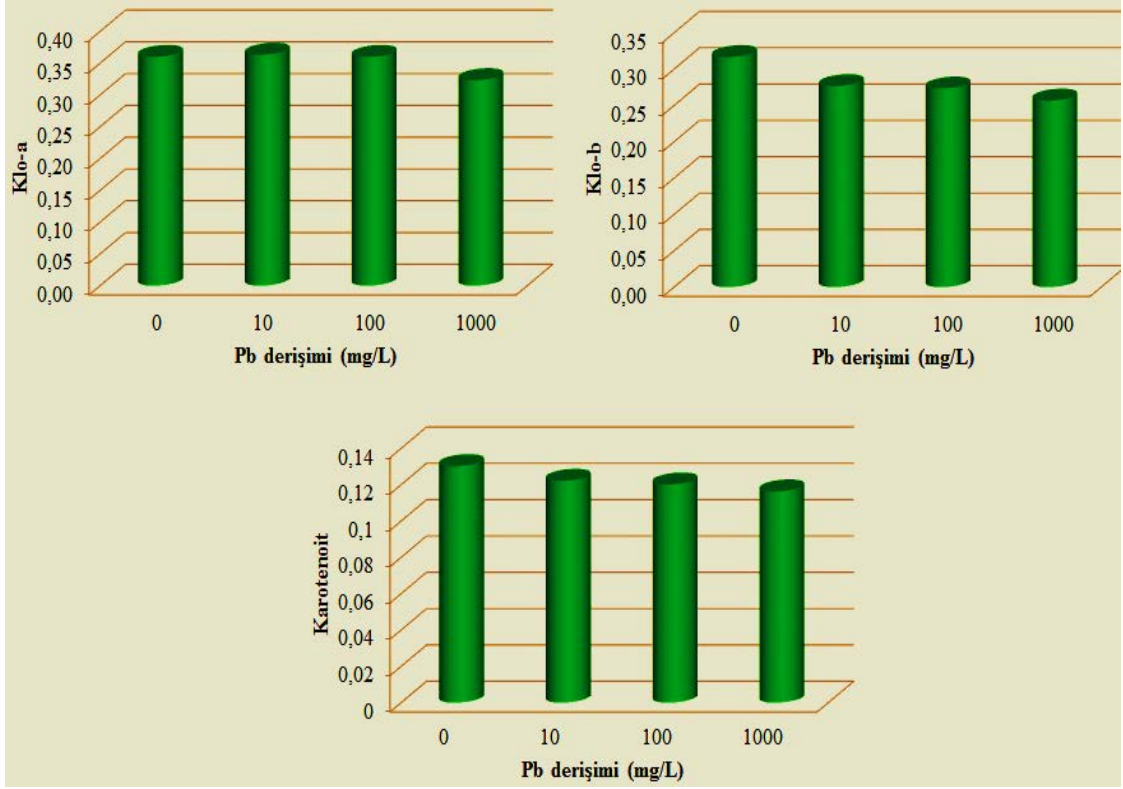


Şekil 4.6. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıştığı fidelerinin konsantrasyon faktörleri ile Pb'nin yaprak ve gövdelere transport indeksleri

4.5. Yaprakların Fotosentetik Pigment Miktarları

Kurşun derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıştığı yapraklarının klorofil-a, klorofil-b ve toplam karotenoit miktarları Şekil 4.7'de verilmiştir. Bulgularımıza göre klorofil-a miktarları uygulanan Pb derişimiyle birlikte önemli bir değişim göstermemiştir ($p>0,05$). Fide yapraklarının klorofil-a miktarlarının aksine, klorofil-b miktarları uygulanan Pb derişimleriyle birlikte önemli azalmalar göstermiştir. Bu azalmalar 10, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerde kontrole göre sırasıyla % 12,6 ($p<0,05$), % 13,9 ($p<0,05$) ve % 18,9 ($p<0,05$) olmuştur. Benzer şekilde, karotenoit miktarları da uygulanan Pb derişimlerden olumsuz yönde etkilenmiştir. Kurşunu 10,

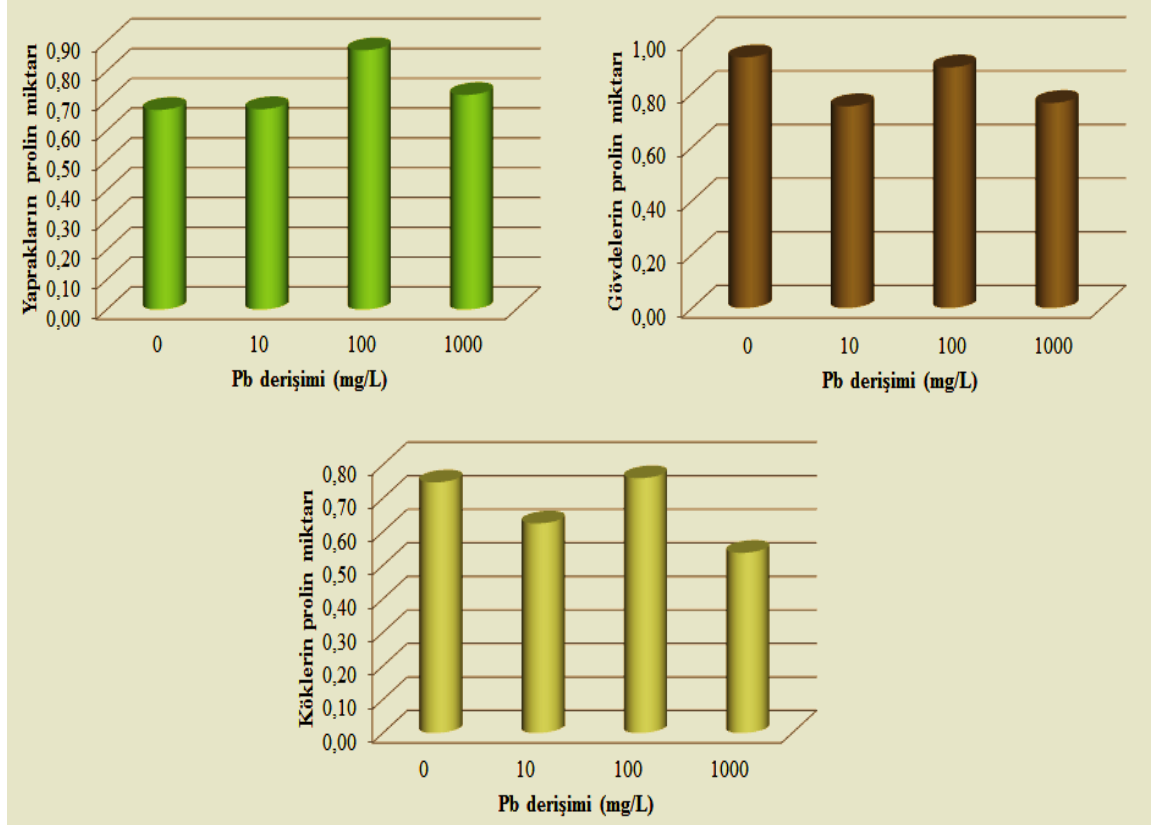
100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerdeki karotenoid miktarları kontrole göre sırasıyla %6,2 ($p<0,05$), %7,7 ($p<0,05$) ve %10,8 ($p<0,05$) düzeylerinde azaldığı belirlenmiştir.



Şekil 4.7. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fide yapraklarının fotosentetik pigment miktarları (mg/g Taze ağırlık)

4.6. Kök, Gövde ve Yaprakların Prolin Miktarları

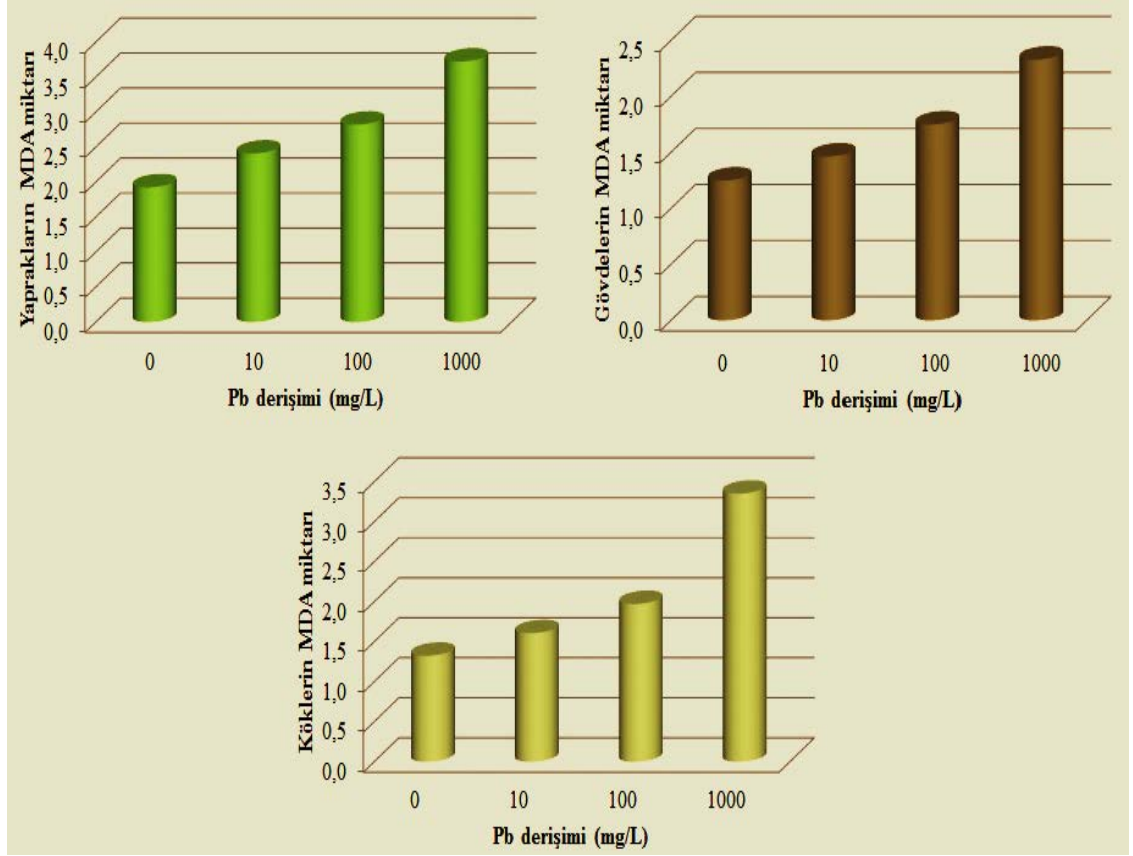
Kurşun derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin kök, gövde ve yapraklarının prolin miktarları Şekil 4.8'de verilmiştir. Fidelerin kök, gövde ve yapraklarının prolin miktarları Pb toksisitesinde deđiştđđ belirlenmiştir. Kök ve gövdelerin prolin miktarları kurşun stresinde genelde azalmalar göstermiştir. Yaprakların prolin miktarları ise 10, 100 ve 1000 mg/L Pb etkisinde yaklaşık 1,004 ($p>0,05$), 1,299 ($p<0,05$) ve 1,075 ($p>0,05$) kat arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.8. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı kök, gövde ve yapraklarının prolin miktarları (µmol/g taze ağırlık)

4.7. Kök, Gövde ve Yapraklarda Lipit Peroksidasyonu

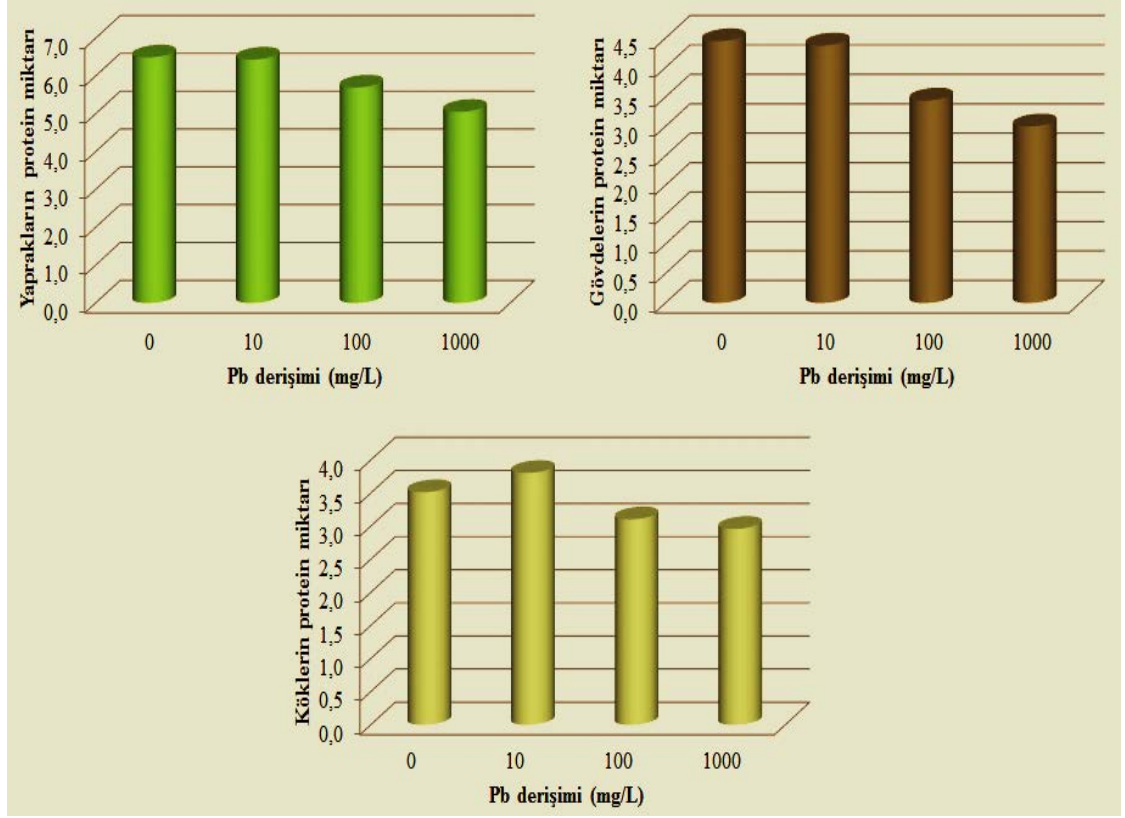
Kurşunlu şartlarda yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin lipit peroksidasyon düzeylerini belirlemek için, malondialdehit (MDA) analizi yapılmıştır. Kurşun stresinde kök, gövde ve yaprakların MDA miktarlarında artışlar olmuştur (Şekil 4.9). Kurşunun 10, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerinde MDA miktarları kontrole göre sırasıyla 1,21, 1,48 ve 2,52 kat artmıştır ($p < 0,05$). Aynı derişimlerin etkisinde, gövdelerin MDA miktarları kontrole göre 1,17, 1,40 ve 1,19 kat arttığı belirlenmiştir. Benzer şekilde 10, 100 ve 1000 mg/L Pb etkisindeki yaprakların MDA miktarları da kontrole göre sırasıyla 1,25, 1,46 ve 1,93 katlık artışlar göstermiştir. Bu sonuçlar bize artan Pb derişimiyle birlikte yerfıstığı hücre membranlarında lipit peroksidasyonun oluştuğunu göstermiştir.



Şekil 4.9. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı kök, gövde ve yapraklarının malondialdehit (MDA) miktarları (nmol/g taze ağırlık)

4.8. Kök, Gövde ve Yaprakların Protein Miktarları

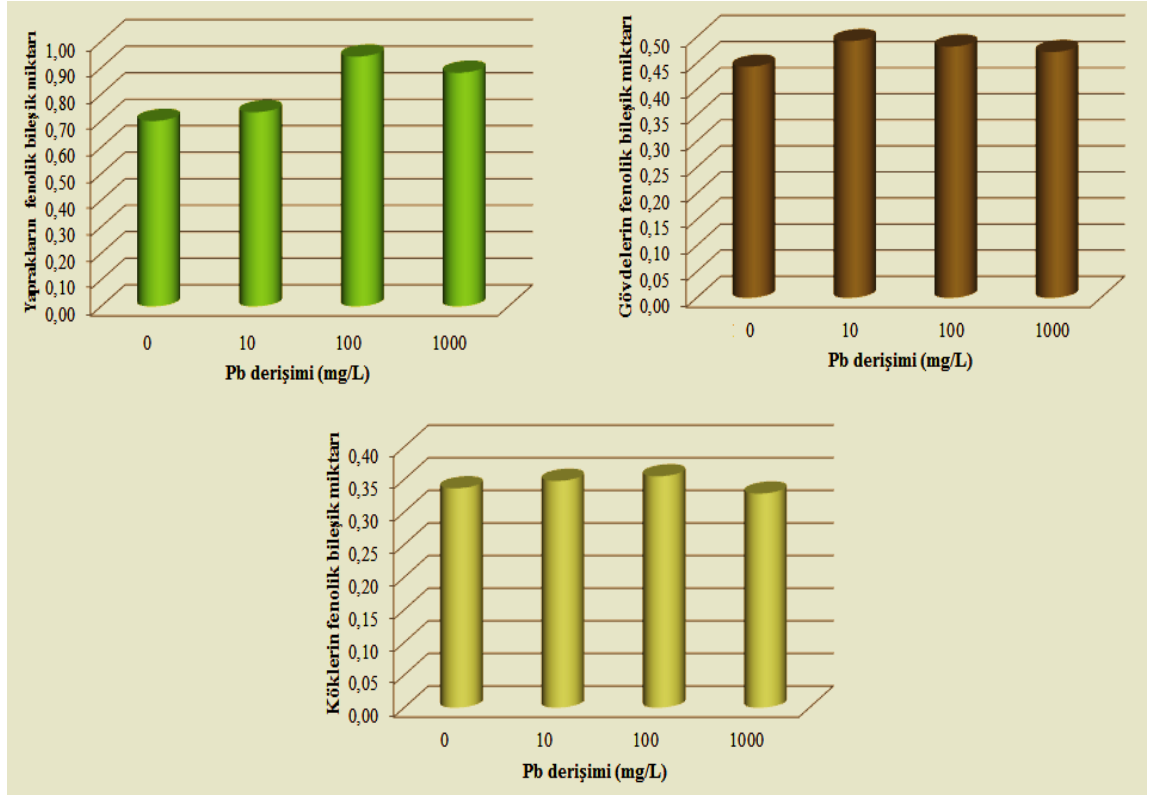
Yerfıstığı fidelerinin protein miktarları Şekil 4.10'da verilmiştir. 10 mg/L Pb etkisinde yetiştirilen fide köklerinin protein miktarı kontrole göre %8,2 ($p < 0,05$) düzeyinde artmışken, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimler ise %11,7 ($p < 0,05$) ve %15,9 ($p < 0,05$) düzeylerinde azalmıştır. Gövde ve yaprakların protein miktarları ise artan Pb derişimi ile birlikte azalmıştır. Kurşunun 10, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerde gövdelerdeki bu azalmalar kontrole sırasıyla % 1,63 ($p > 0,05$), % 22,64 ($p < 0,05$) ve % 32,53 ($p < 0,05$) olmuştur. Yaprakların protein miktarları da aynı derişimlerde % 0,85 ($p > 0,05$), % 12,2 ($p < 0,05$) ve % 22,2 ($p < 0,05$) düzeylerinde azaldığı hesaplanmıştır.



Şekil 4.10. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı kök, gövde ve yapraklarının protein miktarları (mg/g taze ağırlık)

4.9. Kök, Gövde ve Yaprakların Fenolik Bileşik Miktarları

Yerfıstığı fidelerinin protein miktarları Şekil 4.11’de verilmiştir. Bulgularımıza göre, köklerin fenolik bileşik miktarları 10 ve 100 mg/L derişimlerde kontrole göre önemsiz olarak artmışken ($p>0,05$), 1000 mg/L derişiminde ise önemli azalma olmuştur ($p<0,05$). Gövdelerin fenolik bileşik miktarları 10, 100 ve 1000 mg/L’lik Pb derişimlerinde kontrole göre % 11,0 ($p<0,05$), % 8,7 ($p<0,05$) ve % 6,3 ($p<0,05$) düzeylerinde artmıştır. Yine aynı derişimlerin etkisindeki fide yapraklarının fenolik bileşikleri ise kontrole göre % 4,7 ($p>0,05$), % 34,7 ($p<0,05$) ve % 26,0 ($p<0,05$) düzeylerinde arttığı belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı kök, gövde ve yapraklarının fenolik bileşik miktarları (mg/g taze ağırlık)

BÖLÜM 5

TARTIŞMA VE SONUÇ

Evsel, endüstriyel ve zirai faaliyetler sonucu çevreye salınan ağır metallerin neden olduğu kirlilik giderek artmakta ve bu metaller ciddi sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Kurşun hala en önemli kirleticiler arasında yer almasına karşın, modern hayatta kurşun kullanımına duyulan ihtiyaçtan dolayı yakın geleceğe kadar toprakların Pb tarafından kirlenmesinde bir azalmanın muhtemel olmadığı belirtilmektedir (Yang vd., 2000). Ağır metaller arasında en önemli çevre kirleticilerinin başında gelen kurşun, doğal yolların yanında kurşunlu benzin, boyalar ve patlayıcılar, çeşitli madencilik faaliyetleri, evsel atıklarla çevre kirlenmesine neden olmaktadır (Chaney ve Ryan, 1994).

Kurşun bitkiler için gerekli bir element olmamasına karşın, bütün bitkilerde bulunabilmektedir (Kabata-Pendias ve Pendias 1984). Ortamda kurşuna maruz kalmış bitkilerde kök uzaması ve biyokütlede azalma (Fargasova 1994), klorofil biyosentezinde engellenme (Miranda ve Ilangovan 1996), bazı enzim aktivitelerinde tetiklenme veya engellenmeler olduğu (Van Assche ve Clijsters 1990) rapor edilmiştir.

Aşırı sanayi faaliyetine yakın olan kültür arazilerindeki kurşun derişimlerinde önemli atışlar bulunmuştur. Kurşunla kirlenmiş topraklarda bu metalin birikimi özellikle yüzey tabakalarda artış göstermiştir (de Abreu vd., 1998). Kurşun topraktan kolayca alınmakta ve bitkilerin farklı organlarında birikmektedir. Kurşun ile kontamine olmuş topraklarda bitki üretiminde azalmalar olmaktadır. Böylece zirai anlamda ciddi problemler ortaya çıkmaktadır (Johnson ve Eaton, 1980).

Özellikle yüksek derişimlerdeki kurşunun bitki büyüme ve gelişmesini engellediği bilinmektedir. Kurşun toksisitesi bitkilerin fizyolojik ve morfolojik özelliklerinde değişimler oluşturmaktadır. Kurşun toksisitesinin spesifik olmayan semptomları kök büyümesinin engellenmesi ve klorozdur (Burton vd., 1984). Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de

görüldüğü gibi, farklı derişimlerdeki Pb etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin büyüme ve gelişimleri özellikle 100 ve 1000 mg/L'lik Pb uygulamaları tarafından engellenmiştir. Ancak 10 mg/L'lik derişimde ise dikkate değer bir azalmanın olmadığı görülmüştür. Bunun yanı sıra, özellikle 1000 mg/L'lik derişimde kök ve yapraklarda ciddi toksisite semptomları oluşmuştur. Kurşun uygulaması doza ve süreye bağlı olarak enzim aktivitesini, su balansını, büyüme ve gelişmeyi, mineral madde alınımı ve taşınmasını, hormon düzeyini ve membran permabilitesini etkilediği bilinmektedir. Yüksek Pb derişimlerinin bitkilerde biyokimyasal olayları bozduğu ve böylece bozulan prosesler sonucu da yerfıstığı fidelerinde belirlediğimiz toksisite semptomlarının oluşmasına neden olduğunu söyleyebiliriz.

Bitkiler kurşunu etraflarındaki metal bulaşmış çözeltilerden alabildiği ve böylece büyüme ve gelişmelerine olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir (Obroucheva vd., 1998). Godbold ve Kettner (1991) yaptıkları çalışmada, dört haftalık *Picea abies* bitkilerine 0,5 µM Pb uygulaması sonucunda kök gelişiminin azaldığını belirlemişlerdir. Benzer şekilde *Zea mays* fidelerinde kurşun toksisitesinin kök gelişimini engellediğini bulmuşlardır (Obroucheva vd., 1998). Kurşunun 1,5, 2,0 ve 2,5 mM uygulanan fidelerin gövde büyüme oranları 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).

Büyümenin bir diğer göstergesinin de ağırlık artışı olduğu bilinmektedir. Metal stresinin bitkilerde ağırlık artışı azalttığı birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Ouzounidou vd., 1997; Vitoria vd., 2001). Çolak ve Doğan (2011) yaptıkları çalışmada, kurşun uygulama süresi sonunda, ekmeklik buğdayın kontrol fidelerinin kök uzunluklarının, deney başlangıcına göre, % 41.4'lük bir artış gösterdiklerini belirlenmiştir. Deney sonunda 10 ve 100 mg/L'lik Pb etkisindeki fidelerin kök uzunlukları ise, kontrolüne göre, sırasıyla % 13.8 ve % 25.0 (p<0.05) düzeyinde azalmıştır. Benzer şekilde deney süresi sonunda kontrol fidelerin gövde uzunluğunun deney başlangıcındaki gövde uzunluğuna göre % 132.9'lük bir artış gösterdiği belirlenmiştir. Kurşunun 10 ve 100 mg/L'lik derişimlerinin etkisinde yetiştirilen fidelerin gövde uzunlukları ise, kontrolüne göre sırasıyla % 16 ve % 27

($p < 0,05$) düzeyinde azalmıştır. Bulgularımıza göre kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerinin kök, gövde ve yaprak uzunlukları da genelde artan Pb derişimiyle birlikte önemli düzeylerde azaldığı belirlenmiştir. Kurşun toksisitesi tarafından büyümenin azalması Pb tarafından indüklenen hücre bölünmesinin inhibisyonundan dolayı olabilir (Eun vd., 2000). Bunun yanı sıra direkt olarak fizyolojik olayların etkilenmesinin yanında, Pb tarafından indüklenen beslenme bozukluğunun da büyüme ve gelişme üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu düşünülmektedir.

Bitkiler, Pb ile kontamine olmuş çözeltilerden aldıkları kurşunun önemli bir miktarını köklerinde tuttukları, toprak üstü organlara taşınmasını ise sınırlandırmaktadır (Lane ve Martin, 1977). Buğday çeşitlerinden Balcalı-85 ve C-1252'i ile yapılan araştırmada bitkilerin köklerinin yeşil aksamlarına kıyasla daha yüksek derişimlerde metal biriktirdikleri bulunmuştur (Öztürk vd., 2003). 10 ve 20 günlük periyodlarla kum kültüründe çeltik bitkisi yetiştirilerek 500 ve 1000 μM $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ uygulanmasının yapıldığı bitkilerde kök büyümesinin % 22-42 ve sürgün büyümesini % 25 oranında azaldığı, kökler tarafından absorbe edilen Pb miktarının sürgünlerden 1,7-3,3 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Verma ve Dubey, 2003). Çolak ve Doğan (2011), yaptığı 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 köklerdeki Pb derişimleri yeşil aksamlarına göre sırasıyla 30,1 ve 13,8 kat fazla olmuştur. Yerfıstığı fidelerinin kök, gövde ve yapraklarının Pb derişimleri uygulanan kurşun derişimiyle birlikte önemli düzeylerde artmıştır. En yüksek kurşun derişimleri, köklerde bulunmuştur. Genel manada köklerden sonra en yüksek Pb derişimlerinin gövdelerde, en az ise yapraklarda olduğu belirlenmiştir. Konsantrasyon faktörü (KF) bitkilerin metal akümülyasyon kapasitelerini belirlemek için kullanılmaktadır. Buna göre yerfıstığı fidelerinin KF'leri uygulanan Pb derişimiyle birlikte azalmıştır. Benzer olarak kurşunun gövde ve yapraklara taşınımı da, KF'lerinde olduğu gibi artan Pb derişimiyle birlikte azalmıştır.

Kurşunun klorofil sentezini engellediği ve sonuç olarak klorofil miktarlarında azalmalara neden olduğu birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Miranda ve

Ilangoan, 1996, Dogan vd., 2009; Çolak ve Doğan, 2011). Kurşun etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fide yapraklarının pigment miktarlarında azalmalar olmuştur. Van Assche ve Clijsters (1990)'e göre, farklı kurşun derişimlerinin etkisinde yetiştirilen yerfıstığı fidelerindeki klorofil miktarlarındaki bu azalmaların klorofil biyosentezinin engellenmesinin bir sonucu olabilir. Ayrıca ağır metal iyonlarının etkisine bırakılan bitkilerin izole edilen klorofilleri ile yapılan çalışmada; klorofilin merkezinde yer alan Mg'nin kurşun gibi ağır metallere yer değiştirdiği de bulunmuştur (Kupper vd., 1996). Bu durum da klorofil pigmentinin azalmasının bir nedeni olabilir.

Tuzluluk, yüksek ve düşük sıcaklık, ağır metal toksisitesi, patojen enfeksiyonları, besin elementi eksiklikleri 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). Sucul ve karasal bitkilerde metal stresinde prolin artışlarının olduğu belirtilmiştir. Kadmiyum stresli koşullarda denenen *Ceratophyllum demersum*'un prolin miktarlarında Cd derişimi ile birlikte artışlar olduğu bulunmuştur. Bu makrofitin 0,01, 0,1 ve 1 mg/L'lik Cd derişimindeki prolin miktarındaki artışların kontrole göre sırasıyla % 15,9 ($p>0,05$), % 53,3 ($p<0,01$) ve % 35,7 ($p<0,05$) olduğu bulunmuştur (Doğan ve Demirörs Saygıdeğer, 2009). Doğan ve Çolak (2009) kurşun etkisinde buğday fidelerinde prolin miktarlarında artışların olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan araştırma bulgularına göre, yerfıstığı fidelerin kök, gövde ve yapraklarının prolin miktarları Pb toksisitesinde değiştiği belirlenmiştir. Özellikle yaprakların prolin miktarlarında artışlar olmuştur. Metal stresinde prolin, proteinlerin denaturasyonunda, hücre içi pH ve $NAD(P)^+ / NAD(P)H$ oranlarının düzenlenmesinde, karbon ve azot kaynağı olarak kullanılmasında ve reaktif oksijen türlerinin temizlenmesinde görev yapabileceği belirtilmiştir (Sharmila ve Pardha Saradhi, 2002). Bazı araştırıcılar metalin prolin tarafından şelatlanıp detoksifikasyonunda görev yaptığını da belirtilmiştir (Farago ve Mullen, 1979). Yukarıdaki nedenler dikkate alındığında, kurşun toksisitesinde yerfıstığı fidelerindeki prolin miktarının artışları açıklanabilir.

Lipitler organik solventlerle çözünebilen karbon ve hidrojen zengin yağlar ve yağ benzeri maddelerin bir grubudur. Membran yapılarının yaklaşık % 40'ını oluşturarak, bütünlüğünü sağlarlar. Membranların lipid kompozisyonu organellerin yapısı ve fonksiyonuna bağlı olarak değişiklik gösterir. (Harwood ve Russel, 1984). Membran lipitleri sık sık biyotik ve abiyotik stres koşulları altında kalitatif ve kantitatif olarak modifiye olurlar (Kuiper, 1985). Ayrıca biyotik ve abiyotik stres faktörleri lipidlerde peroksidasyona neden olduğu da bilinmektedir (Rama Devi ve Prasad, 2004). Ağır metaller doymamış yağ asitlerinden reaktif hidrojen türleri yoluyla hidrojen çıkartarak ciddi bir biçimde lipidlerde peroksidasyona neden olmaktadır. Bu durum lipid yapılarını bozan kısa zincirli alkanlar ve lipid asit aldehytler oluşumuna neden olur (Logani ve Davies, 1980). Kurşunun bitkilerde neden olduğu olumsuz etkilerden biri de, reaktif oksijen türlerinin tetiklenmesi sonucu oluşan oksidatif strestir. Lipit peroksidasyon düzeylerini belirlemek için tercih edilen parametrelerden biri de malondialdehit (MDA) düzeyinin tespitidir. Uygulanan Pb derişimlerinin yarfıstığı fidelerinin membranlarında hasara neden olduğu analiz edilen MDA miktarlarındaki artıştan anlaşılmaktadır. MDA miktarlarında önemli düzeylerdeki bu artışların Pb stresinden kaynaklanan ve oluşan serbest radikallerin membranlarda meydana getirdiği hasarın bir sonucu olabilir.

Kurşun etkisinde yarfıstığı fidelerinin kök, gövde ve yapraklarının protein miktarlarında değişimler olmuştur. 10 mg/L Pb etkisinde yetiştirilen fide köklerinin protein miktarı önemli artış göstermişken, 100 ve 1000 mg/L'lik derişimlerde ise önemli azalmalar olmuştur. Gövde ve yapraklarda ise protein miktarında azalmalar belirlenmiştir. Bu durum, toplam proteinlerdeki kalitatif ve kantitatif değişimlerin ayrıntılı bir şekilde analizini gerektirmekle birlikte, genelde kurşunun bitkideki protein sentezini engellemesinden ya da oksidatif streste üretilen reaktif oksijen türlerinin tetiklediği proteolizisten kaynaklanmış olabilir (Nagoor, 1999).

Fenoller biyotik ve abiyotik stres faktörlerine cevapta rol oynayan bileşiklerden olduğu bilinmektedir (Ruiz ve Romero, 2001). Bulgularımıza göre fenolik bileşik miktarlarının Pb etkisinde değiştii bulunmuştur. Bulgularımıza göre, köklerin fenolik bileşik miktarları 10 ve 100 mg/L derişimlerde kontrole göre önemsiz olarak artmışken, 1000 mg/L derişiminde ise önemli azalma olmuştur. Gövde ve yaprakların fenolik bileşik miktarları ise 10, 100 ve 1000 mg/L'lik Pb derişimlerinde

kontrole göre artışlar göstermiştir. Öncel vd. (2000) fenoliklerin akümülyasyonunu metalin toksisitesine bağlamıştır. Craft ve Audia (1962) ise metal toksisitesinin dokularda meydana gelen hasardan dolayı olduğunu rapor etmiştir. Fenolik bileşiklerin azalmasının nedeni de fenoliklerin sentezinin inhibisyonu veya reaktif oksijen türlerinin indüklediği polimerizasyon olabilir (Lavid vd., 2001; Çolak 2009).

Günümüzde giderek daha da önemli bir hale gelen çevre sorunlarından biri de tarım topraklarının kirlenmesidir. Sanayi ve zirai aktivitelerden dolayı oluşan bu sorunların başında da ağır metal kirliliği gelmektedir. Tarım topraklarda meydana gelen ağır metal kirliliği sonucunda, bu kirleticiler kültür bitkileri tarafından biriktirilmekte ve besin zinciri yoluyla insana kadar ulaşabilmektedir. Ağır metaller arasında kurşun kirliliği de önemli bir yer tutmaktadır. Çalışmamızda, ilimiz çevresindeki illerde ekimi yapılan kültür bitkilerinden olan yerfıstığı fidelerinde kurşun toksisitesinin bazı fizyolojik ve morfolojik etkileri belirlenmiştir. Düşük kurşun derişiminin yerfıstığı fidelerinde dikkate değer bir değişime neden olmadığı belirlenmiştir. Özellikle yüksek kurşun derişiminin yerfıstığı fidelerinde morfolojik ve fizyolojik değişimlere neden olduğu saptanmıştır. Literatürde yerfıstığı ve ağır metal toksisitesi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu nedenle yapılan bu çalışmanın ilerde yapılacak benzer araştırmalara kaynak olacağı kanısındayız.

KAYNAKLAR

- Akıncı, İ.E., Çalışkan, Ü. (2010). Kurşunun Bazı Yazlık Sebzelerde Tohum Çimlenmesi ve Tolerans Düzeyleri Üzerine Etkisi. *Ekoloji*, **74**, 164-172.
- Aksu, E., Yıldız, N. (2007). Besin çözeltilisine Artan Seviyelerde Uygulanan Cd ve Pb İyonlarına Farklı Domates Çeşitlerinin Tepkisinin Belirlenmesi. *Journal Of The Faculty Of Agriculture*, Cilt 38, Sayı 2.
- Alloway, B.J., Ayres, D.C. (1993). Chemical Principles of Environmental Pollution. Chapman and Hall, U. K. , s. 291.
- Angelone, M., Bini, C. (1992). Trace elements concentrations in soils and plants of western Europe. In: Adriano DC (ed), Biogeochemistry of Trace Metals, pp. 19-60. Lewis Publishers, Boca Raton, London.
- Ayhan, B. (2006). Mısır (*Zea mays* L.)'in bazı çeşitlerinde ağır metal (Pb, Cd) stresinin etkilerinin belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Aziz, A., Martin-Tanguy, J., 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.
- Azmat, R., Haider, S., Askari, S. (2006). Effect of Pb on germination, growth, morphology and histomorphology of *Phaseolus mungo* and *Lens culinaris*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. **9**, 979-984.
- Balsberg Pahlsson, A.M. (1989). Toxicity of heavys (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants. *Water, Air and Soil Pollution*, **47**, 287-319.
- Bates, L.S., Waldren S.P., I.D. Teare (1973). Rapid determination of free proline for water- stress studies. *Plant Soil*, **39**, 205-208.
- Bazzaz, M. B. ve Govindjee (1974). Effect of lead chloride on chloroplast reaction. *Environ. Lett.*, 175-191.

- Bhandal, I.S., 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.
- Burton, K.W., Morgan, E., 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., Grabowaski, A. (1984). Influence of lead on nitrate uptake and reduction in cucumber seedlings. *Acta Soc. Bot. Poll* , **53**, 77-86
- Carlson, R. W., Stukel, J. J., 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., Ryan, J.A. (1994) Risk based standards for arsenic lead and cadmium in urban soils. Dechema, Frankfurt, Germany.
- Craft, C.C., Audia, W.V. (1962). Phenolic substances associated with wound-barrier formation in vegetables. *Bot. Gaz.*, **123**, 211-219.
- Çavuşoğlu, K., Çakır ., Talip,K. (2006). Kırıkkale İlinin Çeşitli Bölgelerinde Yol Kenarlarından Toplanan *Pinus Nigra* (J.F. Arnold) Subsp. *nigra* var. *caramanica* (Loudon) Rehder Türündeki Kurşun (Pb) Kirliliğın Araştırılması. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* Sayı **11**, 11-26.
- Çolak, U. (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 Enstitü Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi.
- Çolak, U., Doğan, M. (2011). Kurşunun Uygulamasının *Triticum aestivum* L. cv. Ceyhan-99'daki Bazı Fizyolojik Etkileri, *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* **4(2)**, 49-53.
- 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., De Andrade, J.C. (1998). Distribution of lead in the soil profile evaluated by DTPA and Mehlich-3 solutions. *Bragantia*, **57**, 185-192
- Dogan M., Demirors Saygideger, S., U. Colak (2009). Effect of Lead Toxicity on Aquatic Macrophyte *Elodea canadensis* Michx. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **83**, 249-254.

- Dogan, M., U. Colak (2009) *Triticum aestivum* L. cv. Tosunbey'e Uygulanan Kurşunun Bazı Fizyolojik Özelliklere Etkisi. *Ekoloji* **73**, 98-104.
- Doğan M., Demirors Saygıdeğer S. (2009). Kadmiyumun *Ceratophyllum demersum* L. Üzerindeki bazı fizyolojik etkileri. *Ekoloji*, **71**, 57-64.
- Dunne, J.M., Greening, P. (1993). European emis-sion standards to the year 2000, Institution Mechanical Engineers, second seminar, MEP, 1-8.
- Eich, M.J., Peak, J.D., Brady, P.V., Pesek, J.D. (1999). Kinetics of lead adsorption and goethite: Residence time effect. *Soil. Sci* **164**, 28-39.
- Eichhorn, G.L., Butzow, J.J., Shin, Y.A. (1985). Some effects of metal ions on DNA structure and genetic information transfer. *Journal of Biosciences*. **8/3-4**, 527-535.
- Ergün, N., Öncel, I. (2009). Ekmeklik (Buğdayda *Triticum aestivum* L.) İlk Gelişme Döneminde Kök ve Gövde Büyümesi Üzerine Bazı Ağır Metal ve Metal – Hormon Uygulamalarının Etkileri *Yyü Tar Bil Derg (Yyu J Agr Sci)* **19(1)**, 11-17.
- Eun, S.O., Youn, H.S., Lee, Y. (2000). Lead disturbs microtubule organization in the root meristem of *Zea mays*. *Physiol. Plant*, **110**, 357-365.
- Ewais, E.A. (1997). Effect of Cadmium, Nickel and Lead on Growth, Chlorophyll Content and Proteins of Weeds. *Biologia Plantarum*, **39 (3)**, 403- 410.
- 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.
- Fargasova, A. (1994). Effect of Pb, Cd, Hg, As and Cr on germination and root growth of *Sinapis alba* seeds. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* **52**, 452-456.
- Fiussello, N., Molinari, M. T. (1973). Effect of lead on plant growth. *Allionia*, **19**, 89-96
- Funicelli, N.A., Mrozek, E. (1982). Effect of Zinc and Lead on Germination of *Spartina alterniflora* Loisel Seeds at Various Salinities. *Environmental and Experimental Botany*, **22(1)**, 23-32.
- Ghosh, M., Singh S.P. (2005). Comparative uptake and phytoextraction study of Soil induced chromium by accumulator and high biomass weed species. *Appl. Ecol. Environ. Res.* **3**, 67-79.
- Godbold, D. L., Hutterman, A. (1987). In Lindberg, S. E., Hutchinson, T. C. (eds), Heavy metals in the environment, *Vol. II International Conference*, New Orleans, Sept. pp253.

- Goldbold, D.L. Kettner, C. (1991). Lead influences root growth and mineral nutrition of *Picea abies* seedlings. *J. Plant Physiol.*, **139**, 95-99.
- Gupta, M., Chandra, P. (1994). Lead contamination in *Vallisneria spiralis* and *hydrilla verticillata* (L. F.) Rogle. *J. Environ. Sci. and Health A*, **29(3)**, 503-516.
- Hameed, N., Siddiqui, Z.S., Ahmed, S. (2001). Effects of Copper and Lead on Germination, Accumulation and Phenolic Contents of *Spinacea oleracea* and *Lycopersicum esculentum*. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, **4(7)**, 809-811.
- Hamppe, R., Ziegler H., 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.
- Harwood, J.L., Russel, N.J. (1984). *Lipids in Plants and Microbes*. Allen and Unwin, London.
- Henssler, H., Gospage, S. (1987). Standarts of the European Community, SAE Special Publications, 69-83.
- Huang, C. Y., Bazzaz, F. A., Vanderhoef, L. N. (1974). The inhibition of soybean metabolism by Cd and Pb. *Plant Physiol.*, **54**, 122-124
- Jana, S., 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., Eaton, J.W. (1980). Environmental contamination through residual trace metal dispersal from a derelict lead-zinc mine. *J. Environ. Qual.*, **9**, 175-179.
- Kabata-Pendias, A., Pendias, H. (1984). *Trace element in the soil and plants*. CRC Press Florida.
- Kadiroğlu, A. (2008). Yerfistiği Yetiştiriciliği. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya.
- Kafadar F.N., Saygıdeğer, S. (2010). Gaziantep İlinde Organize Sanayi Bölgesi Atık Suları ile Sulanan Bazı Tarım Bitkilerinde Kurşun (Pb) Miktarlarının Belirlenmesi. *Ekoloji* **75**, 41-48.
- Kennedy, C.D., Gonsalves, F.A.N. (1989). The action of divalen Zn, Cd, Hg, Cu and Pb ions on the ATPase activity of a plasma membrane fraction isolated from roots of *Zea mays*. *Plant and Soil*. **117/2**, 167-175.

- Keser, G., Saygideger, S. (2005). Effects of lead on the activities of antioxidant enzymes in watercress, *Nasturtium officinale* R.Br. *Biological Trace Element Research*, **137**, 235-243.
- Kıran, Y., Munzuroğlu, Ö. (2004). Mercimek (*Lens culinaris medik.*) tohumlarının çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine kurşunun etkileri. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. **16/1**, 1-9.
- Kıran, Y., Şahin, A. (2005). The effects of the lead on the seed germination, root growth and root tip cell mitotic divisions of *lens culinaris medik.* *Gazi University Journal of Science*. **18/1**, 17-25.
- Kopittke, P.M., Asher, C.J., Blamey, F.P.C., Menzies, N.W. (2007). Toxic effects of Pb^{+2} on the growth and mineral nutrition of signal grass (*Brachiaria decumbens*) and Rhodes grass (*Chloris gayana*). *Plant and Soil*. **300/1-2**, 127-136.
- Kuiper, P.J.C. (1985). Lipid Metabolism of Higher Plants as a Factor in Environmental Adaptation. In: Siegenthaler, P.A. and Eichenberger, W. (Eds) *Structure, Function and Metabolism of Plant Lipids*. Elsevier, Amsterdam, pp, 525-530.
- Kumar, G., Singh, R. P., 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., Martin, E.S. (1977). A histochemical investigation of lead uptake in *Raphanus sativus*. *New Phytol.*, **79**, 281-286.
- 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.
- Laxen, D.P.H., Harrison, R.M. (1977). The highway as a source of water pollution: an appraisal of heavy metal lead. *Water Res.* **11**, 1-11.
- Lee, K. C., Cunningham, B. A., Chung, K. H., Paulson, G. M., Laing, G. H. (1976). Lead effect on several enzymes and nitrogenous compounds in soybean leaf. *J. Environ. Qual.* , pp. 357-359.
- Lichtenthaler, H.K., Wellburn A.R. (1985) Determination of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf in different solvents. *Biol. Soc. Trans.* **11**, 591-592.

- Lindberg, R. A., Quinn, A. M., Hunter, T. (1992). Dual-specificity protein kinases: will any hydroxyl do? *Trends Biochem. Sci.*, **17**, 114-119.
- Logani, M.K., Davies, R.E. (1980). Lipid Oxidation: Biologic Effects and Antioxidants- A Review. *Lipids* **15**, 485-495.
- Lowry, O.H., Rosebrough, N. J. Farr, A. L., and R. J. Randall (1951). Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* **193**, 165-175.
- Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants 2nd. Edition. Academic Press Inc. London, G.B. p,446.
- Miles, C. D., Brandle, J. R., Daniel, D. J., Chuder, O., Schnare, P. O., Uhlick, D. J. (1972). Inhibition of photosystem II isolated chloroplast by lead. *Plant physiol.* **49**, 820-825.
- 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
- Nagoor, S. (1999). Physiological and biochemical responses of cereal seedlings to graded levels of heavy metals. II. Effects on protein metabolism in maize seedlings. *Adv. Plant Sci.* **12**, 425-433.
- 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, O.J. (1992). Toxic metal pollution in Africa. The Science of the total environment. *Elsevier Science Publishers, Amsterdam.* **121**, 1- 37.
- Nwosu, J.U., Harding, A.K., Linder, G. (1995). Cadmium and lead uptake by edible crops grown in a silt loam soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.* **54/44**, 570-578.
- 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.
- Ouzounidou, G., Moustakas, M., Eleftheriou. E.P. (1997). Physiological and ultrastructural effects of cadmium on wheat (*Triticum aestivum*) leaves. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **32**, 154-160.

- Öncel, 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.
- Öztürk, L., Eker, S., 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.
- Paivoke, A.E.A. (2002). Soil lead alters phytase activity and mineral nutrient balance of *Pisum sativum*. *Environ. Exp. Bot.* **48**:61-73.
- Parlak, K.U. (2010). *Lemna gibba* ve *Grolendia dense* da Ağır Metal Toksisitesine Karşı Oluşturulan Antioksidant Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi.
- Parys, E., Romanowska, E., Siedlecka, M., Poskuta, J., (1998). The effect of lead on photosynthesis and respiration in detached leaves and in mesophyll protoplasts of *Pisum sativum*. *Acta Physiologiae Plantarum.* **20/3**, 313-322.
- Prasad, D. D. K., Prasad, A. R. K. (1987). Effect of lead and mercury on chlorophyll synthesis in Mung Bean seedlings. *Phytochem.* **26**, 881-883.
- Rama Devi, S., Prasad, M.N.V. (2004). Membrane Lipid alterations in Heavy Metal Exposed Plant. In: Prasad, M.N.V. and Hagemeyer, J. (Eds.) Heavy Metal Stres in Plants, From Molecules to Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin, 99-116.
- Ratkevicius, N., Correa, J.A., 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., Hanzelly, L. (1974). Lead induced ultrastructural changes in chloroplast of the hydrophytes. *Z. Pflanzenphysiol.* **73**,377-386.
- Rolfe, G.L., Bazzaz, F.A. (1975). Effect of lead contamination on transpiration and photosynthesis of loblolly pine and Autumn olive. *Forest Science.* **21/1**, 33–35.
- Ruiz, J.M., 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.

- Ruiz-Jiménez, J. Luque-Garcia, J.L., Castro M.D.L. (2003). Dynamic ultrasound-assisted extraction of cadmium and lead from plants prior to electrothermal atomic absorption spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, **480**, 231–237.
- Sarkar, A., Jana, S. (1987). Effect of combination of heavy metals on hill activity of *Azolla pinnata*. *Water, Air, and Soil Pollut.*, **35**, 141-145.
- Sawidis, T., Marnasidis, A., Zachariadis, G., Stratis, J. (1995). A study of air pollution with heavy metals in Thessaloniki city (Greece) using trees as biological indicators. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. **28/1**, 118-124.
- Sharmila, P., 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.
- Singh, R. P., Tripathi, R. D., Sinha, S. K., Maheshwari, R., Srivastava, H. S. (1997). Response of higher plants to lead contaminated environment. *Chemosphere*, **34**, 2467-2493.
- Sinha, S. K., Srivastava, H. S., 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., Mishra, S. N. (1988b). Effect of lead on RNA and nitrate assimilation in Pea leaves. *Acta Soc. Bot. Poll.* **57(4)**, 457-463
- Spona, KD., Baum, B. (1993). Untersuchungen zur pflanzenverfolgbarkeit von blei, cadmium, kupfer und zink auf kontaminierten böden den in einem industriellen ballungsgebiet. In: Radtke U (ed.) Schwermetalle, Duseldörfer Geographische Schriften, Düsseldorf 31, 203- 222.
- Symeonidis, L., Karataglis, S. (1992). The Effect of lead and zinc on plant growth and chlorophyll content of *Holcus lanatus* L. *Journal of Agronomy and Crop Science*. **1/68**, 108-112.
- Van Assche. ve Clijsters, H., (1990). Effects of metals on enzyme activity in plants. *Plant Cell and Environ.*, **13**, 195-206.
- Venkataraman, S., Veeranianeyulu, K., Ramdas, V. S. (1978). Heavy metal inhibition of nitrate reductase. *Ind. J. Exp. Biol.*, **16**, 615-616.

- Verma, S., Dubey, R.S. (2003). Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. *Plant Sci.*, **164**, 645-655.
- Vitoria, A.P., Lea, P.J. ve Azevedo, R.A. (2001). Antioxidant enzymes responses to cadmium in radish tissues. *Phytochem.* **57**, 701-710.
- Wierzbicka, M., Obidzinska, J. (1998). The Effect of Lead on Seed Imbibition and Germination in Different Plant Species. *Plant Science*, **137**, 155-171.
- Xiong, Z.T. (1997). 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.
- Zayed, A., Gowthaman, S., Terry N. (1998). Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I. Duckweed. *J. Environ. Qual.* **27**, 715-721.
- Zengin, F. K., 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.
- Zhou, Q. (2001). The measurement of malondialdehyde in plants. In: *Methods in Plant Physiology* (Ed. Zhou Q.), China Agricultural Press, Beijing: 173-174.