Alınteri
17 (B) – 2009
14-26
ISSN:1307-3311

Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri

Melih OKCU[1] Elif TOZLU[1] A.Metin KUMLAY[2] Mücahit PEHLUVAN[2]

1-Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ERZURUM
2-Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi, IĞDIR
e-mail: melihokcu@hotmail.com

Geliş Tarihi/Received:19.10.2009

Özet: Doğayı kirleten unsurlardan biri olan ağır metallerin bitkilerin vejetatif organlarını makroskobik, mikroskobik ve fizyolojik olarak etkilediği bilinmektedir. Bu olumsuz durumdan sadece bitkilerin vejetatif organları değil aynı zamanda generatif organları ve doğada aktif yaşamlarını sürdüren bütün canlılar etkilenmektedir. Yüzyıllar boyunca insanlar ağır metallerin etkilerini bilmeden takı, silah, su borusu v.b çeşitli amaçlar için kullanmışlardır. Sanayileşme ile birlikte ağır metal içeren kömürlerin yakılmaya başlanması ile endüstri bölgelerinde ve her geçen gün artan trafik yoğunluğuna maruz kalan dünyamız ve ülkemizde birçok kirleticiyle beraber ağır metallerin de çevredeki miktarlarının artması sonucunda ağır metal kirliliği aşırı boyutlara ulaşmıştır.

Bu maddeler, sadece organizmalarda birikmekle kalmayıp, aynı zamanda gıda zincirlerini dolaşarak ekosistemlerde tehlikeli yoğunluklarda uzun süre kalabilirler. Ağır metallerin doğada yayınımları göz önüne alındığında, metallerin yayılmasına ve ekosistemde zarar vermesine daha çok insanın neden olduğu görüşü hakimdir. Sürekli ve kullanıma bağlı kirlenme, çevrede oldukça fazla ağır metal içeriğine ve yoğunluğuna neden olmaktadır. Bu yoğunluk neticesinde doğada bulunan bitkiler olumsuz yönde etkilenmekte ve elde edilen ürünler sağlık açısından son derece tehlike arz etmektedir. Bu derlemede ağır metaller ve bunların bitkiler üzerine etkileri incelenmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ağır Metal, Bitkiler, Kirleticiler, Metal Yayınımı

The Effects of Heavy Metals on Plants

Abstract: One of the factors that are polluting the nature of the heavy metal vegetative organs of plants macroscopic, microscopic and physiological effect is known as. This negative situation is not only plants but also in vegetative organs and generative organs continue their active life in nature, all living things are affected. For centuries, human have been using heavy metals with various aims such as jewellery,weapon or water pipe without knowing their effects. With the starting of burning of the coals including metal along with industrilization, in industrilized regions and in our world and our country undergoing to the intensity of traffic everyday, in the result of increasing of the amount of heavy metals along with a number of pollutant the pollution of heavy metal has reached in excesive dimensions.

These substances can not only stay with organizims but also can remain for long time with a dangerous densities by moving the chains of food in ecosystems. When the sprit of heavy metals in nature was considered, it is dominant view that human caused metals to give harm ecosystem and spread in nature. The pollution depending on being constant and using caused the intense and much more metal contents in enviroment. İn the result of this intensity the plants in the nature have been effected negatively, and the product obtained shows dangerous over regards health. In this review, heavy metals and thier effects on plants was to examine.

Key Words: Heavy Metals, Plants, Pollutants, Metal Diffusion

Alınteri
17 (B) – 2009
14-26
ISSN:1307-3311

1. GİRİŞ

İnsanlar yaşamları süresince, doğaya ve doğada cereyan eden olaylara ilgi duymuşlardır. Toprakta belirli şartlarda çimlenen tohumun kök, gövde ve yaprak gibi organları oluşturması, ilk insanların ilgilendiği önemli konulardan birisi olmuştur. Çünkü, insanoğlunun hayatını devam ettirebilmesi gıda, hammadde ve enerji kaynağı olarak her zaman bitki yaşamına bağlı olmuştur. Bitkiler gelişip fizyolojik dönemlerini tamamlamada gereksinim duydukları maddeleri kolayca topraktan kökleri vasıtasıyla almaktadırlar. Bu maddeler bitkide bulundukları formda toprakta da bulunmaktadır. Bitkide bulunan bu maddelerin dışardan alındığı görüşü oldukça yaygındır (Brohi ve ark., 1994). Bitki beslenmesinde her besin elementinin rolü farklıdır, bunların dengeli bir şekilde bitkiye uygulanması gerekmektedir. Tarımsal açıdan çok büyük bir öneme sahip olan bitkiler, besin elementlerini alırlarken dışarıdan bir takım olumsuzluklarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Bu olumsuzluklar bitkinin hayatiyetini sınırlamada önemli rol oynamaktadır.

Bitkilerin yaşamaları için gerekli olan elementlere, "Bitki besin elementleri" denilmektedir. Bitki dokularının analizinde doğada bulunan tüm elementleri hemen hemen bulmak mümkündür. Her ne kadar bitkilerin besin iyonları alımı seçici ise de, yetiştirme ortamında yarayışlı formda bulunan besin elementleri oranı arttıkça, bitki bünyesine pasif yollarla geçebilen bazı ağır metaller, bitkilere alınarak besin zincirine dahil olmaktadırlar. Bunun sonucu olarak bitkilere ve bitkilerle beslenen insan ve hayvanlara toksik etkiler yapabilmektedirler. Çünkü, bitkiler yetiştikleri ortamda bulunan elementleri, kendileri için gerekli olsun veya olmasın az da olsa bünyelerine almaktadırlar. Ancak bu elementlerden 16 tanesi (C, H, 0, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B, CI, ve Mo) bütün bitkiler için mutlak gerekli besin maddeleridir. Diğer 6 element (Co, AI, Na, Si, Ni ve V) ise sadece bazı bitkilere veya proseslere gerekli olduğu kabul edilen yararlı elementlerdir (Yıldız, 2003).

Ülkemizin gerek hızla sanayileşmesi ve gerekse her geçen gün artan trafik yoğunluğuna maruz kalması diğer birçok kirleticiyle beraber ağır metallerin de çevredeki miktarlarını arttırmaktadır. Bu durum özellikle aktif hareket etme yeteneği olmayan bitkilerde başta ürün kaybı olmak üzere birçok olumsuzluğa neden olmaktadır (Munzuroğlu ve Gür, 2000)

Endüstrileşme ve kentleşmenin doğada meydana getirdiği en önemli sorunlardan birisi çevre kirliliği olarak kabul edilmektedir (Bayçu, 1997). Son dönemlerde madenlerin, metal ve kimya fabrikalarının çok yaygın olarak kullandıkları metal içeren mantar ilaçları ile ahşap koruyucuları, büyük sanayi komplekslerinin yaydığı gaz ve tozların toprak ve bitkileri kirlettiği belirtilmektedir (Peterson, 1993). Özellikle ağır metal kirliliği bu tip topraklar üzerinde yaşayan bitkiler için büyük bir potansiyel tehlikedir. Bu yüzden de bu tür ağır metal kirliliği görülen topraklar üzerinde farklı ıslah işlemleri uygulayarak verimliliğin artırılmasına yönelik yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Gieger ve ark., 1993).

Atmosferdeki değişik gaz ve parçacıkların fazlalığı, fabrika bacalarından çıkan hava kirleticiler ve atıkları toprak ve bitki verimliliğine olumsuz etkide bulunmaktadır. Özellikle yirminci yüzyılın ikinci yarısında endüstri gelişimine bağlı olarak ortaya çıkan ve artarak devam eden hava ve ağır metal kirliliği günümüzde bütün canlıları tehdit eder hale gelmiştir. Bu tehdit ekosistemlerin primer üreticileri konumundaki bitkiler üzerinde çok daha fazladır. Bu metallerin bitkilerin vejetatif organlarını önemli derecelerde etkilediği birçok çalışmada tespit edilmiştir. Fakat metal kirliliği sadece vejetatif organları değil, aynı zamanda generatif organları da etkilemektedir (Zheljazkov ve Nielsen, 1996).

Ağır metalin tanımı daha çok çevresel problemler olduğunda ortaya çıkmakta ve 'nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal' olarak tarif edilmektedir. Gerçekte ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm^3'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu grubun içine kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, civa ve çinko olmak üzere 60'tan fazla metal girmektedir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde bağlı olarak bulunurlar (Kahvecioğlu ve ark., 2007).

Yüksek konsantrasyonlardaki bazı ağır metaller, bitkileri ve bitkilerle beslenen insan ve hayvanları olumsuz yönde etkileyebilmektedirler. Krom, Nikel ve Kurşun topraklarda 10 - 100 mg/kg arasında, kadmiyum ise 1 mg/kg ın altında bulunuyorsa bu miktarlar normal seviyeler olarak kabul edilmektedir. Kadmiyum ve kurşun çevresel kirleticiler olarak insan-

lar ve hayvanlarda ciddi sağlık sorunları yaratmaktadırlar; krom esansiyel bir mikroelementdir ve yüksek konsantrasyonlarda memeliler ve diğer hayvanlar için toksik bir element iken, nikel ise aynı grup canlılar için olası kanserojen bir elementtir. Bununla beraber, nikel yüksek bitkiler için esansiyel besin elementi olarak kabul edilmiştir. Topraklarda ekstraktte edilebilir ağır metal konsantrasyonları: Cd için 1 mg/kg, kobalt için 10 mg/kg, bakır için 0,1 mg/kg, selenyum için 10 mg/kg, vanadyum için 0,5-1 mg/kg, Nikel için 100 mg/kg in üzerinde olduğu durumlarda toksik etkiler ortaya çıkabilmektedir (Yıldız, 2001). Ağır metaller içinde en şiddetli zehir etkisi olanların Cd, Pb ve Hg olduğu ifade edilmektedir (Çepel, 1997).

Metaller doğal olarak meydana gelir ve bazıları küresel ekosistemlerin gerçek parçalarıdır. Bakır (Cu) ve çinko (Zn) gibi metaller yaşam için gereklidir. Bitkide çinko, metabolizma olaylarını düzenleyen enzim sistemi için gereklidir. Ancak kurşun (Pb) ve civa (Hg) gibi diğer metallerin faydalı bir biyokimyasal fonksiyon yerine getirdiği bilinmemektedir (Allan, 1997). Yüksek yoğunluklarda zehirli olmalarına rağmen, bakır (Cu) ve çinko (Zn), zehirli fakat gerekli olmayan elementlerden olan civa (Hg) ve kurşundan (Pb) ayrı olarak fotosentetik elektron naklinde anahtar rol oynayan moleküllerin parçası ve çoğu enzim aktivitesi için gerekli mikro besin elementleridir (Raven ve ark., 1999).

Ağır metal kirliliği dünya üzerinde pek çok yerde biyosferi etkiler (Cunnigham ve ark., 1997; Raskin ve Ensley, 2000; Meagher, 2000). Topraktaki metal konsantrasyonları ya insan aktivitelerinin bir sonucu olarak ya da toprağın jeolojik orjinine bağlı olarak 1mg/kg (ppm)'den 100.000 mg/kg'a kadar değişen oranlardadır (Blaylock ve Huang, 2000). Cd, Cr, Cu, Ni ve Zn gibi topraklardaki bazı ağır metallerin fazla konsantrasyonları doğal su ve karasal ekosistemlerinin bozulmasına sebep olur (Gardea-Torresday ve ark. 1996; Meagher, 2000). Bazı ağır metaller düşük dozlarda bitkiler için önemli mikro-elementlerdir; fakat yüksek dozlar bitki türlerinin çoğunun büyümesini engeller ve metabolik düzensizliğe sebep olabilir (Fernandes ve Henriques, 1991; Claire ve ark., 1991). Araştırmacılar bazı bitki türlerinin metal ağırlıklı topraklarda endemik olduğunu ve ağır metallerin ve diğer toksik bileşenlerin alışılmış miktarından daha fazlasını tolere edebileceğini bildirmişlerdir (Banuelos ve ark., 1997; Blaylock ve Huang, 2000; Raskin ve Ensley, 2000; Dahmani-Muller ve ark., 2000).

Doğada metal kirliliği çeşitli kaynaklardan dolayı olmaktadır (Li, 1981, Goyer ve ark., 1989). Birçok metal, hava, su ve besinler ile organizmaya alınmaktadır (Lauwerys ve ark., 1993). Organizmaya alınan metaller, metabolizma üzerindeki toksik etkilerini değişik yollarla yapabilmektedir. Örneğin, proteinlerle etkileşerek onların enzimatik ve yapısal fonksiyonlarını değiştirip inhibe edebilir, temel elementlerin yerini alarak toksik etki gösterebilir (Bremner, 1974) ya da bazı toksik metaller, proteinlerle birleşerek intraselüler birikimlere neden olabilirler (Yoshikawa, 1982).

Ağır metaller genellikle okyanus yüzeyindeki sularda düşük yoğunluklarda bulunurlar ve oradan yükselip atmosfere taşınırlar. Yüksek seviyeleri sahil kıyılarında ve nehir sularının yüzeyinde meydana gelirler. Şehir merkezlerine yakın alanlarda kirlilik, kanalizasyon çıkışlarıyla birleşir (Wickfors ve Ukeles, 1982, Rebhun ve Amotz, 1984) fakat seviyeleri endüstri alanlarının yakınlarında yükselir (Cotté-Krief ve ark., 2000, Bu-Olayan ve ark., 2001, Eser ve Volpe, 2002).

Her bakımdan zehirleyici özelliğe sahip olan ağır metaller çeşitli kaynaklardan çevreye yayılmakta ve günümüzde çevre kirliliğinin önemli nedenlerinden birini oluşturmaktadır (Goyer, 1991).

Toprak-su- hava ve gıdanın kirlenmesine neden olan ağır metal kaynakları; depremler, volkanik patlamalar, seller vs gibi doğal kaynaklar (jeolojik kökeninden) ve endüsriyel, kentsel, tarımsal ve ulaşım gibi antropojenik (insan) etmenler diye ikiye ayrılabilir (Yıldız, 2004).

Toksik madde içeren ağır metaller, özellikle bakır (Cu), çinko (Zn), nikel (Ni) ve kurşun (Pb) toprak yüzeyine yüksek konsantrasyonlarda lağım suyu içeren sulu çamur bırakırlar (Schmidt, 1997), bunlar gıda zinciri içerisine taşınabilir, yüksek toksik madde içermelerinden dolayı, insan ve hayvan sağlığı ve ürün üretimi üzerinde bir tehdit unsuru olabilirler (Korentajar, 1991). Ağır metaller su ve tarımsal ekosistemlerden gıda zincirine girebilir ve insan sağlığını doğrudan tehdit edebilirler (Chen ve ark., 2001). Termik santrallerde enerji

Alınteri
17 (B) – 2009
14-26
ISSN:1307-3311

üretmek için kullanılan linyit kömürü, yüksek sıcaklıklarda yakıldığından, kömür içerisinde bulunan pek çok ağır metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Pb,Cd, Ni, Co, Cr) ve bazen polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAHs) küle geçmektedir Enerji üretme amacıyla kullanılan kömürün kül oranının artışıyla doğru orantılı olarak ağır metal içeriği de kaynaktan kaynağa göre değişmekle birlikte, genellikle artış göstermektedir (Constantine ve ark., 2004). Fosil kökenli maddelerin enerji üretimi amacıyla yakılmaları ve biyosfere salınmaları sonucu, bu elementlerden kaynaklanan kirlilik sorunları da gün geçtikçe artış göstermektedir (Tuna ve Girgin 2005). Ağır metaller bitki dokularında aşırı biriktiği zaman canlılıkla ilgili çeşitli büyüme proseslerinin değişmesine sebep olur (Phalsson,1989). Bunlara örnek olarak mineral beslenme (Costa ve ark., 1994),transpirasyon (Lidon ve ark., 1993), fotosentez (Nussbaum ve ark., 1988), enzim aktivitesi (Doncheva ve ark., 1996), nükleik asit yapısı (Somashekaraiah ve ark., 1992) klorofil biyosentezi (Munzuroğlu ve Geçkil., 2002) ve çimlenme (Ouzounidou ve ark., 1992) gibi bitkinin canlılık olaylarının (Ouzounidou ve ark., 1992) değişmesine sebep olur. Bunlara ek olarak membranlarda hasar (Kennedy and Gonsalves 1987), hormon dengesinin bozulması, su ilişkisinin değişmesi gibi fizyolojik olaylar da eklenebilir.

2. AĞIR METALLER

Özgül ağırlıkları 5 gr/ cm^3 den, atom numarası 20 den fazla olan elementler peryodik cetvelin geçiş elementleri olarak tanınan geniş bir gruba aittirler. Aslında ağır metal terimi, literatüre çevre kirliliği ile girmiştir. Kirlenme ve toksisite bakımından bir yan anlam olarak kullanılmaktadır. Bu grubun içine 70 kadar element girmekle birlikte ekolojik bakımdan önemli 20 element dikkati çekmektedir (Fe, Mn, Zn, Cu, V, Mo, Co, Ni, Cr, Pb, Be, Cd, Tl, Sb, Se, Sn, Ag, As, Hg, Al) Bunların bir kısmı, bitki ve hayvanlar için mikrobesin (Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, Ni) maddesi olabilmekte, izin verilebilir sınırı aşmadığı sürece toksik olmamaktadırlar (Yıldız, 2004).

Çizelge 1. Önemli ağır metallerin ekolojik sınıflaması (Yıldız, 2004)

Element	g/cm^3 özgül ağırlık	Bitki ve hayvan için gereklilik	Kirletici olup olmadığı
Ag Gümüş	10.5	—	K
Cd Kadmiyum	8.5	—	K
Cr Krom	7.2	G	K
Co Kobalt	8.9	G	K
Cu Bakır	8.9	G	K
Fe Demir	7.9	G	K
Hg Civa	13.6	—	K
Mn Mangan	7.4	G	—
Pb Kurşun	11.3	—	K
Mo Molibden	10.2	G	K
Ni Nikel	8.9	G	K
Pt Platin	21.5	—	—
Tl Talyum	11.9	—	K
Sn Kalay	7.3	—	K
U Uranyum	19.1	G	K
V Vanadyum	6.1	G	K
W Tungstem	19.3	G	K
Zn Çinko	7.1	G	K
Zr Zirkon	6.5	—	—

2.1. Bakır (Cu)

Bakırın bitki içindeki görevi hakkında oldukça fazla çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda bakırın bitki fizyolojisindeki rolü ayrıntılı olarak incelenmiştir. Bunlar şöyle özetlenebilir:

1. Bakır, çoğunlukla, molekül ağırlığı düşük olan organik maddelerle ve vitaminlerle bileşik yapar.

2. Bakıra, hem işlevi daha tam olarak çözülememiş bileşiklerde hem de hayati önem taşıyan enzimlerin yapısında rastlanmıştır.

3. Bakır, fotosentez, solunum, karbonhidrat parçalanması, azot kullanımı ve depolanması, hücre duvarı metabolizması gibi fizyolojik olaylarda önemli rol oynar.

4. Bakır, ksilem damarlarının geçirimliliğini düzenler.

5. Bakır, DNA ve RNA nın üretimini kontrol eder. Eksikliği durumunda bitki üremesi durur.

6. Bakırın, hastalıklara karşı, direnç mekanizmasında rolü vardır.

Bakırın, eksikliğinde olduğu gibi fazlalığında da bitki zarar görür. Tam olarak kanıtlanamamışsa da, bakır eksikliğinden kaynaklanan olaylarda, aslında bakırın dolaylı rolü vardır. Bazı fizyolojik olaylarda dolaylı etkisinin olması, bitkilerin ihtiyaç duyduğu ve bulunmasından fayda görecekleri bakır miktarının belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bitki türlerinin farklı miktarlarda ihtiyaç göstermelerine karşın, bakır, oldukça zehirli bir metaldir. Bakır zehirlenmesinin bazı etkilerini doku hasarı, köklerde bozulma ve bitki renginde koyulaşma olarak sayabiliriz. Diğer etkiler ise, membran geçirimliliğinde bozulma sonucunda kök hücrelerinde iyon kaybı, DNA' nın hasar görmesi sonucu fotosentez işleminin bozulmasıdır (Çıngı, 2007).

Bakır, çeşitli alanlarda kullanılan bir materyal olduğu için bu elementin oluşturduğu kirliliğin pek çok kaynağı mevcuttur. Bu elementin proseslerde veya paketlemelerde kullanılması ürünleri kirletebilir ve çevreye zarar verebilir (Nuhoğlu ve ark., 2002). Bakırın düşük konsantrasyonları dahi tarımsal ürünlere, sudaki organizmalara ve insan hayatı için zehirlilik etkisi oluşturmaktadır.

Bakır ve çinko ve gibi ağır metallerin proteinlerin ve enzimlerin katalitik ve yapısal bileşenleri olarak, normal bitki büyüme ve gelişmesi için kofaktör olarak gerekli olduğu bilinmektedir. Ancak bu mikro besinler ile kadmiyum, nikel ve kurşun gibi ağır metallerin fazlalığı bitkilerde toksik etki yapmaktadır (Vural, 1993).

2.2. Çinko (Zn)

Çinkonun, suda çözünen formları bitkiler için uygundur ve çinko alınışı, maddenin topraktaki konsantrasyonu arttıkça artar. Çinko alınımı, bitkinin türüne olduğu kadar bulunduğu ortama da bağlıdır. Özellikle ortamdaki kalsiyum miktarı çinko alınımını etkiler. Çinko, genellikle bitki köklerinde bulunur. Çinko, bitki metabolizması için çok gerekli bir elementtir. İçinde yer aldığı enzimlere bakarak, karbonhidrat, protein, fosfat, RNA oluşumunda görev aldığı söylenebilir. Membranların geçirimliliğinde rolü olduğu bulunmuştur. Ayrıca bakteri ve mantarların yol açtığı hastalıklara karşı koruyucu etkisi olduğu da bilinir (Çıngı, 2007).

Bitkilerde, çinko eksikliğinden bahsetmek yerine demir-çinko oranından bahsetmek gerekir. Bu iki elementten birinin konsantrasyonunun artması diğerininkini azaltır. Bu muhtemelen, her iki elementin, bitki bünyesine alınımı sırasındaki rekabetten kaynaklanır. Çinko-demir arasındaki ilişkinin benzeri çinko-bakır arasında da görülür (Çıngı, 2007).

Bazı bitki türlerinin çinko fazlalığına karşı büyük bir toleransı vardır. Ayrıca bitkiler, topraktaki çinko değişimlerine çok çabuk tepki verirler. Yapraklarda oluşan klorosis ve yavaşlamış bitki gelişimi, çinko eksikliğinin ilk belirtilerindendir. Çinko zehirlenmelerinin etkisi diğer ağır metallerinkine benzemesine karşın çinko, diğer metaller kadar zehirli değildir (Çıngı, 2007).

2.3. Kurşun (Pb)

Kurşun insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en önemli zararı veren ilk metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevresel kirlilik yaratan en önemli ağır metaldir. Kurşun birkaç bin yıldan beri insanlar için önemli bir metaldir (Saygıdeğer, 1995; Karademir ve Toker, 1995). Kurşun doğada organik ve inorganik halde bulunmaktadır. İnorganik kurşun atmosferde partiküller halinde bulunurken, organik kurşun uçucu olup çoğunlukla gıda maddeleri ve içme suyuna karışmaktadır. Bu sebeple organik kurşun inorganik kurşuna göre canlı yaşamı üzerinde daha fazla öneme sahiptir (Karademir ve Toker, 1995; De Jonghe ve Adams, 1982). 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 bulundurur. Su borularında kullanılan kurşun kaynaklar ve eski evlerde bulunan kurşun tesisatlarda, kurşunun suya karışmasına sebep olabilmektedir. Kozmetik malzemelerde bulunan birçok pigment ve diğer ana maddelerde kurşun bulundururlar. Diğer taraftan sigara ve böcek ilaçları da kurşun kaynakları arasında sayılabilirler. Endüstriyel olarak kuyumculuk sektöründe altın rafinasyon ve geri kazanımı esnasında uygulanan "Kal" işlemi illegal olarak önemli oranda kurşunun oksit halinde atmosfere atılmasına neden olmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2007).

Kurşunun toprağa ve atmosfere geçişi çeşitli yolarla olmaktadır. Bu yollar arasında, endüstri kuruluşlarının bacalarından ve taşıtların egzozlarında çıkan dumanlar, lehim, akü, boya, elektrik ve petrol sanayine ait atıklar ile pestisitler sayılabilir (Saygıdeğer, 1995; Kalinowska, 1984, Mark and Hendershot., 1997; Aksoy, 1995). Yapılan çalışmalarda çevre kirliliğine sebep olan kurşunun % 98'nin egzos gazlarından kaynaklandığı tespit edilmiştir (De Jonghe ve Adams, 1982; Servant, 1982). Kirlilik sonucunda oluşan Pb, Cu, Zn, vb. ağır metaller toprağa ve atmosfere geçerek bitki, hayvan ve insanlar için tehlike oluşturmaktadırlar.

Ağır metallerin belirlenmesinde çeşitli metotlar kullanılmaktadır. Kurşunun belirlenmesini sağlayan metodlardan biri de histokimyasal boyama metodu olup sodiumhodizonate boyama solisyonu kullanarak dokulardaki kurşun varlığı hakkında bilgi vermektedir (Yeşilleten 1996). Diğer metodlar ise atomik absorbsiyon ve SEM (Scanning Electron Microscopy) yoluyla kurşun tayinidir. SEM'a dayalı ölçümde, SEM'una bağlanan analiz cihazları kullanılmaktadır (Servant, 1982; Samanta ve Chakraborti, 1996; Vardaka ve ark., 1997; Aucejo ve ark., 1997; Dolinsek ve ark., 1991).

2.4. Kadmiyum (Cd)

Ağır metallerden biri olan kadmiyum, günümüzde çeşitli kullanım alanlarıyla ve çevre kirliliğindeki önemli rolü ile gündeme gelmiş oldukça toksik bir metaldir.

Kadmiyum nispeten nadir bir elementtir ve doğada saf olarak bulunmaz. Önemli bir kirletici olmasının nedeni çok düşük dozlarda bile toksik olması ve biyolojik yarı ömrünün uzun olmasıdır (Goyer, 1991; Lyons ve ark., 1996). Kadmiyum bitki yaşamında daha çok toksik etkileri ile bilinen bir elementtir (Jiang and Li 1989; Çatak ve ark., 2000). Kadmiyum, çinko üretimine eşlik eden metal olarak üretilmiştir. Çinko üretiminde ortaya çıkıncaya kadar havaya, yiyeceklere ve suya doğal süreçlerle önemli miktarlarda karışmamıştır. Ancak günümüzde kadmiyum da çevre kirliliğine sebep olan ağır metaller arasında yerini almıştır. Günümüzde kadmiyum endüstriyel olarak nikel/kadmiyum pillerde, korozyona karşı özellikle deniz koşullarına dayanımı nedeniyle gemi sanayinde çeliklerin kaplanmasında, boya sanayinde, PVC stabilizatörü olarak, alaşımlarda ve elektronik sanayinde kullanılır. Kadmiyum empürüte olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliği ortaya çıkar. Bitki yaşamını etkileyen en önemli kadmiyum kaynakları; su boruları, kömür yakılması, tohum aşamasında ve endüstriyel üretim aşamasında kullanılan gübreler ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır (Kahvecioğlu ve ark., 2007).

2.5. Krom (Cr)

Krom içeren minerallerin endüstriyel oksidasyonu ve fosil yakıtların, ağaç ve kağıt ürünlerin yanması sonucunda doğada (hexavalent) altı değerlikli krom oluşmaktadır. Okside krom havada ve saf suda nispeten kararlı iken ekosistemdeki organik yapılarda, toprakta ve suda üç değerliğe geri redüklenir (Kahvecioğlu ve ark., 2007).

2.6. Civa (Hg)

Civa toprakta fosfat, karbonat ve sülfilt şeklinde çözünürlüğü düşük formalar oluşturmak suretiyle toprakta hareketsiz (immobilize) hale geçmektedir. Hareketsiz hale geçen ve suda çözünmeyen civa bileşikleri ise bitkiler tarafından alınamaz durumdadır. Ancak bu bileşiklerin sonradan tekrar metalik civaya redükte olma imkanı vardır. Böylelikle civanın buharlaşması ve çevresel hareketi mümkün olabilir (Yıldız, 2004).

Civa, çeşitli plastiklerin üretiminde katalizör olarak ve çeşitli ölçü ve kontrol aygıtlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu elementin buharları ve bütün bileşikleri zehirlidir. Civanın tarımsal kullanımı: esasen fungusit şeklinde olup toplam endüstriyel kullanımın %5 'ini teşkil etmektedir. Çevreye yayılan civanın en önemli kaynakları tarımda kullanılan fungusitler ile metalik civanın buharlaşmasından oluşan atmosferik kirlenmedir. Ayrıca Hg içeren kaya ve minerallerin ayrışması, kömür ve yağların yanması ile de Hg açığa çıkmaktadır. Değişik Hg bileşiklerinin zehir etkileri önemli farklılıklar göstermektedir. Fenil civa gibi alkil bileşikler ise en tehlikeli olanlardır. Tehlikeli Hg bileşikleri, zehir etkisi yanında yağlarda yüksek çözünülürlüğe yol açmaktadır. Bu özelliklerin birlikte etkisi sonucu söz konusu maddeler kolaylıkla insan ve hayvan dokusuna girer ve sonuçta oksijen teminindeki mekanizmayı bloke ederler (Yıldız, 2004).

Civa buharları partikülleri daha çok solunum ve deri yoluyla vücuda yayılmaktadır. Sindirim yoluyla ise çok daha az miktarlarda vücuda alınmaktadır. İnorganik civa tozları beyne ulaşmamakla birlikte diğer dokulara kolaylıkla yayılabilir. Elemental civa, organizmalarda kısmen oksitlenmekte ve oluşan çözünebilir inorganik tuzlar dokularda protein, tuz ve alkalilerle birleşir, protoplazmaya zehir etkisi yapar (Yıldız, 2004).

Bu element organik maddelere karşı çok şiddetli bir affiniteye (birleşme eğilimine) sahiptir. Özellikle asit karakterdeki organik topraklara sıkı bir şekilde bağlanır. O nedenle humus topraklarda bol miktarda bulunan bulunan civa, asit yağışlarla hatta tuzlu çözeltilerle bile yıkanıp götürülemez. Onun için , kirlenmemiş orman topraklarında bile humus horizonlarında 0,2 ppm civarında civa bulunmuştur. Bu ilişkilerden dolayı mineral topraktan yıkanarak, humusa geçer ve orada sıkı bir şekilde tutularak, humusa bağlanır. Ancak hümik maddelerin yıkanmasını artıran koşullar ve süreçler civanın da yıkanmasını artırabilir (Yıldız, 2004).

Metalik civa buharlaşarak atmosfere karışır. O nedenle topraktaki civanın en önemli kaynağı atmosferdeki civa kirliliğidir. Topraktaki miktarı oldukça azdır. A.B.D. 'de yapılan bir araştırmada 900 toprak örneğinde 0,01-4,6 ppm düzeyinde civa belirlenmiştir. Bitkiler için fazla zehirli olmamasına karşın insanlar ve hayvanlar için şiddetli bir zehirleyicidir (Yıldız, 2004).

Bu metal ve bileşikleri hem endüstriyel kaynaklardan hem de tohumlarda kullanılan ilaçlardan sulara karışırlar. Civa mikrofloraya kuvvetli zehir etkisi yapar. 100 mgHg/ l (alabalık) ile 0,80 mg Hg/l (sazan) arasında bulunur. Civanın organizmada birikmesi mümkündür. Turna balıklarının, yaşadıkları suya nazaran 3000 misli fazla Hg içerdikleri saptanmıştır. Federal Almanya'da müsaade edilen sınır değerler: içme sularında maksimum 40 μg/l, taze balık etinde 0,5-0,1 ppm'in altında , Ren Nehrin'de 0,01-0,05 μg/l düzeyinde bulunmaktadır (Yıldız, 2004).

Bu element çeşitli plastiklerin üretiminde katalizör olarak, klor ve kostik sodanın elektrolizinde yüzücü olarak ve çeşitli ölçü ve kontrol enstrümanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Civanın tarımsal kullanımı esasen fungusit şeklinde toplam endüstriyel kullanımın %5'i kadardır. Odunların mantar hastalıklarından korunması amacıyla civalı fungusitlerin kullanılmasından dolayı karton ve kağıt endüstri ürünleri iz miktarda civa içermektedir (Yıldız, 2004).

17 (B) – 2009
14-26
ISSN:1307-3311

Çevreye yayılan civanın en önemli kaynakları fungusitler ile metalik civanın buharlaşmasından oluşan atmosferik kontaminasyondur. Kömür ve yağların yanması çevredeki en önemli hava kaynaklı Hg emüsyonlarıdır. Ayrıca Hg içeren kaya ve minerallerin fiziksel ve kimyasal ayrışması sonucu okyanuslara karışan doğal yıllık civa desarzı 230 ton kadardır (Yıldız, 2004).

Değişik civa bileşiklerinin zehirlilikleri büyük farklılık göstermektedir. Fenil civa gibi aromatik civa bileşikleri ve metoksi etil civa gibi alkoxyalkly-Hg bileşikleri en az düzeyde zehirlidir. Metil ve etil civa gibi alkil bileşikleri en tehlikelileridir. Tehlikeleri toksidite yanında yağlarda yüksek çözünürlük ve yüksek stabilitelerinden ileri gelmektedir. $HgCl_3^-$ ve $HgCl_4^{-2}$ gibi anyonik civa türleri, toprakta fosfat anyonları ile karşılaştırıldıkları zaman adsorbe edilebilirler. Bu olayda kil minerallerinin kenar yüzeyleri ile demir oksit ve hidroksitlerin pozitif yükleri hakim rol oynar. $HgCl_2$ ve $HgCl_4$ gibi möleküler civa bileşikleri Mn ve Fe hidroksitler tarafından tutulurlar.yukarıda belirtilen şekillerde tutulan veya çözünmeyen bileşikler haline gelen cıva, bitkiler tarafından alınamaz durumdadır. Ancak bu bileşiklerin sonradan tekrar metalik civaya redükte olma imkanı vardır. Böylelikle Hg'nin buharlaşması ve çevre içinde hareketi mümkün olabilir. Buharlaşma toprak sisteminden civanın uzaklaşmasının tek yoludur. Bu bileşikler metalik civaya dönüşmedikçe bitkiler tarafından çabuk bir şekilde adsorbe edilmezler (Yıldız, 2004).

3. BİTKİLERDE AĞIR METALLERİN BİRİKMESİ

Önemli çevresel kirletici olan ağır metallerin düşük konsantrasyonları bile zehirlidir. Zehirli metallerle birlikte biyosferin kirlenmesi endüstriyel gelişimin başlamasıyla çarpıcı bir şekilde hızlanmıştır (Nriogo, 1979).

Ağır metallerin bitkiler tarafından alınma miktarı değişiktir.

Bütün bitkiler toprak ve sudan kendi büyüme ve gelişimleri için şart olan ağır metalleri toplama kabiliyetine sahiptirler. Bu metaller Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo ve Ni içermektedirler (Langille ve MacLean, 1976). Bazı bitkiler de biyolojik fonksiyonları bilinmeyen ağır metalleri biriktirme kabiliyetine sahiptirler. Bunlar Cd, Cr, Pb, Co, Ag, Se ve Hg içermektedirler (Hana ve Grant, 1962; Baker ve Brooks, 1989).Yüksek konsantrasyonlardaki ağır metallerin hem tolere edilebilir hem de biriktirilebilir üst sınırları farklı bitki türlerine göre değişmektedir (Ernst ve ark., 1992).

4. BİTKİLERİN AĞIR METALLERE TEPKİLERİ

Bitkiler metallerle kirlenmiş topraklarda büyümeleri için üç temel strateji geliştirirler (Baker ve Walker, 1990):

1. Metal dışlayıcılar; Topraktaki metal konsantrasyonu üzerindeki konsantrasyonların hava yolu ile girişini engelleyen ve köklerinde metallerin geniş oranını kontrol altında tutan bitkiler.

2. Metal indikatörler; Kendi dokuları üzerinde metalleri biriktiren ve topraktaki metal seviyeleri genellikle dokularındaki metal seviyelerini gösteren bitkiler.

3. Toplayıcılar; Topraktaki hazır halde bulunan metalleri kendi dokularında yoğun şekilde bulunduran bitkiler.

5. AĞIR METALLERİN ÇEVREYE YAYINIMI

Ağır metaller yağış durumuna göre, doğrudan doğruya toprağa gelip, oradan bitkilere, hatta bazı koşullarda taban sularına ulaşır. Kısmen de yüzeysel akışla uzak çevreye yayılır (Yıldız, 2004)

Ağır metallerin ekolojik sistemde yayınımları dikkate alındığında doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle çevreye yayınımı söz konusu olduğu görülmektedir. Sürekli ve kullanıma bağlı kirlenmenin yanı sıra kazalar sonucu da ağır metallerin çevreye yayınımı önemli miktarlara ulaşabilmektedir (1979'da Lengrich'te çimento tesisinden talyum kaçağı).

Ağır metallerin çevreye yayınımında etken olan en önemli endüstriyel faaliyetler çimento üretimi, demir çelik sanayi, termik santraller, cam üretimi, çöp ve atık çamur yakma tesisleridir. Ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metal-

lerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da bitki, hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar. Temel endüstrilerden atılan metal türleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Temel endüstrilerden atılan metal türleri (Rether, 2002)

Endüstri	Cd	Cr	Cu	Hg	Pb	Ni	Sn	Zn
Kağıt Endüstrisi	-	+	+	+	+	+	-	-
Petrokimya	+	+	-	+	+	-	+	+
Klor-alkali Üretimi	+	+	-	+	+	-	+	+
Gübre Sanayi	+	+	+	+	+	+	-	+
Demir-Çelik San	+	+	+	+	+	+	+	+
Enerji Üretimi (Termik)	+	+	+	+	+	+	+	+

Ağır metallerin doğaya yayınımları dikkate alındığında çok çeşitli sektörlerden farklı işlem kademelerinden biyosfere ağır metal atılımı gerçekleştiği bilinmektedir. Bunlar ağır Metal Kullanan İşletmeler, Gübre Sanayi, Termik Santraller, Çöp ve Atık Çamur Yakma Tesisleri, Ulaşım Araçları,Demir-Çelik,Çimento, Cam Üreten İşletmeler ise üretimleri sonucu ortaya çıkardıkları ürünün atıklarını, hava yoluyla bitkilere, hayvanlara ve insanlara ulaştırmaktadır. Sonuçta ağır metal yayınımı farklı sektörlerden biyosfere aşırı bir şekilde yayılmaktadır (Kahvecioğlu ve ark., 2007).

Ağır metaller, kendi oksidasyon durumlarına bağlı olarak yüksek tepki verebilir ve sonuç olarak çoğu organizmalara zarar verebilirler (Pinto ve ark., 2003).

6. SONUÇ

Bitkisel ve hayvansal üretim yanında yeryüzündeki tüm canlıları risk altında bırakan ağır metaller özellikle insan sağlığını da tehdit etmektedir. Her geçen gün artan sanayileşmeden dolayı çoğalan endüstriyel atıklar, motorlu taşıtların üretiminde yaşanan ivme, çevremizi ağır metaller yönünden önemli ölçüde kirletmekte, tarım alanları da bu kirlilikten nasibini almaktadır. Özellikle çevre konusunda çok duyarlı davranışlar sergileyen Avrupa ülkeleri çevre ile ilgili ciddi yasalar ve kanunlar çıkarmış ve ülkelerinde bulunan, tarımın gözbebeği olan toprak ve su kaynaklarını garanti altına almışlardır.

Ülkemizde de son yıllarda özellikle kurşun içerikli benzinlerin üretiminin durdurulması gerçekten sevindirici olmasına rağmen, endüstriyel atıkların kontrol altına alınması yeterli görülmemektedir. En kısa zamanda toprak ve su kaynaklarımızın ağır metal atıklarının tehdidi altından kurtarılması için ciddi yasa ve kanunların bir an önce çıkarılması yüksek önem arz etmektedir.

Topraktaki ağır metallerin bitkilerin yapısına girmeleri, hareketli hale geçtiklerinde (serbest iyon haline) taban suyuna karışarak suyun niteliğini bozmaları, mikroorganizmalara zarar vermeleri, besin zincirine girerek, diğer canlılara dolaylı yoldan zararlı olmaları, hücrelerde plazmanın sertleşmesine, şişme-büzülmeye, proteinlerin çökelmesine, solunum intensitesinin ve dolayısıyla O2 tüketiminin azalmasına neden olmaları en tehlikeli yanlarıdır.

Ağır metallerin toksisite derecesi; metalin konsantrasyonuna, bulunuş formuna (metal, iyon, organik bileşik..vs), fertlere, türlere, etki süresine, bulunduğu yere vb. gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir.

Toprakta ağır metal yarayışlılığı; pH modifikasyonları, organik madde ve gübre amenajmanı, uygun bitki seçimi, fiziksel stabilizasyon, güçlü asitle yıkama, kireçleme, fosforlu gübre uygulaması, ağır metal şelatörleriyle yıkama ve fitoremediasyon teknikleri gibi agronomikal uygulamalarla minimize edilebilir.

7. ÖNERİLER

✓ Mevcut kaynaklar ve çevresel kapasitelerin akılcı yönetimi ve daha önce yanlış kullanıma maruz kalmış çevrenin iyileştirilmesine dayalı, dengeli ve sürekli gelişme olmalıdır. Kaynakları koruyarak kullanmalıdır.

✓ Doğa düzeninin sürekliliğini sağlama, insanlığın geleceğini sigortalama aktiviteleri, insanların hedefi olmalıdır.

KAYNAKLAR

Aksoy, A., 1995. Kayseri-Kırşehir Karayolu Kenarında Yetişen Bitkilerde Ağır Metal Kirlenmesi. II. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Programı, Kayseri.

Allan, R., 1997. İntroduction: mining and metals in the environment. *J. Geochem. Expl*. 58:95-100

Aucejo, A., Ferrer J., Gabaldon C., Marzal P. and Seca A., 1997. Diagnosis of boron ,florine,lead,nickel and zinc toxicity in citrus plantations in Villereal, Spain. Water, Air and Soil Pollution., 94:349-360.

Baker, A.J.M. and Brooks R.R., 1989. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements- A review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery. 1:81-126.

Baker, A.J.M. and Walker P.L., 1990. Ecophysiology of metal uptake by tolerant plants, heavy metal tolerance in Plants. In: Shaw A.J. Evolutionary Aspects. CRC Pres, Boca Raton. 155-177.

Banuelos, G. S., Ajwa H.A., Mackey B., Wu L., Cook C., Akohoue S., and Zambrzuski S., 1997. Selenium- induced growth reduction in brassica land races considered for phytoremediation. Ecotoxicol. Environ. Saf., 36, 282-287 pp.

Bayçu, G., 1997. "*Picea abies*'te Kadmiyum Toksisitesi ve Köklerde Kadmiyum Birikimi" XIII. Ulusal Biyoloji Kongresi 17-20 Eylül 1996, İstanbul. Kongre Kitapçığı, Cilt:III, s:433-442.

Blaylock, M.J. and Huang J.W., 2000. Phytoextraction of Metals,In: I.Raskin and B.D.Ensley(Ed.) Phytoremediation of Toxic Metals : Using Plants to Clean Up The Environment, John Wiley and Sons,Inc,Toronto, Canada, p 303.

Bremner, I., 1974. Heavy metal toxicities quart. J. Biophys., 7: 74-124.

Brohi, A., Akgün, A., Rüştü M. ve Sabit K.E., 1994. Bitki Besleme. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:4 Kitaplar Serisi:4 Tokat.

Bu-Olayan, A.H., Al-Hassan R., Thomas B.V., Subrahmanyam M.N.V., 2001. İmpact of Trace Metals and Nutrient Levels on Phytoplankton from the Kuwait Coast. Environ. Int.26: 199-203.

Chen, Z.S., Lin H.T. and Hseu Z.Y., 2001. Transfer of cadmium into the food chain from aquatic and agricultural ecosystems. İn 'Environmental Cadmium in Food Chain: Sources, Pathways and Risks.. 110-115 pp.

Claire, L.C., Adriano D.C., Sajwan K.S., Abel S.L., Thoma, D.P. and Driver J.T., 1991. Effects of selected trace metals on germinating seeds of six plant species. Water,Air,and Soil Pollution, 59,.231-240 pp.

Constantine, D.S, Constantina I.C and George A.P., 2004. Enrichment of PAHs and heavy metals in soils in the vicinity of the lignitr-fired power plants of West Macedonia(Greece). The Science of the Total Environment 204, 135-146.

Costa, G., Michaut, J.C. and Morel, J.L., 1994. "Influence of cadmium on water relations and gas exchanges in phosphorus deficient *Lupinus alba*", *Plant Physiol. and Biochem*., 32: 105.

Cotté-Krief, M.- C., Guieu C., Thomas A.J. and Martin J.M., 2000. Sources of Cd, Cu, Ni and Zn in Portuguese coastal waters. *Mar. Chem*. 71: 199-214.

Cunningham, S.D., Shann J.R., Crowley D.E. and Anderson T.A., 1997. Phytoremediation of Contaninated Water and Soil. Phytorematadion of Soil and Water Contaminants, American Chemical Society, Washington, D.C., 2-17 pp.

Çatak, E., Güler Ç., Süleyman T. ve Orhan B., 2000. Bazı Domates ve Tütün Genotiplerinde Kadmiyum Etkilerini İnceleyen İstatistiksel Bir Çalışma. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2 (1).

Çepel, N., 1997. Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. TEMA Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları No:14 İstanbul.

Çıngı, F., 2007. Eser elementler. (erişim adresi: www.firochromis.com, erişim tarihi: 12.04.2007).

Dahmani-Muller, H., Oort F., Gelie B. and Blabene M., 2000. Strategies of Heavy Metal Uptake by Three Plants Species Growing Near a Metal Smelter, Environ. Pollut., 109, 231-238 pp.

De Jonghe, W.R.A. and Adams F.C., 1982. Biochemical cycling of organic lead compounds. Ecotoxicology., 561-593.

Dolinsek, F., Stupan J. and Ursea V., 1991. Direct determination of cadmium and lead in geological and plant materials by electrothermal atomic absorbtion spectrometry. Journal og Analytical Atomic Spectrometry, 6: 653-660.

Doncheva, S., Nicolov B. and Ogneva V., 1996. 'Effect of copper excess on the morphology of the nucleus in maize root meristem cells', *Phsiol. Plantarum,* 96: 118-122.

Ernst WHO, Verkleji JAC, Schat, H., 1992. Metal Tolerance in Plants. *Acta Bot Neerl* 41: 229-248.

Eser, B.K. and Volpe A., 2002. At-sea high resolution trace element mapping: San Diego bay and its plume in the adjacent coastal ocean. Environ. Sci. Technol. 36: 2826-32.

Fernandes, J.C. and Henriques F.S., 1991. Biocehmical,physiological and structural effects of excess copper in plants.The Botanical Rewiev, 57, 246-273 pp.

Gardea-Torresdey, J.L., Polette L., Artega S., Tiemann K.J., Bibb J. and Gonzales J.H., 1996. Determination of the content of hazardous heavy metals on *Larrea tridentata* grown arouns a contaminated area. Proceedings of the elevent Annual EPA Conf. On Hazardous Waste Research, Edited by L.R.Erickson,D.L.Tillison, S.C.Grant and J.P.Mc Donald,Albuquerque,NM,660 p.

Geiger, G., Federer P. and Sticher H., 1993. "Reclamation of Heavy Metal Contamined Soils: Field Studies and Germination Experiments" Journal of Enviromental Quality, 22:(1) 201-207.

Goyer, R.A., Miller C.R., Zhu S.Y. and Victery W., 1989. Non-metallothionein bound cadmium in the pathogenesis of cadmium nephropathy in the rat. Toxicol. Appl. Pharmacol., 101: 232-244.

Goyer, R. A., 1991. Toxic effects of metals. In: Caserett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons (Eds. Amdur M. O., Doull, J., Klaassen, C. D.) Pergamon Press, New York, 1032.

Hana, W.J. and Grant C.L., 1962. Spectrochemical analysis of the foliage of certain trees and ornementals for 23 elements. Bull Torrey Bot Club. 89: 293-302.

Jiang, W.Z. and Li J.L., 1989. "Effects of Cadmium on Photosynthetic Characteristics of Tobacco" Plant Physiology Communications, 6: 27-31.

Kahvecioğlu, Ö., Kartal G., Güven A. and Timur S., 2007. Metallerin Çevresel Etkileri –I. (erişim adresi: www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf, erişim tarihi: 13.05.2007).

Kalinowska, A., 1984. Lead Concentration in the slug *Arion rufus* from sites at the different distances from a tourist road. Ecological Bulletins., 36:46.

Karademir, M. ve Toker M.C., 1995. Ankara'nın bazı kavşaklarında yetişen çim ve bitkilerde egzoz gazlarından gelen kurşun birikimi. II.Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi., 699-711. Ankara.

Kennedy,C.D. and Gonsalves F.A.N., 1987. "The action of divalent zinc,cadmium,mercury,copper and lead on the transroot potential and efflux of excised

Roots", J.Exp. Bot., 38:800-817.

Korentajar, L., 1991. A review of the agricultural use of sewage sludge. Benefits and potential hazards. Water SA. 17 (3) 189-196.

Langille, W.M. and MacLean, K.S., 1976. Some essantial nutrient elements in forest plants as related to species,plant part, season and location. Plant Soil. 45: 17-26.

Lauwerys, R.P., Bernad A.M., Buchnet J.R. and Raels H.H., 1993. Assessment of the health impact of environmental exposure to cadmium: Contribution of epidemiyologic studies carried out in Belgium. Environ. Res., 62: 200-206.

Li, L.H., 1981. Geochemical cycles of elements and human perturbation. Geochim Cosmochim Acta., 45: 2073-2084.

Lidon, F.C., Ramalho J. and Henriques F.S., 1993. "Copper inhibition of rice Photosynthesis" J. Plant Physiol., 142:12-17.

Lyons-Alcantara, M., Tarazona J.V. and Mothersill C., 1996. The differential effect of cadmium exposure on the growth and survival of primary and established cells from fish and mammals. Cell Biol. and Toxicol., 12: 29-38.

Mark, K.F. and Hendershot H., 1997. Trace Metals in Montreal Urban Soils and the Leaves of Taraxacum officinale. Can. J. Soil. Sci.,79:385-387.

Meagher, R.B., 2000. Phytorematadion of Toxic elemental and organic pollutants. C.Op.İn Plant Biol., 3, 153-162 pp.

Munzuroğlu, Ö. ve Nazmi G., 2000. Ağır Metallerin Elma (*Malus slyvestris* Miller cv. Golden)'da Polen Çimlenmesi ve Polen Tüpü Gelişimi Üzerine Etkileri. Turk J.Biol. (24) 677-684. TÜBİTAK.

Munzuroğlu, Ö. and Geçkil, H., 2002 ."Effects of metals on seed germination, root elongation, and coleoptile and hypocotyl growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus*",*Environ. Cont. and Toxi*., 43: 203-213.

Nriogo, J.O., 1979. Global inventory of natural and anthropogenic emissions of trace metals to the atmosphere. Nature 279: 409-411.

Nuhoğlu, Y, Malkoç E., Gürses A ve Canpolat N., 2002. Removal of Cu(II) from aqueous solution by *Ulothrix zonata.* Bioresource Technology 85,3,331-333.

Nussbaum, S., Shetmutz D. and Brunold C., 1988. 'Regultaion of assimilatory sulfate reduction by cadmium Zea mays L.' *Plant Physiology,* 88:1407.

Ouzounidou, G., Eleftheriou E.P and Karataglis S., 1992. 'Ecophysical and ultra sturctural effects of copper in *Thlaspi ochroleucum*', Can. J. of Bot., 70:947-957.

Peterson, P.J., 1993."Plant Adaptation to Environmental Stress:Metal Pollution Tolerance" Fowden, L., Mansfield, T., Stoddart, J., Chapman&Hall, p:171-188.

Phalsson, A.M.B., 1989. 'Toxicity of heavy metals (Zn,Cu,Cd,Pb) to vascular plants' Water, Air, Soil Pollution ., 47:287-319.

Pinto, E., Teresa C.S.S., Maria A.S.L., Oswaldo K.O., David M. and Pio C., 2003. Heavy metal-induced oxidative stres in algae. J. Phycol. 39, 1008-1018.

Raskin, I. and Ensley (Ed), 2000. Phytoimediaitan of toxic metals: using plants to clean up to enviroment, John Wiley and Sons, N. York, 303 pp.

Raven,J.A., Evans M.C.W. and Korb R.E., 1999. The role of trace metals in photosynthetic electron transport in O_2- evolving organisms. *Photosynth. Res*. 60:111-49.

Rebhun, S. and Amotz A.B., 1984. The distribution of cadmium between the marine algea *Chlorella stigmatophora* and sea water medium. *Water Res*. 18: 173-8.

Rether, A., 2002. Entwicklung und Charakterisierung Wasserlöslicher Benzoylthioharnstoffunktionalisierter Polymere zur Selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwassern und Prozesslösungen. Doktora Tezi. Münih Teknik Üniversitesi.

Samanta, G and Chackrabarti D., 1996. Flow injection hybride generation atomic absorbtion spectrometery and spectrophotmetric methods for determination of lead in enviromental samples. Enviromental Technology ., 17:1327-1337.

Saygıdeğer, S., 1995. *Lypcopersicum esculentum* L. Bitkisinin çimlenmesi ve gelişmi üzerine kurşunun etkileri. 2. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi. Ankara. 588-597.

Schmidt, J.P., 1997. Understanding phytotoxicity thresold for trace elements in land applied sewage sludge. J. Environmental Qual. 26. 4-10.

Servant, J., 1982. Airbone lead in the enviromental in France ., 595-619., France.

Somashekaraiah, B.V., Padmaja K. and Prasad A.R.K., 1992. 'Phytotoxicity of cadmiumions on germinating seedlings of mung bean (Phsalis vulgaris) involvement of lipid peroxides in chlolophyll degradation' Physiol. Plantarum, 85:85-89.

Tuna, A.L., ve Girgin A.L., 2005. Mısırda(Zea mays L.) Gelişme Mineral Beslenme ve ağır metal içeriği üzerine termik sanral uçucu küllerin etkisi. Ekoloji Dergisi14,57, Sayfs:7-15.

Wickfors, G.H and Ukeles R., 1982. Growth and Adaption of Estuarine Unicellular Algae in Media With Excess Copper, Cadmium or Zinc.Mar. Ecol.Progr.Ser. 7:191-206.

Vardaka, E., Cook C.M. and Lanaras T., 1997. İnterelemental relationship in the soil and plant tisssue and phytosynthesis of field- cultivated wheat growing in naturally enriched copper soil. Journ of Plant nutriton 20 (4-5), 441-453.

Vural, H., 1993. Ağır Metal İyonlarının Gıdalarda Oluşturduğu Kirlilikler. Ekoloji 8, 3-8.

Yeşilleten, N., 1996. Kimyasal maddelerde meydana gelen meslek hastalıkları. İşyeri Hekimliği Ders notları, 1:56-102. T.B.B. yayını Ankara.

Yıldız, N., 2001. Toprak Kirletici Bazı Ağır Metallerin (Zn, Cu, Cd, Pb, Co ve Ni) Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 32 (2): 207-213 Erzurum.

Yıldız, N., 2003. Toprak Kirletici Ağır Metaller ve Toprak Bitki İlişkileri. I. Ulusal Çevre Sempozyumu. Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü Erzurum.

Yıldız, N., 2004. Toprak ve Bitki Ekosistemindeki Ağır Metaller. ZT-531. Yüksek Lisans Ders Notları. Erzurum.

Yoshikawa, H. S., 1982. Interaction of metals and metallothionein. Elsevier/North-Holland, New York Amsterdam Oxford 11-23 pp.

17 (B) – 2009
14-26
ISSN:1307-3311

Zheljazkov, V.D. and Nielsen N.E., 1996. Effect of Heavy Metals on Peppermint and Commint. Plant and Soil. 178 (1): 59-66.