

# KADMIYUMUN ÇEVRE VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

FİLİZ ÖKTÜREN ASRI<sup>1</sup> SAHRIYE SÖNMEZ<sup>2</sup> SEDAT ÇITAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü/ANTALYA

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü/ ANTALYA

## ÖZET

Kadmiyum elementi ekosistemde en tehlikeli ağır metal kirleticilerinden biri olup canlı organizmalar için toksiktir. Fosforlu gübre ve arıtma çamurlarının uzun süreli kullanılması nedeniyle Dünyanın birçok bölgesindeki tarım toprakları az veya orta düzeyde kadmiyum birikimine maruz kalmaktadır. Kadmiyum toprak-bitki sistemindeki yüksek mobilitesi nedeniyle kolaylıkla besin zincirine dâhil olabilmekte böylece bitki, hayvan ve insan sağlığı açısından tehlikeli olabilmektedir. Bitkiler tarafından alınan ve bitki bünyesinde biriktirilen kadmiyum, protein sentezi, azot ve karbonhidrat metabolizması, enzim (nitrat redüktaz) aktivasyonu, fotosentez ve klorofil sentezi gibi birçok metabolik aktivitenin bozulmasına neden olmaktadır. Bitki bünyesinde Kadmiyum biriktirilmesinin sonucunda verim ve kalite azalmakta, dolayısıyla önemli düzeyde ürün kaybı meydana gelmektedir. Bunun yanı sıra günümüz koşullarında örtü altında yoğun gübre kullanımıyla yetiştirilen ürünlerin kullanıldığı modern toplumlardaki insanların kadmiyum toksisitesinden kaçınmaları imkânsız gibi görünmektedir. Kadmiyum ve bileşenleri böbrekler ve karaciğerde birikerek yüksek tansiyon, akciğer kanseri, kemik erimesi ve kansızlık gibi önemli rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Bu derlemede çevre açısından önemli bir kirletici ve ağır metal olan kadmiyumun toprak, bitki ve insan sağlığı üzerine etkilerine değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kadmiyum, çevre kirliliği, bitki sağlığı, insan sağlığı

## THE EFFECT OF CADMIUM ON ENVIRONMENT AND HUMAN HEALTH

### ABSTRACT

Cadmium is one of the most toxic heavy metals for living organisms. In world, soils are prone to elevating Cd concentrations due to continuous use of phosphorus fertilizers and sewage sludge. Cadmium is very risky for plant, animal and human health due to very high mobility in soil and plant system. The presence of Cd in plants results in many physiological alterations affecting protein synthesis, nitrogen and carbohydrate metabolism, enzyme (i.e. nitrate reductase) activity, photosynthesis and chlorophyll synthesis. Accumulation of cadmium in plant tissues significantly reduces crop quality and yield. Accordingly, excessive fertilizers usage in greenhouses inevitably results in elevated Cd concentration which may be toxic to human. The most serious consequences of chronic cadmium toxicity are: cancer (lung and prostate), kidney damage, pulmonary emphysema, bone disease (osteomalacia and osteoporosis) and anemia. The aim of this review was to evaluate the effects of cadmium on soil, plant and human health.

Key word: Cadmium, environmental pollution, plant health, human health

## 1. GİRİŞ

Yirminci yüzyılın başından itibaren artan nüfusun baskısıyla modern tarıma geçilmesi ve hızlı sanayileşmeyle birlikte, çevre kirliliği problemleri de ortaya çıkmaya başlamıştır. Hızla artan dünya nüfusunun beslenmesi, gelişen endüstrilerin ve kentleşmenin bir sonucu olarak günümüzde de giderek artan boyutlarda önemini korumaktadır.

Endüstrileşme ve kentleşmeye bağlı olarak artan çevre kirliliği ile birlikte toprak kirliliği de ortaya çıkmış

ve canlılar üzerinde tehlikeli olabilecek boyutlara ulaşmıştır. Doğrudan ve dolaylı yollardan oluşabilen çevre ve toprak kirliliği problemlerinden besin zinciri yoluyla bütün organizmaların etkilenmesi, bu problemin büyüklüğünü ve tehlikesini daha da arttırmaktadır. Çevre ve toprak kirliliğine neden olan faktörlerden en önemlisi ağır metallerdir (Stresty ve Madhava Rao, 1999). Ağır metallere biri olan Cd tarım topraklarında bulunması ana materyal kaynaklı olabileceği gibi endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübreler, lağım

atıkları ve atmosferik depozitler gibi insan faaliyetleri sonucunda da olabilmektedir (Assche ve Clijsters, 1990).

Kadmiyum toprakta hareketli bir element olup bitkiler tarafından kolaylıkla alınabilmektedir. Bitkiler tarafından alınması sonucunda besin zincirine girmesi ya da topraktan yıkanarak su ortamına ulaşma olasılığı önemli bir çevre sorunu yaratmaktadır. Bunun yanı sıra Cd topraktaki şelatlayıcı ajanlarla topraktan aşağı taşınması hızlanır, yeraltı suyuna karışarak içme ve sulama sularında kirliliğe neden olmaktadır (Köleli ve Kantar, 2005). Diğer taraftan Cd'un yarılanma ömrünün 15-1100 yıl gibi uzun olması (Kabata-Pendias ve pendias, 1992) hangi ortamda olursa olsun Cd kirliliğinin önleminin alınmasını veya minimuma indirilmesini gerekli kılmaktadır.

Son yıllarda tarımsal alanların ağır metal içeriğindeki artış ve metallerin bitki, hayvan ve insan sağlığı açısından bilinen toksik etkileri bu konuda yapılan çalışmaların artmasına yol açmıştır. Bu nedenle: bu çalışmada Cd'un, toprak, su, bitki metabolizması ve insan sağlığı üzerine olan etkileri güncel literatürler ışığında değerlendirilmiştir.

## **2.KADMIYUMUN ÇEVRE SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ**

### *2.1. Toprakta Kadmiyum*

Kadmiyum ana materyal veya endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübre uygulamaları gibi insan aktiviteleri sonucunda toprağa ulaşmaktadır. İnsan faaliyetleriyle toprağa ulaşan Cd'un %54-58'i fosforlu gübrelerden, %39-41'i atmosferik depolanmadan, %2-5'i ise atık çamur ve çiftlik gübresi uygulamalarından kaynaklanmaktadır (Yost ve Miles, 1979). Yer kabuğunda

ortalama 0.1 mg/kg, topraklarda ise 0.53 mg/kg Cd bulunmaktadır. Toprakta 3 mg/kg'dan fazla Cd toksik etkilere yol açmaktadır. Özellikle son 20-30 yıllık süreçte Dünya toprakların Cd içeriğinin arttığı bildirilmektedir. Kadmiyum içeriğindeki bu artışın en önemli nedeni olarak fosforlu gübre ve arıtma çamurlarının yoğun olarak kullanılması gösterilmektedir (Özbek ve ark., 1995). Örneğin Danimarka topraklarında yukarıda belirtilen yollarla Cd konsantrasyonu her yıl yaklaşık % 0.6'lık bir artış gösterdiği belirlenmiştir (Alloway, 1995).

Ülkemizde Adıyaman, Diyarbakır, Siirt, Urfa, Mardin-Mazıdağı, Hatay-Yayladağı, Gaziantep ve Kilis yörelerinde önemli fosfat rezervleri bulunmakla birlikte düşük tenorlu olması, üretim maliyetinin yüksek olması ve talebi karşılayamaması nedeniyle ithalatı gerekli kılmaktadır. Fosfat kayası ithalatı genellikle orta Doğu ve kuzey Afrika ülkelerinden yapılmaktadır (Kaplan ve ark., 2000). Ham fosfat kayalarının Cd içeriği bölgelere ve kayanın orjinine göre önemli değişiklikler göstermektedir. Dünyada önemli ham fosfat yataklarında bulunan fosfat kayalarının Cd ve P içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir (Saltalı, 2004).

Fosforlu gübre üretiminde kullanılan ham fosfat kayalarında bulunan Cd'un %70-80'ni gübre yapımında kullanılan ürünlere geçmektedir. Bu ürünlerin kullanılmasıyla da Cd direk olarak fosfor içeren gübrelerle toprağa ulaşır. Volkanik kökenli ham fosfat kayaları sediment kökenli ham fosfat kayalarına göre daha az Cd içerir. Ancak, dünyadaki ham fosfat rezervinin %5'i volkanik kökenlidir ve şu anda fosforlu gübre üretiminde volkanik kökenli ham fosfatların kullanım oranı %13 civarındadır (Saltalı, 2004).

Fosforlu gübrelere bulunabilecek Cd sınır değerleri ülkeler bazında farklılık göstermektedir. Bu değer İsviçre, Norveç, Finlandiya'da 50 mg/kg; İsveç'te 100, Danimarka'da 110, Almanya ve Belçika'da 200, Avustralya'da 345, Hollanda'da 35 mgCd/kg olarak kabul edilmiştir. Avrupa Birliği ise gübrelere Cd değerinin 2010'kadar 40 mg Cd/kg, 2015'e kadar ise 20 mg Cd/kg değerine indirileceğini kabul etmiştir (Köleli ve Kantar, 2005).

Ülkemizde fosforlu gübre üretimi yapan 6 fabrikada üretilen fosforlu gübrelerin ve üretimde kullanılan fosforik asit ve fosfat kayasının ağır metal içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada fosfat kayasının (358 mg/kg) en yüksek Cd içeriğine sahip olduğu; fosforik asidin 95-128 mg/l Cd içerdiği; DAP, TSP ve kompoze gübrelerin %87'sinde 8 mg/kg gübre sınır değerine yakın (7.5 mg/kg) ya da 2-5 kat daha fazla olduğu saptanmıştır (Köleli ve Kantar, 2005).

Çizelge 1. Ham fosfat Kayalarının Cd ve P içerikleri (Saltalı, 2004).

Fosfat Kayası	Cd (ppm)	P (%)
<b>Volkanik</b>		
Kola (USSR)	0.2	17.2
Güney Afrika	4.0	17.2
<b>Sedimenter</b>		
Mazıdağ (Türkiye)	31.9	13.2
Ürdün	6.0	17.2
Avustralya	7.0	13.9
İsrail	12.0	14.1
Tunus	38.0	13.4
Florida (USA)	16.0	13.6
Bou-Craa (Fas)	38.0	15.7
Christmas Adaları	43.0	15.3
Kuzey Carolina (USA)	47.0	15.1
Togo	51.0	16.0
Taiba( Senegal)	90.0	15.8
Neuru	100	14.5

Toprakta Cd birikiminin en önemli nedenlerinden biride arıtma çamuru kullanımınıdır. Arıtma çamurunun toprağa karıştırılabilmesi için Cd sınır değerinin 10 mg/kg'ın altına indirilmesi gerekmektedir (Özbek ve ark., 1995). Farklı kentsel arıtma çamurlarının domates bitkisinde bitki besin maddeleri ve ağır metal içerikleri üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada uygulamanın topraktaki ağır metal içeriğini artırdığı, domates bitkisinde ise Cd ve Pb gibi ağır metallerin bitkide insan sağlığı için izin verilen sınır değerlerini aştığı bildirilmiştir (Topçuoğlu ve ark., 2003).

Fosforlu gübreler ve arıtma çamurunun yanı sıra bazı motorlu taşıt araçları tarafından çevreye verilen emisyonlar lastik aşınması (20-90 mg Cd/kg içeren lastik materyaller) ve dizel yağının Cd içeren yakıt atıkları karayollarına yakın toprakların Cd'la kontaminasyonuna (anayolların 10 m'ye kadar olan mesafeleri) neden olmaktadır (Özbek ve ark., 1995).

## 2.2. Suda Kadmiyum

Endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan atık sular yüksek konsantrasyonda metal bulundurabilmektedirler. Bu suların arıtma işlemine tabi tutulmaksızın akarsu, göl, baraj veya denizlere bırakılması sonucunda ağır metaller ekolojik dengeyi tehdit eder düzeye ulaşmaktadır. Kadmiyum, bakır, krom, nikel, çinko ve mangan gibi ağır metaller su ortamında eser miktarda bulunmalarına karşılık organizmadaki doğal düzeyleri ve birikimleri farklı olmaktadır (Yarsan ve ark., 2000).

Çizelge 2'de gösterildiği üzere atık sulara bulunabilecek ağır metal üst sınırlarından daha fazla miktarda ağır metal bulunduran atık sular nehir, göl ve denizlere bırakılabilmektedir.

Kadmiyum en toksik çevresel kirleticilerden biri olup düşük konsantrasyonları bile su canlıları için son derece zararlı etkilere sahiptir. Kadmiyumun özellikle çevre kirliliği görülen denizlerde besin zincirinin önemli bir halkası olan balıklar tarafından alınarak biriktirildiği ve değişik seviyelerde zararlı toksik etkiler meydana getirdiği görülmüştür (Katalay ve Parlak, 2004).

Çizelge 2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğe Göre Sulara Boşatılacak Atık Sular İçin Deşarj Kriterleri (Yaramaz, 1992).

Su Kalite parametreleri	Üst Sınırlar (mg/L)
Civa (Hg)	0.01
Kadmiyum (Cd)	0.05
Kurşun (Pb)	0.5
Arsenik(As)	0.5
Krom (Cr)	0.5
Bakır (Cu)	0.5
Nikel (Ni)	0.5
Çinko (Zn)	2.0

Kadmiyumun tatlı su çipurasının organlarındaki birikiminin incelendiği bir çalışmada Cd'un en fazla solungaçta biriktiği bunu sırasıyla böbrek, karaciğer ve kasların izlediği saptanmıştır (Sağlamtimur ve Cicik, 2004). Bir başka çalışmada ise Cd'un balıklarda hücrenel ve moleküler düzeyde yapısal ve işlevsel bozukluklara neden olduğu ifade edilmiştir (Kalay ve ark., 2004).

Seyhan Baraj gölündeki aynalı sazan ve sudaklardaki Fe, Zn ve Cd düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada aynalı sazanda saptanan 0.46µg/g ve sudaktaki 0.49 µg/g Cd birikim değerlerinin Tarım

Orman ve Köy İşleri Bakanlığının "Su ürünlerinin ağır metal kalıntısı ve mikrobiyolojik kontrolüne dair tebliğ"indeki balıklar için verilen 0.1 µg/g sınır değerine göre yüksek olduğu saptanmıştır (Göksu ve ark.,2003). Sulardaki ağır metal birikimi balıkçılığı etkilemesinin yanı sıra bu sularla sulanan bitkiler, bu bitkilerle beslenen hayvanlar ve insanların sağlığı üzerine de önemli düzeyde olumsuz etkileri söz konusudur. Tarım alanlarının sulama sularında değişik ülkelerce kabul edilen bazı ağır metal sınır değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Bazı Ükelere Göre Sulama Sularında Ağır Metallerin Sınır Değerleri (mg/L) (Elmacı, 1995).

Ülke	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb
Almanya	0.02	0.5	1.0	1.0	0.5	1.0
ABD	0.005	0.2	5.0	0.2	0.5	5.0
İngiltere	0.02	-	2.0	0.5	0.1 5	2.0
Hollanda	0.01	0.2	1.0	0.2	0.2	5.0
FAO	0.01	0.05	0.1	0.2	0.2	5.0
Japonya	0.005	-	-	0.02	-	0.1

Ülkemizde sulama problemi olan bölgelerde atık sularla sebze yetiştiriciliği yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Şanlıurfa şehir merkezinden geçen Karakoyun deresi suları ile sulanan soğanda oluşan toksik birikim ve bu birikime gübrelemenin etkisinin araştırıldığı bir çalışmada ağır metallerin miktarının, temiz su ile birlikte organik ve inorganik gübre kullanılan konuda kontrole göre 1,5-2 kat artış gösterirken, atık su ile birlikte organik ve inorganik gübre kullanılan konuda 4-5 kat artış gösterdiği saptanmıştır. Çalışmada atık su+gübre kullanılarak yetiştirilen soğan bitkisindeki en yüksek Cd değerinin 6.15 µg/g olduğu bildirilmiştir. Bitki bünyesinde 1.0 ppm'den fazla Cd'un

bitkilerde toksik etkili olduğu ve 3 ppm'den fazla Cd içeren bitkileri düzenli olarak tüketen insanlarda zehir etkisi yarattığı belirtilmekle birlikte 6.15 µg/g düzeyindeki bir Cd birikiminin insan sağlığı açısından önemli zararlara yol açabileceği saptanmıştır (Doğan, 2003).

### 2.3. Bitkide Kadmiyum

Kadmiyum biyolojik fonksiyonlar açısından gerekli bir element olmayıp insan, hayvan ve bitkiler için toksiktir. Diğer ağır metallere göre 2-20 kat daha fazla toksik etkiye sahiptir. Bitkideki kadmiyumun %90'ı bitki tarafından topraktan alınırken, %10'u atmosferden alınmaktadır. Endüstri bölgelerinin ve yoğun trafiği olan yolların yakınındaki bitkilerde bulunan Cd'un %40'ından fazlası havadan alınmaktadır. Bitkilerin Cd içeriği genel olarak kuru ağırlık esasına göre <0.5 mg/kg'dır. Bitki cinsi ve türüne bağlı olarak bu değer büyük değişiklik göstermektedir. Bezelye, fasulye, lahana, patates ve sebzelerde genel olarak düşük miktarlarda; kereviz, yeşil lahana, ıspanak ve kıvırcık salatada yüksek miktarlarda Cd bulunmaktadır (Özbek ve ark., 1995).

Kadmiyum bitki bünyesinde azot ve karbonhidrat metabolizmalarını değiştirmesi nedeniyle birçok fizyolojik değişikliğe neden olmaktadır. Proteinlerin -SH gruplarındaki enzimleri inaktive etmekte, stomaların kapanmasına, transpirasyon ile su kaybının azalmasına ve klorofil biyosentezinin bozulmasına neden olmaktadır (Sheoran ve ark., 1990). Kadmiyum uygulandığı miktar, bitki tür ve çeşit karakteristikleri, yaprak yaşı ve bitkinin fenolojik gelişimine bağlı olarak fotosentez oranını azaltır. Fotosentez oranı üzerine olan bu olumsuz etkisi CO<sub>2</sub> asimilasyonunu azaltmasından kaynaklanmaktadır. Kadmiyum toksitesinin çeltik bitkisinin büyüme

oranı ve antioksidant enzim aktivitesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada Cd miktarı arttıkça bitki ağırlığının, süperoksit dismutaz, katalaz ve peroksidaz enzimlerinin aktivitesinin azaldığı, melondialdehit içeriğinin arttığı saptanmıştır (Hassan ve ark., 2005). Kadmiyumun bezelye bitkisinin fizyolojik parametreleri ve antioksidatif enzimler üzerine etkilerinin araştırıldığı bir başka çalışma da 50 µM Cd'un yapraklardaki terleme, fotosentez oranı ve klorofil sentezini azalttığı bildirilmektedir (Sandalio ve ark., 2001).

Toksik düzeyde Cd klorofil biyosentezinde görev yapan protoklorofil reduktaz ile aminolevulinik asit sentezini engelleyerek klorofil sentezinin azalmasına neden olmaktadır. (Zengin ve Munzuroğlu, 2005).

Kadmiyum stresi koşullarında azot metabolizmasının enzimleri olan nitrat reduktaz ve nitrit reduktazın aktiviteleri azalmaktadır. Bu durum bitkilerin nitrat asimilasyonunu azaltmaktadır (Gouia ve ark., 2000). Domates ve fasulye bitkilerinde yapılan bir çalışmada 0-50 mM CdCl<sub>2</sub> (Kadmiyum klorür) içeren besin çözeltilerinin uygulanması sonucunda Cd'un bitki köklerindeki nitrat reduktaz aktivitesini azalttığı bildirilmiştir (Quariti ve ark., 1997). Yapılan bir başka çalışmada ise 50 µM Cd uygulanan domates bitkisinin yaprak ve köklerinin nitrat içeriğinin kontrol bitkilerine göre %24 ve %62 oranında daha düşük olduğu belirlenmiştir (Chaffei ve ark., 2004).

Bir başka çalışmada ise buğday fidelerinin yetiştirildiği ortama 0.04 mM Cd uygulamasının bitkilerin kontrole göre nitrat alımını %60, potasyum alımını ise %56 azalttığı saptanmıştır (Veselov ve ark., 2003).

Kadmiyum bitki kök büyüme ve gelişmesini engellemesi nedeniyle bitkilerin su ve iyon alımını azaltmaktadır. Kadmiyumun farklı

dozlarının bezelye bitkisinin Mn ve Fe alımı üzerine etkilerinin araştırıldığı bir başka çalışmada, Cd uygulama dozlarının artmasıyla kök ve sürgünlerde tutulan Mn ve Fe konsantrasyonunun azaldığı saptanmıştır. Çizelge 4’den de görüldüğü üzere 50 µM Cd uygulaması ile sürgünlerdeki Mn konsantrasyonu kontrole göre %70, Fe konsantrasyonunun ise %77 oranında azalmıştır. Bu durum Cd’un besin taşıyıcılarının ve Mg<sup>+2</sup>-ATPazların fonksiyonlarını değiştirerek plazma membran bütünlüğü ve permeabilitesini bozmasından kaynaklanmaktadır (Hernández ve ark., 1998).

Çizelge 4. 10 ve 50 µM Cd Uygulanan Bezelye Bitkisinin Kök Ve Sürgünlerindeki Cd, Mn ve Fe Konsantrasyonları (µmol/g) (Hernández ve ark., 1998).

Uygulamalar	Cd	Mn	Fe
<b>Sürgün</b>			
<b>Kontrol</b>	0.00	2.99	4.96
<b>10 µM</b>	0.50	2.67	2.48
<b>50 µM</b>	0.75	0.88	1.01
<b>Kök</b>			
<b>Kontrol</b>	0.04	19.96	13.04
<b>10 µM</b>	7.77	2.13	8.47
<b>50 µM</b>	11.39	1.63	4.89

Kadmiyum bitki fotosentez oranı, enzim aktivitesi ve iyon alımı üzerine olan engelleyici etkilerinden dolayı bitkisel üretimde verim ve kalitenin azalmasına neden olmaktadır.

### 3. KADMIYUMUN İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİLERİ

Endüstriyel faaliyetler, gübre ve ilaç kullanımı ve sanayi artıkları aracılığıyla hava, toprak ve su ortamlarına yayılan kadmiyum besin zinciri ve solunum yoluyla insan ve hayvanların bünyelerine ulaşarak etkin olur. Kadmiyum kirliliğinin olduğu topraklarda yetişen bitkiler, bu bitkilerle beslenen hayvanlardan üretilen hayvansal gıdalar ve içme sularına karışan sanayi artıkları aracılığıyla insan bünyesine ulaşır. İnsan yaşamını etkileyen en önemli Cd kaynakları sigara dumanı (1 adet sigara 1-2 µg Cd içerir), rafine edilmiş yiyecek maddeleri, su boruları, kahve, çay, kömür yakılması, kabuklu deniz ürünleri, gübre kullanımı ve endüstriyel üretim aşamalarında oluşan baca gazlarıdır (Aydoğdu ve ark., 2007).

Dünya sağlık örgütü’nün bildirdiğine göre haftalık 0.4-0.5 mg (60 kg’lık insan için) tolere edilebilir olarak kabul edilmektedir. Vücuda alınan kadmiyumun %3-8’i özellikle ciğer ve böbreklerde birikim gösterir. Bu miktar Cd tüm vücutta bulunan miktarın yaklaşık %50’si kadardır. Kadmiyumun biyolojik yarılanma ömrünün insanlarda uzun olması sonucunda (19-38 yıl), ciğer ve böbreklerdeki kadmiyum miktarı yaşa bağlı olarak artmaktadır. Bu nedenle yüksek Cd’dan kaynaklanan böbrek rahatsızlıkları genellikle elli yaşın üzerindeki insanlarda görülmektedir (Özbek ve ark., 1995). Günümüzde Cd zehirlenmesinin en bariz örneği olarak; Japonya’nın Toyama kentinde aşırı Cd karışan pirinçler nedeniyle 200 kişide ağır Cd zehirlenmesine bağlı olarak kalıcı kemik ve böbrek rahatsızlıklarının ortaya çıkması gösterilmektedir. Kronik Cd zehirlenmesinde ortaya çıkan en önemli etki akciğer ve prostat kanseridir. Kemik erimesi, kansızlık, diş dökülmesi

ve koku duyumunun yitirilmesi önemli etkilerindendir (Yağmur ve ark., 2003). İnsanlar besin zincirinin yanı sıra çimento üretimi, demir işleme gibi fosil yakıt kullanım işlemleri sonucunda havaya ve dolayısıyla çevreye yayılan Cd'ü solunum yoluyla da almaktadırlar. Bu bağlamda çimento tozlarına maruz kalan bir kırsal yerleşim birimindeki Cd durumunu belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada yaşları 15-82 yaş üstü insanların kan Cd konsantrasyonu ortalama 2.328 µg/l iken kontrol grubunda 1.308 µg/l düzeyinde olduğu bildirilmiştir (Işıklı ve ark., 2007).

#### 4. SONUÇ

Son yıllarda artan endüstriyel faaliyetler, aşırı ve bilinçsiz yapılan kimyasal gübre ve pestisid uygulamaları, atık suların su kaynaklarına karıştırılması ve sulama suyu olarak kullanılması toprak ve suyun Cd içeriğini arttırmaktadır. Toprak ve sudaki Cd düzeyinin artması su canlıları, toprak verimliliği ve ekosistem faaliyetlerinde etkili olmakla birlikte bitki bünyesine geçerek fotosentez, solunum, iyon alımı, büyüme ve gelişme gibi birçok metabolik aktiviteyi etkilemektedir. Bu metabolik faaliyetleri etkilemesi nedeniyle verim ve kalitenin azalmasına yol açmaktadır.

Bitkiler aracılığıyla insan ve hayvan besin zincirine ulaşmasının yanı sıra solunum yoluyla vücuda alınan Cd, sürekli baş ağrıları, baş dönmesi, mide bulantısı, kusma, uykusuzluk, astım, kemik erimesi gibi hastalıklara yol açmaktadır. Günümüzde özellikle ülkemiz gibi gelişmekte olan ülkeler kalkınmak için sanayiye öncelik vermekte ve herhangi bir sanayi tesisinin çevreye vereceği zarardan önce ülke ekonomisine yapacağı katkı ön plana çıkmaktadır. Bunun sonucu olarak ağır

kirlenmeye maruz kalan deniz, göl ve topraklarımız insan sağlığını tehdit eder bir boyut kazanmaktadır. Civa, Cd, DDT gibi birçok zehirli artık tüm canlıların sağlığını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle; insan ve çevre sağlığını tehdit edebilecek uygulamaların önüne geçilebilmesi için gerekli hukuki düzenlemelerin yapılması veya güncellenmesi, etkin kontrol mekanizmalarının oluşturulması ve etkilenen alanların öncelikli olarak belirlenmesi için araştırmaların yapılması gerekmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Assche, F.V and Clijsters, H., 1990. Effects of metals on enzyme activity in plants, *Plant and Cell Environment*. 13: 195-206.
- Alloway, B.J., 1995. Cadmium. In: *Heavy Metals in Soils*. B.J. Alloway (ed). Pp: 122-151. Blackie Academic & Professional, London.
- Aydoğdu, N., Erbaş, H., Kaymak, K., 2007. Taurin, Melatonin ve N-Asetilsisteinin Kadmiyuma Bağlı Akciğer Hasarındaki Antioksidan Etkileri. *Trakya Üni. Tıp Fak. Dergisi*, 24(1):43-48.
- Chaffei, C., Pageau, K., Suzuki, A., Gouia, H., Ghorbel, M.H and Masclaux-Daubresse, C., 2004. Cadmium Toxicity Induced Changes in Nitrogen Management in *Lycopersicon esculentum* Leading to a Metabolic Safeguard Through an Amino Acid Storage Strategy. *Plant and Cell Physiology*, 45(11):1681-1693.
- Doğan, M., 2003. Şanlıurfa'da Karakoyun Deresi Atık Suları İle Sulanan Soğanda (*Allium cepa* L.) Toksik Element Birikimi Üzerine Bir Araştırma. *Ekoloji Dergisi* 12(48):1-3.
- Elmacı, L.Ö., 1995. Güney Marmara Bölgesi Sanayi Domates Alanlarındaki Toprak, Sulama Suyu ve Domates (*Lycopersicum esculentum*) Meyvelerinde Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. *Ege Üni. Fen Bil. Enst. Doktora Tezi*.
- Gouia, H., Ghorbel, M.H. and Meyer, C., 2000. Effects of cadmium on activity of nitrate reductase and on other enzymes of the nitrate assimilation pathway in bean. *Plant Physiology and Biochemistry*. 38:629-638.
- Göksu, L.Z., Çevik, F., Fındık, Ö ve Sarıhan, E., 2003. Seyhan Baraj Gölü'ndeki Aynalı

- Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Sudak (*Stizostedion lucioperca* L., 1758)'larda Fe, Zn, Cd Düzeylerinin Belirlenmesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 20(1-2):69-74.
- Hassan, M.J., Shao, G and Zhang, G., 2005. Influence of Cadmium Toxicity on Growth and Antioxidant Enzyme Activity in Rice Cultivars with Different Grain Cadmium Accumulation. *Journal of Plant Nutrition*, 28(7):1259-1270.
- Hernández, L.E., Rodriguez, E.L., Gárate, A. and Ruiz, R.C., 1998. Influence of cadmium on the uptake, tissue accumulation and subcellular distribution of manganese in pea seedlings. *Plant Science*, 132: 139-151.
- Işıklı, B., Demir, T.A., Ürer, S.M., Berber, A., Akar, T ve Kalyoncu, C., 2007. Bir Kırsal Alan Yerleşiminde Kadmiyum Maruziyeti. <http://www.dicle.edu.tr/~halks/m68.htm>
- Kabata-Pendias, A. And Pendias, H. 1992. Trace Elements in Soils and Plants. 2nd Edition. CRC Press, Baton Rouge.
- Kalay, M., Koyuncu, C.E ve Dönmez, A.E., 2004. Mersin Körfezi'nden Yakalanan *Sparus aurata* (L.1758) ve *Mullus barbatus* (L.1758)'un Kas ve Karaciğer Dokularındaki Kadmiyum Düzeylerinin Karşılaştırılması. *Ekoloji Dergisi*, 13(52):23-27.
- Kaplan, M., Aktaş, M., Güneş, A., Alpaslan, M., Sönmez, S. 2000. Türkiye Gübre Üretim ve Tüketiminin Değerlendirilmesi. *V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi*, 881-900. Ankara.
- Katalay, S ve Parlak, H., 2002. Su Kirliliğinin, *Gobius niger* Linn., 1758 (Pisces: Gobiidae)'in Kan Parametreleri Üzerine Etkileri. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi* 19(1-2):115-121.
- Köleli, N ve Kantar, Ç., 2005. Fosfat Kayası, Fosforik Asit ve Fosforlu Gübrelerdeki Toksik Ağır Metal (Cd, Pb, Ni, As) Konsantrasyonu. *Ekoloji Dergisi*, 14(55).
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M ve Kaptan, H., 1995. Toprak Bilimi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73 Ders Kitapları Yayın No:16, ADANA.
- Quariti, O., Gouia, H and Ghorbal, M.H.,1997. Responses of Bean and Tomato Plants to Cadmium: Growth, Mineral Nutrition and Nitrate Reduction. *Plant Physiology and Biochemistry*, 35(5):347-354.
- Sağlamtimur, B ve Cicik, B., 2004. Kısa süreli Bakır-Kadmiyum Etkileşiminde Tatlısu Çipurası (*Oreochromis niloticus* L. 1758)'nın Karaciğer, Böbrek, Solungaç ve Kas Dokularındaki Kadmiyum Birikimi. *Ekoloji Dergisi*, 14(53):33-38.
- Saltalı, K., 2004. Fosforlu Gübrelerde Ağır Metal (Kadmiyum) Sorunu ve Önerileri. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim. Tokat.
- Sandalio, L.M., Dalurzo, H.C., Gómez, M., Puertas-Romero, M.C and del Rio, L.A., 2001. Cadmium-induced changes in the growth and oxidative metabolism of pea plants. *Journal of Experimental Botany*, 52 (362): 2115-2126.
- Sheoran, I.S., Singal, H.R and Singh, R., 1990. Effect of cadmium and nickel on photosynthesis and enzymes of the photosynthetic carbon reduction cycle in pigeon pea (*Cajanus cajan* L.). *Photosynthesis Research*, 23, 345-351.
- Stresty, T.V.S. and Madhava Rao, K.V., 1999. Ultrastructural alterations in response to zinc and nickel stress in the root cell of pigeonpea, *Environmental and Experimental Botany*. 41: 3-13.
- Topçuoğlu, B., Önal, K.M ve Arı, N., 2003. Toprağa Uygulanan Kentsel Arıtma Çamurunun Domates Bitkisine Etkisi I. Bitki Besinleri ve Ağır Metal İçerikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 16(1):87-96.
- Veselov, D., Kudoyarova, G., Symonyan, M and Veselov, St., 2003. Effect of Cadmium on Ion uptake, Transpiration and Cytokinin Content in Wheat Seedlings. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*. Spesical issue, 353-359.
- Yağmur, B., Hakerlerler, H ve Kılınç, R., 2003. Gübreler ve İnsan Sağlığı. *Çiftçi Dergisi* sayı:2.
- Yaramaz, Ö., 1992. Çevre ve Su Kirliliği. *Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi*, 42:1-92. İzmir.
- Yarsan, E., Bilgili, A ve Türel, İ., 2000. Van Gölü'nden Toplanan Midye (*Unio stevenianus* Krynicky) Örneklerindeki Ağır Metal Düzeyleri. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Science*. 24:93-96.
- Yost, K.J. and Miles, L.J. 1979. *Journal of Environmental Science and Health A*. 14: 285-311.
- Zengin, K.F ve Munzuroğlu, Ö., 2005. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.Strike) Klorofil ve Karotenoid Miktarı Üzerine Bazı Ağır Metallerin ( $Ni^{+2}$ ,  $Co^{+2}$ ,  $Cr^{+3}$ ,  $Zn^{+2}$ ) Etkileri. *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17(1); 164-172.