

**ERZURUM ŞEHİR MERKEZİNDEKİ
BAZI KAVŞAKLARDA BİTKİ (SARIÇAM,
Pinus sylvestris) VE TOPRAKLARIN AĞIR METAL
(Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb ve Ni) KONTAMİNASYON
DURUMUNUN BELİRLENMESİ**

Elanur BAYAR

**Yüksek Lisans Tezi
Toprak Anabilim Dalı
Prof. Dr. Nesrin YILDIZ
2009**

Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ERZURUM ŞEHİR MERKEZİNDEKİ BAZI KAVŞAKLARDA BİTKİ
(SARIÇAM, *Pinus sylvestris*) VE TOPRAKLARIN AĞIR METAL (Fe,
Cu, Zn, Mn, Cd, Pb ve Ni) KONTAMİNASYON DURUMUNUN
BELİRLENMESİ

Elanur BAYAR

TOPRAK ANABİLİM DALI

ERZURUM

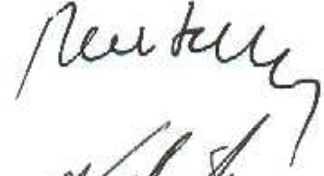
2009

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Nesrin YILDIR danışmanlığında, Elânur BAYAR tarafından hazırlanan bu çalışma 14/08/2009 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Nesrin YILDIZ

İmza:



Üye: Yrd. Doç. Dr. Kenan BARİK

İmza:



Üye: Yrd. Doç. Dr. Nalan YILDIZ

İmza:



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ömer AKBULUT

Enstitü Müdürü

ÖZET

Y. Lisans Tezi

ERZURUM ŞEHİR MERKEZİNDEKİ BAZI KAVŞAKLARDA BİTKİ (SARIÇAM, *Pinus sylvestris*) VE TOPRAKLARIN AĞIR METAL (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb ve Ni) KONTAMİNASYON DURUMUNUN BELİRLENMESİ

Elanur BAYAR

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Nesrin YILDIZ

Bu çalışmada Erzurum İli Şehir merkezinde trafik ve hava kirliliğinin yoğun olduğu 11 ayrı noktadan (**Rektörlük, Üniversite Kavşağı, 100. Yıl Parkı, Üniversite Kavşağı-Cemal Gürsel Stadyum arası, Üniversite Kavşağı-Havuzbaşı arası, Havuzbaşı, Tebrizkapı, İstasyon (Migros), Gez, Günsazak (Yenişehir) ve K ayak yolu Kavşakları**) Ağustos(2008) ayında toprak, Ocak ve Ağustos aylarında bitki (sarıçam, *Pinus sylvestris*) örneği alınarak ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Laboratuara getirilen bitki örnekleri, temizlenmeden kurutma dolabında sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulduktan sonra ağır metal içerikleri analiz edilmiştir. Elde edilen veriler toprak ve bitkiler için ağır metal sınır değerleriyle karşılaştırılarak, normal ya da toksik seviyelerde olup olmadığı belirlenmiştir.

Sonuç olarak, örnekleme noktalarından alınan toprakların ve bitkilerin ağır metal içerikleri gerek noktalar arasında ve gerekse dönemler arasında önemli düzeyde ($p < 0.001$) farklılık göstermiştir. Toprak örneklerinin ağır metal içerikleri, 100. Yıl Parkında Fe, Cu ve Zn normal sınırın üzerinde bulunmuş olup, diğer kavşaklarda bütün ağır metaller normal sınırın altında bulunmuştur. Sarıçam yüzeyine bulaşan ağır metaller dahil (yıkamadan anal ize alınan) bitki örneklerinin ağır metal içerikleri incelendiğinde; Fe metali tüm örnekleme yerlerinde (kavşaklarda) Ağustos ve Ocak ayında; Cu metali Ağustos ve Ocak ayında İstasyon (Migros) kavşağında; Zn metali Ocak ayında Havuzbaşı-Üniversite kavşağı arasında; Pb metali Ocak ayında Migros kavşağında; Ni metali Ocak ayında Günsazak (Yenişehir) kavşağında toksik düzeyde bulunmuştur.

2009, 65 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Ağır metaller, trafik, kavşak, toprak, sarıçam.

ABSTRACT

MS Thesis

DETERMINATION OF HEAVY METAL (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb and Ni) CONTAMINATION STATUS IN ROADCROSS SIDES PLANT (*Pinus sylvestris*) AND SOIL IN ERZURUM CENTROOM, TURKEY

Elanur BAYAR

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nesrin YILDIZ

In this research, heavy metal contamination of soil and plant samples were collected from 11 sampling points (Rectorship, University Roadcross, 100. Yıl Parkı, between University Junction and Cemal Gürsel Stadium (Ilıca road), between University Roadcross and Havuzbaşı, Havuzbaşı, Tebrizkapı, İstasyon (Migros), Gez, Günsazak (Yenişehir) and Kayakyolu Roadcross) where there are always traffic jam and air pollution collected soil samples in August (2008), plant samples were taken two periods (in August and January month), which were carried into laboratory, were dried until they reached constant weight without cleaning then their heavy metal contents analyzed. Heavy metal contents of plant and soil samples were compared with standard critical values, then a decision was made whether they are at critical level or at toxic level in order to make some assumption for these questions.

As a result, heavy metal contents of plant and soil which collected from sampling points, differed importantly ($p < 0.001$) from each other in terms of period and sampling point.

Plant available Fe, Cu, and Zn, contents of soil samples which were collected from 100. Yıl Park were found at toxic level however all of plant available heavy metal contents of other soil samples which were collected from the other sampling points, were found under the toxic level. The Fe contents of plant samples were taken from all roadcross in August and January were found toxic level; the Cu contents of plant samples were taken from Migros roadcross in August and January were found toxic level; the Zn content of plant samples were taken between Havuzbaşı-Üniversite roadcross in January were found toxic level; the Pb content of plant samples were taken from İstasyon roadcross in January were found toxic level; the Ni contents of plant samples were taken from Günsazak roadcross in January were found toxic level.

2009, 65 Pages

Keywords: Heavy metal, traffic, roadcross, soil, *Pinus sylvestris*.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmamda tez yöneticim olarak Sayın Hocam, Prof. Dr. Nesrin YILDIZ'a, tez çalışmama katkıda bulunan hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Kenan BARİK ve Sayın Yrd. Doç. Dr. Nalan YILDIZ'a, araştırmanın yürütülmesi aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Ekrem AKSAKAL ve Sayın Arş.Gör. Esra GÜLER'e, diğer bölüm hocalarım ve elemanları ile Sayın Laborant Cihan VURAL'a, çalışmalarım sırasında bana her türlü maddi manevi destek sağlayan, bütün çalışmalarımda olduğu gibi tez çalışmamda da fedakarlıkta bulunan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Elanur BAYAR

Ağustos, 2009

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
1. GİRİŞ.....	1
2.KAYNAK ÖZETLERİ	12
3. MATERYAL ve YÖNTEMLER	22
3.1. Materyal	22
3.1.1. Örneklenen sarıçam bitkisinin (<i>Pinus sylvestris</i>) genel özellikleri	23
3.1.2. Araştırma bölgesi hakkında genel bilgiler	24
3.1.2.a. Erzurum ovasının toprakları	24
3.1.2.b. Erzurum ovasının mevki	25
3.2. Yöntemler	25
3.2.1. Toprak örneklerinin analize hazırlanması	25
3.2.2. Toprak analiz yöntemleri	25
3.2.2.a. Mekanik analiz	25
3.2.2.b. Toprak reaksiyonu (pH)	26
3.2.2.c. Kireç tayini (% Ca CO ₃)	26
3.2.2.d. Organik madde miktarı (%)	26
3.2.2.e. Katyon değişim kapasite değerleri	26
3.2.2.f. Değişebilir katyonları analizi	26
3.2.2.g. Fosfor analiz	27
3.2.2.h. Bitki tarafından alınabilir mikro element (ağır metal) analiz	27
3.2.2.i. Toplam azot analiz	27
3.2.3. Bitki analizleri yöntemi	27
3.2.3.a. Bitkide toplam azot analizi	27
3.2.3.b. Bitkide diğer elementlerin (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu) analizi	28
3.3. İstatistiksel Değerlendirmeler	28

4. ARAŞTIRMA BULGULARI	29
4.1. Bitki Duncan Test Sonuçları	
4.1.1. Demir	32
4.1.2. Bakır	33
4.1.3. Mangan	34
4.1.4. Çinko	36
4.1.5. Kurşun.....	37
4.1.6. Kadmiyum.....	38
4.1.7. Nikel	39
4.1.8. Fosfor	41
4.1.9. Azot	42
4.2. Toprak Duncan Test Sonuçlar	
4.2.1. Demir	44
4.2.2. Bakır	45
4.2.3. Mangan	46
4.2.4. Kadmiyum.....	47
4.2.5. Kurşun.....	48
4.2.6. Çinko	50
4.2.7. Nikel	51
4.2.8. Fosfor	52
4.2.9. Azot	53
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	55
KAYNAKLAR	61
ÖZGEÇMİŞ	66

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

'	Dakika
"	Saniye
%	Yüzde
cm	Santimetre
g	Gram
Kg	Kilogram
m	Metre
°	Derece
O.m	Organik madde
pH	Ortamda bulunan H^+ konsantrasyonunun negatif logaritması
ppm	Milyonda bir kısım çözelti anlamına gelen İngilizce Part Per M illion
	Sözcüklerinin baş harfleri
µg	Miligram
µM	Milimikron

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Farklı toprak özelliklerinin ve gübrelemenin ağır metal alımına etkisi	4
Şekil 3.1.	Erzurum merkezi içinde numune alınan noktalar	22
Şekil 3.2.	<i>Pinus sylvestris</i> ’ in genel görünümü	23
Şekil 4.1.	Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Fe konsantrasyonu ...	33
Şekil 4.2.	Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Cu konsantrasyonu ..	34
Şekil 4.3.	Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Mn konsantrasyonu ..	35
Şekil 4.4.	Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Zn konsantrasyonu ...	37
Şekil 4.5.	Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Pb konsantrasyonu	38
Şekil 4.6.	Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Cd konsantrasyonu ...	39
Şekil 4.7.	Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Ni konsantrasyonu ...	40
Şekil 4.8.	Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin P konsantrasyonu	42
Şekil 4.9.	Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin N konsantrasyonu	42
Şekil 4.10.	Toprak örneklerinin Fe konsantrasyonu	44
Şekil 4.11.	Toprak örneklerinin Cu konsantrasyonu	46
Şekil 4.12.	Toprak örneklerinin Mn konsantrasyonu	46
Şekil 4.13.	Toprak örneklerinin Cd konsantrasyonu	48
Şekil 4.14.	Toprak örneklerinin Pb konsantrasyonu	49
Şekil 4.15.	Toprak örneklerinin Zn konsantrasyonu	51
Şekil 4.16.	Toprak örneklerinin Ni konsantrasyonu	52
Şekil 4.17.	Toprak örneklerinin P konsantrasyonu	53
Şekil 4.18.	Toprak örneklerinin N konsantrasyonu	54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1.	Bazı toprak özelliklerine bağlı olarak . Pb, Cd, Zn ve As gibi elementlerin tolere edilebilir düzeyleri	14
Çizelge 4.1.	Toprak analiz sonuçları	30
Çizelge 4.2.	Sarıçam bitkisinde dönemler için elementlerin yerlere göre Varyans analizi	31
Çizelge 4.3.	Fe elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	32
Çizelge 4.4.	Cu elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	34
Çizelge 4.5.	Mn elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	35
Çizelge 4.6.	Zn elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	36
Çizelge 4.7.	Pb elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	37
Çizelge 4.8.	Cd elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	39
Çizelge 4.9.	Ni elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	40
Çizelge 4.10.	P elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	41
Çizelge 4.11.	N elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	43
Çizelge 4.12.	Toprak Örneklerinin Varyans analiz sonuçları	43
Çizelge 4.13.	Fe elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	44
Çizelge 4.14.	Cu elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	45
Çizelge 4.15.	Mn elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	47
Çizelge 4.16.	Cd elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	48
Çizelge 4.17.	Pb elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	49
Çizelge 4.18.	Zn elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	50
Çizelge 4.19.	Ni elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	51

Çİzelge 4.20.	P elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	52
Çİzelge 4.21.	N elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları	53
Çİzelge 5.1.	Toprakta ağır metal sonuçları	56
Çİzelge 5.2.	Sarıçam bitkisinin Ağustos ve Ocak ayındaki ağır metal sonuçları	59

1.GİRİŞ

Çağımızda doğal dengeyi, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre sorunları gelmektedir. Hızla artan dünya nüfusunun beslenmesi, gelişen endüstrilerin ve daha uygar yaşama düzeyi sağlama amacı ile sürdürülen çabaların istenilmeyen bir sonucu olarak ortaya çıkan çevre sorunları günümüzde de giderek artan boyutlarda önemini korumaktadır (Baş ve Demet 1992).

Çevre kirliliği, insanların her türlü etkinlikleri sonucunda, havada, suda ve toprakta meydana gelen olumsuz gelişmelerle ekolojik dengenin bozulması ve aynı etkinliklere bağlı olarak ortaya çıkan koku, gürültü ve atıkların çevrede meydana getirdiği arzu edilmeyen sonuçlar olarak tanımlanmıştır (Çevre Kanunu 1983).

Yüzyıllar boyunca insan yaşamının sürekliliğinde ve ülkelerin kalkınmasında önemli bir yere sahip bulunan doğal kaynakların tahrip edildiği ya da yok edildiği bilinmektedir. Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması teknolojiye gelişmeler ile yoğun bir kentleşme ve sanayileşme, doğal kaynakların tahribini hızlandırmaktadır (Güler ve Çobanoğlu 1997).

Çevre sorunlarını başlıca iki grupta toplamakta yarar vardır :

A. Kirlenme sonucu ortaya çıkan çevre sorunları

1. İnsan yerleşimlerinden kaynaklanan kirlenmeler (Su, hava, toprak kirlenmesi)
2. Sanayi kuruluşlarından dolayı kirlenmeler
3. Tarım ilaçlarından meydana gelen kirlenmeler

B. Kaynakların aşırı, yanlış ve kötü kullanılması ile meydana gelen çevre sorunları

1. Yanlış arazi kullanma
2. Erozyon

- 3.Tarım ilaçları
- 4.Gübreleme
- 5.Kanunsuz avcılık
- 6.Orman yangınları
- 7.Aşırı otlatma
- 8.Ekim sonrası anız yakma

Ağır metaller, atmosferik taşınım, biyolojik arıtım çamurlarının boşaltımı, hayvan dışkıları ile evsel atıklarının uzaklaştırılması gibi prosesler sonucunda toprağa karışmaktadır. Toprakların ağır metallerle kirlenmesi, endüstriyel ve tarımsal faaliyetler sonucu olabildiği gibi, ağır metal içeren kayaçların çeşitli nedenlerle çözünerek su ve toprak ortamına taşınması ile de ortaya çıkabilmektedir. Atom ağırlıkları 63 ile 200 arasında olan kurşun, kadmiyum, cıva, arsenik, krom gibi ağır metallerin çevreye yayılmaları başlıca aşağıdaki şekillerde olmaktadır (Anonim 2009):

- Egzoz gazı kaynaklı yayılımlar (Kurşun),
- Madencilik kaynaklı yayılımlar (Krom, Bor),
- Endüstriyel kaynaklı yayılımlar;
- Pil üretimi, kullanımı (Cıva, Kadmiyum)
- Demir Çelik sanayi ve atıkları (Krom)
- Petrol rafinerisi (Kurşun)
- Boyalar (Kurşun, Kadmiyum)
- Elektronik sanayi ve ölçü aletleri (Cıva)
- Tıbbi kaynaklı yayılımlar (Cıva)
- Doğal kaynaklı yayılımlar (Kurşun, Cıva, Krom, Kadmiyum, Bor)
- Termik santrallerde kaynaklı yayılımlar (Kurşun, Cıva, Krom, Kadmiyum)
- Tarımsal kaynaklı yayılımlar (Kadmiyum)

İster hava kirliliği, isterse su kirliliği olsun, sonuçta bunlar diğer nedenlerle birlikte toprak kirlenmesini gündeme getirmektedir .

Gerçekte, bir çevre bileşeni olarak toprak, hava ve sudan daha önemlidir. Çünkü insan faaliyetlerinin sürdürülebilmesi için gerekli olan bileşenlerin başında mekân gelir. Ayrıca insanlar için gerekli besin maddelerinin büyük bir kısmı toprakta depolanmaktadır. Aynı şekilde evcil hayvanların hemen hepsi karada beslenir. Bu nedenle, insan yaşamında toprağın önemi büyüktür. İnsanlar başından beri toprağa bağımlı olmuşlardır ve olmaya da devam edeceklerdir (Yıldız 2003).

Doğal kaynaklar yada kirlenme yoluyla ortaya çıkan yüksek konsantrasyonlardaki bazı ağır metaller, bitkileri ve bitkilerle beslenen insan ve hayvanları olumsuz yönde etkileyebilmektedirler. Krom, nikel ve kurşun topraklarda 10-100 ppm arasında, kadmiyum ise 1 ppm in altında bulunuyorsa bu miktarlar normal seviyeler olarak kabul edilmektedir (Mattigod and Page 1983).

Birçok durumda topraklar, ağır metaller için son depolanma yeri olabilmektedir. Bu olayda toprakların doğal filtre edici özellikleri ile tamponlanma kapasiteleri büyük önem taşımaktadır. Toprak çözeltisinde serbest halde bulunan ağır metaller toprak mikroorganizmaları ve bitki kökleri tarafından alınır veya yıkanarak yeraltı suyu kalitesinin bozulmasına, besin zincirinin kirlenmesi ne etken olurlar (Yıldız 2001).

Toprakların ağır metallerle kirlenmesinin önlenmesi amacıyla günümüzde birçok kontrol yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlardan en yaygın olarak kullanılanları;

1. Kirleticiye müdahalede bulunmayarak, kirlenmiş alanın kullanımını yasaklamak,
2. Kirleticiyi bölge içerisinde immobilize etmek ve bölgeyi kontrol altına almak,
3. Kirlenmiş toprağı nihai bertaraf sahasına taşıyarak depolamak,
4. Toprağı yerinde(in-situ) veya bölge dışında(ex-situ) arıtmak şeklindedir.

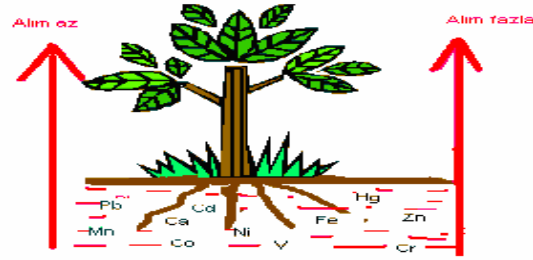
Toprağın temizlenmesi yani topraktaki kirleticilerin uzaklaştırılması özellikle bölgenin yeniden kullanılmasının önemli olduğu düşünüldüğünde ekonomik bir alternatif olabilmektedir. Toprağın arıtılması için fiziksel, kimyasal, termal ve/veya biyolojik prosesleri içeren pek çok metod mevcuttur. Uygun toprak arıtım metodunun seçimi,

bölge karakteristikleri, giderilecek kirleticinin tipi, konsantrasyonu ve kirlenmiş arazinin sonraki kullanımı gibi pek çok faktöre bağlıdır. Toprağın temizlenmesi genellikle kirlenmiş bölgenin kazılması, izole edilen veya temizlenen toprağın tekrar yerine doldurulmasıyla gerçekleştirilmektedir. Ancak son yıllarda toprağı kazmadan doğrudan bölgede uygulanan (in-situ) teknolojiler üzerinde yapılan araştırmalar hız kazanmıştır (Kocaer ve Başkaya 2003).

Halen kullanılmakta olan fizikokimyasal iyileştirme tekniklerinin pek çoğu, nispeten fazla derecede kirlenmiş alanların yerinde veya başka bir yerde gerçekleştirilen arıtmalarından yararlanan ana yöntem olmaktadır. Bunlar, kirleticilerin düşük konsantrasyonlarda ve yapay olarak bulunduğu dağınık ve geniş kirlenmiş alanların iyileştirilmesi için pek uygun olmayan tekniklerdir (Rulken *et al.*1998). Bu bağlamda bitki ile iyileştirme, dağınık olarak kirlenmiş alanların iyileştirilmesi için en geçerli ve diğer yöntemlere kıyasla hayli ucuz bir opsiyon olma durumundadır. Yoğun biçimde kirlenmiş olan topraklar bitki gelişimine olanak vermez ise de hafif ve orta derecede toksik metal kirlenmesine maruz kalmış olan alanlar, metal depolayan bitkilerin yetiştirilmesi suretiyle iyileştirilebilmektedir (Kumar *et al.*1995).

Toprak, atık su ve akarsuların toksik metallere kirliliği, çevre ve insan sağlığı açısından önemli bir sorun oluşturmaktadır. Son yıllarda ağır metal kirliliğini gidermek için yüksek maliyetli teknolojilerin yerine ekonomik, birçok toprak türünde uygulanabilir, tahrip edici özelliği olmayan ve doğal bir yöntem olan fitoremediasyon kullanılmaktadır (Kärenlampi *et al.* 2000).

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi toprakların kireç içerikleri, pH’sı, kil kapsamı, organik madde içeriği ve fosfor miktarı arttıkça ağır metal alınımı azalır, azaldıkça ise artmaktadır (Yıldız 2009).



Yüksek ← kireç, pH → Düşük

Yüksek ← kil kapsamı → Düşük

Yüksek ← o.m. kapsamı → Düşük

(Fiz.)alkali ← Gübreleme → (fiz.) asit

Yüksek ← fosfor miktarı → Düşük
(top. gübreleme)

Şekil 1. 1. Farklı toprak özelliklerinin ve gübrelemenin ağır metal alımına etkisi

Kadmiyum, civa, krom, kurşun gibi bazı ağır metaller tarımsal ekosisteme girmişlerdir. Bu ağır metaller biyolojik döngülerde yer alarak bitkilerin çeşitli organlarında birikebilir ve yarayışlılıkları konsantrasyonlarına ve hareketliliklerine bağlıdır. Bu noktadan hareketle, bitki türlerinin ağır metal alım kapasitelerinin bilinmesinin yanında bunla rın bitkinin hangi organlarında yada kısımlarında biriktiğinin de bilinmesi gerekmektedir (Yıldız 2009).

Toprakta bulunan toksik metaller birçok canlıyı etkilediği gibi bitkileri de etkilemektedir. Baker (1995) çalışmalarına göre tüm bitkiler, çevrelerinde ki artan oranlardaki toksik metal derişimine karşı bir cevap verirler. Metal zehirliliğinin bitki üzerindeki etkisi ve bunun belirtileri bitkinin türüne, hangi metal olduğuna, metalin

derişimi ve formuna göre değişiklik gösterir. Metal zehirliliğinin bitki lerde gözle görülür belirtileri ise zayıf kök gelişimi ya da kökün bodur kalması, yapraklarda klorosis (sarıcalık) ve renksizleşme, bölgesel doku ölümleri veya bitkinin ölümüyle sonuçlanmasından söz edilir. Bitki toksisitesine neden olan en belirgin etken çözülebilir tuzlardır. Bu maddeler, bitkilerin büyüyüp gelişebilmesi için gereksinim duydukları, makro ve mikro elementlerdir. Makro besleyicilerin yüksek oranda bulunması genellikle toksik etkilere çok fazla neden olmazken; mikro besleyicilerin yüksek oranlarda bulunması daha fazla toksik etkiye neden olmaktadır (Kalaycıoğlu 2005).

Yapılan araştırmalarda bitkilerin, az miktarda da olsa atmosferde bulunan ağır metalleri yaprakları aracılığı ile alabildikleri gösterilmesine rağmen ağır metal alınımı büyük oranda kökler aracılığı ile olmaktadır. Ağır metaller topraklarda, kolloidlere tutunmuş halde, organik maddelere bağlı halde ve toprak çözeltisi içinde iyon halinde bulunurlar. Bitkiler ancak toprak çözeltisinde iyon halinde bulunan ağır metalleri kökleri aracılığıyla alabilirler. Koşulların değişmesi (pH, sıcaklık, organik madde miktarı, diğer metallerin varlığı, mikroorganizmalar vb.) toprak çözeltisi içindeki ağır metal konsantrasyonunu değiştireceğinden ağır metal alınımını da etkileyecektir. Örneğin pH'ın düşmesi ortamdaki H^+ iyonlarının artmasına neden olmaktadır, artan H^+ katyonları, ağır metal katyonları (molibdenin anyon formu da bulunduğu için istisnadır) ile rekabete girmekte, kolloidlere tutunmasını engellemekte ve böylece ağır metallerin toprak çözeltisindeki konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır. (Ayhan 2006).

Bazı bitkilerin topraktan ağır metal alınımına karşı yüksek oranda etkili olduğu ve bu tür bitkilerin ağır metal zehirliliğine karşı toleranslı olduğu belirlenmiştir. Hipertoplayıcı olarak da isimlendirilen bu bitkilerin arasında Brassicaceae , *Euphorbiaceae*, *Asteraceae*, *Lamiaceae* ve *Scrophulariaceae* bitki familyaları sayılabilir (Anonim 2009).

Kurşun (Pb^{++}), bütün dünyada doğal kaynaklar içinde çeşitli formlar halinde bulunan ve günümüzde en geniş çaplı ve düzenli olarak açığa çıkan ağır metallerden biridir. Pek çok çalışma göstermektedir ki önemli miktarda kurşun genellikle toprakta bulunmaktadır. Motorlu taşıtların egzoz gazları, maden ocakları, metal işleyen tesisler, endüstriyel

faaliyetler, kurşun ile kirlenmiş atık sular, sanayi atıkları ve tarımda gübreleme gibi pek çok etmen toprak ve bitkilerin maruz kaldığı kurşun kirlenmesinin başlıca sebepleridir (Kıran ve Şahin 2005)

Bitkiler açısından kurşun tehlikesi 1923 yılında otomobil ya kıtına kurşuntetraetilen eklenmesinden beri devam etmektedir. O günden bu güne kurşun en tehlikeli ve en yaygın çevresel ağır metal haline gelmiştir. Egzoz gazları ile saçılan kurşun bileşikler otayol yakınlarındaki topraklarda kurşun konsantrasyonunun artmasına neden olmaktadır. Her ne kadar kurşun bitkilerde doğal olarak bulunsa da bitki metabolizması için gerekli bir element değildir. Bitkilerde aşırı kurşun alınımlı çeşitli fizyolojik mekanizmalarla engellenmektedir, fakat yinede bitkiler topraktan belirli miktarlarda kurşunu almakta ve çeşitli dokularında depolayabilmektedirler. Pek çok rapor göstermektedir ki kurşun (Pb^{+2})'a maruz kalan bitkilerde; tohum çimlenmesinde, kök ve gövde uzamasında azalma, klorofil biyosentezinde inhibisyon, kloroz, fotosentez miktarında azalma birçok enzimde indüksiyon veya inhibisyon, hücre yapısında bozulma, kromozom lezyonları ve bölünme anomalileri, çekirdekci zehirlenmesi gibi olumsuzluklar görülmektedir. Sonuç olarak kurşunun bu olumsuz etkileri bitkilerde bozulmalara ve ekosistemde tahribatlara yol açmaktadır (Kıran ve Şahin 2005).

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. Kadmiyum empürite olarak fosfatlı gübrelerde, deterjanlarda ve rafine petrol türevlerinde bulunur ve bunların çok yaygın kullanımı sonucunda da önemli miktarda kadmiyum kirliliğine ortaya çıkar (Tosyalı 2006).

Kabata-Pendias and Pendias (1992)'e göre, toprak profilinde kadmiyum, yüzey horizontunda daha fazla bulunur. Bunun nedeni yüzey horizontunun organik maddece zengin olması ve atmosferik depozitlerdeki ya da suni gübre ve ahır gübresindeki Cd'un yüzey horizontlarda tutulabilmesidir. Bakır ve kurşunun tersine Cd (Zn ve Ni ile birlikte) toprak profilinde aşağı doğru taşınma eğilimindedir. Taşınma oranı ve derecesi iklim

(yağış, buharlaşma ve oransal nem), pH ve toprak geçirgenliğine bağlı olarak değişir (Aksu ve Yıldız 2004).

Topraktaki kadmiyum düzeyleri ağır killi topraklarda 1,1 mg/g, kumlu tınlı topraklarda 0,8 mg/g, kumlu topraklarda ise 1 mg/g'dır. Cd elementi çok zehirli ve organizmaya zararlı bir element olup, doku toksikolojisi açısından kurşun ve cıvadan ayrı olarak 'aşırı toksik grupta' incelenir. Patates ve yapraklı sebzelerde daha çok bulunan kadmiyum, en yüksek seviye (0,2 mg/g) yapraklı sebzelerde görülür. Bitkiler için gerekli olmayan bu elementin zehir biçimi daha çok enzim inhibisyonu şeklindedir. Bitkiler hayvanlara göre daha yüksek dozda Cd'ü zarar görmeden alabilirler. Sadece çok aşırı alınması halinde bitkileri etkiler. Topraktaki aşırı kireç miktarı, toprak pH'sı ve yüksek kil oranı bitkinin Cd alımını yavaşlatan faktörlerdir. Fazla humuslu topraklarda Cd'un bitki tarafından alımını zorlaştırır (Şahmetlioğlu 2004).

Benavides *et al.* (2005)'e göre, Cd toksisitesinin en kolay biçimde saptanan etkisi, yaprak büyümesinin inhibisyonu, yapraklarda yuvarlanma ve sararmadır. Ayrıca aynı araştırmacılar, yapraklardaki sararmanın (klorosiz), Fe yetersizliği, P yetersizliği ya da Mn taşınımının engellenmesi nedeniyle olabileceğini de bildirmişlerdir.

Bitki gelişmesinde Ni rolü iyi bilinmemektedir. Genellikle bitkilerde bulunmakla birlikte bu elementin mutlaka gerekli olup olmadığı henüz araştırılmamıştır. İskoçya'da olduğu gibi ultrabazik taşlar ile olivin ve serpantin içeren taşlarda Ni bitkilere yayılgı ve yüksek düzeyde bulunur. Nikelin toksik etkisi 100 ppm'i aştığında ortaya çıkmaktadır (Yıldız 2009).

Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir rastlanan bir vakadır. Nikel yakıtların yanması, madencilik ve rafinasyon işlemleri ve kentsel atıkların küllleştirilmesi ile atmosfere yayılmaktadır. Bunun yanı sıra lağım çamuru karışmış toprakta ve sigarada (0-0.51 µg/sigara) bulunmaktadır. Derideki etkileşim nikel içeren takı kullanımında

ortaya çıkabilmektedir. Nikel hem altın için mükemmel bir beyazlaştırıcı olduğu gibi hem de bakır ile birlikte kullanıldığında mekanik özellikleri, işlenebilirliği ve döküm özellikleri iyi olan bir alaşım eldesini mümkün kılan önemli bir alaşım elementidir. Kompakt nikel ve nikel alaşımları, düşük oranda zehirli olmalarına rağmen metalik toz halindeki nikel ve nikelin kimyasal bileşikleri kanser yapıcı maddeler sınıflandırılmasında A1 (kanserojen) kategorisinin de yer almaktadırlar. Çalışma yerlerinde toz olarak havada izin verilen değerler ; nikel bazında $0,015 \text{ mg/m}^3$ iken nikel-karbonil için $0,007 \text{ mg/m}^3$ 'tür. Besin olarak toplam nikel alınımları, hayvan yiyecekleri veya bitkilerin tükettikleri miktarlara bağlıdır. Günlük nikel alınımlarının yaklaşık yarısı ekmek, içecek ve tahılların tüketilmesiyle olmaktadır. Besinlerin günlük $150 \mu\text{g}$ 'dan az nikel içermesi tavsiye edilmektedir (Tosyalı 2006).

Demirin bitkilerce alınabilen 3 farklı formu vardır. Bunlar ferrus sülfat (Fe^{+2}), ferik sülfat (Fe^{+3}) ve demir-şelat (bir metalin organik bir bileşiğe iki veya daha fazla bağla halka şeklinde bağlandığı yapı) formları olup demir-şelatlar en iyi kaynaktır ancak en pahalıdır. Demir yarayışlığı için pH kritiktir. Solusyondaki pH'sı özellikle 8'in üzerine çıkarsa demir alımı problem olur. Aynı zamanda pH ister çok asit ister bazik ve hatta nötral bile olsa solusyondaki fosfatla çözünürlüğü düşük bileşikler oluşturma eğilimi vardır. En uygun pH 5,6-6,6'dır. Aksi takdirde demirin yaprağa püskürtülmesi önerilmektedir. Yetersizlik belirtileri bitkide çoğunlukla bağlı (şelatlar) formlarda bulunduğu için son derece hareketsizdir. Bunun için noksanlık belirtileri öncelikle genç yapraklarda damarlar arası klorozla başlar. Toksikite belirtileri ise nadir görülmekle beraber eğer yapraklara aşırı demir püskürtülürse yapraklarda nekrotik (ölü) bölgeler görülür (Yıldız 2008).

Bakır bitkilerde bakır iyonu (Cu^{+2}) formunda aktif süreçle alınır ve muhtemelen çinko tarafından alımı engellenmektedir. Bakır alımı genellikle pH değişimlerine karşı mangan ve bor gibi hassas değildir. Bakır bitkide kolayca taşınabilir olmadığı için noksanlık belirtileri önce genç dokularda görülür. Kısa mesafeli boğum araları, büyüme uçlarında ölüm, genç yaprakların koyu yeşil veya mavimsi yeşil renk alması, genç yaprakların büyümemesi veya bükülmesi, yaprak ve saplarda turgorun azalması, çiçek -

meyve ve kök gelişiminde azalma görülür. Bazen bakır noksanlığı potasyum noksanlığı gibi algılanabilir. Aşırı fosfor da bakır noksanlığın a sebep olabilir. Yüksek bakır seviyeleri ise demir noksanlığına sebep olur. Genç yapraklarda damarlar arası kloroz görülür. Büyümede gerileme, kalın ve koyu renkli kök oluşumu görülür. Sulama sisteminde kullanılan bakır içeren borular veya diğer tesisatla r bakır girdisine sebep olmaktadır (Yıldız 2008).

Bitki köklerine çinko alımı aktif süreçle sağlanmakta ve muhtemelen bakır, mangan ve demir ile daima bir rekabet söz konusu olmaktadır. Çinko alımı mangan veya bor gibi pH değişimlerine karşı hassas değildir. Bununla beraber ışık yarıyışlılığı ile son derece ilişkilidir. Daha fazla ışık, daha fazla çinko yarıyışlılığı ve çinko alımı demektir. Çinko yetersizliğinin temel nedeni yüksek fosfor, azot, bakır ve demir seviyeleridir. Belirtiler kök ve gövdede anormallik ile bodur büyüme ile başlar. Yaprak alanı azalır ve boğumlar arası mesafe kısalır. Sürgün uçlarındaki yapraklar bir araya gelir veya bükülür. Bitkide hareketsiz element olduğu için noksanlığında genç yapraklarda veya büyüme uçlarında gerileme görülür. Genç ve yaşlı yapraklarda damarlar arası sarıma veya hatta beyazlaşma görülür. Yüksek çinko seviyeleri özellikle demir noksanlıklarına neden olarak yaprak alanı ve kök gelişimi geriler ve genç yapraklarda damarlar arası kloroz görülür (Yıldız 2008).

Mangan aktif olarak köklerce mangan iyonları (Mn^{+2}) şeklinde absorbe edilir. Mangan tuzları veya şelatları formunda da yapraklara uygulanabilir. Özellikle düşük pH'da (6,5) yarıyışlılığı oldukça yüksektir. Mn noksanlık belirtileri yaprak damarlar arasında kloroz şeklindedir. Ancak Mn bitkide hareketsiz olduğu için belirtiler genç yapraklarda görülür. Noksanlık belirtileri demir ve çinko ile karıştırılabilir. Yapraklar dökülebilir, nekrotik lekeler oluşabilir ancak damarlar daima yeşil kalır. Çiçek oluşumu azalır veya duraksar ve büyüme düzensizdir. Toksikite belirtileri üst aksamda kahverengi benekler oluşur, bazen kloroz görülür. Yüksek Mn seviyeleri demir yetersizliğine yol açar. Bu nedenle genel olarak büyüme azalır. Mangan eksikliği demir eksikliğine benzer olup, yeşil damarlı solgun genç yapraklar olarak karakterize edilir. İleri durumlarda, yapraklar

beyazlaşır. Nötr ve alkalın topraklarda genellikle eksiklik ortaya çıkar. Asit topraklarda ise toksiteye neden olacak şekilde alımları artırabilir (Yıldız 2008).

Azot bitkilere sağlanması insanoğlu tarafından denetlenen yaşamsal öneme sahip bir bitki besin elementidir. Havadaki elementel azotu bitkiler kullanamazlar. Doğal elementel N_2 'un öncelikle baklagillerle (bezelye, fasulye, yonca vb.) ortak yaşayan bakterilerce NO_3^- veya NH_4^+ iyonu formlarında toprağa fikse edilmesi gereklidir. Azot toprakta temelde NO_3^- veya NH_4^+ şekline bulunur, bu iyonların bitkiler tarafından alımı ve tercihi; bitkilerin genetik özelliklerine, toprak pH'sına, sıcaklığına ve toprak çözeltisinde diğer iyonlara bağlıdır. Azot bitki köklerine geniş bir pH aralığında elverişli olabilmektedir. Azot bitkilere genellikle NH_4NO_3 , KNO_3 ve $Ca(NO_3)_2$ bileşikler halinde sağlanmaktadır. Yetersizlik belirtileri öncelikle daha yaşlı yapraklarda başlar, büyüme sınırlanır, yapraklar önce açık yeşil renk alır sararır (klorotik) ve daha sonra ölür. Azotun en iyi kaynağı iyi gelişen vejetatif gelişme olup, bitkinin koyu yeşil rengi ile de alakalıdır. Nitrojen eksikliği, bitki gelişmesinde azalma ve solgun bir yeşil yada sarı renkle karakterize edilebilir. Bu sararma genellikle yaprak uçlarında başlar ve yaprak orta damarına doğru ilerler. Eksiklik çok şiddetli olursa, etkilenen alanlar kahverengiye döner ve ölümler görülebilir. Azot yetersizliğinde karbonhidratlar vejetatif hücrelerde çökelir ve hücrelerin etkileşmesine neden olur. Toprakta veya besin solusyonunda aşırı azot, bitkinin koyu yeşil renk almasına, kök gelişmesinin sınırlanmasına, aşırı toprak üssü gelişmesine, meyve oluşumunun sınırlanmasına sebep olur. Bitki dokusunda nitrik birikimine ve bu bitkileri tüketen insan ve hayvanların zarar görmesine neden olur. Aşırı amonyum beslenmesinde, amonyum toksisitesinin sonucu olarak iletim dokuları parçalanır ve buna bağlı olarak bitkinin su alımı engellenir, özellikle meyve ağaçlarında meyve tutumu zayıflar (Yıldız 2008).

Fosfor'da azot gibi bitkiler tarafından elementel formda absorbe edilemez, absorbe edilebilmesi için birincil ortofosfor iyonu ($H_2PO_4^-$) formuna dönüşmesi gerekir. Hidroponik solusyonlarda kullanılan tipik fosfat bileşiği monopotasyumfosfattır. Topraksız karışımlarda pH'nın yükselmesi göstermiştir ki fosforun bitkiye yararlılığı azalmaktadır. Azot gibi, fosfor'da bitkiye yüksek düzeyde taşınabilir hareketli bir

element olduğu için yetersizlik belirtileri ilk önce daha yaşı büyüme noktalarında görülür. Yapraklar, dallar ve saplar koyu mavimsi yeşile ve daha sonra mor veya eflatun renge dönüşür. Aynı zamanda yaprakların alt yüzeyinde gümüşümsü renk ve aşağı doğru bükülme görülür. Bitki yavaş gelişir, çiçeklenme geçikir, kök sistemi zayıftır ve bitkilere enfeksiyonlara karşı daha yatkındır. Yüksek fosfor'un bilinen doğrudan bir etkisi yoktur, bununla beraber hidroponik solusyonlarda eğer pH 5,5'in altında olursa; aşırı fosfor Fe, Zn ve Cu gibi mikro besin elementlerin alımı ve taşınımını etkiliyerek yetersizliğine yol açmaktadır (Yıldız 2008).

Bu çalışmada Erzurum İli Şehir merkezinde trafik ve hava kirliliğinin yoğun olduğu 11 ayrı noktadan (Rektörlük, Üniversite Kavşağı, 100. Yıl Parkı, Üniversite Kavşağı-Cemal Gürsel Stadyum Arası, Üniversite Kavşağı-Havuzbaşı Arası, Havuzbaşı, Tebrizkapı, İstasyon(Migros), Gez, Günsazak(Yenişehir) ve Kayakyolu kavşakları) Ağustos ayında toprak, Ocak ve Ağustos aylarında bitki (sarıçam, *Pinus sylvestris*) örneği alınarak ağır metal (Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Pb ve Ni) kirliliği araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çevreyi kirleten önemli unsurlardan biri de; ağır metallerdir. Toprak, su ve havada değişik oranlarda bulunabilen ağır metaller belirli konsantrasyonların üzerinde kirliliğe yol açarlar. Ağır metallerin çevrede yaygın bir şekilde birikmesi, tüm canlılar için boyutları giderek artan bir tehlike oluşturmaktadır. Çevreyi kirleten bütün unsurlar bitkilerde strese neden olur. Stres ise bitkilerin fizyolojisi ni etkiler, onları genetik potansiyellerini değiştirir, verimliliklerini kısıtlar ve ölümlerine yol açarak büyük oranlarda ürün kayıpları meydana getirir. Ağır metal kirliliğinin çeşitli nedenleri vardır. Bunlar antropojenik veya doğal kaynaklı olabilir. Endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzoz gazları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik faaliyetler, tarımda gübreleme ve ilaçlama gibi pek çok etken ağır metal kirliliğinin nedenleri arasında yer alır (Zengin ve Munzuroğlu 2003).

Ağır metaller kayaçların ve dolayısıyla toprakların doğal bileşenleridir ve topraklar bileşimlerine bağlı olarak farklı oranlarda ve formlarda ağır metal içerirler. Ağır metallerin çevredeki jeolojik nedenlerle oluşan doğal dağılım deseni son yıllarda antropojen etki ile önemli ölçüde değişmeye başlamıştır (Başkaya ve Teksoy 1997).

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 olmaktadır. 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, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu, B, Cl, ve Mo) bütün bitkiler için mutlak gerekli besin maddeleridir. Diğer 6 element (Co, Al, Na, Si, Ni ve V) ise sadece bazı bitkilere veya proseslere gerekli olduğu kabul edilen yararlı elementlerdir (Yıldız 2003).

Ekolojik yönden ağır metal terimi kirlenme ve toksisite bakımından bir yan anlam olarak kullanılmakta ve çoğunlukla atom numarası >20 olan metaller bu kapsama girmektedir. Ekolojik bakımından önemli 20 element bu anlamda dikkat çekmektedir. **Krom, kobalt, bakır, demir, mangan, molibden, nikel, uranyum, vanadyum, çinko** metalleri hayvan ve bitkiler için gerekli oldukları gibi, aynı zamanda toprakta bulunan miktarlarına bağlı olarak bitkilere toksik etki yapabilen maddelerdir. **Gümüş, kadmiyum, cıva, kurşun, platin, talyum, kalay ve zirkon** metalleri ise bitkiler ve hayvanlar için gerekli değildir. Ancak bu metaller bitkiler için toksik maddelerdir. Olumlu veya olumsuz toksik etkiler yalnızca elementin tipi ve toprak solüsyonundaki konsantrasyonuna bağlı olmayıp, değişik türlerin genetik esaslı fizyolojik davranışları ile de yakinen ilgilidir (Yıldız 2001).

Bazı ağır metallerin toprak özelliklerine bağlı olarak tolere edilebilir miktarları Çizelge 2.1’de verilmiştir. Toprakların pH ları, kil ve organik madde içeriklerine bağlı olarak ağır metallerin tolere edilebilir sınır değerleri ciddi düzeylerde değişiklik gösterir.

Çizelge 2.1. Bazı toprak özelliklerine bağlı olarak Pb, Cd, Zn ve As gibi elementlerin tolere edilebilir düzeyleri (Yıldız 2009).

pH	5				7			
Kil % <0,01mm	10		30		10		30	
Org. Mad.%	<1	3	<1	3	<1	3	<1	3
Pb mg/kg ⁻¹	100	300	300	900	140	420	420	1250
Zn mg/kg ⁻¹	30	90	90	270	40	130	130	380
As mg/kg ⁻¹	12	36	63	108	17	50	50	151
Cd mg/kg ⁻¹	0,3	0,9	0,9	27	0,4	1,3	1,3	3,8

Birçok kirlenmede olduğu gibi ağır metal kirlenmesinde de öncelikle etkilenen grup primer üreticiler olan bitkilerdir. Bitkiler toprak çözeltisinde iyon halinde bulunan ağır metalleri genellikle kökleri ile alırlar. Ancak bazı araştırmalarda az da olsa atmosferde

bulunan ağır metallerin yapraklar aracılığı ile alınabildiği de gösterilmiştir (Harrison and Chirgawi 1989; Lindberg *et al.* 1992; Marschner 1995).

Bitki kuru maddesindeki toksik element miktarlarının maksimum seviyesi Cu için 40 µg/g, Zn için 400 µg/g, Cd için 5 µg/g ve Pb için 3 µg/g olarak bildirilmektedir (Chang and Page 1980). Başka bir çalışmada bitki materyalinde normal Cd oranı 0,1-1,0 ppm arasında olması gerektiği halde, 3 ppm den yüksek Cd içeren bitkileri düzenli olarak tüketen insanlarda Cd'un zehir etkisi ortaya çıkmaktadır (Sauerbeck 1985).

Ağır metaller arasında yer alan Fe, Mn, Cu, Zn ve Mo gibi elementler yüksek bitkiler için gerekli ve faydalı mikro besinlerdir. Zn^{+2} ve Cu^{+2} gibi ağır metallerin normal konsantrasyonları bitkilerin büyüme ve gelişmesinde önemli rol oynayan protein ve enzimlerin yapısı için gerekli kofaktör olarak görev alırlar. Bitki için gerekli olsun veya olmasın ağır metallerin doku ve organlardaki aşırı birikimi toksik etki yapar ve sonunda bitkiyi ölüme götürür (Moustakas *et al.* 1994). Bitki dokularında ağır metal birikimi fazla olursa mineral besin alımı (Ouzounidou *et al.* 1992), transpirasyon (Poschenrieder *et al.* 1989), fotosentez (Lidon *et al.* 1993), enzim aktivitesi (Chugh and Sawhney 1993), nükleik asit yapısı (Doncheva *et al.* 1996), klorofil biyosentezi (Somashekaraiah *et al.* 1992) ve çimlenme (Munzuroğlu ve Geçkil 2002) gibi çok sayıda olay olumsuz yönde etkilenir. Bunlara membranlarda hasar, hormon dengesinin bozulması, su ilişkisinin değişmesi (Kennedy and Gonsalves 1987) gibi fizyolojik olaylar da eklenebilir.

Ağır metallerin kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine önemli etkiler yaptığı çok sayıda çalışmayla tespit edilmiştir. Mesela *Phaseolus vulgaris* bitkisine 48 saat süreyle 3 µM Cd uygulanmış ve yaprak hücrelerinde genişlemenin engellendiği, hücre duvarı elastikiyetinin azaldığı görülmüştür (Poschenrieder *et al.* 1989). Ağır metaller içerisinde sınıflandırılmayan, fakat bitkilerde önemli toksik etkileri olduğu bilinen alüminyumun hücre duvarındaki pektinin karboksil gruplarına bağlanarak hücre duvarının uzama kabiliyetini ve elastikiyetini azalttığı bildirilmiştir (Matsumoto *et al.* 1976).

4000 µg Cu L⁻¹ uygulanan 2 yıllık *Pinus resinosa* bitkilerinde solgunluk ve köklerde kahverengileşme olduğu, lateral kök gelişiminin engellendiği ve kontrollere göre kuru ağırlıklarının %30 azaldığı rapor edilmiştir (Bahlsberg and Phalsson 1989). 4000 µg Cu uygulanan *Lonicera tatarica* fidelerinin ağırlıklarında kontrollere göre %75 oranında azalma görülmüştür (Heale and Ormrod 1982). Yüksek konsantrasyonda çinko katyonu bitkilerin kök uzamasını engellemiş (Sresty and Madhova 1999), kloro zis ve nekrozise sebep olmuştur. Kadmiyumun nekrosise, krom ve çinkonun ise klorozise yol açtığı belirlenmiştir (Delgado *et al.* 1993). Mangan *Glycine wightii* bitkisinin gelişen genç yapraklarında şekil bozukluklarına, yaprak yüzeyinde nekrotik bölgelerin oluşmasına, özellikle yaprak yüzeyinin üst kısmındaki orta ve yan damarların sertleşerek kahverengileşmesine ve nekrozise sebep olmuştur (Andrew and Pieters 1976).

Kadmiyum ve civanın *Vigna unguiculata* L. var. *Pusa falguni* bitkisinde kök ve gövde büyümesine engel olduğu (Nagoor 1997); kadmiyum, bakır, kurşun ve çinkonun *Sorghum bicolor* L. bitkisinde konsantrasyona bağlı olarak kök ve gövde gelişimini azalttığı (Pandit and Prasannakumar 1999) tespit edilmiştir. *Oryza sativa* L. cv. Bahia'da kadmiyum ile nikelin kök ve gövde uzunluğunu (Moya *et al.* 1993); *Brassica juncea* fidelerinde çinkonun gövde uzunluğunu (Prasad *et al.* 1999); *Zea mays* L. *Dekalp* cv. *Sponsor* bitkisinde kadmiyumun kök ve gövde uzunluğunu (Rascio *et al.* 1993) azalttıkları bildirilmiştir. Kadmiyumun *Pinus pinea* ve *P. pinaster* fidelerinde kök uzunluğunu engellediği (Arduini *et al.* 1994); bakır konsantrasyonundaki artışın *Oryza sativa* L. cv. *Safari* bitkisinde gövde uzunluğunu azalttığı (Lidon and Henriques 1998) rapor edilmiştir.

Ağır metal stresinden kök büyümesinin gövde ve yaprak büyümesine göre daha fazla etkilenmesi normal bir durumdur. Çünkü ortamdaki solüsyonla doğrudan temas olan yapılar köklerdir. Bitkilerin ağır metal stresini hafifletmek için çeşitli tolerans ve direnç mekanizmaları geliştirdiği, bunlardan bir tanesinin metalin köklerde tutulması ve gövdeye dağılımının engellenmesi olduğu rapor edilmiştir (Fernandes and Henriques 1991). Metallerin köklerde tutulup biriktirilmesi köklerin morfolojisinin, anatomisinin

ve büyümesinin diğer organlara göre çok daha fazla etkilemesi sonucunu beraberinde getirir.

Metallerin farklı mekanizmalarla kök, gövde ve yaprak büyümesini engel olduğu, bu durumun bitki türüne ve gelişme şartlarına göre değiştiği bilinmektedir. Mesela alüminyum kök hücre bölünmesini (Hanson 1984); çinko, bakır ve kurşun kök hücre uzamasını (Lane *et al.* 1978) engellemek suretiyle büyümeye ket vurur.

Ağır metaller bitkinin klorofil içeriğini de önemli oranlarda etkiler. Cu-Ni içeren topraklarda yetişen *Empetrum nigrum*'un klorofil miktarı kontrol bitkilerine göre azalma göstermiştir (Monni *et al.* 2001). *Brassica oleracea* bitkisine nikel uygulandığında klorofil a ve b'nin miktarında bir azalmanın olduğu, bunun sonucunda yapraklarda nekrozis ve klorozisin meydana geldiği bildirilmiştir. Ayrıca nikelin hem genç hem de yaşlı yapraklardaki kloroplastların yapısal organizasyonunu değiştirdiği, grana ve stroma tilakoidlerinin sayısının azalttığı, kloroplastların şekil ve boyutunun değişmesine neden olduğu tespit edilmiştir (Molas and Bran 2004). *Cladonia pleurota* likeni nikel, bakır, kobalt ve demir maruz bırakıldığında klorofil a ve b miktarının kontrollere göre daha az olduğu bildirilmiştir (Baçkor and Fahselt 2004). Bakır, çinko ve kurşun *Cladonia convoluta* ve *Cladonia rangiformis* likenlerine uygulandığında klorofil a/b oranını azaldığı, stroma ve grana lamellerinde yapısal bozuklukların meydana geldiği, *Brassica oleracea* var. *botrytis* klorofil a ve b miktarının kontrole göre azaldığı (Chatterjee and Chatterjee 2000) rapor edilmiştir.

Topraktaki ağır metallerin en tehlikeli yanı, bitkilerin yapısına girmeleri, serbest iyon haline geldiklerinde taban suyuna karışarak suyun niteliğini bozmaları, mikroorganizmalara zarar vermeleri ve besin zinciri ile diğer canlılara geçerek dolaylı yollardan zararlı olmalarıdır (Çepel 1997).

Kadmiyum ve kurşun çevresel kirleticiler olarak insanlar ve hayvanlarda ciddi sağlık sorunları yaratmaktadırlar, krom esansiyel bir mikro elementtir 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 ekstrakte 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. Ağır metaller, yağışların durumuna göre, doğrudan doğruya toprağa gelip, oradan bitkilere, hatta bazı koşullarda taban sularına ulaşabilirler. Kısmen de yüzeysel akışla daha uzak alanlara yayılabilmektedirler. Bunun dışında, mineral gübreler ve biyosidler ile de toprağa karışır. Ağır metallerin en sorunlu ve tehlikeli yanı, bunların insan, hayvan ve bitki bünyesinde birikmesi ve ayrışmayan maddeler olmalarıdır. Zarar verme dereceleri topraktaki yoğunluklarına göre değişir. Ağır metallerin bitkilerdebirikme durumunu belirlemek amacıyla yaprak analizleri veya bitki analizleri yapılmaktadır. Bunun amacı bu değerlerden “biyoindikatör” olarak yararlanmaktır (Çepel 1997).

Bitkiler, ağır metallerin alınmalarını engelleyecek ya da alınan ağır metale tolerans (dayanıklılık) göstermelerini sağlayabilecek; organik asitler ve karbonhidratların rizosfere salınıp ağır metal alınıminin azaltılması, alınan ağır metallerin aminoasit, ferritin, ağır metalotiyenin ve fitokelatin gibi moleküllerle kompleks yaparak hücre duvarları ve vakuol gibi metabolik yollardan uzak bölgelerde biriktirilmesi, antioksidan enzim aktivitelerinin ve antioksidan moleküllerinin miktarlarının artırılması, hücre membranlarının onarılması gibi savunma mekanizmalarına sahiptirler (Greger and Lindberg 1986; Jackson *et al.* 1990; Verklaij and Schat 1990; Krämer *et al.* 1996; Sanita di Toppi and Gabrielli 1999; Prasad *et al.* 2001; Hall 2002; Verma and Dubey 2003; Zacchini *et al.* 2003; Benavides *et al.* 2005).

Atmosferik ağır metal kirliliğinin belirlenmesinde çam ağacı gibi kozalaklı ağaçlar ile yaprağını döken ağaçlar kullanılabilir. Kozal aklı ağaçlar çevreyi kuşatan ağır metal konsantrasyonlarındaki değişimi büyüme sinyalleri vererek yıldan yıla gelişme

farklılıklarını yansıtırlar. Ağır metal kontaminasyonunda indikatör olarak *Betula pendula*, *Fraxinus excelsior*, *Sorbus aucuparia*, *Tilia cordata*, *Malus domestica* kullanılabilir. Çok sayıda biyoakümülatör bitkilerde mevcuttur. Bu bitkiler ağır metalleri bünyelerinde biriktirirler ancak toksisite belirtisi göstermezler. *Ailanthus glandulosa* (Cennet ağacı), *Salix alba* (Ak söğüt), *Tilia tomentosa* (Gümüşi ıhlamur) *Sambucus nigra* (Siyah mürver), *Quercus robur* (Saplı meşe), *Fagus fagusiluatika* (oğu kayını) gibi bitkiler bunlar arasında sıralanabilir. İtalya’da *Populus nigra*, Macaristan’da ise *Robinia pseudoacacia*, *Rosa rugosa* biyoindikatör bitki olarak seçilmişlerdir. Otsu bitkiler, çayırlar ve ağaçların yaprak yüzey özellikleri ağır metal partiküllerinin birikim derecesini etkilemektedir. Geniş yüzey alanına sahip yapraklar partikül tutmada daha etkilidir (Yıldız 2009).

Bayçu (1997) tarafından yapılan bir çalışmada, *Picea abies*’de uygulanan kadmiyum konsantrasyonlarındaki artışlara bağlı olarak iğne yapraklarda gelişimin yavaşladığı, yüksek konsantrasyonlarda ise tamamen durduğu, kök ve gövde uzunlukları ile köklerin taze ve kuru ağırlıklarının indirgendiği, 50 mM kadmiyum konsantrasyonundan sonra da yan kök oluşumu ve uzamasının azaldığı gözlenmiştir.

Aksoy ve Şahin (1999), Kayseri’de, *Elaeagnus Angustifolia L.(Elaeagnaceae)* bitkisinin yaprakları ve toprak örneklerindeki Pb, Cd ve Zn konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yıkanmış ve yıkanmamış bitki örnekleri arasında metal kirlenme düzeyleri farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir. Yıkanmış bitki yapraklarında ve yüzey topraklarındaki ağır metal konsantrasyonları arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki elde etmişlerdir.

Ata ve Öztaş (2000)’ın bu çalışmasının amacı, karayolu taşımacılığının yoğun olduğu E-23 Erzurum-İllica karayolu güzergahındaki topraklarda kurşun kirliliğinin boyutlarını belirlemek, topraktaki miktarının karayolundan olan mesafeyle ve toprak derinliği ile değişimini ortaya koyabilmektir. Bu amaçla karayolunun sağ ve sol tarafında 1’er kilometrelik mesafelerle 3 hat oluşturulmuş ve bu hatlar üzerinde 1, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 500 ve 1000 m’lerden ve 0-5 cm, 5-10 cm ve 10-20 cm derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır. Topraktaki kurşun miktarının üst toprak katmanında genellikle

yüksek olduğu ancak inceleme alanının birçok noktasında alt katmanlar daki kurşun miktarı ile benzer değerler gösterdiği belirlenmiş ve bu dağılım toprak işlemenin doğal bir sonucu olarak değerlendirilmiştir. Topraktaki kurşun miktarının karayoluna en yakın noktalardan alınan örneklerde en yüksek değerlere ulaştığı ve 1 -10 m mesafelerde 20-35 ppm olan kurşun miktarının 30 -40 m mesafelerden sonra inceleme alanı için doğal değerlere (Background) (4-5 ppm) düştüğü tespit edilmiştir. Diğer yandan hakim rüzgar yönünde alınan örneklerde kurşun miktarı nispeten daha yüksek bulunmuştur. Jeostatistiksel yöntemlerle elde edilen inceleme alanındaki kurşun konsantrasyonunun dağılım paterni kurşun etkileşim alanının yaklaşık 40 m'lik bir şerit içerisinde yoğunluk kazandığını ve özellikle yoldan itibaren ilk 25 m'de konsantrasyonu göstermiştir.

Caselles *et al.* (2002), İspanya'nın başkenti Madrid şehir merkezindeki parklarda Petunya yapraklarının ve toprağın içerdiği iz elementler (Fe, Mn, Cu, Zn, Al, Pb, Ni) üzerinde araştırma yapmışlardır. Madrid şehrinde, Fe, Al, Ni ve Pb elementlerinin toprak ve bitki tarafından absorbe edildiği gözlemlemişlerdir. Sonuç olarak, trafiğin yoğun olduğu alanlarda Pb değerinin yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Kim *et al.* (2003), Güney Kore'nin Seul şehrinde 8 farklı bölgeden aldıkları toprak örnekleri içindeki ağır metal konsantrasyonlarını incelemişlerdir. Ölçümler sonucunda; Cu ve Cd'ni şehir merkezindeki topraklarda, Pb'nin ise benzin istasyonu çevresindeki topraklarda diğer bölgelere nazaran fazla olduğunu tespit etmişlerdir .

Chen *et al.* (2005) tarafından, Çin-Pekin şehir merkezinde bulunan 30 farklı parkta toprak örnekleri üzerinde ağır metal konsantrasyonlarını (Pb, Cu, Zn, Ni) araştırmışlardır. Yapılan ölçümler sonucunda, Pb ve Cu değerlerinin yüksek olduğunu, Zn değerinin ise kayda değer olmadığını belirtmişlerdir .

Çavuşoğlu ve Çavuşoğlu (2005) tarafından, Isparta İli Şehir Merkezi Girişi ile Süleyman Demirel Üniversitesi arasındaki 10 km'lik yol boyunca sıralanan, *Cupressus sempervirens* ve *Cedrus libani* ağaçlarının yapraklarında taşıtların sebep olduğu kurşun

(Pb) kirliliği araştırılmıştır. Sonuçta her iki bitki türünde de kurşun (Pb) kirliliğinin şehre yaklaştıkça arttığı belirlenmiştir.

Çelik ve ark., (2005) tarafından, Denizli merkezi yollarında, endüstri alanlarında ve çevre yollarından aldıkları akasya ağaçlarının yapraklarında ve topraktaki ağır metal konsantrasyonları (Fe, Pb, Zn, Cu, Mn, Cd) üzerinde çalışmışlardır. Yapılan ölçümler sonucunda şehir içi trafiğinin yoğun olduğu alanlarda ve sanayi bölgelerinde yüksek seviyelerde Pb ve Cu değerlerini bulmuşlardır.

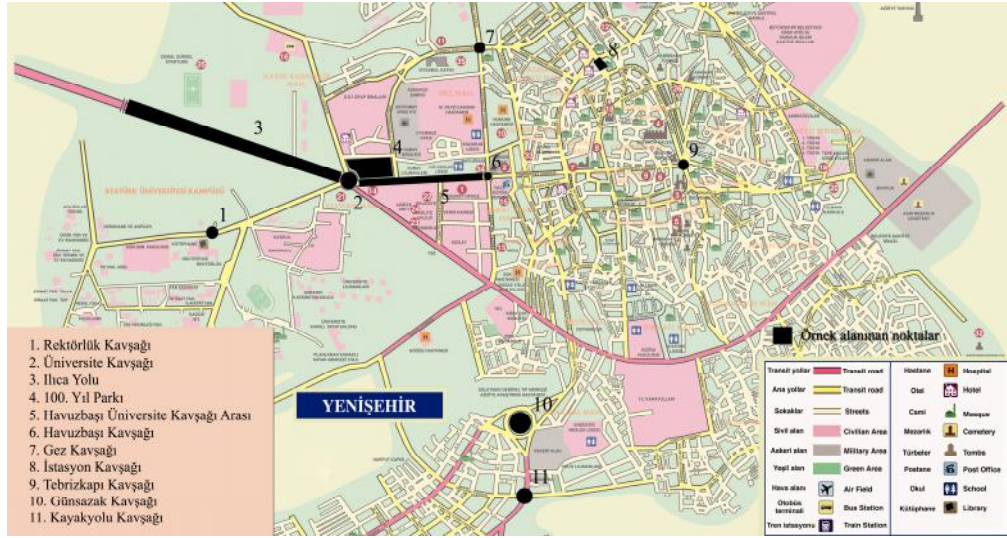
Önder ve Dursun (2005) tarafından, Konya ve çevresindeki endüstriyel alanlar ve ana yolların kenarlarında yetişen sedir ağaçlarının yapraklarında ve 5 toprakta oluşan ağır metaller (Pb, Cu, Zn, Co, Cr, V, Cd) üzerine araştırmalar yapılmıştır. Genç ağaç yapraklarında daha az ağır metal kirliliği var iken yaşlı ağaçlarda daha fazla ağır metal kirliliğinin olduğunu belirtmişlerdir.

Keleş (2007) tarafından, Konya şehir merkezindeki bazı noktalardan ve 6 farklı şehirler arası yol güzergahından alınan çam ağaçları ve toprak örnekleri bünyesindeki ağır metal kirliliği (Pb, Zn, Cu, Co, Ni) araştırılmıştır. Ağır metallerin değerlerinin yüksek çıktığı bölgelere bakıldığında, şehir trafiğinin yoğun olduğu, kavşak noktalarının ve trafik lambalarının bulunduğu yerler olduğu tespit edilmiştir. Genellikle, ağır metallerin bitkilerin bünyesinde toprağa göre daha yüksek oranda bulunduğu gözlenmiştir.

Tosyalı (2006)'ın bu çalışmasında, İstanbul Anadolu yakası E-5 otoyolunda Pendik'ten Levent'e kadar olan güzergâh boyunca yol tozlarında ağır metal kirliliği araştırıldı. Seçilen 6 noktadan ve trafik olmayan bir kontrol noktasından 4 ay boyunca, iki haftada bir olmak üzere toplam 50 numune toplandı. US-EPA 3050B Metodu ile çözünürleştirilen numunelerde Grafir Fırınılı Atomik Absorpsiyon Spektroskopisi (GFAAS) ile Pb, Cd, Cu, Ni, Mn, Zn ağır metallerinin konsantrasyonları belirlendi.

3. MATERİYAL ve YÖNTEMLER

3.1. Materya



Şekil 3.1. Erzurum İli merkezinde bitki ve toprak örneği alınan noktalar.

Bu çalışmada Erzurum İli Şehir merkezinde 11 ayrı noktadan (**Rektörlük(R)**, **Üniversite Kavşağı(ÜK)**, **100. Yıl Parkı**, **Üniversite Kavşağı-Cemal Gürsel Stadyum Arası(İlica yolu)**, **Üniversite Kavşağı-Havuzbaşı Arası(HÜ)**, **Havuzbaşı(H)**, **Tebrizkapı(T)**, **İstasyon(Migros)**, **Gez(G)**, **Günsazak(Yenişehir)** ve **Kayakyolu(K) kavşakları**) Ocak-Ağustos ayı olmak üzere iki dönemli bitki örneği, Ağustos ayında ise toprak örneği alınarak ağır metal kirliliği araştırılmıştır. Bu noktalardan gelişimini tamamlamış sarıçam bitkisinden ve 0–20’lik yüzey topraklardan örnekler alınmıştır.

Örnek alınan yerlerin koordinatları şöyledir; Rektörlük kavşağı yükseltisi 1834 m (kuzey enlemleri 39° 54' 09,8'', doğu enlemleri 41° 15' 0,07''). Cemal Gürsel Stadyum’un yükseltisi 1791 m, (kuzey enlemleri 39° 54' 32,8'', doğu enlemleri 41° 14' 22,3'') Üniversite kavşağı’nın yükseltisi 1837 m, (kuzey enlemleri 39° 54' 18,9'', doğu

enlemleri 41° 15' 24,5",100. Yıl parkının yükseltisi 1873 m (kuzey enlemleri 39° 54' 19,9", doğu enlemleri 41° 15' 24,5") dir. Havuzbaşı-Üniversite kavşağı arası yükseltisi, 1842m, (kuzey enlemleri 39° 54' 18,4", doğu enlemleri 41° 15' 32,2") dir. Havuzbaşı kavşağının yükseltisi 1855 m, (kuzey enlemleri 39° 54' 20,4", doğu enlemleri 41° 15' 56,1") dir. Gez kavşağının yükseltisi 1827 m, (kuzey enlemleri 39° 54' 42,5", doğu enlemleri 41° 15' 53,9") dir. İstasyon kavşağının yükseltisi 1827 m (kuzey enlemleri 39° 54' 48,3", doğu enlemleri 41° 16' 14,8") dir. Tebrizkapı kavşağının yükseltisi 1875 m (kuzey enlemleri 39° 54' 23,1", doğu enlemleri 41° 16' 44,7") Günsazak kavşağının yükseltisi 1909 m (kuzey enlemleri 39° 53' 38,5", doğu enlemleri 41° 16' 15,8") dir. Kayakyolu kavşağının yükseltisi 1919 m (kuzey enlemleri 39° 53' 11,8", doğu enlemleri 41° 16' 14,4") dir. Stadyum kavşağının yükseltisi 1791 m (kuzey enlemleri 39° 54' 32,8", doğu enlemleri 41° 14' 22,3") dir.

3.1.1. Örneklenen Sarıçam bitkisinin (*Pinus sylvestris*) genel özellikleri



Şekil 3.2. *Pinus sylvestris*' in genel görünümü

Türkiye’de Kuzeydoğu Anadolu’da Sarıkamış, Ardahan, Göle ve Oltu’da 2000–2600 m yüksekliklerde saf ormanlar halinde; Karadeniz bölgesinde özellikle güney yamaçlarda 1200–2000 m yüksekliklerde ladin ve göknarlarla karışık ormanlar halinde; Uludağ, Kütahya, Eskişehir, Kayseri, Maraş ve Akdağ madeni dolaylarında lokal olarak bulunmaktadır. Sarıçam mevcut çam türleri içerisinde en geniş coğrafi yayılışa sahiptirler. Yetiştirme alanına göre 30–40 m boyunda, sık olarak bulunduğu alanlarda 2-4 m taç genişliğinde, geniş alanlarda ise 6-10 m taca ulaşan, iri yapılı herdem yeşili ağaçtır. Kuvvetli bir kök sistemine sahiptirler. Şiddetli rüzgâr ve soğuklara dayanıklıdır.

Erzurum'da -45°C ve -50°C dondan zarar görmezler. Işığı severler. Kumlu, derin ve gevşek topraklarda iyi gelişirler. Toprak ve hava nemi bakımından kanaatkârdırlar. İlk yıllarda yavaş sonraki yıllarda iyi gelişirler. Kirliliğe, i se karşı dayanıklıdır. Kent merkezlerinde sıkça kullanılır. Çok güzel kış manzaraları oluştururlar (Yılmaz 2000).

3.1.2. Araştırma bölgesi hakkında genel bilgiler

3.1.2.a. Erzurum ovasının toprakları

Erzurum Ovası zonal topraklardan kestane renkli toprak grubuna girmektedir. Ova toprakları genel olarak genç topraklardır. Miosen ve oligosen devirlerine ait tuzlu ve jipsli yataklar Erzurum-Kars bölümünde Güneybatı-kuzeydoğu istikametinde dalgalı bir şekilde uzanır. Erzurum havzası hemen hiç yarılmamış, kısmen bataklıklar ve dördüncü zaman birikintileri ile dolu bir çukurdur.

Oakes (1958) ovada iki ayrı menşeden gelen toprakların olduğunu bildirmiştir. Bunlar;

- 1-Allüviyal menşeli olanlar
- 2-Hidromorfik menşeli olanlardır.

Ovanın büyük bir kısmını allüviyal topraklar oluşturur. Ovada geniş yer kaplayan bu allüviyal topraklarda oluşlarına göre iki kısma ayrılırlar. Bunlardan birincisi; Karasu nehrinin taşıdığı materyallerden oluşan ince bünyeli ve taban araziye teşkil eden allüviyal topraklardır. Bu topraklarda yer yer drenaj problemleri görünür. İkincisi ise taban arazisi topraklarının yanlarında güney ve kuzey doğrultusunda bulunan ve yanallüviyal diyebileceğimiz topraklardır. Bu topraklar yan derelerin taşıyıp getirdikleri materyallerin birikmesiyle meydana gelmiştir. Topraklarda tekstür yönünden gayet bariz bir sıralama ve tabakalaşma mevcuttur. Tekstür taban araziden yan tepelere doğru kabalaşmaktadır (Topbaş 1974).

Hidromorfik topraklardan önemli olanlar organik topraklardır. Bunlar ovanın en verimli toprakları olup Karasu kanalının yanlarında bulunan topraklardır. Bu topraklar dışında ovada tuzlu, tuzlu sodik topraklara da rastlanmaktadır.

3.1.2.b. Erzurum ovasının mevkii

Erzurum Ovası 41–42. doğu boylamları ile 40–42. kuzey enlemleri arasında olup, 40. kuzey enlemi Erzurum Ovasının içinden geçmektedir. Yaklaşık 127000 ha olan Erzurum ovası, güney-doğusunda Deveboynu dağı geçitlerinin birleştiği yerde güneyden Güller, Gedik, Kargörmez, Palandöken, Eğerli, Yıldırım: kuzeyden Tosun, Dumlu, Kargapazarı dağları ile kuşatılmıştır (Erinç1953).

3.2. Yöntemler

3.2.1.Toprak örneklerinin analize h azırlanması

Toprak örnekleri 0–20 cm derinlikten alınmış, gölgede kurutulduktan sonra kaba materyaller ayıklanarak kesekler tahta tokmakla dövülmüş ve bir kısmı laboratuvar analizlerinde kullanılmak üzere 2 mm lik elekten den elenmiştir.

3.2.2. Toprak analiz yöntemleri

3.2.2.a. Mekanik analiz

Toprağın mekanik yapısı Bouyocous Hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Gee and Bauder 1986).

3.2.2.b. Toprak reaksiyonu (pH)

Toprakların pH'ları 1:2.5'luk toprak-su süspansiyonunda potansiyometrik olarak cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (McLean 1982).

3.2.2.c. Kireç tayini (%CaCO₃)

Toprakların kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Nelson 1982).

3.2.2.d. Organik madde miktarı (%)

Toprakların organik madde içerikleri Smith -Weldon yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson and Sommers 1982a).

3.2.2.e. Katyon değişim kapasitesi değerleri

Toprakların katyon değişim kapasiteleri, örneklerde sodyum asetatla (1 N, pH=8.2) sodyum adsorbsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1 N, pH=7.0) ekstrakte edilen solusyonlarda alev fotometresiyle Na okuması yapılarak saptanmıştır (Rhoades 1982a).

3.2.2.f. Değişebilir katyonlar analizi

Toprakların değişebilir katyonları amonyum asetatla (1 N, pH=7.0) çalkalanıp ekstrakte edildikten sonra Na ve K Alev Fotometresinde okunarak, Ca+Mg ise EDTA yöntemiyle titrasyonla tespit edilmiştir (Rhoades 1982b).

3.2.2.g. Fosfor analizi

Molibdofosforik Mavi Renk yöntemine göre oluşturulan mavi renkli çözeltinin ışık absorpsiyonu 660 nm dalga boyuna ayarlı spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir (Olsen and Sommers 1982).

3.2.2.h. Bitki tarafından alınabilir mikro element (ağır metal) analizi

Bir kileyt olan DTPA'nın (Dietilen triamin penta asetik asidin) toprakta bulunan Zn^{+2} , Pb^{+2} , Cu^{+2} , Cd^{+2} , Mn^{+2} , Fe^{+2} ve Ni^{+2} ile oluşturduğu kompleksdeki çinko, bakır, kadmiyum ve nikelin atomik absorpsiyon spektrofotometrede (AAS) belirlenmesidir (Lindsay and Norvell 1969).

3.2.2.i. Toplam azot analizi

Toprak örneklerinin azot içeriği salisilik + sülfürik asit + tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra Mikrokjheldahl Yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner and Mulvaney 1982).

3.2.3. Bitki analiz yöntemleri

3.2.3.a. Bitkide toplam azot analizi

Bitki örneklerinin azot içeriği salisilik-sülfürik asit karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra Mikrokjheldahl Yöntemiyle belirlenmiştir (AOAC 1990).

3.2.3.b. Bitkide diğer elementlerin (P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu) miktarı

Bitki örneklerinin P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd ve Ni içerikleri nitrik perklorik asit karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra fosfor vanadomolibdat Sarı Renk yöntemiyle spektrofotometrede (Aquamete) 430 nm dalga boyunda, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu Pb, Cd ve Ni atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (SansAA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Kacar ve İnal 2008).

3.3. İstatistiksel Değerlendirme

Toprakta ve bitkide ağır metal birikiminin yer ve döneme bağlı olarak değişiminin incelendiği bu çalışmada; yer ve dönemin incelenen ağır metallerin miktarları üzerine etki değerlerinin belirlenmesinde ANOVA ve Duncan'ın çoklu karşılaştırma test yöntemi uygulanmıştır (SPSS 1999).

4. ARAşTIRMA BULGULARI ve TARTIşMA

Toprak rneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları izelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere deneme topraklarının pH’ları 6,77 nötr İle 7,77 hafif alkalın, kireç içerikleri %0,715 az kireçli ile %8,62 orta kireçli, organik maddeleri %0,86 az ile %5,87 yüksek, tekstür sınıfları tın ve kumlu tın, KDK’ leri 10,09 ile 18,27 me/100 gr, değişebilir K, 2,35 ile 4,35 me/100gr, azot içerikleri %0,50 çok ile %0,147 arasında değişmektedir.

Çizelge 4.1 Toprak Analiz sonuçları (Ağustos)

Toprak no	Alınan yer	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Tekstür Sınıfı	pH (1:25)	Kireç (%)	Azot (%)	O. m (%)	Fosfor (ppm)	KDK (me/100gr)	Değ. K (me/100gr)
1	Rektörlük	12	31,13	56,63	Kumlu tın	7,36	1,625	0,147	1,188	13,11	10,69	3,07
2	Ü. Kavşağı	10	25,27	64,06	Kumlu tın	7,08	0,715	0,315	2,72	12,75	11,48	2,51
3	Havuzbaşı	13	35,02	51,47	tın	7,57	8,62	0,434	2,86	8,39	12,28	2,76
4	Ilıca yolu	14	44,05	40,98	tın	7,77	1,46	0,231	5,87	15,24	10,70	3,18
5	İstasyon	14	27,28	58,48	Kumlu tın	7,15	8,62	0,364	1,69	29,76	11,05	3,13
6	Tebrizkapı	12	25,42	62,08	Kumlu tın	7,45	3,09	0,252	2,33	62	12	2,35
7	Gez kavşağı	10	26,8	63,1	Kumlu tın	7,41	3,42	0,266	1,14	34,13	11,66	2,93
8	100.yıl parkı	10	22,65	67,27	Kumlu tın	6,77	6,99	0,504	3,55	105,34	17,39	4,35
9	Kayakyolu	8	23,36	69,58	Kumlu tın	7,28	4,72	0,1855	1,75	22,44	10,09	2,82
10	HÜ arası	10	19,02	70,93	Kumlu tın	7,02	1,398	0,168	0,86	23,38	18,27	4,10
11	Günsazak	5	27,33	66,72	Kumlu tın	7,46	0,748	0,252	1,73	31,17	11,66	2,72

Çizelge 4.2.Sarıçam bitkisinde dönemler için elementlerin yerlere göre Varyans analizi(F Değerleri)

Ağustos						Ocak					
Elementler	Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Ort.	F	P	Elementler	Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Ort.	F	P
Fe	Yer	10	104970,79	539,03	0,000	Fe	Yer	10	153664,03	103,74	0,000
Cu		10	31,475	91,63	0,000	Cu		10	11,484	8,362	0,000
Mn		10	384,48	94,53	0,000	Mn		10	373,49	78,53	0,000
Zn		10	152,20	102,54	0,000	Zn		10	1574,62	97,51	0,000
Pb		10	27,83	250,78	0,000	Pb		10	221,09	85,78	0,000
Cd		10	0,281	550,27	0,000	Cd		10	0,668	47,89	0,000
Ni		10	2,141	12852,04	0,000	Ni		10	193,30	426232,06	0,000
P		10	3851411,60	3298,93	0,000	P		10	182623,39	81,98	0,000
N		10	0,035	109,58	0,000	N		10	0,761	614,18	0,000

(*p<0,001 olduğundan tüm elementler iki dönem içinde çok önemlidir.)

4.1. Sarıçam Bitkisinin Duncan Test Sonuçları

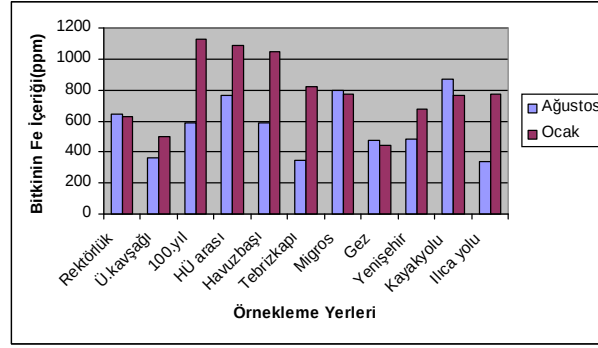
4.1.1. Demir (Fe)

Fe elementinin Ağustos ve Ocak dönemlerinde 11 ayrı yer ile Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.3 ve Şekil 4.1’de yer almaktadır.

Çizelge 4.3. Fe elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Uygulama yeri	Fe(ppm)		
	Ağustos	Ocak	Ortalama
Rektörlük	642,8d	626,3d	634,6d
Ü.Kavşağı	363,01g	496,1e	429,5f
100.Yıl	584,4e	1126,2a	855,2b
HÜ Arası	763,6c	1084,5ab	923,9a
Havuzbaşı	585,9e	1046,5b	816,2c
Tebrizkapı	347,80gh	824,7c	586,2e
İstasyon	798,9b	775,5c	787,2c
Gez	474,9f	446,3e	460,6f
Günsazak	486,7f	673,4d	580,1e
Kayakyolu	872,2a	765,07c	818,6c
Ilıca yolu	336,2h	776,7c	556,4e

Fe içeriği açısından yerler ve dönemler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p<0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek demir içeriği 923,9 ppm ile Havuzbaşı-Üniveriste kavşağı arasında tespit edilirken en düşük değer 429 ppm ile Üniversite kavşağında bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Ağustos ayında en yüksek yer Kayakyolunda 872,2 ppm değerinde, en düşük Ilıca yolunda 336,2 ppm değeri ile belirlenmiştir. Ocak ayında ise en yüksek 100.Yıl Parkında 1126,2 ppm değeri ile en düşük Gez kavşağında 446,3 ppm değeri tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Fe konsantrasyonu

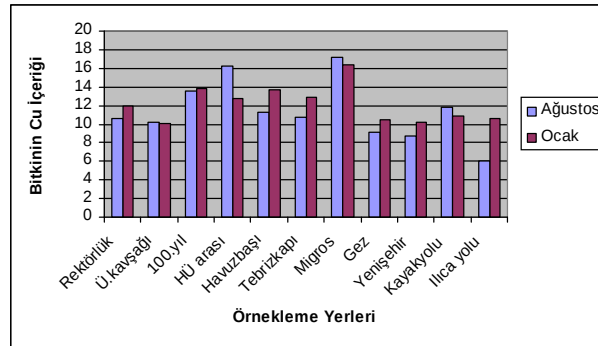
4.1.2. Bakır (Cu)

Cu elementinin Ağustos ve Ocak dönemlerinde 11 ayrı yer ile Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.4 ve Şekil 4.2’ de yer almaktadır.

Cu içeriği açısından dönemler ve yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p < 0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek bakır içeriği 16,8 ppm ile İstasyon kavşağında tespit edilirken en düşük değer 8,35 ppm ile Ilıca yolunda bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Ağustos ayında en yüksek değer İstasyon kavşağında 17,2 ppm değerinde, en düşük Ilıca yolunda 6,05 ppm değeri ile belirlenmiştir. Ocak ayında ise en yüksek 16,4 ppm değeri ile İstasyon kavşağı, en düşük değer 10,1 ppm ile Üniversite Kavşağı tespit edilmiştir. Şekil 4.2’de görüldüğü gibi İstasyon kavşağından alınan bitki örneğinde her iki dönemde de Cu içerikleri en yüksektir.

Çizelge 4.4. Cu elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Uygulama yeri	Cu(ppm)		
	Ağustos	Ocak	Ortalama
Rektörlük	10,5e	11,9bcde	11,2de
Ü.Kavşağı	10,2e	10,1 e	10,2ef
100.Yıl	13,5c	13,7 b	13,6b
HÜ Arası	16,19b	12,7 bc	14,4b
Havuzbaşı	11,28de	13,7 b	12,5c
Tebrizkapı	10,85de	12,9bc	11,9cd
İstasyon	17,2a	16,4 a	16,8a
Gez	9,1f	10,5de	9,8f
Günsazak	8,75f	10,2 e	9,5f
Kayakyolu	11,8d	10,9 cde	11,4cd
Ilıca yolu	6,05g	10,6de	8,35g

**Şekil 4.2.** Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Cu konsantrasyonu

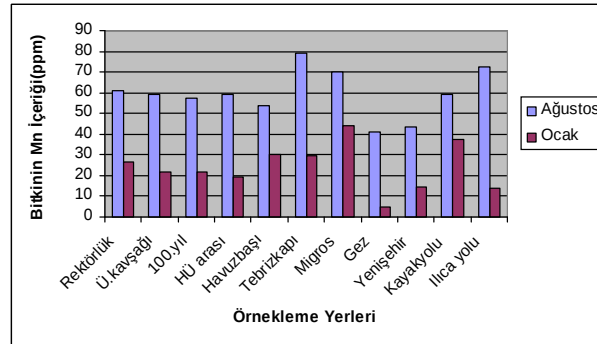
4.1.3. Mangan (Mn)

Mn elementinin Ağustos ve Ocak dönemlerinde 11 ayrı yer ile Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.5 ve Şekil 4.3' de yer almaktadır.

Çizelge 4.5. Mn elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Uygulama yeri	Mn(ppm)		
	Ağustos	Ocak	Ortalama
Rektörlük	60,8 c	26,3 d	43,6d
Ü.Kavşağı	59,4 c	21,9 e	40,7ef
100.Yıl	57,1 cd	21,8 e	39,5f
HÜ Arası	59,2 c	19,4 e	39,3f
Havuzbaşı	53,8 d	30,2c	42,08de
Tebrizkapı	79,0 a	29,6cd	54,3b
İstasyon	70,1 b	44,2a	57,2a
Gez	41,3 e	5,1 g	23,2h
Günsazak	43,4 e	14,5 f	28,9g
Kayakyolu	59,2 c	37,2b	48,2c
Ilıca yolu	72,2 b	13,7 f	42,9de

Mn içeriği açısından dönemler ve yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p<0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Mn içeriği 57,2 ppm ile İstasyon kavşağında tespit edilirken en düşük değer ise 23,2 ppm değeri ile Gez kavşağında tespit edilmiştir. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında yer almıştır. Ağustos ayında en yüksek değer 79,0 ppm ile Tebrizkapı kavşağı, en düşük 41,3 ppm değeri ile Gez kavşağı tespit edilmiştir. Ocak ayında en yüksek değer 44,2 ppm değeri ile İstasyon kavşağı, en düşük ise 5,1 ppm değeri ile Gez kavşağı tespit edilmiştir. Manganez toprakta bol bulunan bir elementtir.

**Şekil 4.3.** Örneklem yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Mn konsantrasyonu

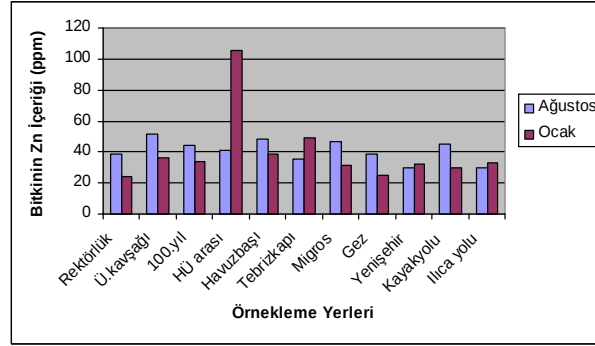
4.1.4. Çinko (Zn)

Zn elementinin Ağustos ve Ocak dönemlerinde 11 ayrı yer ile Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.6 ve Şekil 4.4’de yer almaktadır.

Zn içeriği açısından dönemler ve yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p<0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Zn içeriği 73,5 ppm ile Havuzbaşı-Üniversite kavşağı arasında, en düşük ise 31,2 ppm ile Günsazak kavşağında tespit edilmiştir. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Ağustos ayında en yüksek 51,4 ppm ile Üniversite kavşağı, en düşük ise 29,7 ppm ile Ilıca yolu tespit edilmiştir. Ocak ayında en yüksek 105,9 ppm ile Havuzbaşı-Üniversite kavşağı arası, en düşük ise 24,3 ppm ile Rektörlük tespit edilmiştir.

Çizelge 4.6. Zn elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	Zn(ppm)		
Uygulama yeri	Ağustos	Ocak	Ortalama
Rektörlük	38,4f	24,3e	31,4e
Ü.Kavşağı	51,4a	35,9cd	43,6b
100.Yıl	43,9d	33,9cd	38,9cd
HÜ Arası	41,2e	105,9a	73,5a
Havuzbaşı	48,1b	38,9c	43,5b
Tebrizkapı	35,4g	49,1b	42,3bc
İstasyon	46,6bc	31,01de	38,8cd
Gez	38,8f	24,6e	31,7e
Günsazak	29,9h	32,4cd	31,2e
Kayakyolu	44,9cd	29,9de	37,4d
Ilıca yolu	29,7h	33,2cd	31,5e



Şekil 4.4. Örneklem yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Zn konsantrasyonu

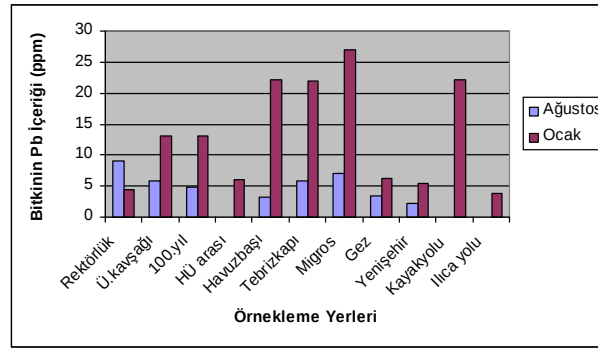
4.1.5. Kurşun (Pb)

Pb elementinin Ağustos ve Ocak dönemlerinde 11 ayrı yer ile Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.7 ve Şekil 4.5’de yer almaktadır.

Çizelge 4.7. Pb elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Uygulama yeri	Pb(ppm)		
	Ağustos	Ocak	Ortalama
Rektörlük	8,9a	4,5d	6,7e
Ü.Kavşağı	5,8c	13,03c	9,44d
100.Yıl	4,8d	13c	8,9d
HÜ Arası	0,01g	6d	3,00gh
Havuzbaşı	3,2e	22,06b	12,6b
Tebrizkapı	5,7c	21,9b	13,85b
İstasyon	7,05b	26,5a	16,8a
Gez	3,5e	6,2d	4,92f
Günsazak	2,1f	5,3d	3,77fg
Kayakyolu	0,01g	22,05b	11,03c
Ilıca yolu	0,01g	3,8d	1,92h

Pb içeriği açısından dönemler ve yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p<0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Pb içeriği 16,8 ppm ile İstasyon kavşağı, en düşük ise 1,92 ppm değeri ile Ilıca yolu tespit edilmiştir. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Ağustos ayında en yüksek 8,9 ppm ile Rektörlük kavşağı, en düşük ise 0,01 ppm ile Havuzbaşı-Üniversite kavşağı arasında, Ilıca Yolu ve Kayakyolu kavşağıdır. Ocak ayında en yüksek 26,5 ppm ile İstasyon kavşağı'nda, en düşük 3,8 ppm ile Ilıca yolunda tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Pb konsantrasyonu

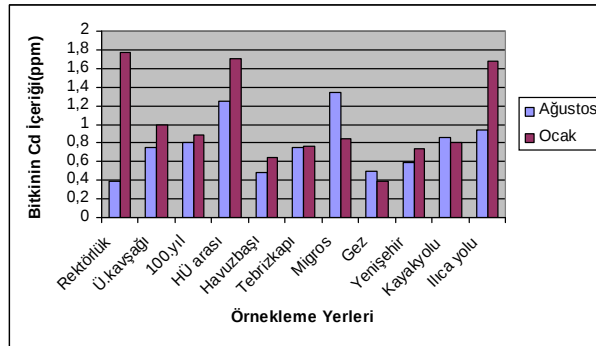
4.1.6. Kadmiyum (Cd)

Cd elementinin Ağustos ve Ocak dönemlerinde 11 ayrı yer ile Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.8 ve Şekil 4.6'de yer almaktadır.

Cd içeriği açısından dönemler ve yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p<0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Cd içeriği 1,4 ppm ile Havuzbaşı-Üniversite kavşağı arası, en düşük ise 0,44 ppm ile Gez kavşağı tespit edilmiştir. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Ağustos ayında en yüksek 1,3 ppm ile İstasyon kavşağı, en düşük 0,3 ppm ile Rektörlük kavşağı'nda tespit edilmiştir. Ocak ayında en yüksek 1,7 ppm ile Rektörlük kavşağı iken, en düşük 0,39 ppm ile Gez kavşağı'nda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.8. Cd elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Uygulama yeri	Cd(ppm)		
	Ağustos	Ocak	Ortalama
Rektörlük	0,3 ı	1,7 a	1,07c
Ü.Kavşağı	0,75 f	0,98 b	0,86d
100.Yıl	0,7 e	0,88 bc	0,83d
HÜ Arası	1,2 b	1,6 a	1,4a
Havuzbaşı	0,5 h	0,65 d	0,56f
Tebrizkapı	0,75 ef	0,76 bcd	0,76de
İstasyon	1,3 a	0,85 bcd	1,09c
Gez	0,5 h	0,39 e	0,44g
Günsazak	0,59 g	0,74cd	0,66e
Kayakyolu	0,8 d	0,80 bcd	0,83d
Ilıca yolu	0,9 c	1,6 a	1,3b

**Şekil 4.6.** Örnekleme yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Cd konsantrasyonu

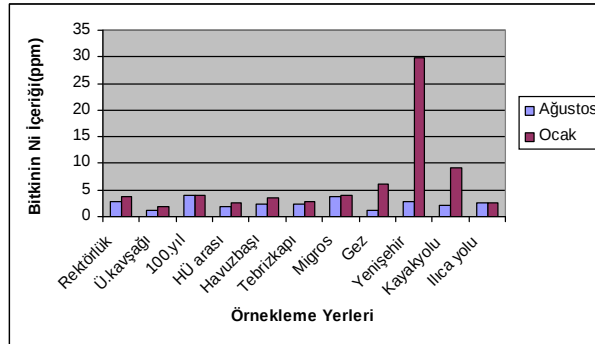
4.1.7. Nikel (Ni)

Ni elementinin Ağustos ve Ocak dönemlerinde 11 ayrı yer ile Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.9 ve Şekil 4.7’de yer almaktadır.

Ni içeriği açısından dönemler ve yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p<0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Ni içeriği 16,37 ppm ile Günsazak kavşağında, en düşük ise 1,61 ppm ile Üniversite kavşağı tespit edilmiştir. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Ağustos ayında en yüksek 3,9 ppm ile 100. Yıl Parkında, en düşük ise 1,26 ppm ile Üniversite kavşağı tespit edilmiştir. Ocak ayında en yüksek 29,85 ppm ile Günsazak kavşağında iken, en düşük 1,93 ppm ile Üniversite kavşağı'nda tespit edilmiştir.

Çizelge 4.9. Ni elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Uygulama yeri	Ni(ppm)		
	Ağustos	Ocak	Ortalama
Rektörlük	2,72d	3,72f	3,22f
Ü.Kavşağı	1,26j	1,93j	1,61j
100.Yıl	3,9a	3,96e	3,9c
HÜ Arası	1,92ı	2,7ı	2,31ı
Havuzbaşı	2,4f	3,61g	3,00g
Tebrizkapı	2,38g	2,9h	2,64h
İstasyon	3,66b	3,9d	3,78d
Gez	1,27j	6,12c	3,69e
Günsazak	2,9c	29,85a	16,37a
Kayakyolu	2,04h	9,26b	5,65b
Ilıca yolu	2,52e	2,68ı	2,56h



Şekil 4. 7. Örneklem yerlerindeki Sarıçam bitkisinin Ni konsantrasyonu

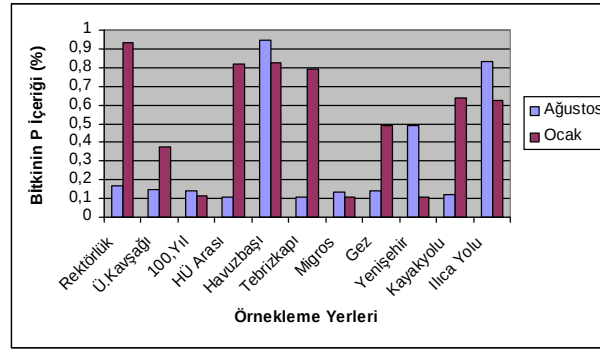
4.1.8. Fosfor (P)

P elementinin Ağustos ve Ocak dönemlerinde 11 ayrı yer ile Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.10 ve Şekil 4.8’de yer almaktadır.

Çizelge 4.10. P elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	P(%)		
Uygulama yeri	Ağustos	Ocak	Ortalama
Rektörlük	0,16b	0,09b	0,13b
Ü.Kavşağı	0,14c	0,03f	0,09ef
100.Yıl	0,13d	0,11a	0,12c
HÜ Arası	0,10g	0,08c	0,09e
Havuzbaşı	0,09h	0,08c	0,08f
Tebrizkapı	0,10g	0,07c	0,09ef
İstasyon	0,13e	0,10a	0,12d
Gez	0,13d	0,04e	0,09ef
Günsazak	0,49a	0,10a	0,29a
Kayakyolu	0,11f	0,06d	0,09ef
Ilıca yolu	0,08ı	0,06d	0,07g

P içeriği açısından dönemler ve yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p<0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek fosfor içeriği %0,29 ile Günsazak kavşağında tespit edilirken, en düşük %0,07 ile Ilıca yolunda bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Ağustos ayında en yüksek Günsazak kavşağında %0,49, en düşük Ilıca yolunda %0,08 ile belirlenmiştir. Ocak ayında ise en yüksek %0,11 ile 100. Yıl Parkı’nda, en düşük %0,03 ile Üniversite kavşağı’nda tespit edilmiştir.

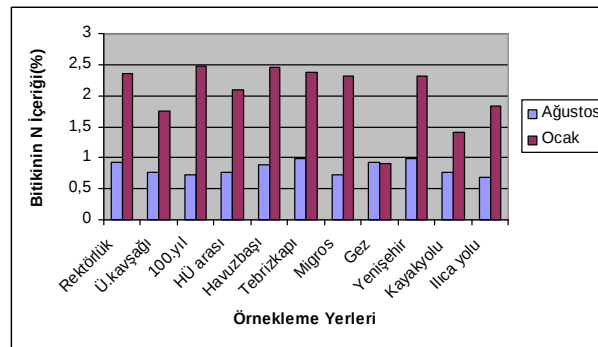


Şekil 4.8. Örneklem yerlerindeki Sarıçam bitkisinin P konsantrasyonu

4.1.9. Azot (N)

N elementinin Ağustos ve Ocak dönemlerinde 11 ayrı yer ile Duncan çoklu karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.11 ve Şekil 4.9'de yer almaktadır.

N içeriği açısından dönemler ve yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p < 0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek N içeriği %1,68 ile Tebrizkapı kavşağında tespit edilirken, en düşük %0,91 ile Gez kavşağında bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Ağustos ayında en yüksek Tebrizkapı ve Günsazak kavşaklarında %0,98, en düşük Ilıca yolunda %0,68 ile belirlenmiştir. Ocak ayında ise en yüksek %2,4 ile 100. Yıl Parkı ve Havuzbaşı kavşağında, en düşük %0,9 ile Gez kavşağı tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Örneklem yerlerindeki Sarıçam bitkisinin N konsantrasyonu

Çizelge 4.11. N elementinin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

	N(%)		
Uygulama yeri	Ağustos	Ocak	Ortalama
Rektörlük	0,92 b	2,3 bc	1,64b
Ü.Kavşağı	0,77 d	1,75 f	1,26f
100.Yıl	0,73 ef	2,4 a	1,60c
HÜ Arası	0,77 d	2,1 d	1,43e
Havuzbaşı	0,88 c	2,4 a	1,67ab
Tebrizkapı	0,98 a	2,3 b	1,68a
İstasyon	0,72 f	2,3 c	1,51d
Gez	0,92 b	0,9 h	0,91h
Günsazak	0,98 a	2,3 c	1,64b
Kayakyolu	0,76 de	1,4 g	1,08g
Ilca yolu	0,68 g	1,8 e	1,26f

4.2. Toprak Örneklerinin Varyans Analiz Sonuçları ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi

Çizelge 4.12. Toprak örneklerinin Varyans analiz sonuçları (F Değerleri)

Elementler	Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Ort.	F	P
Fe	Yer	10	24,662	3736,316	0,000
Cu		10	37,588	2490,911	0,000
Mn		10	60,242	1576,833	0,000
Zn		10	39,823	11602,516	0,000
Pb		10	27,83	250,78	0,000
Cd		10	0,021	21,768	0,000
Ni		10	0,951	400,027	0,000
P		10	2570,68	14132,51	0,000
N		10	0,047	854,499	0,000

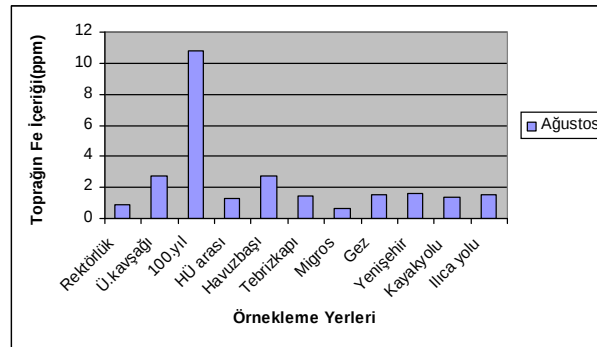
(*p<0.001olduğundan tüm elementlerin örnekleme noktaları arasındaki farkı çok önemli bulunmuştur.)

4.2.1. Demir(Fe)

Fe içeriği açısından yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p < 0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Fe içeriği 10,8 ppm ile 100. Yıl Parkında tespit edilirken en düşük 0,68 ppm ile İstasyon kavşağında bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Çizelge 4.13 ve Şekil 4.10'da örnek alanlarının Fe konsantrasyonu görülmektedir.

Çizelge 4.13. Fe elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Fe(ppm)	
Uygulama yeri	Ağustos
Rektörlük	0,92f
Ü.Kavşağı	2,76b
100.Yıl	10,8 a
HÜ Arası	1,3e
Havuzbaşı	2,77b
Tebrizkapı	1,42de
İstasyon	0,68g
Gez	1,56cd
Günsazak	1,69c
Kayakyolu	1,37e
Ilıca yolu	1,54cd



Şekil 4.10. Toprak örneklerinin Fe konsantrasyonu

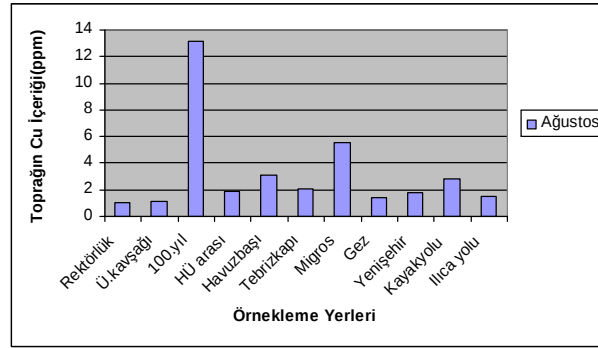
4.2.2. Bakır (Cu)

Yol tozlarındaki bakır kirliliğinin ana kaynağının motor ve metal aksamdaki alaşımlarının aşınmasından ileri geldiği bilinmektedir (Tosyalı 2006). Çizelge 4.14 ve Şekil 4.11’de örnek alanlarının Cu konsantrasyonu görülmektedir.

Cu içeriği açısından yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p<0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Cu içeriği 13,19 ppm ile 100. Yıl Parkında tespit edilirken, en düşük 1,07 ppm ile Rektörlük kavşağında bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir.

Çizelge 4.14. Cu elementinin toprak örnekleri için Duncan çok lu karşılaştırma testi sonuçları

Cu(ppm)	
Uygulama yeri	Ağustos
Rektörlük	1,07h
Ü.Kavşağı	1,12h
100.Yıl	13,19a
HÜ Arası	1,85ef
Havuzbaşı	3,06c
Tebrizkapı	2,05e
İstasyon	5,5b
Gez	1,41g
Günsazak	1,7f
Kayakyolu	2,77d
Ilıca yolu	1,5g

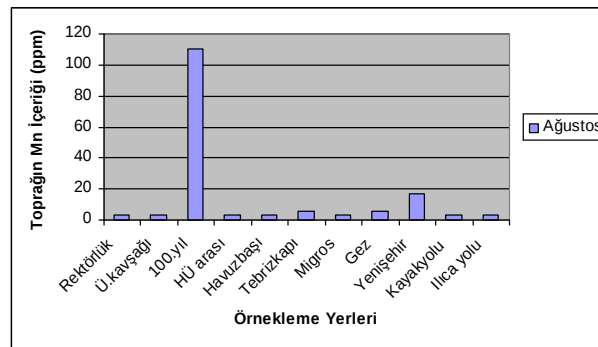


Şekil 4.11. Toprak örneklerinin Cu konsantrasyonu

4.2.3. Mangan (Mn)

Mangan toprakta bol bulunan bir elementtir. Kirliliğin hem yakıt (emisyon) hem de motorlu araçlardan kaynaklandığı, ayrıca hava yolu trafiğinin yoğun olduğu merkezlerde yüksek mangan konsantrasyonu bulunabileceği bilinmektedir (Tosyalı 2006). Çizelge 4.15 ve Şekil 4.12’de örnek alanlarının Mn konsantrasyonu görülmektedir.

Mn içeriği açısından yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p < 0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Mn içeriği 110,4 ppm ile 100. Yıl Parkında tespit edilirken, en düşük 3,02 ppm ile Ilıca yolunda bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir.



Şekil 4. 12. Toprak örneklerinin Mn konsantrasyonu

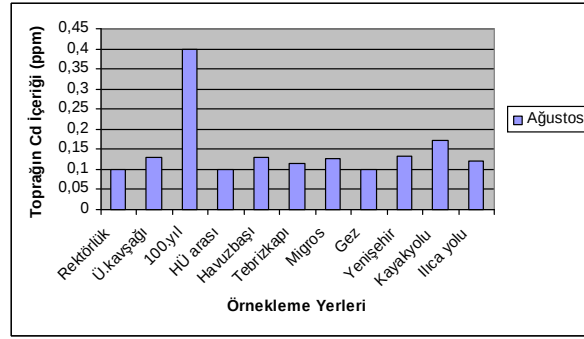
Çizelge 4.15. Mn elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Mn(ppm)	
Uygulama yeri	Ağustos
Rektörlük	3,51d
Ü.Kavşağı	3,03d
100. Yıl	110,4a
HÜ Arası	3,26d
Havuzbaşı	3,36d
Tebrizkapı	5,28c
İstasyon	3,21d
Gez	5,27c
Günsazak	17,14b
Kayakyolu	3,61d
Ilıca yolu	3,02d

4.2.4. Kadmiyum(Cd)

Kadmiyum alaşımları bazı metal aksamalarda korozyondan koruma amacı ile kaplama malzemesi olarak kullanılmaktadır. Yine oto lastiklerinin üretiminde kadmiyum içeren katkı maddeleri kullanılmaktadır (Tosyalı2006). Çizelge 4.16 ve Şekil 4.13’de örnek alanlarının Cd konsantrasyonu görülmektedir.

Cd içeriği açısından yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p<0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Cd içeriği 0,39 ppm ile 100. Yıl Parkında tespit edilirken. en düşük 0,10 ppm ile Havuzbaşı- Üniversite arası, Gez ve Rektörlük kavşaklarında arasında bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir.



Şekil 4.13. Toprak örneklerinin Cd konsantrasyonu

Çizelge 4.16. Cd elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Cd(ppm)	
Uygulama yeri	Ağustos
Rektörlük	0,10 c
Ü.Kavşağı	0,13 bc
100.Yıl	0,39 a
HÜ Arası	0,10 c
Havuzbaşı	0,13 bc
Tebrizkapı	0,11 bc
İstasyon	0,12 bc
Gez	0,10 c
Günsazak	0,13 bc
Kayakyolu	0,17 b
Ilıca yolu	0,12bc

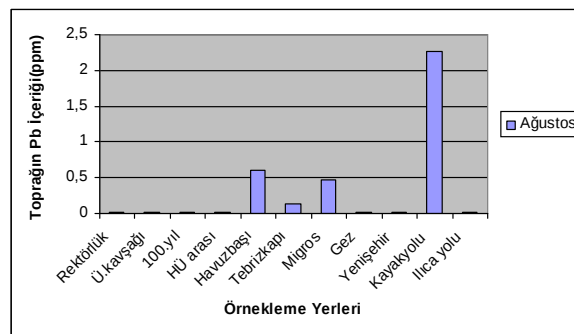
4.2.5. Kurşun (Pb)

Trafik yoğunluğunun fazla olması kurşun birikimini artırıcı etki gösterir. Bununla birlikte, kurşun kirliliğinin ana sebeplerinden biri egzozdan çıkan gazlardandır (Tosyalı 2006). Çizelge 4.17 ve Şekil 4.14’de örnek alanlarının Pb konsantrasyonu görülmektedir.

Pb içeriği açısından yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p < 0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Pb içeriği 2,26 ppm ile Kayakyolu kavşağında tespit edilirken. en düşük 0,1 ppm ile Havuzbaşı-Üniversite kavşağı arası, Ilıca yolu, Rektörlük kavşağı, Üniversite kavşağı, 100. Yıl Parkı, Gez kavşağı ve Günsazak kavşağında bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir.

Çizelge 4.17. Pb elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Pb(ppm)	
Uygulama yeri	Ağustos
Rektörlük	0,1 e
Ü.Kavşağı	0,1 e
100.Yıl	0,1 e
HÜ Arası	0,1 e
Havuzbaşı	0,6 b
Tebrizkapı	0,14 d
İstasyon	0,47 c
Gez	0,1 e
Günsazak	0,1 e
Kayakyolu	2,26 a
Ilıca yolu	0,1 e



Şekil 4.14. Toprak örneklerinin Pb konsantrasyonu

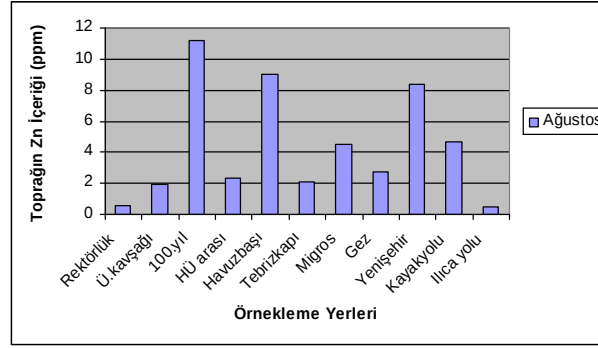
4.2.6. Çinko (Zn)

Yol tozlarında çinko birikiminin esas kaynağı motor alaşımları ve oto lastiklerindeki aşınmalarından iler gelir. Zira her ikisinin üretiminde de çinko kullanılmaktadır (Tosyalı 2006). Çizelge 4.18 ve Şekil 4.15’de örnek alanlarının Zn konsantrasyonu görülmektedir.

Zn içeriği açısından yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p<0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Zn içeriği 11,27 ppm ile 100. Yıl Parkında tespit edilirken en düşük ise 0,57 ppm ile Ilıca yolu ve Rektörlük kavşağı’nda tespit edilmiştir. Diğer örnekleme noktalarının Zn içerikleri bu iki değer arasında değişmektedir.

Çizelge 4.18. Zn elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Zn(ppm)	
Uygulama yeri	Ağustos
Rektörlük	0,57 j
Ü.Kavşağı	1,97 ı
100.Yıl	11,27 a
HÜ Arası	2,33 g
Havuzbaşı	9,03 b
Tebrizkapı	2,09 h
İstasyon	4,48 e
Gez	2,74 f
Günsazak	8,38 c
Kayakyolu	4,65 d
Ilıca yolu	0,57 j



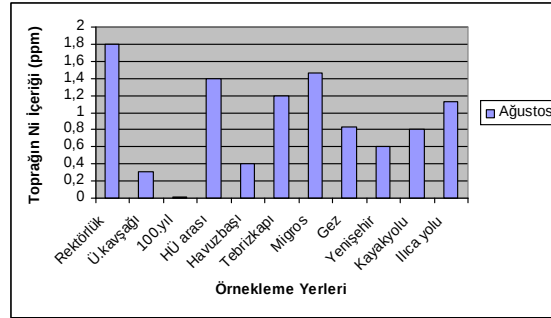
Şekil 4.15. Toprak örneklerinin Zn konsantrasyonu

4.2.7. Nikel (Ni)

Ni açısından yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p < 0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek Ni içeriği 1,8 ppm ile Rektörlük kavşağında tespit edilirken en düşük 0,01 ppm ile 100. Yıl Parkında tespit edilmiştir. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Çizelge 4.19 ve Şekil 4.16’da örnek alanlarının Ni konsantrasyonu görülmektedir.

Çizelge 4.19. Ni elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Ni(ppm)	
Uygulama yeri	Ağustos
Rektörlük	1,8a
Ü.Kavşağı	0,31h
100.Yıl	0,01ı
HÜ Arası	1,4b
Havuzbaşı	0,4g
Tebrizkapı	1,2c
İstasyon	1,46b
Gez	0,83e
Günsazak	0,6f
Kayakyolu	0,81e
Ilıca yolu	1,13d



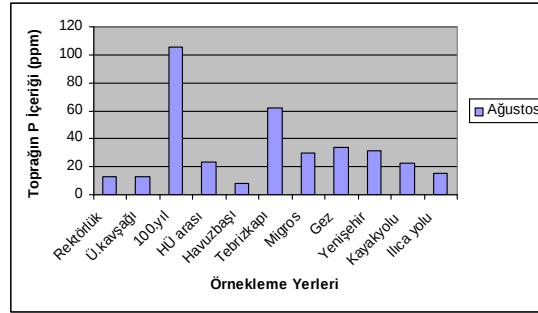
Şekil 4.16. Toprak örneklerinin Ni konsantrasyonu

4.2.8. Fosfor (P)

P içeriği açısından yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p < 0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek P içeriği 105,3 ppm ile 100. Yıl Parkında tespit edilirken en düşük 8,39 ppm ile Havuzbaşı kavşağında bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Çizelge 4.20 ve Şekil 4.17’de örnek alanlarının P konsantrasyonu görülmektedir .

Çizelge 4.20. P elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

P(ppm)	
Uygulama yeri	Ağustos
Rektörlük	13,11 h
Ü.Kavşağı	12,75 h
100.Yıl	105,3 a
HÜ Arası	23,38e
Havuzbaşı	8,39 ı
Tebrizkapı	62 b
İstasyon	29,2 d
Gez	34,1 c
Günsazak	31.17
Kayakyolu	22,44 f
Ilıca yolu	15, 24 g



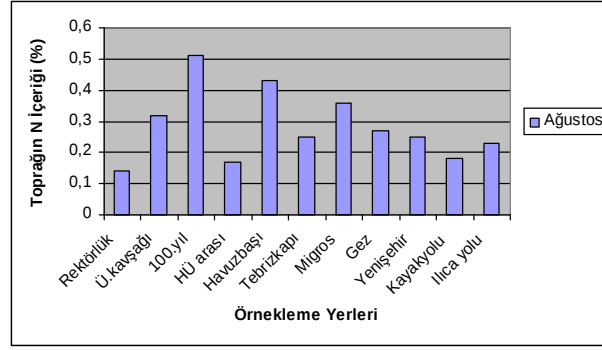
Şekil 4.17. Toprak örneklerinin P konsantrasyonu

4.2.9. Azot

N içeriği açısından yerler arasında çok önemli düzeyde farklılıklar ($p < 0,001$) belirlenmiş olup örnek alanları içerisinde en yüksek N içeriği %0,5 ile 100. Yıl Parkında tespit edilirken en düşük %0,14 ile Rektörlük kavşağında bulunmuştur. Diğer örnek alanlarına ait veriler bu iki değer arasında değişmektedir. Çizelge 4.21 ve Şekil 4.18’de örnek alanlarının N konsantrasyonu görülmektedir.

Çizelge 4.21 N elementinin toprak örnekleri için Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

N(%)	
Uygulama yeri	Ağustos
Rektörlük	0,14 ı
Ü.Kavşağı	0,32d
100.Yıl	0,51a
HÜ Arası	0,17h
Havuzbaşı	0,43b
Tebrizkapı	0,25f
İstasyon	0,36c
Gez	0,27e
Günsazak	0,25f
Kayakyolu	0,18h
Ilıca yolu	0,23g



Şekil 4.18. Toprak örneklerinin N konsantrasyonu

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre topraktaki Fe miktarı, 100. Yıl Parkında en yüksek, İstasyon kavşağında ise en düşük olup fazla, seviyededir. Diğer yerler bu iki değer arasında yer alıp Fe içeriği yönünden orta seviyededirler . Fe için verilen sınır değer(0,2-4,5 ppm) orta, (>4,5 ppm) ise fazla seviyededir.

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre topraktaki Cu miktarı, 100 . Yıl Parkında en yüksek olup çok fazladır. Diğer örnekleme yerleri ise Cu içeriği yönünden sınır değerinin üzerindedir. Cu için verilen sınır değer (>0,2 ppm) ise e yeter seviyededir.

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre topraktaki Mn miktarı, 100. Yıl Parkında çok yüksek seviyede iken Ilıca yolunda Mn konsantrasyonu çok düşüktür . Günsazak kavşağı haric diğer örnekleme yerleri ise Mn konsantrasyonu yönünden az seviyededir. Mn için verilen sınır değerler (14-50 ppm) yeter, (50-170 ppm) ise fazla seviyededir.

Kabata-Pendias and Pendias (1992)'ın sınır değerlerine göre topraktaki Cd miktarı, 100. Yıl Parkı sınır değerinin üzerinde iken Havuzbaşı -Üniversite arasında yeter seviyededir. Diğer örnekleme yerlerinin Cd içeriği yeter seviyededir. Cd için verilen sınır değerler (0,01-2 ppm) arasındadır.

Kabata-Pendias and Pendias (1992)'ın sınır değerlerine göre topraktaki Pb miktarı, Kayakyolu kavşağında yeter seviyede iken Havuzbaşı, İstasyon, Tebrizkapı kavşakları az seviyededir. Diğer yerler ise Pb konsantrasyonu yönünden çok az seviye dedirler. Pb için verilen sınır değerler (2-300 ppm) arasındadır.

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre topraktaki Zn miktarı, 100. Yıl Parkında Zn konsantrasyonu çok fazla iken Ilıca yolunda az seviyededir. Zn için verilen sınır değerler (0,7-2,4 ppm) arası yeter, (2,4-8 ppm) arası fazla seviyedir.

Kabata-Pendias and Pendias (1992)'ın sınır değerlerine göre topraktaki Ni miktarı, tüm örnekleme yerlerindeki değerler birbirine yakın olup Ni miktarı yönünden az seviyededirler. Ni için verilen sınır değer (2-750 ppm) arasındadır.

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre topraktaki bitkiye yararlı P miktarı, 100. Yıl Parkında çok fazla seviyede iken Havuzbaşı kavşağında P içeriği yeterli seviyededir. P için sınır değer (8-25 ppm) arasında ise yeter seviyededir.

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre topraktaki N en yüksek 100.Yıl Parkında olup çok fazla sevide iken Rektörlük kavşağında fazla seviyededir. N için verilen sınır değer (% >0,32) ise çok fazladır.

Çizelge 5.1. Toprakta ağır metal sonuçları (Ağustos)

No	Yer	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Cd (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Ni (ppm)
1	Kayakyolu	1,37	2,77	3,61	0,17	2,26	4,65	0,81
2	100.Yıl	10,86	13,19	110,47	0,39	Eser	11,27	Eser
3	HÜarası	1,30	1,85	3,26	0,10	Eser	2,33	1,40
4	Rektörlük	0,92	1,07	3,51	0,10	Eser	0,57	1,81
5	Ü.Kavşağı	2,76	1,126	3,03	0,13	Eser	1,97	0,03
6	İstasyon	0,68	5,50	3,21	0,12	0,478	4,48	1,46
7	Tebrizkapı	1,426	2,05	5,28	0,11	0,144	2,09	1,241
8	Günsazak	1,64	1,78	17,14	0,13	Eser	8,38	0,59
9	Ilıca yolu	1,54	1,50	3,02	0,12	Eser	0,50	1,13
10	Havuzbaşı	2,77	3,06	3,36	0,13	0,60	9,03	0,43
11	Gez	1,568	1,41	5,27	0,10	Eser	2,74	0,83

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre Sarıçam bitkisindeki, Fe konsantrasyonu Ağustos ayında en yüksek Kayakyolu kavşağında saptanmıştır. Ocak ayında ise 100. Yıl Parkında tespit edilmiştir. Fe için verilen sınır değer 98 ppm olduğuna göre bütün noktalarda tespit edilen değerler sınır değerinin çok üzerinde bir konsantrasyon saptanmıştır.

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre Sarıçam'da Cu miktarı, en yüksek Ağustos ve Ocak Ayında İstasyon kavşağında saptanmıştır. Cu için verilen sınır değer 9 ppm olduğuna göre Günsazak kavşağı ve Ilıca yolunda Ağustos ayında alınan örnekler dışındaki diğer noktalarda sınır değeri aşılmaktadır.

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre Sarıçam'da Mn miktarı, en yüksek Ağustos ayında Tebrizkapı kavşağında, Ocak ayında İstasyon kavşağında tespit edilmiştir. Mn için verilen sınır değer 407 ppm olduğuna göre tüm noktalar Mn içeriği yönünden çok düşüktürler.

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre Sarıçam'da Zn miktarı, en yüksek Ağustos ayında üniversite kavşağında, Ocak ayında ise Havuzbaşı-Üniversite kavşağı arasında tespit edilmiştir. Zn için verilen sınır değer 59 ppm olduğuna göre tüm noktalar Zn içeriği yönünden yeter seviyededir. Ancak Ocak ayında Havuzbaşı-Üniversite kavşağında alınan örnek sınır değeri 2 katı kadar aşmaktadır.

Kabata-Pendias and Pendias (1992)'ın sınır değerlerine göre Sarıçam'da Pb miktarı, en yüksek Ağustos ayında Rektörlük kavşağı, Ocak ayında ise İstasyon kavşağında tespit edilmiştir. Pb için verilen sınır değeri 0,2-20 ppm olduğuna göre İstasyon, Kayakyolu, Tebrizkapı ve Havuzbaşı kavşaklarında sınır değeri aşılmaktadır. Diğer noktalar sınır değeri içerisindedir.

Kabata-Pendias and Pendias (1992)'ın sınır değerlerine göre Sarıçam'da Cd miktarı, en yüksek Ağustos ayında İstasyon kavşağında, Ocak ayında ise Rektörlük kavşağında

tespit edilmiştir. Cd için verilen sınır değeri 0,01-2,4 ppm olup hiçbir noktada aşılmamıştır.

Kabata-Pendias and Pendias (1992)'ın sınır değerlerine göre Sarıçam'da Ni miktarı, en yüksek Ağustos ayında 100. Yıl Parkında, Ocak ayında ise Günsazak kavşağında tespit edilmiştir. Ni için verilen sınır değeri 0,1-5 ppm olup Günsazak kavşağı sınır değeri 5 kat aşarak toksik seviyededir. Gez ve Kayakyolu kavşakları ise Ocak ayında sınır değeri aşmışlardır. Diğer noktalar sınır değeri içersindedir.

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre Sarıçam'da P miktarı, en yüksek Ağustos ayında Günsazak kavşağında, Ocak ayında ise 100. Yıl Parkında tespit edilmiştir. P için verilen sınır değeri %0,18 olup Günsazak kavşağı hariç diğer noktalarda aşılmamıştır.

Jones *et al.* (1991)'ın sınır değerlerine göre Sarıçam'da N miktarı, en yüksek Ağustos ayında Tebrizkapı kavşağında, Ocak ayında ise 100. Yıl Parkı ve Havuzbaşı kavşağı'nda tespit edilmiştir. N için verilen sınır değeri %1,79 dur.

Çizelge 5.2. Sarıçam bitkisinin Ağustos ve Ocak ayındaki ağır metal sonuçları

	Ağustos									Ocak								
Bitki ad	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Ni (ppm)	P %	N %	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Cd (ppm)	Ni (ppm)	P %	N %
Ilıca yolu	336,21	6,05	72,26	29,75	Eser	0,94	2,5	0,08	0,68	776,71	10,65	13,72	33,24	3,83	1,68	2,6	0,06	1,8
HÜ Arası	763,66	16,19	59,2	41,20	Eser	1,25	1,9	0,10	0,77	1084,3	12,69	19,4	105,90	6	1,69	2,6	0,08	2,1
Tebrikapı kavşağı	347,80	10,85	79	35,47	5,78	0,75	2,3	0,10	0,98	824,75	12,90	29,67	49,19	21,93	0,76	2,9	0,07	2,3
Üniversite kavşağı	363,01	10,24	59,46	51,43	5,85	0,75	1,2	0,14	0,77	496,11	10,11	21,97	35,95	13,03	0,98	1,9	0,03	1,7
Gez kavşağı	474,9	9,1	41,3	38,8	3,5	0,5	1,2	0,13	0,92	446,31	10,55	5,12	24,60	6,29	0,39	6,1	0,04	0,9
Havuzbaşı kavşağı	585,94	11,28	53,8	48,1	3,2	0,5	2,4	0,09	0,88	1046,4	13,7	30,28	38,95	22,06	0,65	3,6	0,08	2,4
Günsazak kavşağı	486,7	8,75	43,4	29,9	2,1	0,59	2,9	0,49	0,98	673,44	10,24	14,54	32,47	5,35	0,74	29,85	0,10	2,3
İstasyon. kavşağı	798,9	17,2	70,1	46,6	7,05	1,3	3,6	0,13	0,72	775,55	16,43	44,26	31,01	26,58	0,85	3,9	0,10	2,3
Rektörlük kavşağı	642,89	10,5	60,8	38,4	8,9	0,3	2,7	0,16	0,92	626,39	11,94	26,3	24,33	4,50	1,77	3,7	1694,1	2,3
Kayakyolu kavşağı	872,27	10,8	59,2	44,9	Eser	0,80	2	0,11	0,76	765,07	10,96	37,26	29,95	22,05	0,80	9,2	0,06	1,4
100. Yıl. Parkı	584,44	13,5	57,1	43,94	4,8	0,7	3,8	0,13	0,73	1126,1	13,78	21,82	33,94	13	0,88	3,9	0,11	2,4

SONUÇ OLARAK

Toprak örneklerinin ağır metal içerikleri 100. Yıl Parkında Fe, Cu ve Zn normal limitin üzerinde bulunmuştur.

Sarıçam yüzeyine bulaşan ağır metaller dahil (yıkanmadan analize alınan) bitki örneklerinin ağır metal içerikleri incelendiğinde; Fe metali tüm örnekleme yerlerinde (kavşaklarda) Ağustos ve Ocak ayında; Cu metali Ağustos ve Ocak ayında İstasyon(Migros) kavşağında; Zn metali Ocak ayında Havuzbaşı-Üniversite kavşağı arasında; Pb metali Ocak ayında İstasyon(Migros) kavşağında; Ni metali Ocak ayında Günsazak (Yenişehir) kavşağında toksik düzeyde bulunmuştur.

Toksik düzeyde tesbit edilen ağır metallerin bulunduğu kavşaklar, ağır metal salınımı ve emisyonunun genel olarak fazla olduğu kavşaklardır. Özellikle Pb salınımı, Pb'suz benzinle çalışan araçların geçtiği çevre yollardan, diğer ağır metaller ise kapsamlı inşaatlardan, sanayi aktivitelerinden, yerleşim bölgelerinden ve benzeri aktivitelerden yüksek oranda yayılmaktadır. Söz konusu ağır metaller kritik düzeyin (tolere edilebilir düzeyin) üzerinde bulunduğu zaman ekolojik dengenin bozulmasına neden olmakta ve insan sağlığını tehdit etmektedir. Bu nedenle, gelişmekte olan Erzurum ilinde de bütün hedeflerin (endüstriyel, sanayi, yerleşim, ulaşım vb. aktiviteler) planlanmasında ekolojik ve ekonomik düşüncelerin bütünleştirilmesi temel ilkimiz olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aksoy, A. and Şahin U., 1999. "Elaeagnus Angustifolia L. as a Biomonitor of Heavy Metal Pollution", Tr. J. of Botany, 23, pp:83-87.
- Aksu, E., ve Yıldız, N., 2004. 'Besin çözeltilisine artan Konsantrasyonlarda Uygulanan Cd ve Pb Metallerine Farklı Domates Çeşitlerinin Tepkisinin Araştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. Erzurum.
- Andrew, C.S. and Pieters H.J., 1976. CSIRO Australian Div. Trop. Agron. Tech, 18, 1-12.
- Anonim, 2009. Ağır Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Fitoremediasyon Tekniği. <http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon/fitoremediasyon.htm> (Erişim tarihi: 6.6.2009).
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis, 15th Edn. Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Arduini, I., Godbold D.L. and Onnis A., 1994. Physiol. Plant, 92, 675–680.
- Ata, S. ve Öztaş T., 2000. Erzurum-İlica Karayolu Güzergahında Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Kurşun Kirliliği. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Ayhan, B., 2006. 'Mısır (Zea mays L.)'ın bazı çeşitlerinde ağır metal (Cd, Pb) stresinin etkilerinin belirlenmesi'. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Bačkor, M. and Fahselt D., 2004. Physiological attributes of the lichen Cladonia pleurota in heavy metalrich and control sites near Sudbury (Ont., Canada), Environ. Exp. Bot., 52(2), 149-159.
- Bahlsberg-Phalsson, A., 1989. Toxicity of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants, Water Air, Soil Pollut., 47 : 287 -319.
- Baker, A.J.M., 1995. Metal hyperaccumulation by plants: our present knowledge of the ecophysiological phenomenon. Will plants have a role in bioremediation. 14th Annual symposium on current topics in plant biochemistry, physiology and molecular biology, Columbia, MO, pp.7-8.
- Baş, A.L. ve Demet Ö., 1992. Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller. Ekoloji 5, 42–46.
- Başkaya, H.S. ve Teksoy A., 1997. Topraklarda ağır metaller ve ağır metal kirliliği, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, 763–771.
- 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.
- Benavides, M.P., Gallego S.M. and Tomaro M.L., 2005. Cadmium toxicity in plants. Braz J. Plant Physiol 17, 21–34.
- Bremner, J.M. and Mulvaney C.S., 1982. Nitrogen Total. Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2 , Edition P: 597-622.
- Caselles, J., Colliga C. and Zornoza, P., 2002. " Evaluation Of Trace Element Pollution From Vehicle Emissions in Petunia Plants", Water, Air, And Soil Pollution, 136, pp:1–9.

- Chang, A.C. and Page A.L., 1980. Chemical requirement for re-use of ewage in irrigation and artificial aquifer recaharge. Seminar Healt Aspects of Treated Sewage Re-use (WHD), Aliers, 1–5 June 1980, Berkley, 214–217.
- Chatterjee, J. and Chatterjee C., 2000. Phytotoxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower, Environmental Pollution, 109, 69–74.
- Chen, T.B., Zheng Y.M. and Lei M., 2005. “Assessment of heavy metal pollution in surface soils of urban parks in Beijing, China”. Chemosphere. (60) p:542 -551.
- Chugh, L.K. and Sawhney S.K., 1993. Effect of cadmium on activities of some enzymes of glycolysis and pentose phosphate pathway in pea, Biologia Plantarum, 42 (3), 401–407.
- Çavuşoğlu, K.ve Çavuşoğlu K.,2005 “CUPRESSUS SEMPERVIRENS L. VE CEDRUS LIBANI A. RICH. Yapraklarında taşıtların sebep olduğu Kurşun (Pb) kirliliğinin araştırılması.” BAÜ Fen Bil. Enst. Dergisi.
- Çelik, A., Kartal A.A., Akdoğan A., and Kaska, Y., 2005. “Determining the heavy metal pollution in Denizli (Turkey) by using Robinio pseudo-acacia L. Enviroment International. (31), p: 105 -112.
- Çepel, N., 1997. Toprak Kirliliği Erozyon ve Çevreye Verdiği Zararlar. TEMA Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı Yayınları No:14 İstanbul.
- Çevre Kanunu (Kanun No:2572) 11.8.1983 gün ve 18132 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır.
- Delgado, M., Bigeriego M. and Guardiola E., 1993. Wat. Res, 27 (2), 269–272.
- Doncheva, S., Nicolov B. and Ogneva V., 1996. Physiol. Plantarum, 96, 118–122.
- Erinç, S., 1953. Doğu Anadolu Coğrafyası. Erzurum–Kars Bölümü, İstanbul Üniversitesi Yay. No:572,:89-93.
- Fernandes, J.C. and Henriques F.S., 1991. The Bot. Rev, 57, 246–273.
- Gee, G.W. and Bauder J.W., 1986. Particle-Size Analysis. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 383–411, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Greger, M. and Lindberg S., 1986. Effects of Cd^{2+} and EDTA on young sugar beets (*Beta vulgaris*).I. Cd^{2+} uptake and sugar accumulation. Physiologia Plantarum 66, 69–74.
- Güler, Ç. ve Çobanoğlu Z., 1997. Toprak Kirliliği. Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi:40 Ankara.
- Hall, J.L., 2002. Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance, J. Exp. Bot., 53, 1-11.
- Hanson, J.B., 1984. Advances in Plant Nut., New York, p.149 -248.
- Harrison, R.M. and Chirgawi M.B., 1989 The assessment of air and soil as contributors of some trace metals to vegetable plants. I. Use of a filtered air growth cabinet. Science of the Total Environment, 83, 1 -2, 13-34.
- Heale, E.L. and Ormrod D.P., 1982. Can. J. Bot., 60, 2674.
- Jackson, P.J., Unkefer P.J., Delhaize E. and Robinson N.J., 1990. Mechanisms of trace metal tolerance in plants. In Environmental Injury to Plants. Ed. F Katterman. pp 231–255. Academic Press. San Diego.
- Jones, J., Benton J., Wolf B. and Mills H.A., 1991. Plant Analysis Handbook of plant Analysis and Interpretation guide. Micro- Macro Publishing. Inc. , 183. Panadise 13/ vd Suite 1008, Athens, Georgia 30607 USA, 213 pp.

- Kabata-Pendias, A. and Pendias H., 1992. Trace Elements In Soils and Plants. CRC. Pres. Boca Raton.
- Kacar, B. ve İnal A., 2008. Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi. Nobel yayınevi. ISBN:978-605-395-036-3 . Ankara.
- Kalaycığlu, S., 2005. 'Isırgan (*Urtica dioica* L.) Bitkisinde Bazı Ağır Metallerin Büyüme Parametreleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması' Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi. İstanbul.
- Kärenlampi, S., Schat H., Vangronsveld J., Verkleij J.A.C., van der Lelie D., Mergeay, M. and Tervahauta A.I., 2000. "Genetic engineering in the improvement of plants for phytoremediation of metal polluted soils", *Environmental Pollution*, 107, 225-231.
- Keleş, C.T., 2007. 'Konya Şehir Merkezi Yol ve Parklarında Ağır Metal Kirliliği'. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Kennedy, C.D. and Gonsalves F.A.N., 1987. The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on the trans-root potential and efflux of excised roots, *J. Exp. Bot.*, 38, 800-817.
- Kıran, Y. ve Şahin A., 2005. Kurşunun *Lens Culinaris* Medik. Tohumlarının Çimlenmesi, Kök Gelişimi Ve Kök Ucu Hücreleri Üzerindeki Mitotik Etkileri. Fırat Üniversitesi G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi 18(1): 17 -25 (2005).
- Kim, D.S., An, K.G. and Kim, K.H., 2003. "Heavy Metal Pollution in the Soils of Various Land Use Types Based on Physicochemical Characteristics", *Journal Of Environmental Science And Health, Part A—Toxic/Hazardous Substances & Environmental Engineering*, Vol. A38, No. 5, pp. 839–853.
- Kocaer, F.O. ve Başkaya H.S., 2003. Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler. Uludağ Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 8, Sayı 1.
- Krämer, U., Cotter-Howells J.D., Charnock J.M., Baker A.J.M. and Smith J.A.C., Free histidine as a metal chelator in plants that accumulate nickel. *Nature* 1996, 379: 635-638.
- Kumar, P.B.A.N., Dushenkov V., Motto H. and Raskin L., 1995. Phytoextraction: The Use Of Plants To Remove Heavy Metals From Soils. *Environ. Sci. Technol.* 29, 1232–1238.
- Lane, S.D., Martin E.S. and Garrod J.P., 1978. *Planta*, 144, 79-84.
- Lidon, F.C. and Henriques F.S., 1998. *Environ Exp Bot.*, 39, 197-202.
- Lidon, F.C., Ramalho J. and Henriques F.S., 1993. Copper inhibition of rice photosynthesis, *J. Plant Physiol.*, 142, 12-17.
- Lindberg, S.E., Meyers T.P., G.E. Taylor Jr., R.R. Turner and W.H. Schroeder, 1992 Atmosphere-surface exchange of mercury in a forest: results of modeling and gradient approaches, *Journal of Geophysical Research* 97 (D2), pp. 2519–2528.
- Lindsay, W.L. and Norwell W.A., 1969. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* Vol: 33, p:49-54.
- Marschner, H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. San Diego: Academic Press, 889 p.
- Matsumoto, H., Hirasawa E., Torika H. and Takahashi E., 1976. *Plant Cell Physiol.*, 17.
- Mattigod, S.V. and Page, A.L., 1983. Assesment of metal pollution in soils. Pages 355 - 394 in I. Thornton, Ed. *Applied environmental geochemistry*. Academic Press. London.

- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Requirement. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 199 – 224, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Molas, J. and Bran S., 2004. Relationship between the chemical form of nickel applied to the soil and its uptake and toxicity to barley plants (*Hordeum vulgare* L.), *Geoderma*, 122, 247–255.
- Monni, S., Uhlig C., Hansen E. and Magel E., 2001. Ecophysiological responses of *Empetrum nigrum* to heavy metal pollution, *Environ. Pollut.*, 112, 121–129.
- Moustakas, M., Lanaras T., Symeonidis L. and Karataglis S., 1994. “Growth and some photosynthetic characteristics of field grown *Avena sativa* under copper and lead stress”, *Photosynthetica*, 30: 389–396.
- Moya, J.L., Ross R. and Picazo I., 1993. *Photosynthesis Research*, 36, 75–80.
- Munzuroğlu, Ö. ve 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.
- Nagoor, S., 1997. *J. of Phy. Research*, 10, 31–34.
- Nelson, D.W. and Sommers L.E., 1982a. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 539–579, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 181–197, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Oakes, H., 1958. The Soils of Turkey, Ministry of Agriculture. Soil Conservation and Farm Irrigation Division. Pub. No:1. 180P. Ankara, Turkey.
- Olsen, S.R. and Sommers L.E., 1982. Phosphorus. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 403–427, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Ouzounidou, G., Eleftheriou E.P. and Karataglis S., 1992. *Canadian Journal of Botany*. 70, 947–957.
- Önder, S. and Dursun, Ş., 2005. “Air borne heavy metal pollution of *Cedrus libani* (A.Rich.) in the city centre of Konya” *Atmospheric Environment Elsevier*. 40. p: 1122–1133.
- Pandit, B.R. and Prasannakumar P.G., 1999. *Pollut. Res.*, 18, 459–466.
- Poschenrieder, C.H., Gunse B. and Barcelo J., 1989. *Plant Physiol.* 190, 1365–1371.
- Prasad, K.V.S.K., Paradha S.P. and Sharmila P., 1999. *Environ. and Exp. Bot.*, 42, 1–10.
- Prasad, M.N.V., Greger M. and Landberg T., 2001. *Acacia nilotica* L. bark removes toxic metals from solution: Corroboration from toxicity bioassay using *Salix viminalis* L. in hydroponic system. *International Journal of Phytoremediation*, vol. 3, no. 3, p. 289–300.
- Rascio N., Vecchia F.D., Ferretti M., Merlo L. and Ghisi R., 1993. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 25, 244–249.
- Rhoades, J.D., 1982a. Cation Exchange Capacity. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 149 – 157, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.

- Rhoades, J.D., 1982b. Exchangeable Cations. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 159–164, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Rulkens, W.H., Tichy R. and Grotenhuis J.T.C., 1998. Remediation Of Polluted Soil and Sediment: Perspectives And Failures. Water Sci. Technol. 37, 27–35.
- Sanita di Toppi, L. and Gabrielli R., 1999. Response to cadmium in higher plants, Environmental and Experimental Botany 41, 105–130.
- Sauerbeck, D., 1985. Funktionen, Güte and Belastbarkeit des Bodens aus agrikulturchemischer Sicht. Kohlhammer, Stuttgart.
- Somashekaraiah, B.V., Padmaja K. and Prasad A.R.K., 1992. Physiol. Plantarum, 85, 85-89.
- SPSS, 1999. SPSS for Windows, Release 10.0.5., SPSS Inc, USA.
- Sresty, T.V.S. and Madhava K.V., 1999. Env. and Exp. Bot., 41, 3-13.
- Şahmetlioğlu, N., 2004. ‘Asit Özellikteki Topraklarda Kireçlemenin Topraktaki Ağır Metal (Cd, Cr, Ni, Pb, Cu) Konsantrasyonuna ve Yulaf bitki sine Etkisi’ Yüksek Lisans Tezi. Niğde Üniversitesi. Niğde.
- Topbaş, M.T., 1974. Erzurum Ovası Topraklarında Bitkiye Yararışlı Fosfor Tayininde Kullanılabilecek Uygun Metodların Seçimi Üzerine Bir Araştırma. Atatürk Üniv. Yay. No:105.
- Tosyalı, K., 2006. ‘‘Araç Egzozlarından Kaynaklanan Ağır Metal Tayini’’ , Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi. İstanbul.
- Verklaij, J.A.C. and Schat H., 1990. In: Shaw, A.J. (Ed.), Heavy metal tolerance in plants: Evolutionary aspects. CRC Press, Boca Raton, pp. 179–193.
- Verma, S. and Dubey R.S., 2003. Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants, Plant Sci. 164, pp. 645–655.
- Yıldız, N., 2001. Toprak Kirleticisi 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 Kirleticisi Ağır Metaller ve Toprak Bitki İlişkileri. I. Ulusal Çevre Sempozyumu. Atatürk Üniversitesi Çevre Sorunları Araştırma Merkezi Müdürlüğü Erzurum.
- Yıldız, N., 2008. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluk Belirtileri. ISBN 975-442-110-2: 75-89-150-159-185-191, Erzurum.
- Yıldız, N., 2009. Toprak bitki ekosisteminde ağır metaller, Ders notları, Basımda.
- Yıldız, N., 2009. Toprak ve Çevre Kirliliği, 62, Erzurum.
- Yılmaz, H., 2000. Bitki Tanıma ve Değerlendirme 2, İğne Yapraklı Bitkiler, 79 -80, Erzurum.
- Zacchini, M., Rea, E., Tullio, M., and Agazio, M., 2003. Increased antioxidative capacity in maize calli during and after oxidative stress induced by a long lead treatment. – Plant Physiol. Biochem. 41: 49–54.
- Zengin, F. ve Munzuroğlu Ö., 2003. Fasulye Fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) Kök, Gövde ve Yaprak Büyümesi Üzerine Kadmium (Cd^{++}) ve Civa (Hg^{++})’nın Etkileri. C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (2003) Cilt 24 Sayı 1.

ÖZGEÇMİŞ

Erzurum’da 1983 yılında doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. 2001 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümünden 2005 yılında mezun oldu. Aynı yıl Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Öğrenimine başladı.