

**BAZI DOĞAL BİTKİLERDE KURŞUN ABSORPSİYONUNUN
İNCELENMESİ**

Sinan MUHAMMET

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
(KİMYA)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

(93676)

Ağustos 2000

ANKARA

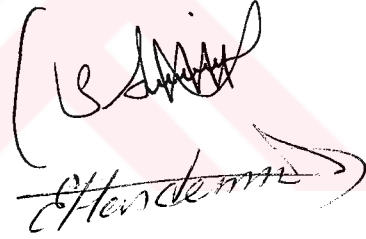
Sinan MUHAMMET tarafından hazırlanan BAZI DOĞAL BİTKİLERDE
KURŞUN ABSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ adlı bu tezin Yüksek
Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.



Doç. Dr. Erdoğan HASDEMİR
Tez Yöneticisi

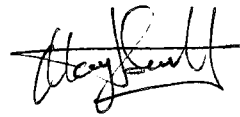
Bu çalışma, jürimiz tarafından KİMYA Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS
TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr.Ali Osman SOLAK



Üye : Doç.Dr.Erdoğan HASDEMİR

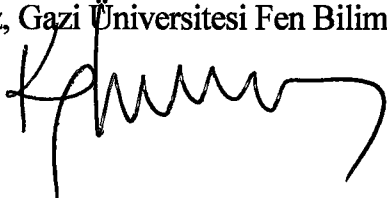
Üye : Yrd.Doç.Dr.Olcay ŞENDİL



Üye :

Üye :

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	iv
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. TEORİK BİLGİLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Hava kirliliği ve ağır metal birikiminin önemi	3
2.2. Bitkilerde ağır metal birikimi	8
2.3. Ağır metal birikiminin insan sağlığına etkileri.....	19
2.4. Polarografi tekniği ve uygulama alanları	20
2.5. Polarografi tekniğinde gelişmeler	24
2.6. Artık akım ve sınır akımı.....	25
2.7. Difüzyon kontrollü sınır akımı	27
2.8. Diferansiyel Puls Polarografisi.....	29
2.9. İncelenen bitki türleri.....	32
2.9.1. <i>Atriplex</i>	32
2.9.2. <i>Chenopodium</i>	33
2.9.3. <i>Medicago</i>	33
2.9.4. <i>Coletea</i>	34
2.9.5. <i>Convolvulus</i>	34
2.9.6. <i>Conyza</i>	35
2.9.7. <i>Xanthium</i>	35
2.9.8. <i>Diploaxis</i>	36
3. MATERYAL VE METOT.....	37

3.1. MATERYAL	37
3.1.1. Bitki.....	37
3.1.2. Kullanılan cihazlar.....	37
3.1.2.1.Cıvanın temizlenmesi.....	38
3.1.3. Kimyasal maddeler ve çözeltiler	40
3.2. İşlem.....	41
3.2.1. Numunelerin alınması	42
3.2.2. Numunelerin yıkanması ve kurutulması	43
3.2.3. Fırında külleştirme	43
3.2.4. Asitle muamele	44
3.2.5. Kurşun muhtevası tayini	44
4. BULGULAR	47
4.1. İstasyonlardan alınan bitki ve toprak numunelerindeki kurşun muhtevaları	47
4.1.1.Birinci istasyon.....	47
4.1.2. İkinci İstasyon.....	48
4.1.3. Üçüncü istasyon.....	50
4.1.4. Dördüncü istasyon	51
4.1.5. Beşinci istasyon	52
4.2 .Bitkilerdeki kurşun derişiminin istasyonlara göre dağılımı	53
4.2.1. <i>Xanthium</i> bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası	53
4.2.2. <i>Atriplex</i> bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası	56
4.2.3. <i>Chenopodium</i> bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası	57
4.2.4. <i>Diploaxis</i> bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası	59
4.2.5 <i>Medicago</i> bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası.....	60
4.2.6. <i>Colutea</i> bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası	61
4.2.7 <i>Conyza</i> bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası.....	62
4.2.8 <i>Convolvulus</i> bitkisinin çeşitli istasyonlardaki Pb	

miktarının tayini	63
4.2.9. Çeşitli istasyonlardaki toprak numunelerinin kurşun muhtevası...	64
4.2.10. İlk Karar	67
4.3. İkinci aşamada (1999) bitkilerdeki kurşun derişiminin istasyonlara göre dağılımı	67
4.3.1. <i>Atriplex</i> bitkisinin (1999) çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası	67
4.3.2. <i>Xanthium</i> bitkisinin (1999) çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası	75
4.3.3. Toprakta çeşitli istasyonlardaki (1999) kurşun muhtevası.....	69
4.4. Üçüncü Aşamada (2000) <i>Atriplex</i> Bitkisinin Kurşun Derişiminin Aylara Göre Değişimi	74
5. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	76
KAYNAKLAR	83
ÖZGEÇMİŞ	96

**BAZI DOĞAL BİTKİLERDE
KURŞUN ABSORPSİYONUNUN İNCELENMESİ ,
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ağustos 2000**

ÖZET

Bu çalışmada pilot bölge olarak Ankara-İstanbul yolu seçilmiş ve bu bölgede yetişen *Atriplex*, *Chenopodium*, *Xanthium*, *Diploaxis*, *Conyza*, *Medicago*, *Colutea* ve *Convolvulus* ,bitkileri incelenmiştir.

Bitkiler kök, gövde ve yapraklar olacak şekilde bir bütün olarak alınmış, ve numune oluşturulurken her bir kısımdan (kök,gövde,yaprak) eşit kütlerde parçala alınmıştır. Numuneler fırında 800 °C 'da kavrulduktan sonra HNO₃-HClO₄ ile çözünürleştirme işlemine tabi tutulmuştur. Son aşamada asidin fazlası buharlaştırılıp, numune su ile balon jojelerde seyreltilerek analiz çözeltiler hazırlanmış ve DPP ile kurşun muhtevaları belirlenmiştir.

Kurşun muhtevaları ile bitki cinsleri arasındaki ilişki incelerek en çok kurşun tutan bitki cins/cinsleri tesbit edilmiştir. Daha sonra bu bitkilerin doğal ömrü, yayılımı, bolluğu araştırılmış ve en uygun bitki olarak *Atriplex* ve *Xanthium* seçilmiştir.

Bu arada, bitkilerin kurşun absorpsiyonunun yol kenarından uzaklaştıkça nasıl değiştiği incelenmiş ve bir ilişki kurulmaya çalışıldı .

Bilim Kodu :

Anahtar Kelimeler : Diferansiyel puls polarografisi, *Atriplex*, *Chenopodium*, *Xanthium* , *Diploaxis* ,*Conyza* , *Medicago*, *Colutea* ve *Convolvulus*, Kurşun, Absorpsiyon

Sayfa Adedi : 96

Tez Yöneticisi : Doç.Dr. Erdoğan HASDEMİR

INVESTIGATION OF LEAD ABSORPTION IN SOME NATURAL PLANTS

(Thesis of Master Science)

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
AUGUST 2000

ABSTRACT

In this study, Ankara-Istanbul highway was chosen as the pilot area and *Atriplex*, *Chenopodium*, *Xanthium*, *Diploaxis*, *Conyza*, *Medicago*, *Colutea* and *Convolvulus* which are plants growing in this area was examined.

The plants which consist of root, body and leaves were taken as a whole and when a sample was made, equal parts were taken from root, body and leaf at all plants. After samples were roasted at 800 degrees of Celsius in an oven, they were dissolved with $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$. At the last part excess amount of acid was vaporized then samples were prepared by being diluted with distilled water in conical flask and lead amount was determined by means of DPP.

The relation between lead amount and types of plants was examined and type / types of plants which has/have the greatest amount of lead determined. After that, natural life span, range and abundance of these plants were sought and *Atriplex* and *Xanthium* were chosen as suitable plants.

By the way in the addition how lead absorption of plants alters getting away from edge of the highway was examined and one correlation was set up.

Science Code :

Key words : Differential Pulse Polarography, *Atriplex*, *Chenopodium*, *Xanthium*, *Diploaxis*, *Conyza*, *Medicago*, *Colutea* and *Convolvulus*, Lead, Adsorption

Number of pages: 96

Advisor of Thesis : Associate Professor Dr.Erdoğan HASDEMİR

TEŞEKKÜR

Gerek tez konusunun seçiminde, gerekse çalışmaların yürütülmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Hocam Doç.Dr. Erdoğan Hasdemir 'e teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim. Ayrıca bitkilerin toplanması ve teşhisi konusunda yardımcı olan Biyoloji bölümünden sayın Doç.Dr.Zeki Aytaç hocamıza da teşekkür ederim.



ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Atmosfere Kurşun Salan Kaynakların Yıllık Kullanım Miktarları	6
Çizelge 2.2. Çeşitli Ülkelerde Benzine Katılan Kurşun Miktarı	7
Çizelge 2.3. Trafik Yoğunluğu ve Topraktaki Kurşun Konsantrasyonu	10
Çizelge 3.1. Numune Alınan İstasyonlar ve Bu İstasyonlarda Bulunan Türleri	43
Çizelge 4.1. Birinci İstasyondan Alınan Bitki ve Toprak Örneklerindeki kurşun Muhtevaları	48
Çizelge 4.2. İkinci İstasyondan Alınan Bitki ve Toprak Örneklerindeki Kurşun Muhtevaları	49
Çizelge 4.3. Üçüncü İstasyondan Alınan Bitki ve Toprak Örneklerindeki Kurşun Muhtevaları	50
Çizelge 4.4. Dördüncü İstasyondan Alınan Bitki ve Toprak Örneklerindeki Kurşun Muhtevaları	51
Çizelge 4.5. Beşinci İstasyondan Alınan Bitki ve Toprak Örneklerindeki Kurşun Muhtevaları	52
Çizelge 4.6. <i>Xanthium</i> . (yıkınmamış ve yıkınmış) Bitkisinde (1997) ... Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri	54
Çizelge 4.7. <i>Atriplex</i> (yıkınmamış ve yıkınmış) Bitkisinde (1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri	56
Çizelge.4.8 <i>Chenopodium</i> (yıkınmamış ve yıkınmış) Bitkisinde (1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri	57
Çizelge.4.9 <i>Diplotaxis</i> (yıkınmamış ve yıkınmış) Bitkisinde(1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri	60
Çizelge.4.10. <i>Medicago</i> (yıkınmamış) Bitkisinde(1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri	61

Çizelge.4.11. <i>Colutea</i> (yıkanmış ve yıkanmamış) Bitkisinde (1997) Pb^{2+} Derişimleri.....	62
Çizelge.4.12. <i>Conyza</i> (yıkanmış ve yıkanmamış) Bitkisinde (1997) Pb^{2+} Derişimleri	63
Çizelge.4.13. <i>Convolvulus</i> (yıkanmış ve yıkanmamış) Bitkisinde(1997) Pb^{2+} Derişimleri.....	63
Çizelge.4.14. Toprakta(1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri..	65
Çizelge.4.15. Birinci Aşamada (1997) Bitkilerdeki (yıkanmış ve yıkanmamış) kurşun Derişiminin İstasyonlar Göre Dağılımı	66
Çizelge.4.16. <i>Atriplex</i> (yıkanmamış) Bitkisinde(1999) Pb^{2+} Derişimleri	68
Çizelge.4.17. <i>Atriplex</i> (yıkanmamış) Bitkisinde(1997 ve1999) Pb^{2+} Derişimleri	69
Çizelge.4.18. <i>Xanthium</i> (yıkanmamış) Bitkisinde (1999) Pb^{2+} Derişimleri.....	70
Çizelge.4.19. <i>Xanthium</i> (yıkanmamış) Bitkisinde (1997 ve1999) Pb^{2+} Derişimleri.....	71
Çizelge.4.20. Toprak numunesinde (1999) Pb^{2+} Derişimleri	72
Çizelge.4.21. 30. km de <i>Atriplex</i> (yıkanmamış) Bitkisinde (2000) Çeşitli Aylardaki Pb^{2+} Derişimleri.....	75
Çizelge.4.22. 30. km de <i>Atriplex</i> (yıkanmamış) Bitkisinin (2000-Mayıs) Çeşitli Kısımlarında Pb^{2+} Derişimleri	75

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Bir karayolunda oluşan kirlетici etkenlerin çevre üzerindeki etkileri	11
Şekil 2.2. Yıkanmamış Yeşil Otlarda Kurşun Konsantrasyonu ile Trafik Yoğunluğu ve Yola Uzaklık Arasındaki İlişkiler	13
Şekil 2.3. Doğru Akım Polarografisi ile Elde Edilen Polarogram	22
Şekil 2.4. Diferansiyel Puls Polarografisinde Potansiyel, Puls lar ve Elde Edilen Polarogram	30
Şekil 2.5. (a) Diferansiyel Puls Polarogramı (b) DC Polarogramı	31
Şekil 2.6. <i>Atriplex</i> bitkisi	88
Şekil 2.7. <i>Chenopodium</i> bitkisi.	89
Şekil 2.8. <i>Medicago</i> bitkisi.....	90
Şekil 2.9. <i>Colutea</i> bitkisi.....	91
Şekil 2.10. <i>Convolvulus</i> bitkisi.....	92
Şekil 2.11. <i>Conyza</i> bitkisi	93
Şekil 2.12. <i>Xanthium</i> bitkisi.....	94
Şekil 2.13. <i>Diploaxis</i> bitkisi.....	95
Şekil 3.1. PAR 174 A Polarografi Cihazı	39
Şekil 3.2. Triple Su Eldesinde Kullanılan Damıtma Cihazı	40
Şekil 3.3. Örnek Bir Polarogram	45
Şekil 4.1. <i>Xanthium</i> Bitkisinin Yıkanmamış Örneklerinde Pb^{2+} Derişiminin Ankaradan Uzaklıkla Değişimi	54
Şekil 4.2. <i>Xanthium</i> Bitkisinin Yıkanmış Örneklerinde Pb^{2+} Derişiminin Ankaradan Uzaklıkla Değişimi	55
Şekil 4.3. <i>Chenopodium</i> Bitkisinin Yıkanmamış Örneklerinde Pb^{2+} Derişiminin Ankaradan Uzaklıkla Değişimi	58

Şekil 4.4. <i>Chenopodium</i> Bitkisinin Yıkanmış Örneklerinde	
Pb^{2+} Derişiminin Ankaradan Uzaklıkla Değişimi	58
Şekil 4.5. Toprak Örneklerinde (1997) Pb^{2+} Derişiminin Ankaradan	
Uzaklıkla Değişimi	65
Şekil 4.6. Toprak Örneklerinde (1999) Pb^{2+} Derişiminin Ankaradan	
Uzaklıkla Değişimi	73
Şekil 4.7. Toprak Numunesinde 19,5 km de (1999) Yoldan İçeri	
Girildikçe Pb^{2+} Derişiminin Değişimi	73



1. GİRİŞ

Ağır metallerden kurşunun, benzinli arabaların egzozundan çıkarak havayı kirlettiği bilinmektedir. Havadaki bu partikül halindeki kurşun bileşikleri ise bitki, hayvan ve insanlarla gıda örgüsüne girmekte, ekolojik ve çevresel dengeyi bozmakta ve çeşitli hastalıklara yol açmaktadır .

Yol kenarlarında bulunan bitkilerin egzoz gazlarından gelen kurşunu tutarak çevresel ve ekolojik kirlenmenin önlenmesine bir katkısı olduğu düşünüldüğünden, bu çalışmada; benzinli araçlardan atık maddesi olarak havaya karışan kurşunun yol kenarındaki çeşitli bitkiler tarafından tutulma miktarlarının, bitkinin cinsine, konumuna bağlılığının incelenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla, Ankara - İstanbul kara yolu üzerinde araç yoğunluğu bakımından değişen istasyonlar seçilerek bu bölgelerde kendiliğinden yetişen bitkiler üzerinde araştırmalar yapılmıştır. Çalışmada; Ankara - İstanbul kara yolu üzerinde 2; 9,5 ; 19,5 ; 36 ;50,3; km 'lerde, örnek toplama istasyonları belirlenerek, bu istasyonlarda bulunabilen *Chenopodium*, *Atriplex*, *Diploaxis*, *Xanthium*, *Conyza*, *Medicago*, *Colutea*, *Convolvulus* bitkileri incelendi. Daha sonra bu bitkiler içinde en fazla kurşun tutabilen ve en yaygın olarak bulunabilen *Atriplex*, *Xanthium* bitkileri, 1999-Ekim döneminde detaylı incelemeye alınmıştır.

Ayrıca *Atriplex* bitkisi 2000 yılı Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında tekrar toplanarak sistematik olarak incelenmiştir.

Bu çalışmaların sonucunda, kurşun tutma miktarı en fazla olan, uygun bitkilerin yol kenarlarında yetiştirilmesi ve mevcut bitkilerin korunmasıyla, araçlardan çevreye yayılan kurşunun, olumsuz etkisinin giderilmesine katkıda bulunulmasının mümkün olduğunun, ilgili kurumlara tavsiye şeklinde bildirilmesinin uygun olacağına karar verildi.



2. TEORİK BİLGİLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Hava Kirliliği ve Ağır Metal Birikiminin Önemi

Çevre kirliliği, ülkemizde ve dünyada gittikçe önem kazanan bir konudur. Çevreyi oluşturan temel unsurlardan hava, su ve toprak arasında doğal koşullarda bir denge vardır. Canlılar, bu dengeye bağlı olarak bir aksaklık göstermeden normal gelişim süreçlerini ve yaşamlarını devam ettirmektedirler. Genellikle insan faaliyetleri sonucunda ortaya çıkan ve atıldığı ortamda bulunmayan maddelerle, normal olarak ortamda bulunan fakat alışılmış konsantrasyon değerlerinin üzerine çıkan ve canlı yaşamı olumsuz etkileyen maddeler "kirletici" olarak adlandırılır [1].

Genel olarak hava kirleticisi ise; çevredeki insan, hayvan, bitki ve eşyaya ölçülebilecek miktarda etki yapabilecek maddeler olarak tanımlanabilir.

Hava kirliliği, toprak ve su kirliliğinin yanında gittikçe artan bir öneme sahiptir. Büyük şehirlerde sanayileşme ve kentleşme ile birlikte baca ve sanayi atıklarının, artan nüfusa bağlı olarak, araç sayısının ve trafik yoğunluğunun artmasıyla orantılı olarak hava kirliliği artmaktadır.

Eser elementlerin, sağlık tehlikeleri ve çevre sorunları açısından atmosferdeki seviyeleri, hiçbir yerde şehir yerleşim alanlarındaki kadar önemli değildir. Endüstri, binalar ve trafik gibi belirli kirletici kaynaklardan gelen element konsantrasyonu ve birikimi önceden tahmin edilmelidir [2].

Gerek atmosferde, gerek toprak, su ve bitkileri gibi diğer çevre unsurlarında bulunan eser elementler, çeşitli biyolojik reaksiyonlarda gösterdikleri katalitik ve zehir etkileri sebebiyle birincil kirleticiler arasında ele alınmaktadır.

Fe, Cu, Mn, Zn, Co, Cr, V vb. elementler insan, hayvan ve bitki yaşamında önemli işlevleri yerine getirmek için gerekli olmasına karşılık gerekenden az alındığında yetersizliğe, fazla alındığında da toksik etkiye neden olmaktadır (3). Hg, Cd, Pb, As, Be, vb. elementler ise zehirli elementler olarak ele alınırlar (4). Bütün bu elementler hava kirleticileri arasında bulunmaktadır.

Atmosfere salınan çeşitli kirletici unsurlar toprak üzerine doğrudan çökme, adsorbe olma ve yağışlar ile toprağa ulaşarak niteliklerine göre etkiler farklılık göstermektedir [1].

Zehirli eser elementler sürekli kirleticilerdir. Atmosferde kimyasal reaksiyonlara girerler ve yeryüzünde birikirler. Daha sonra topraktan, bitkiye, hayvana veya başka yollardan gıda zincirine girerek insanlar tarafından alınırlar [5].

Zehirli elementler arasında sayılan kurşun ayrı bir öneme sahiptir. Kurşun (Pb) periyodik sistemin 4 A grubunda yer alan metalik bir elementtir. Kurşunun mol kütlesi 207,2, atom numarası 82, erime noktası 327,5 °C, kaynama noktası 1525 °C 'dir. Erime noktasının düşük olması ve kolay şekil verilebilmesinden dolayı kullanım alanı çok fazla olan bir metaldir [6].

Kırsal alandaki atmosferde kurşun, 0,0006 µg/m³ olarak, şehir atmosferinde ise 2-8 µg/m³ olarak bulunmuştur [7].

Japonya'da 1973 yılında 15 ulusal örnekleme istasyonunda atmosferde 24 saatlik ortalama kurşun derişimi $0,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur. 24 saat içerisinde en büyük değer $2,72 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en düşük değer ise $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak tespit edilmiştir [7].

Ülkemizde yapılan bir araştırmada 1977-1978 yılı İzmir kent ortalamasında ise kurşun derişimi $1,489 \mu\text{g}/\text{m}^3$ olarak bulunmuştur [8].

Atmosferde bulunan bu kurşunun çoğu motorlu araçların egzoz gazlarından kaynaklanmaktadır [9].

Atmosfere giren kurşun miktarı Birleşmiş Milletler Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından 1975 'ten itibaren sürekli ölçümlerle belirlenmiştir (Çizelge 2.1).

Benzinle çalışan motorlu taşıtların egzozlarından çıkarak havayı kirleten kurşun, benzinlere tetraetil kurşun $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ (TEL) ve tetrametil kurşun $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$ (TML) gibi katkı maddelerinin ilavesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Tetraetil kurşun motor içerisinde yanmayı kontrol etmektedir. Ayrıca bu maddelerden biri veya ikisi müsaade edilebilir konsantrasyonlarda benzine katıldığında, motorlardaki vuruntuyu önlemektedir [10].

Bazı ülkelerde benzine katılan kurşun miktarı Çizelge 2.2 'de verilmektedir [11].

Çizelge 2.1. Atmosfere Kurşun Salan Kaynakların Yıllık Kullanım Miktarları

Kaynaklar	Miktar (Ton)
Benzin yanması	127800
Kömür yanması	228
Yağ yanması	100
Katı artıkların yanması	1170
Artık yağların yok edilmesi	5.000
Kurşun alkil üretimi	1000
Akümülatör üretimi	82
Madenlerin eritilmesi ve öğütülmesi	493
Primer kurşunun eritilmesi	400
Primer bakırın eritilmesi	1314
Primer çinkonun üretilmesi	112
Sekonder kurşun eritilmesi	750
Prinç ve bronz üretimi	47
Gridemir üretimi	1080
Ferro alaşım üretimi	30
Demir-çelik üretimi	605
Kurşun oksit üretimi	100
Pigment	12
Kablo kılıfı yapma	113
Teneke lehimlenmesi	63
Matbaa harfi üretimi	635
Metalik kurşun ürünleri	77
Çimento üretimi	312
Kurşun eşya yapımı	56
Toplam	141380

Çizelge 2.2. Çeşitli Ülkelerde Benzine Katılan Kurşun Miktarı

Ülkeler	Benzine Katılan Kurşun Miktarı (g/L)
ABD	0,13
Almanya	0,15
Japonya	0,31
Avusturya	0,40
Norveç	0,40
İsveç	0,40
İsviçre	0,40

Ülkemizde benzine katılan kurşun miktarı kurşunlu bileşiklerin kullanılma oranı; süper benzinde 0,26-0,74 g/L, normal benzinde 0,26 g/L 'dir [12]. Askeri benzinlerde ise bu değer 0,84 g/L civarındadır [13].

Motorlu araçlarda belirli zamanda ateşlemenin olabilmesi için, benzine %0,02-0,06 oranında TEL olarak kurşun katılmaktadır. Bu da bir litre benzinde 200-600 mg Pb bulunması demektir. Benzine katılan bu TEL ve TML halindeki organik kurşun, inorganik kurşundan daha toksiktir. Motorun çalışması ve yanma sonucu, söz konusu Pb 'nin %50-%70 'i egzoz ile havaya verilir. 10 L benzin ile 100 km giden bir araç, bu arada 2-3 g kurşunu havaya vermiş olur. Gündüz trafiğinde ulaşılması normal bir sayı olarak düşünülebilecek saatte yaklaşık 2000 araçlık bir yoğunlukta, 40-60 g km/saat kurşun havaya aktarılmış demektir [14, 15].

Taşıtların bir yol boyunca ve yerden yüksekliği 50 cm'yi geçmeyen seviyede gaz atıklarını bırakması, bunları bina veya fabrika gibi diğer kirleticilerden ayırmaktadır [16].

Özellikle şehir merkezlerinde yer alan caddeler, taşıtlardan çıkan gazların çevreye dağılımının başlangıç noktası olmaktadır. Açık arazi üzerinden geçen yollarda meydana gelen egzoz gazları, rüzgar sebebi ile süratle çevreye yayılabilir. Şehir içinde ise, etrafı bazen 30-40 m'ye varan yüksek binalar arasında kapalı kalan caddelerde, rüzgarın etkisinin azalması ve devamlı olarak gazlarının birikmesi sebebi ile egzoz gazları tehlikeli sınırlara varan büyüklükte zehirli gaz konsantrasyonlarına sebep olmaktadır [16].

Egzozların 50 cm'yi geçmeyen yükseklikte havaya atıklarını bıraktıkları gözönüne alınırsa cadde kenarlarındaki ağaçların bundan etkilenmemeleri söz konusu olamaz. Ayrıca başta çocuklar, sonra yayalar ve binada alt katta oturanlar en yüksek etkiye maruz kalırlar [16].

Karayolu çevresinde kurşunun yoğunluğunu ve yayılma oranını, benzindeki kurşun oranı, günlük araç yoğunluğu, ortalama rüzgar hızı ve yönü, yolun çevreye konumu ve araç motorlarının bakım durumları belirlemektedir [17].

Egzoz kaynaklı kurşunun parçacık büyüklüğünün %50-%90 'ının 1 μm 'den küçük olması bu parçacıkların uzun süre havada asılı kalmasını sağlamaktadır. Kurşun 210 izotopu ile yapılan bir çalışmada, bu izotop taneciklerinin 30 gün süreyle havada asılı kalabildiği saptanmıştır [18].

2.2. Bitkilerde Ağır Metal Birikimi

Bitki bünyesinde bulunan ağır metallerin kaynağı olarak, doğrudan bitkiler üzerinde meydana gelen atmosferik tortulanma ve kirlenmiş topraklardan, bitki kökleri vasıtasıyla metal alma şeklinde belirtmek mümkündür. Bitkilerin değişik organlarında en az 60 çeşit elementin bulunduğu saptanmıştır. Çinko,

mangan, bor, bakır, molibden gibi elementlerin fizyolojik olarak bir çok bitki türü için gerekli olduğu belirtilmiştir [19].

Her ne kadar bitkiler, kökleri ile aldıkları elementler arasında seçim yapma özelliğine sahiplerse de çözünebilir durumda çevrede bulunan çok sayıda elementi absorbe etmektedirler. Bitkilerde bulunan elementlerin miktarları; bitkinin türü, yaşı, kök gelişimi, toprağın fizyolojik, kimyasal ve biyolojik yapısı, toprakta yayayışlı halde bulunan elementlerin miktar ve çeşitleri, uygulanan çeşitli tarımsal yöntemler, hava koşulları vb. gibi çok çeşitli etkenlerin etkisi altındadır [20].

Genel olarak kurşunun bitkiler tarafından absorpsiyonu metalin topraktaki miktarına bağlı değildir. Absorpsiyon daha çok atmosferdeki kurşunun bitki üzerinde tortulaşması ile olmaktadır. Fakat, yüksek kurşun miktarına sahip toprakta yetişen bitkilerin üst kısımlarında daha az, köklerde ise daha fazla kurşun bulunduğu tesbit edilmiştir [20].

Kurşunun bitkilerde birikme oranı, trafik yoğunluğuna, kurşun kaynağından uzaklığa, rüzgar yönüne, mevsimsel değişmelere ve bölgenin topografik özelliklerine göre farklılık göstermektedir (13, 21- 27).

Bir karayolunda oluşan kurşun, bitüm, lastik parçaları ve diğer madensel tuzların kaynaktan çevreye doğru yayılımını Şekil 2,1' de izlemek mümkündür. Şekilde 2,1' de görüldüğü gibi zararlı maddelerin izlediği yol ne olursa olsun sonuçta bitki örtüsü çeşitli derecelerde zarar görmektedir [17].

Atmosferdeki kurşun konsantrasyonunun seviyesi taşıt yoğunluğuna bağlanmaktadır. Topraktaki kurşun konsantrasyonu da taşıt sayısına bağlı olarak değişim göstermektedir. Taşıt sayısı arttıkça topraktaki kurşun da buna

paralel olarak artar. Atmosferdeki kurşun konsantrasyonuna bağlı olarak topraktaki kurşun konsantrasyonu değişimi Çizelge 2.3 'de gösterilmiştir.

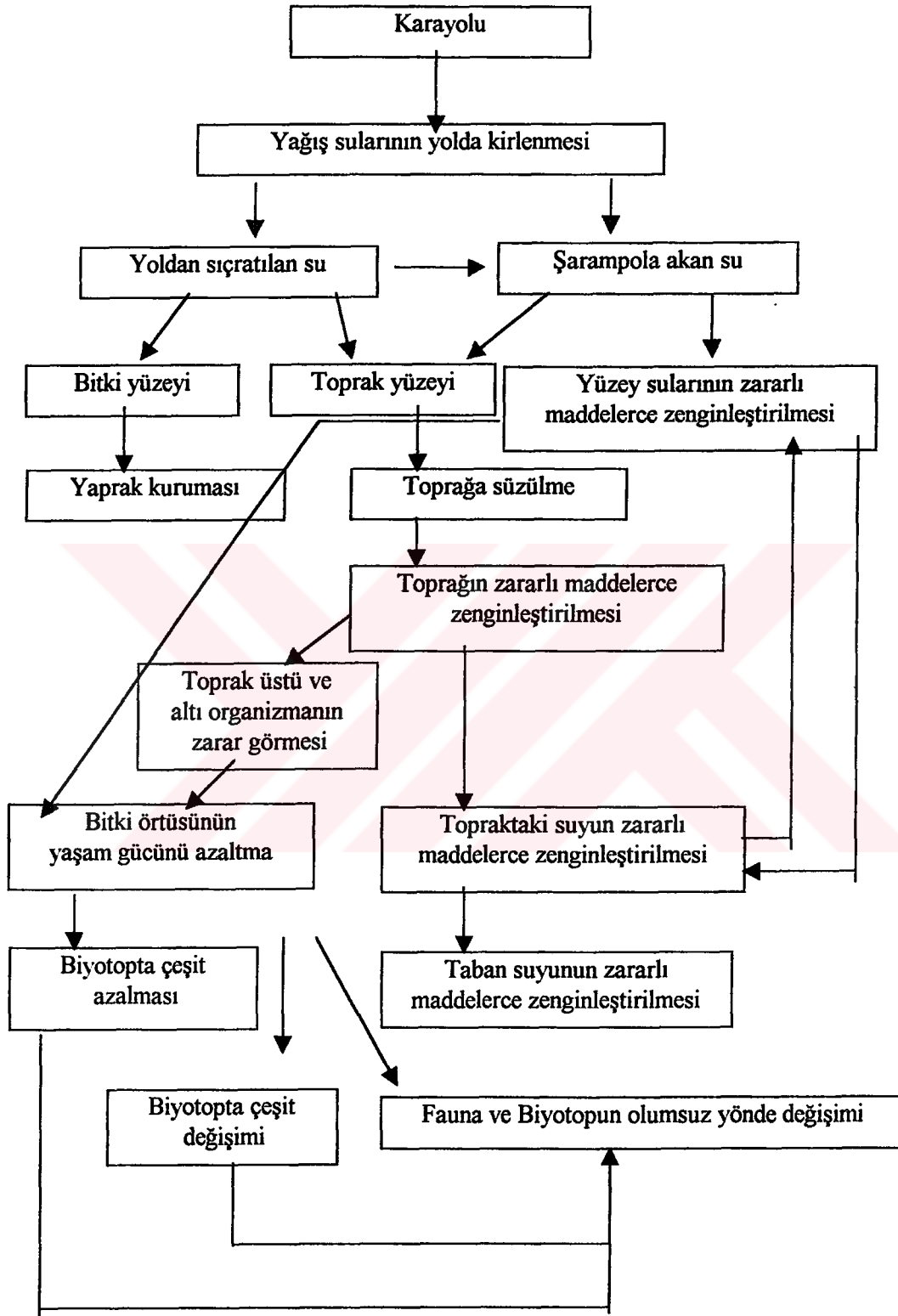
Şehir atmosferindeki kurşun konsantrasyonunun kırsal alanlara göre çok fazla olduğu tespit edilmiştir [28].

Kurşun konsantrasyonu ve trafik yoğunluğu arasındaki ilişkiyi incelemek üzere Londra' da yapılan bir araştırmada kavak, çınar ve fındık ağaçlarında kurşun konsantrasyonu sırasıyla kuru madde üzerinden 14-20-52 mg/kg olduğu görülmüştür. Daha küçük bir yerleşim merkezi olan Sussex' te yetişen aynı ağaçlarda bu değerler sırasıyla 2-0,8-2 mg/kg düşmüştür.

Trafik yoğunluğu yüksek olan yolların kenarlarında yetişen *Ligustrum vulgare* L. yapraklarında kurşunun 88 mg/kg bulunduğu halde, trafik yoğunluğu düşük olan yolların çevresinde yetişen aynı bitkide bu oranın 45 mg/kg 'a kadar düştüğü gösterilmiştir (29, 30).

Çizelge 2.3. Trafik Yoğunluğu ve Topraktaki Kurşun Konsantrasyonu Arasında İlişki (28)

Araç/Saat	Topraktaki kurşun (mg/kg)	Referans
900	2,12	Daines ve ark. (1970)
1900	4,34	Daines ve ark. (1970)
2400	10,10	Daines ve ark. (1970)
17300	565	Khan ve ark. (1973)
50400	1372	Khan ve ark. (1973)
97000	2166	Khan ve ark. (1973)



Şekil 2.1. Bir Karayolunda Oluşan Kirletici Etkenlerin Çevre Üzerindeki Etkileri

Trafik yoğunluğu 245 taşıt/saat olan İzmir-Çeşme yolundan alınan *Zea mays* (mısır) türünde Pb: 8 mg/kg, Zn: 99 mg/kg ve Cd: 0,62 mg/kg olarak saptanmış buna karşılık trafik yoğunluğu 59 taşıt/saat olan Turgutlu-Manisa yolundan alınan aynı bitkide bu değerler sırayla 2-55-0,12 mg/kg 'a düşmüştür. Diğer yandan *Pinus brutia* 'da İzmir il merkezinde 45 mg/kg, İzmir çevresindeki ana yollarda ise 6 mg/kg kurşun saptanmıştır [31].

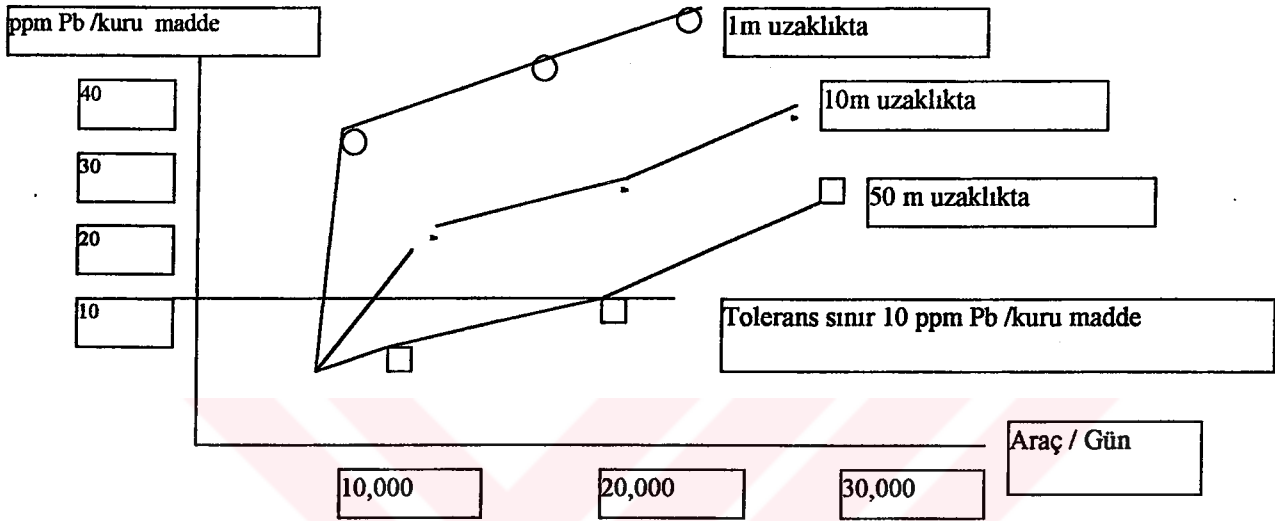
Yapılan araştırmalar sonucunda yoldan uzaklaştıkça kurşun birikiminin kademeli olarak azaldığı ve belirli bir uzaklıktan sonra hemen hemen sabit kaldığı görülmüştür.

Page, Los Angeles 'te yoldan 20 m uzaklık içine giren bitkilerin, 50 m uzaklıklardakilere göre 2-5 kat daha fazla kurşun biriktirdiğini rapor etmiştir [32].Çimlerde ve sebzelerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir [21].

Federal Almanya 'da yapılan bir araştırma yoldan geçen araç sayısı, yoldan uzaklık ve kuru maddede kurşun konsantrasyonu arasındaki ilişkileri belirleyen ilginç sonuçlar ortaya koymuştur.

Şekil 2,2 'de izlenen bu araştırmanın sonuçlarına göre WHO 'nun yem bitkileri için kabul ettiği sınır değer olan kuru maddede 10 ppm kurşun konsantrasyonu, yoldan 1 m uzaklıkta 2300 araç/günde, 10 m uzaklıkta 4700 araç/günde, 50 m uzaklıkta ise 18500 araç/günde aşılmaktadır. Yiyecek maddeleri için kabul edilen 0,5 ppm sınır ise çok daha düşük araç yoğunluğunda bile geçilebilmektedir [29].

Yalçın ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalarda belirttikleri gibi, gerek toprak ve yapraklarda gerekse meyvelerde, alınan noktalar karayoluna yaklaştıkça, ihtiva ettiği kurşun birikiminde bir artış ortaya çıkmaktadır [33].



Şekil 2.2. Yıkanmamış Yeşil Otlarda Kurşun Konsantrasyonu ile Trafik Yoğunluğu ve Yola Uzaklık Arasındaki İlişkiler

Özörgücü ve Türkan'ın yaptığı çalışmalardaki bulgulara göre yoldan uzaklaştıkça örneklerdeki kurşun miktarı azalmaktadır. Kurşun konsantrasyonu yolun hemen kenarında (0 m) 38 mg/kg, 10 m 'de 26-36 mg/kg, 20 m 'de 21-24 mg/kg, 50 m 'de 16-20 mg/kg ve 100 m 'de 12-13 mg/kg arasında değişmektedir [24].

Araştırmalar sonucunda kurşunun 100 m içerilere kadar taşınabildiği ortaya çıkmıştır. Kutuplarda buzullar üzerinde yapılan çalışmalarda buz tabakalarında otomobil egzozlarından kaynaklanan yoğun kurşun birikimine rastlanılmıştır [30].

Bazı istisnalar olmasına karşılık bitkiler ve bulundukları ortamdaki ağır metallerin konsantrasyonu sonbahar-kış arasında daha yüksektir. Kış mevsiminde ısıtmada kullanılan yakıtlar (linyit, fuel-oil, odun vs.), endüstri ve trafik gibi, mevsimin özellikleriyle beraber etkili olurken, yazın ise mevcut kaynaklar endüstri ve trafik olmaktadır. Örneğin *Salicornia europaea* 'da ilkbahar döneminde Pb, Zn ve Cu konsantrasyonları sırasıyla 6 ppm-31ppm ve 4 ppm ölçülmüş, yaz döneminde ise 59 ppm –231 ppm –13 ppm bulunmuştur. Aynı bitkide sonbahar döneminde 11 ppm, 72 ppm ve 3 ppm ölçülmüşken kış aylarında 92 ppm, 182 ppm ve 45 ppm olarak bulunmuştur [34].

Rüzgar, bulut, sis, dolu, yağmur ve kırağı hava kirlenmesinde etkili olan önemli ölçülebilir meteorolojik faktörlerdir. Yağmur ve kar, partikül ve gaz halindeki kirleticileri toprağa ve sulara taşır. Partiküler kirleticiler; pıhtılaşma, büyüme ve çökme eğilimi gösterirler. Bununla birlikte, daha hafif partiküller ve gaz halindeki kirleticiler atmosferik yayılma hareketinden etkilenecek esas kaynaklarından çok uzaklara taşınabilir [35].

Kirleticilerin taşınması ve yayılmasında en önemli faktör rüzgarın etkisidir. Rüzgar hızının etkisi iki yönlüdür. Birinci etkisi rüzgar hızı, kirleticinin kaynaktan alıcı ortama (insan, bitki, hayvan) geçiş süresini belirler. Bir diğer etki, rüzgar yönünde kirleticinin seyrelme miktarıdır. Kirletici konsantrasyonu rüzgar hızı ile ters orantılıdır [35]. Yüksek rüzgar hızı, egzoz gazının geniş bir hava kütlesi ile karışarak kirlilik yoğunluğunun azalmasını sağlar. Bina aralarında toplanan kirli gazları sürükleyerek de, sürekli yoğunluk artmasını engeller. Bunun yanında düşük rüzgar hızlarında gaz konsantrasyonunun zamanla artış göstereceği dikkate alınmalıdır. Yapılan çalışmalarda düşük rüzgar hızlarında hava kirliliğinin 6 kat arttığı görülmektedir [16].

Rüzgar yönünün, kurşun dağılımı üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmacılar, rüzgar olmayan tarafta yetişen bitkilerin rüzgar alan tarafta yetişenlere oranla daha fazla kurşun biriktirdiklerini rapor etmişlerdir [21,23,32,36].

Bitkilerin yüzey yapısının pürüzlü ve tüylü oluşu kurşun biriktirme kabiliyetlerini artırmaktadır. Fidora yaptığı araştırmada *Lonicera xylesteum* 'un tüylü yapraklarındaki Pb birikiminin *Lonicera tatarica* 'nın tüysüz yapraklarına göre daha fazla olduğunu bulmuştur [23].

Türkan deneme bitkileri içinde tüylü yapraklara sahip *Morus alba*, *Inula graveolens*, *Thymus capitatus* ve *Oryzopsis coerulescens* 'de ağır metal konsantrasyonlarını daha yüksek bulmuştur [31].

Altan ve Önsoy, Toprakkale-İskenderun arasında yaptıkları araştırmada lahana yapraklarında kurşun konsantrasyonunun çok yüksek olduğunu bunun hem yaprak yüzeyinin genişliğinden hem de kıvrımlı olmasından kaynaklandığı vurgulanmaktadır [17].

Altan ve arkadaşları Mersin-Osmaniye karayolu çevresinde alınan örneklerde bulunan domates ve meyvelerindeki kurşun konsantrasyonlarını ölçmüşlerdir. Domates meyvesinde kurşun oranının yaprağa göre düşük olduğunu bulmuşlardır. Burada domates meyvesinin pürüzsüz ve kaygan bir satha sahip olması önemli rol oynamıştır. Aynı yerden alınan domates yapraklarında anız sap artıklarından daha yüksek kurşun bulunmuştur. Bu da geniş ve düz tüylü yaprakların daha fazla kurşun partikülü tuttuğunu doğrulamaktadır [17].

Özörgücü ve Türkan, kurşunun bitkinin farklı organlarındaki dağılımı üzerinde çalışmalar yapmışlardır. Köklerdeki kurşun birikiminin yapraklarındakine oranla oldukça az olduğu ortaya çıkmıştır [25].

Baumhart, mısır tanelerinin vegetatif kısımlarına göre çok daha az kurşun biriktirdiğini saptamıştır. Bu durum bitkinin havayla sürekli gaz alışverişi yapan organları olan yaprakların daha fazla kurşun biriktirdiğini göstermektedir [37].

Kloke ve Riebartsch [38], çimlerdeki kurşunun %80 veya daha fazlasının suyla yıkamayla uzaklaştırılabileceğini belirtmişlerdir. Garber [39], ise bu miktarın %30-50 arasında olduğunu rapor etmiştir. Özörgücü ve Türkan [25] yaptıkları bir çalışmada yıkanan tütün yapraklarındaki toplam kurşunun %41 'inin suyla uzaklaştığını tespit etmişlerdir.

Ballota acetabulosa (L.) Bentham, bir demir çelik fabrikasının çevresinde metal kirlenmesinin bir monitörü olarak araştırılmıştır. Pb, Zn, Cd, Cr, Fe ve Mn konsantrasyonları fabrikaya 250-2500 m uzaklıktaki mesafelerden alınan yıkanmış ve yıkanmamış yapraklardan saptanmıştır. Yıkanma ile bütün uzaklıklardan alınan örneklerde metallerin yapraklardan ortalama olarak %30-60 arasında uzaklaştığı saptanmıştır [40].

Toker ve arkadaşları, Ankara 'da değişik bölgelerde yol ortası refüjlerinde yetiştirilen çamlarda Pb, Ni ve Cd birikimlerini tespit ederek, bu kirliliğin trafik yoğunluğu ile ilişkisini göstermeye çalışmıştır [41].

Bingöl, Ankara 'da Döğol Caddesi 'nde *Aesculus hippocastanum* L. araçlarının farklı organlarındaki kurşun birikimlerinde trafik yoğunluğuna bağlı olarak

aylık değişimler olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca bitki organlarının yüzey yapılarının kurşun biriktirme yeteneğini etkilediğini göstermiştir [26].

Çinko (Zn), metal kaplama ve alaşımlarda çok kullanılan önemli bir elementtir. Yoğun endüstri alanlarından bırakılan atık sular, kanalizasyon suları ve asit yağışlarının Zn içeren materyal üzerinde yapmış olduğu aşındırıcı etki sonucu, çevrede konsantrasyonu artan ve toksik düzeylere ulaşan bir eser elementtir. Çinko ayrıca mürekkep, kopya kağıtları, kozmetik, boya ve muşamba sanayiinde geniş ölçüde kullanılmaktadır [42].

Gerçekte Zn, bitkiler ve hayvanlar için temel bir elementtir. Hayvan ve bitki metabolizmasında fonksiyon gösteren peptidaz ve anhidraz gibi enzimlerin katalizlenmesini gerçekleştirir. Bitkilerde birikmekle beraber, insan ve hayvan beslenmesinde olumsuzluk yaratacak düzeyde değildir. Ancak asidik topraklarda aşırı düzeylerinde fitotoksisite görülebilir. Topraktaki çinko 10-300 mg/kg arasında değişmekte olup, bunun alınabilir kısmı 3,6-5,55 mg/kg (%12-18) kadardır. Normal şartlarda yetişen kara bitkilerinin kuru maddesindeki Zn konsantrasyonu 20-400 mg/kg, sebzelerde 1-160 mg/kg arasında değişmektedir. Toksik düzey mg/kg üzerindeki konsantrasyonlarda görülmektedir. Hayvanlardaki Zn toksisitesi ise yem kuru maddesindeki Zn düzeyi 1000 mg/kg aştığı taktirde başlamaktadır [42].

Çinko elementi bitkiler tarafından fazla miktarda alınarak depolanabilmektedir. Yapılan çalışmalarda bu birikimin 1300 mg/kg dan fazla olabileceği tespit edilmiştir [43]. Topraktan alınan çinkonun büyük bir kısmı bitkinin gövde kısmında tutulmakta olup, generatif kısımlardan daha azdır. Topraktaki çinko birikiminin kaynağının, endüstriyel kirlilikler dışında gübreleme yoluyla

olabileceği, doğal ham fosfatın fazla miktarda çinko içermesinden anlaşılmıştır. Ayrıca topraktaki çinkonun taşınırılığı da kurşundan fazladır [19].

Yapılan çalışmalar sonunda gerek karayolunun gerekse yerel yapının ve gübrelemenin çinko birikimini fazla etkilediği yani birikimin yüksek değerlere ulaştığı anlaşılmıştır [33].

Doksan adet değişik bitki üzerinde çalışmalar yapan Beeson, kuru madde üzerinden çinkonun armut, şeftali ve erik gibi meyve ağaçlarının meyvelerinde birikiminin 2-3 mg/kg, pamuk tohumu ve salkım otunda 300 mg/kg arasında değiştiğini rapor etmiştir. Araştırmacı yulafta 83 mg/kg, buğdayda 17 mg/kg, lahana yapraklarında 24 mg/kg Zn bulunduğunu saptamıştır [43].

Stewart ve Berger, darı bitkisinde Zn 'nun 14,1-576,6 mg/kg arasında değiştiğini rapor etmişlerdir [44].

Bakır (Cu) gerekli fakat toksik özelliği olan bir elementtir. Özellikle asit karakterli topraklarda yüksek konsantrasyonlarda bulunabilen ve çok yaygın olarak kullanılan bir metaldir. Bu yüzden çevreye endüstri tozları, fungusidler, maden zenginleştirme, fosil yakıtlar ve diğer endüstriyel atık suları ile bırakılmaktadır. Bakırın yüksek düzeyleri toprak mikroorganizmaları için de toksiktir. Toprakta yüksek bakır içeriğine ulaşılması halinde, topraktaki diğer mikrobelerin maddelerinin bitkiler tarafından alımı güçleşmektedir. Örneğin yüksek bakır düzeyleri, bitkilerde tipik kloroz ile ortaya çıkan demir noksanlığına neden olmaktadır. Benzer şekilde çinko ile bakır arasında da antagonistik etki gözlenmiştir. Bakırın toksik etkisi, bitkilerde çinkoya göre 2 kat daha fazladır [42].

Andrew ve Thorne ak üçgül ve yoncanın (*Medicago sativa*) Cu konsantrasyonlarını 3,3 ve 1,4 mg/kg bulmuşlardır. Sing ve Sinha bakır muhtevası ortalama olarak 3,81 mg/kg olan topraklarda yetişen buğday bitkilerindeki bakırın 10-160 mg/kg arasında değiştiğini ve ortalama olarak 34 mg/kg olduğunu saptamışlardır [45].

2.3. Ağır Metal Birikiminin İnsan Sağlığına Etkileri

Kurşun solunum, sindirim ve deri yolu ile vücuda girebilir. Kurşunun bu yollardan absorpsiyonu hem maruz kalınan kurşun bileşiğinin konsantrasyonuna, yapısına, etki süresine ve hem de kişinin yaşı ve fizyolojik durumuna bağlı olarak değişiklik gösterir [46].

Kurşunun çevre havasında hangi bileşikler halinde bulunduğu koşullara göre değişebilir. Örneğin otomobil egzozlarından çıkan gazlarla kirlenmiş ortamlarda yapılan analizlerde havadaki kurşunun başlangıçta inorganik kompleksler halinde kısmen oksitler halinde olduğu ve bunların zamanla çevre koşullarına bağlı olarak sülfürlere, sülfatlara, karbonatlara dönüştüğü saptanmıştır. Endüstriyel etkilenmede ise havadaki kurşun bileşiklerinin hemen hemen tamamının oksitler şeklinde olduğu bildirilmiştir [44].

Vücuda solunum yolu ile giren tanecikler büyüklüklerine bağlı olarak solunum yollarının çeşitli bölgelerinde tutulurlar. Solunum yoluyla giren toz ve bakterileri uzaklaştırmada alveoler makrofajların önemi bilinmektedir. 10-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ konsantrasyonunda kurşun bileşikleri içeren ortam atmosferinde belirli sürelerde bırakılan sıçanlarda yapılan incelemelerde makrofajların sayıca azaldığı gösterilmiştir [47]. Böylece, yüksek konsantrasyonlarda kurşuna maruz kalındığında akciğer savunma sisteminin zayıfladığı görülmüştür.

Ortama bağılı olarak yiyeceklerden alınan kurşun 300 $\mu\text{g/gün}$ civarındadır. Çapı 2 μm 'den büyük olan tanecikler mukozaya yapışarak besinler ile sindirim organına geçerler [48]. Kandaki kurşun en fazla idrar yolu ile vücuttan atılmakta olup, bu yaklaşık olarak 30-40 $\mu\text{g/gün}$ değerindedir [49].

İnsan vücudunda normalin üzerinde kurşun birikimi olduğu zaman karaciğerde, böbreklerde ve bağırsaklarda bir takım rahatsızlıklara sebep olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca doğurganlıkta ve hamilelikte zararlar oluşturduğu ve çocukların zihinsel faaliyetlerinin gelişmesine engel olduğu yapılan araştırmalar ile ortaya konmuştur. Örneğin ABD 'de kurşun zehirlenmesinin beyne verdiği zarar sonucu 50.000 kadar geri zekalı çocuğun bulunduğu belirtilmektedir [50].

Çinko ise insan sağlığı açısından önemli bir element olup, belirli miktarlarda alınması gereklidir. 70 kg ağırlığındaki bir insanda ortalama olarak 1,4-2,3 g çinko bulunabilmektedir. Vücut yiyecek ve içeceklerden ortalama olarak günde 10-15 mg çinko alır [51].

2.4. Polarografi Tekniği ve Uygulama Alanları

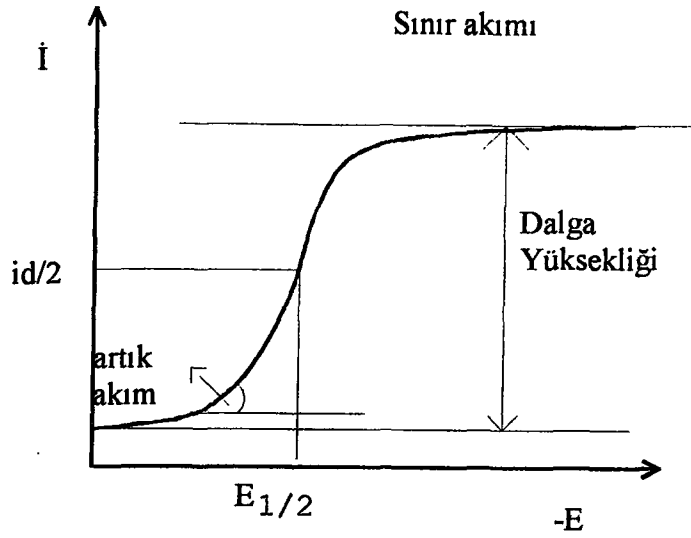
Polarografi metodu 1927 yılında Çekoslovak bilim adamı Jaroslav Heyrovski tarafından geliştirilmiş bir metoddur. Bundan otuz yıl öncesine kadar d.c. polarografisi ile sınırlı kalan bu metod son gelişmeler ile çok başvurulan duyarlı ve güvenilir bir metod durumuna gelmiştir.

Polarografi voltametrik metodlardan bir tanesidir. Voltametri bir elektrolitik hücrede elektrod potansiyelinin değiştirilmesine bağlı olarak hücreden geçen akım değişiminin ölçümüne dayanan elektroanalitik bir metoddur.

Polarografide potansiyeli değişen elektrot çalışma elektrodu adını alır. Çok çeşitli tür ve şekilde çalışma elektrodu vardır. Bunlar: civa, platin, altın, grafit v.s. dir. Polarografide çalışma elektrodu damlayan civa elektrodudur.

Damlayan civa elektrodu (DCE) 0,05-0,08 mm iç çaplı bir cam kılcal borudan geçip damlayan civadan oluşan bir elektroddur. Bu kılcalın bir ucu 5 - 50 ml kadar çözelti bulunduran hücreye daldırılır. Diğer ucu 30 - 80cm yüksekliğindeki bir boru yardımıyla civa deposuna bağlanır. Kılcalın yukarısında bulunan civa sütununun hidrostatik basıncıyla civa çözelti içerisinde damlalar halinde düşer. Damla büyüklüğü ve damlama süresi civa sütununun yüksekliği ile ayarlanır. Normal damlama süresi civa sütun yüksekliği ile ayarlanır; bu süre 0,5 - 8 s/damla civarındadır. Damla ömrü mekanik damla sürücü yardımıyla istenildiğı gibi de ayarlanabilir.

Damlayan civa elektrodunun potansiyeli bir referans elektroda karşı değiştirilir. Referans elektrot genellikle Ag/AgCl veya doygun kalomel elektroddur. Damlayan civa elektrodu ile referans elektrot arasına bir potansiyometre ile potansiyel uygulanır. Hücreden geçen akım bir galvanometre ile ölçülür. Ölçülen akımın uygulanan potansiyele karşı grafiğine polarogram adı veriler. Aşağıda bir doğru akım (D.C.) polarogramı görölmektedir. Şekil 2.3. den göröldüğü gibi D.C. polarogram sigmoidal bir yapı gösterir.



Şekil 2.3 Doğru Akım Polarografisi İle Elde Edilen Polarogram

Polarografide akım , çalışma elektrodu üzerinde maddelerin indirgenmesi veya yükseltgenmesi sonucunda oluşur .İndirgenmeden dolayı oluşan akıma katodik akım denir ve işareti negatiftir. Polarogramdan görüldüğü gibi belli bir potansiyelden sonra akımın sabit kaldığı bir plato bölgesine ulaşılmaktadır. Bu akıma sınır akımı denir. Elektrot üzerinde henüz bir reaksiyon olmadığı zaman küçük de olsa bir akım gözleriz . Bu akıma artık akım denir. Sınır akımı ile artık akım arasındaki yükseklik dalga yüksekliğidir. Dalga yüksekliği difüzyon kontrolü polarografide elektro aktif maddenin konsantrasyonu ile doğusal olarak artar. Bu özellik nedeni ile polarografi kantitatif analizlerde kullanılabilir. Akımın sınır akımının yarısına eşit olduğu potansiyel yarı dalga potansiyelidir.Yarı dalga potansiyeli $E_{1/2}$ ile gösterilir . $E_{1/2}$ değeri genellikle elektro aktif madde konsantrasyonuna bağlı değildir ve standart yarı hücre potansiyeli ile yakından ilişkilidir.Yarı dalga potansiyelinin her madde için karakteristik bir değere sahip olmasından yararlanarak, polarografi kalitatif analizlerde de kullanılabilmektedir .

Polarografik tekniklerde çalışma elektrodu olarak kullanılan damlayan civa elektrodunun diğer elektrotlara göre bazı üstün ve eksik yönleri vardır.

Üstünlükleri;

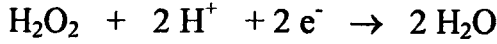
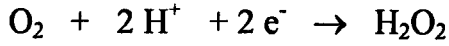
- a) Cıva elektrodu üzerinde hidrojenin aşırı gerilimi diğer metallere göre daha yüksektir. Yani H^+ oldukça negatif potansiyellerde indirgenir, bu da normalde hidrojenden daha zor indirgenen bir çok elektroaktif türün H^+ 'dan daha pozitif potansiyellerde indirgenmesini ve tayinini mümkün kılar.
- b) Cıvanın sürekli damlamasından dolayı her zaman taze ve temiz bir elektrot oluşur. Elektrot yüzeyinin kirlenmesi hemen hemen söz konusu değildir.
- c) Elektrot yüzeyi pratikçe her zaman aynı kalır. Bazı iyonlar (Cu^{2+} , Zn^{2+} gibi) cıva damlasında indirgenip cıva ile amalgam yaparlar, fakat indirgenme çok az olup cıva elektrot yüzeyini değiştirmez.

Eksiklikleri;

- a) Cıva toksik bir elementtir. Polarografide çok saf ve temiz cıva kullanılması gerektiğinden temizlenmesi esnasında cıva buharından kaçınmak gerekir.
- b) Cıva $+0,4$ V 'dan daha yüksek potansiyellerde yükseltgendiğinden bu potansiyelden daha pozitif potansiyellerde çalışamaz.

Polarografide oksijenin uzaklaştırılması :

Suda çözünmüş oksijen bulunduğundan, polarografik çalışmalarda çözelti içerisinde inert bir gaz (N_2 , Ar vs.) geçirilerek çözünmüş oksijen uzaklaştırılır. Çünkü çözünmüş oksijen cıva üzerinde indirgenir ve oluşan indirgenme dalgaları analiz edilecek olan maddenin dalgalarını örter veya girişim yapar. Ortam pH 'sına göre değişen oksijen indirgenme potansiyelleri asidik ortamda $-0,05$ V 'da peroksida ve $-0,9$ V civarında suya indirgenme şeklinde gözlenir.



2.5. Polarografi Tekniğinde Gelişmeler

Normal polarografik yöntemle 10^{-4} - 10^{-5} M konsantrasyonda madde tayini yapılabilir. Bazı değişikliklerle bu sınırın küçültülmesi yoluna gidilmiş ve türevsel, alternatif akım, kare dalga, puls polarografi yöntemleri geliştirilmiştir. Bunlar, temelde aynı olmakla beraber, duyarlılığı artırmak amacı ile bazı devrelerin eklendiği veya modifiye edildiği yöntemlerdir. Bunlar yapılırken, damlanın büyümesinden olan etkiler, kapasitif akım ve benzeri etkiler azaltılmaya çalışılmıştır.

Birbiri ile çakışan iki dalgayı daha iyi ayırabilmek amacıyla türevsel polarografi (54) geliştirilmiş olup, bunda, normal polarografi devresine konulan bir kapasitörün çıkış voltajı, giriş voltajının türevi haline getirilmiştir. Böylece, normal polarografik dalga şekli yerine bir pik akımı gözlenmekte, yarı dalga potansiyelleri birbirinden 50-60 mV kadar farklı olan dalgaların ayrılması, sağlanmış olmaktadır.

Damlayan civa elektrodunda civa yüzeyinin yüklenmesinden dolayı oluşan kapasitif akım sabit kalmaktadır. Bu koşullarda faraday akımının okunamadığı dikkate alınarak, bu artık akımı kompanse edecek ters yönde doğrusal değişen bir akım hücreden geçirilmektedir. Buna rağmen, düşük depolarizer konsantrasyonlarında bu tip kompenzasyonun yeterli olmadığı bir gerçektir.

Tast (Strobe) Polarografisinde (54) akım sürekli ölçülmeyip, damlanın kopmasından az önce ölçülmektedir. Faraday akımı, damla oluşum süresinin 1/6 kuvveti ile doğru, kapasitif akım ise 1/3 kuvveti ile ters orantılı

olduğundan, difüzyon akımı damlanın kopmasından az önce maksimum değere ulaşmakta, böylece ölçümdeki duyarlılık artmaktadır .

Alternatif akım polarografisinde(54), devamlı artan doğru akım voltajına, sabit ve küçük genlikli (1-50mV) sinüzoidal bir gerilim bindirilir. Bu alternatif akımın frekansı sabit olup, 1-250 devir/s'dir. Doğru akım, indirgenmeyi sağlayacak değere yavaş yavaş çıkarılır. Ancak, eklenen alternatif akım etkisi ile, faraday akımı da alternatif karakter kazanır. Bu akım bir maksimum verir. Bu maksimumun bulunduğu potansiyel, yaklaşık olarak, doğru akım polarogramındaki $E_{1/2}$ değerindedir. Bunun türevsel polarografiden farkı diğer akımların türevlerinin alınmamış olmasındandır. Plato bölgesinde akım, potansiyel ile değişme göstermediğinden, alternatif akım sıfıra iner. Doğru akım ve alternatif akım polarografisinde elde edilen polarogramlar görülmektedir. Bu teknikte akımın DC kısmı bir kondanstörle süzülmekte, AC kısmı ise, şiddetlendirilip (amplifiye edilip) ölçülmektedir.

2.6. Artık Akım ve Sınır Akımı

Bir polarografik dalgaının plato bölgesindeki toplam akım veya sınır akımı birkaç akımın bileşimidir. Ortamda elektroaktif tür yokken aynı koşullarda destek elektrolitin verdiği akım "artık akım" dır. Elektroaktif türün indirgenmesinden veya yükseltgenmesinden dolayı olan akım toplam akım ile artık akım arasındaki fark kadardır. Eğer incelenecek olan elektroaktif madde iyonik yapıda ise bu iyonlarla elektrot arasında elektrostatik bir etkileşim mevcuttur. Herhangi bir elektrostatik etkinin olmadığı koşullarda ölçülen sınır akımı ile bu koşullarda elde edilen sınır akımı arasındaki farka "göç akımı" denir. Polarografide elektroaktif türün göç akımı istenmediğinden ortama yüksek derişimde destek elektrolit eklenerek, incelenecek türün göç akımı önlenir. Bu durumda incelenecek türün taşıma sayısı minimuma düşürülerek, elektrostatik göç destek elektrolit tarafından sağlanır.

Polarografik dalga yüksekliğinin en önemli bileşeni difüzyon akımıdır. Polarografik şartlar dalga yüksekliğinin sadece difüzyon akımından dolayı olması için ayarlanır. Plato bölgesinde elektroaktif tür elektrot yüzeyine gelir gelmez indirgenir (veya yükseltgenir).

Bu durumda elektrot yüzeyinin hemen yanındaki tabakada derişimi sıfır olur. Elektod yüzeyiyle ana çözelti arasında konsantrasyon farkı olacağından difüzyon kuvveti oluşur. Polarografide elektroaktif türün sadece bu konsantrasyon farkından (konsantrasyon gradyanı) dolayı elektrot yüzeyine gelmesi istenir ve bu şekilde oluşan akıma "difüzyon akımı" denir. Bununla beraber elektroaktif türün elektrot yüzeyine ulaşması bazı durumlardan etkilenebilir. Örneğin elektrot reaksiyonu sonucu oluşan ürün çözeltideki başka bir türle yeni bir elektroaktif tür oluşturabilir ve bu durumda ölçülen dalga yüksekliğinde bunun da katkısı bulunur. Bazen elektroaktif türün elektrot yüzeyinde aşırı olmasından veya elektrot reaksiyonu sonucu oluşan üründen kaynaklanan adsorpsiyon filmi oluşabilir. Sınır akımının değişik bileşenlerini ve bunların kaynaklarını açıklamak gerekir.

Polarografide akımının difüzyon kontrollü olması istenir; iyonların göç ile elektrostatik çekimle ve karıştırma yoluyla gelmesi istenmez. Bunu da sağlamak için destek elektrolit kullanılır ve potansiyel uygulanırken karıştırma yapılmaz .

Elektrolitin polarogramını çekmeden önce çözücüden ve aletten gelebilecek girişimleri belirlemek, dalga yüksekliğini sıfırlamak ve artık akımın büyüklüğünün belirlenmesi için destek elektrolitin polarogramı çekilir.

Artık akım iki sebepten dolayı oluşur;

- 1) Ortamdan tamamen uzaklaştırılamayan O_2 ve safsızlıklardan dolayı oluşan akım.
- 2) Elektrotta potansiyel uygulanmasıyla, elektrot yüzeyi zıt yüklü iyonlar tarafından sarılır ve bir elektiriksel çift tabaka oluşur ve buda bir kapasitör gibi davranarak oluşturduğu akımdır.

2.7. Difüzyon Kontrollü Sınır Akımı

Eğer DCE 'na uygulanan potansiyel durgun çözeltide destek elektrolitli ortamda ve sınır akımı bölgesinde ise, elektrot yüzeyine ulaşan elektroaktif tür hemen indirgeniyor veya yükseltgeniyorsa sınır akımının difüzyon akımı tarafından kontrol edildiği söylenebilir. Bu durumda sınır akımının elektron transfer basamağının kinetiği veya homojen çözelti kinetiği tarafından kontrol edilmesi söz konusu değildir. Sınır akımı bölgesinde uygulanan potansiyelde elektroaktif tür elektrot yüzeyine gelir gelmez indirgeneceğinden, elektroaktif türün hemen elektrot yanındaki derişimi ile ana çözeltideki derişimi arasındaki fark çok büyük olacağından elektrot yüzeyine doğru difüzlenme olacaktır. Çözeltiden geçen akım, elektrot yüzeyine difüzlenip burada elektrolizlenen madde miktarıyla orantılıdır. Bu koşullarda sınır akımı "difüzyon kontrollü sınır akımı" olarak adlandırılabilir (i_d).

Difüzyon akımı elektrot yüzeyinde konsantrasyon gradyanı ile tayin edilir ve $(\partial c / \partial x)_{x=0}$ şeklinde gösterilir. Fick 'in 1. kanununa göre birim yüzeye difüzlenen madde miktarı;

$$q(x, t) = D \frac{dc(x, t)}{dx}$$

şeklindedir. Burada n = Yük transfer basamağındaki elektron sayısı, F = Faraday, A = Elektrot yüzey alanı, D = Difüzyon katsayısı 'dır.

Fick 'in 2. kanunu;

$$\left(\frac{\partial C(x,t)}{\partial t} \right) = D \frac{\partial^2 C(x,t)}{\partial x^2}$$

şeklindedir. Elektrot yüzeyinde oluşan akım birim yüzeye gelen madde miktarı ile orantılıdır ve akım şöyle ifade edilir;

$$i = n F A q(0,t)$$

$q(0,t)$ elektrodun birim yüzeyine t anında gelen madde miktarıdır. Fick kanunlarında gösterilen diferansiyel denklemlerin büyüyen küresel elektrot için çözülüp q değerinin yerine konmasıyla aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$i = 0,732 n F (C - C_{x=0}) D^{1/2} m^{2/3} t^{1/6}$$

i = Damla ömrü sonundaki akım (A)

n = Aktarılan elektron sayısı (mol. e^-)

F = Faraday sabiti (C/mol. e^-)

C = Ana çözeltideki elektroaktif türün derişimi (mol/cm³)

$C_{x=0}$ = Elektrot yüzeyindeki elektroaktif türün derişimi (mol /cm³)

D = Difüzyon katsayısı, (cm²/s)

m = Civanın akış hızı, (g/s)

t = Damla ömrü, (s)

Bu eşitlikteki terimler; polarogramın her bölgesinde geçerli olup sınır akımı bölgesinde $C_{x=0}$ sıfır olduğundan eşitliği aşağıdaki eşitliğe indirgenir.

$$i_d = 0,732 n F C D^{1/2} m^{2/3} t^{1/6}$$

Bu eşitlik "İlkoviç eşitliği" olarak bilinir. Buradaki akım damla ömrünün sonundaki difüzyon akımıdır. Damla ömrü sabit bir değere sahipken damlanın büyümesi boyunca akım artar. Bu artış $t^{1/6}$ ile orantılıdır. Ortalama akım damla ömrünün sonundaki maksimum akımın $6/7$ 'si kadardır. İlkoviç eşitliği ortalama akım için yazılırsa katsayı 0,627 olarak değişir.

$$i_d = 0,627 n F C D^{1/2} m^{2/3} t^{1/6}$$

Eğer polarografi sisteminde kolon yüksekliği sabit tutulur, cıva akış hızı (m) ve damla ömrü (t) 'de sabit kalırsa, deney sabit sıcaklıkta yapıldığında difüzyon katsayısı da sabit kalacağından, eşitlik aşağıdaki şekli alır.

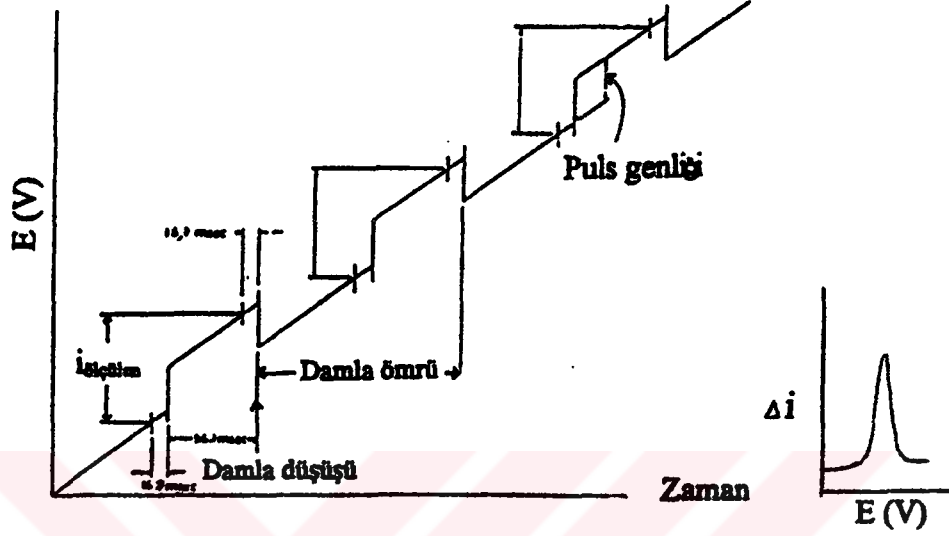
$$i_d = k C$$

Buradaki k, sistemdeki bütün sabitleri içine alan bir sabit değer ve C ana çözeltideki elektroaktif türün derişimi olduğundan ve bu derişimle difüzyon akımı doğru orantılı olarak arttığından polarografi, kantitatif analizlerde kullanılabilir.

2.8 Diferansiyel Puls Polarografisi (DPP)

DPP, günümüzde kullanılan en yaygın polarografi tekniğidir. Bu teknik, doğrusal olarak artan potansiyel rampı üzerine, 10-100 mV genlikli pulslar bindirilmesi ve de bu pulsun başlangıç ve tepe noktası arasında akım değerlerinin ölçülerek farkının alınmasına dayanır. Puls, damla ömrünün

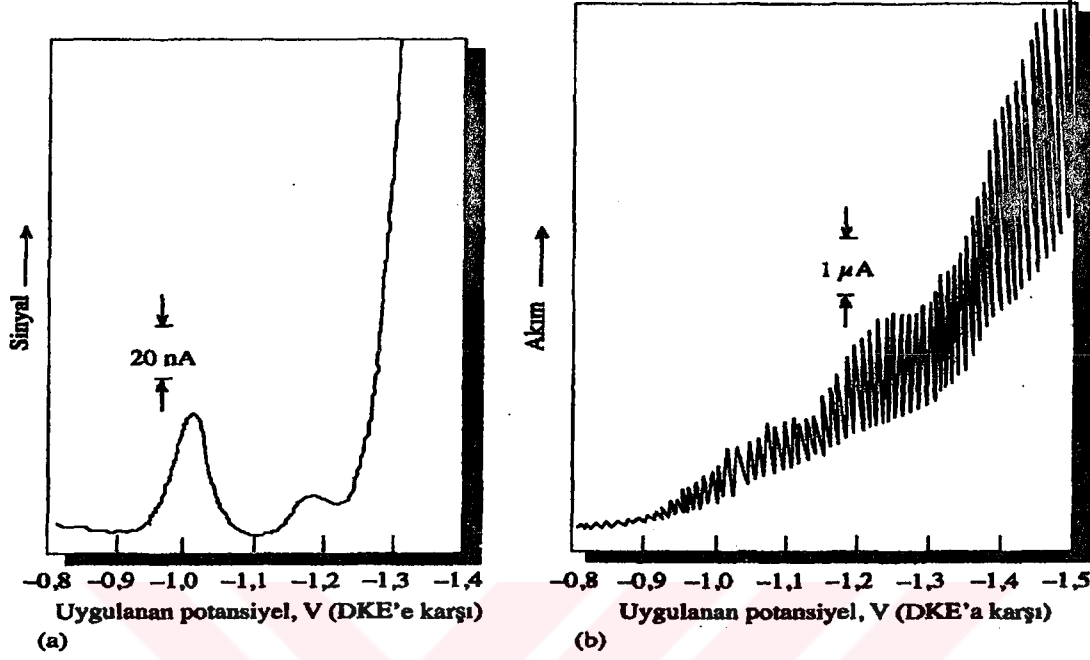
bitmesinden yeni damlanın büyümesine kadar 60 ms süreyle, Şekil 2.4.'de görüldüğü gibi uygulanır.



Şekil 2.4 Diferansiyel Puls Polarografisinde Potansiyel, Pulslar ve Elde Edilen Polarogram

Potansiyel pulsu uygulanmadan önce ve pulsun sonlarına doğru akım ölçülerek akımlar arasındaki fark alınır. Bu ölçüm her 15 ms de ölçülerek akımın maksimum noktaya ulaştığı tepe noktasına gelinir . DC de akımın sabitleştiği noktada DPP de artık fark olmadığından pik düşmeye başlar. Diferansiyel tip polarogramın bir üstünlüğü , yarı-dalga potansiyelleri 0,04V ile 0,05V kadar farklı olan maddeler için bile pik maksimumlarının elde edilmesi ve birbirlerinden ayrılabilmesidir. Halbuki klasik ve normal puls polarografisi için, yarı – dalga potansiyel farkı en az yaklaşık 0,1V olmalıdır, aksi takdirde dalgalarda iyi bir çözüm elde edilemez. Ancak daha da önemlisi, diferansiyel puls polarografisi polarografik metodun duyarlılığını artırır. Bu artış Şekil 2.5’de gösterilmiştir. Görüldüğü gibi 180 pmm antibiyotik tetrasiklin içeren

bir çözeltinin klasik voltamogramı iki tane zor fark edilen dalga içerirken,



Şekil 2.5 (a) Diferansiyel Puls Polarogramı (b) DC Polarogramı

$2 \times 10^{-3} \text{ M}$ veya 0,36 ppm antibiyotik içeren bir çözeltinin diferansiyel puls polarografisi çok iyi tanımlanmış pikler verir. Ayrıca, görüldüğü gibi Δi için akım nA (nanomper) olarak verilmektedir. Genellikle diferansiyel puls polarografisinin tayin sınırı klasik polarografinin sınırlarından 100-1000 kat daha düşük olup $10^{-7} - 10^{-8} \text{ M}$ arasındadır.

Diferansiyel puls polarografisinin yüksek duyarlılığı iki sebebe atfedilebilir. Bunlardan birincisi, Faradayik akımın artması ikincisi ise faradayik olmayan yükleme akımının azalmasıdır. Birincisini açıklamak için, potansiyel 50 mV arttırıldığında elektrodu çevreleyen yüzey tabakasında cereyan eden olayları inceleyelim. Bu tabakada elektroaktif bir tür varsa, analit konsantrasyonunu arttırılan yeni potansiyel tarafından istenen seviyeye düşürecek bir akım artışı gözlenir. Daha sonra bu potansiyel için gerekli olan denge konsantrasyonuna erişilince, akım difüzyonu karşılayacak bir seviyeye düşer ki buna difüzyon –

kontrollü akım denir. Klasik polarografide başlangıçtaki bu akım artışı gözlenmez, çünkü ölçümün yapıldığı süre, bu anlık akımın süresinden büyüktür. Diğer taraftan puls polarografisinde akım ölçümü, bu akımın artışı tamamen sona ermeden önce yapılır. Böylece ölçülen akım hem difüzyon kontrollü bir bileşeni ve hem de yüzey tabakasındaki konsantrasyonu Nernst eşitliğinin gerektirdiği bir değere indirecek bir bileşeni içerir, yani toplam akım difüzyon akımından birkaç kat daha büyüktür. Dolayısı ile, verilen herhangi bir potansiyel değerinde, her bir potansiyel pulsuna eşlik eden benzer bir akım artışı oluşur.

Elektroda potansiyel pulsu ilk uygulandığında, damla üzerindeki yük arttığı için faradayik olmayan akımda da bir dalgalanma olur. Bu akım zamanla üstel olarak azalır ve yüzey alanının çok az değiştiği damla ömrünün sonuna doğru sifıra yaklaşır, Dolayısıyla akımı bu anda ölçmek suretiyle faradayik olmayan artık akım büyük oranda azaltılır ve sinyal / gürültü oranı artar . Bunun sonucunda duyarlık da artar.

2.9. İncelenen Bitki Türleri

2.9.1. *Atriplex*

Tek yıllık otsu veya çalimsı, beyaz(mumsu) görünüşlü bitkilerdir. Yaprakları karşılıklı veya almaçlı dizili olup yassıdır. Çiçekler genelde tek eşeylidir. Dişi çiçekler periant (taç yapraklar) taşımaz, ama iki geniş krakteolle (yaprakçık) çevrilmiştir (nadiren 4-5 parçalı taç yaprak taşıyabilir). Erkek çiçekler 5 parçalı periant (tabanda birleşik taç yaprak) ve 5 stamen (erkek organ) taşır. Dişi organ ucu 2 parçalıdır. Tohumlar iki farklı yapıda, vertikal veya bazen horizontal yapıdadır. Tohum kabukları düzdür. Ülkemizde 6-11 aya kadar çiçek açar ve meyve verirler (Şekil 2.6).

Deniz, göl kenarları, raderal alanlar(terk edilmiş harabeler vs.), tarla kenarları ve içi, bozkırlarda, deniz seviyesinden 2000 m'lere kadar olan yüksekliklerde yetişirler. Türkiye'de yaklaşık 13 türle temsil edilen bir cinstir (55).

2.9.2. *Chenopodium*

Tüysüz, mumsu görünümlü veya salgı tüylü, otsu bir veya çok yıllık bitkilerdir. Yaprakları genelde almaçlı dizilişli ve yassıdır. Çiçekler, polygam(farklı çiçeklerle döllen) olup, ya başak şeklinde, ya parikül(salkım şekli) ya da dikazyal olarak dizilmiştir. Periant(taç yapraklar toplamı) 3-5 parçalı, yeşil veya zarsı yapıdadır. Stamenler 0-5(yok veya 5 adet). Dişi organ ucu 2-3 parçalıdır. Tohumlar horizontal veya vertikal dizilişli tohum kabuğu farklı yapıdadır (Şekil 2.7) .

Çiçeklenme peryodu 5-8 aylardır.Deniz, göl kenarları, ruderal alanlar, tarla kenarları, bozkırlarda, 0-2000 m'lik yüksekliklerde yetişir. Ülkemizde 11 türle temsil edilir (55).

2.9.3. *Medicago*

Tek yıllık veya çok yıllık otsu, nadiren çalimsı bitkilerdir. Yapraklar trifoliat(üç parçalı), yaprakçıklar dişli; stipullar düz veya dişli olup yaprak sapına bağlıdır. Çiçekler yaprak koltuklarından çıkar ve uzun sap üzerindedir, nadiren tek, genelde çok sayıda çiçek bir aradadır. Çiçekleri saplı ve brakteli dir(çiçek sapının tabanındaki yaprakçık). Çanak yapraklar tüp şeklinde olup 5 adet diş taşır. Korolla genelde sarı renklidir. Stamenlerin 9'u birleşik 1'i serbesttir. Meyve açılmayan tipte olup, genelde spiral şekilde kıvrılmıştır. Çok

az türünde orak şeklinde veya yuvarlakçadır. Tohumlar 1 veya çok sayıda, düz veya çıkıntılı yüzeye sahiptir (Şekil 2.8) .

Çiçeklenme periyodu 3-10 aylar arasındır. Derin topraklarda, taşlık alanlarda, yol kenarlarında yetişir, bozkırlarda, tarla kenarlarında, hemen hemen yetişmediği alan yok gibidir. Deniz kenarlarından yüksek dağ zirvelerine kadar her tarafta yetişir. Ülkemizde 30 türle temsil edilir (55).

2.9.4. *Colutea*

Yaprak döken çalılardır. Yapraklar imboripinnat dizilişli, stipulları küçüktür. Çiçekler yaprak koltuklarından bir sap üzerinde salkım şeklinde(rasem) dir. Kaliks (konak yapraklar) çan şeklinde, dişleri hemen hemen birbirine eşittir. Korolla (taç yapraklar) sarı renkli; stamenler (9+1) dia delplusdur. Meyva sidik torbası şeklinde şişkindir (Şekil 2.9) .

Ülkemizde 5 türle temsil edilirler.Çiçeklenme peryodu: 3. ve 9. aylar arasındır (55).

2.9.5. *Convolvulus*

Bazen tabanda odunsu, otsu, çalımsı; bir iki veya çok yıllık bitkilerdir. Yaprakları petiollu(saplı) veya sessile (sapsız) dir. Kimöz, yaprak koltuklarından veya uçta çiçekleri tekli veya çok sayıdadır. Gövde üzerinde kimöz, oxillar(yaprak koltuklarından çıkan) veya uçta (terminal) dır. Brakteolleri vardır, kaliksi çevirmez, Korolla nadiren tüysüz, genelde tüylüdür. Erkek organlar korolların içindedir. Ovaryum(dişi organ) tüysüz veya tüylü iki gözlü ve her göz iki tohum taşır. Dişicik borusu uçta iki lopludur (Şekil 2.10) .

Ülkemizde 32 türü yetişir.Çiçeklenme peryodu 3. ve 9. aylardır. Her türlü ortamlarda yetişirler. 0-2000 m'lere kadar yüksekliklerde bulunurlar(55).

2.9.6. *Conyza*

Tek yıllık, otsu, dik gövdeli, dallı ve dalları yapraklı bitkilerdir. Yaprak ayası linear veya oblanseolat, kenarları düz veya dişli parçalı. Çiçek kümesi (kapitula) küçük, hem verimli hem de verimsiz çiçekler taşır. Fillariler (kapitulayı çeviren körelmiş yapraklar) 2-3 seri ve kiremit dizilişli. Çiçek tablası düz. Dişi fonksiyonlu çiçekler çok sayıda ve küçük, kenarlarda verimsiz ortadaki çiçekler verimli. Korolla tabsü, 4-5 loplul. Meyva(aken) omovat-oblanseolat, hemen hemen basık. Papuslar (körelmiş kaliks) basit ve hafifce sert çıkıntılı tüylü (Şekil 2.11) .

Ülkemizde iki türle temsil edilir.Çiçeklenme peryodu: 5-12 aylar. Deniz kenarlarında, dere kenarlarında, tarla kenarları ve içlerinde, nemli çayırliklarda yetişirler(55)..

2.9.7. *Xanthium*

Tek yıllık otsu bitkilerdir, yaprakları almaçlı dizilişli ,düz veya parçalıdır. Çiçek kümesi (kapitula) hep tek eşeyli çiçeklerden oluşmuş, tek tek veya kümeler halinde bulunur. Erkek çiçekler uçta, dişi çiçekler aşağıda bulunur. Kapitulayı saran yapraksı yapılar (fillar)bir serili, çiçek tablası zarsı çıkıntılı ve çiçekler çok sayıdadır.

Korolla (taç yapraklar kümesi) yeşilimsi, tüp şeklinde ve uçta 5 dişlidir. Erkek organ sapları serbest ve as terler. Dişi çiçek kümesi ovoid dir; korollası yoktur; meyve üzerinde hafifçe kıvrık dikensi çıkıntılar vardır . Meyveleri akan ay çekirdeği gibi olup düzdür (Şekil 2.12) .

Çiçeklenmesi 6-10.aylar arasındır. Ülkemizde 2 türle temsil edilirler (55)..

2.9.8. Diplotaxis

Cruciferae familyasında yer alan *Diplotaxis* cinsinin dünyada yaklaşık 20 türü bulunurken , yurdumuzda 5 türle temsil edilmektedir . Genellikle sarı veya krem renkli olan bu cinsin üyelerinin boyu 4-70 cm arasında değişmektedir . Sahil kenarları , yol kenarları , tarla kenarları veya kayalık alanlarda 0-1100 m'ler arasında bu cinsin üyelerine rastlamak mümkündür . Genellikle yurdumuzun Orta ve Batı Anadolu, Akdeniz, Trakya ve kısmen Karadeniz bölgelerinde yayılış göstermektedir. Dünyada ise Avrupa, Kuzey Afrika, Suriye, Arabistan, İran, Irak gibi ülkelerde bulunmaktadır(Şekil 2.13) .

Genellikle Mart -Nisan -Mayıs aylarında, çiçek açmaktadır.Yapraklar çoğunlukla linear – oblong, spathulate veya lyrote-pinnatifid (55)

3.MATERYAL VE METOT

3.1. MATERYAL

3.1.1. Bitki

Bu çalışmada, Ankara-İstanbul karayolu kenarında doğal olarak bulunan *Atriplex*, *Chenopodium*, *Xanthium*, *Diploaxis*, *Conyza*, *Medicago*, *Colutea* ve *Convolvulus* adı verilen ve genelde dere kenarlarında, tarla kenar ve içlerinde, nemli çayırliklarda yetişen, mart-aralık ayları arasında ömrü olan tek yıllık bitkiler incelenmiştir.

3.1.2. Kullanılan Cihazlar

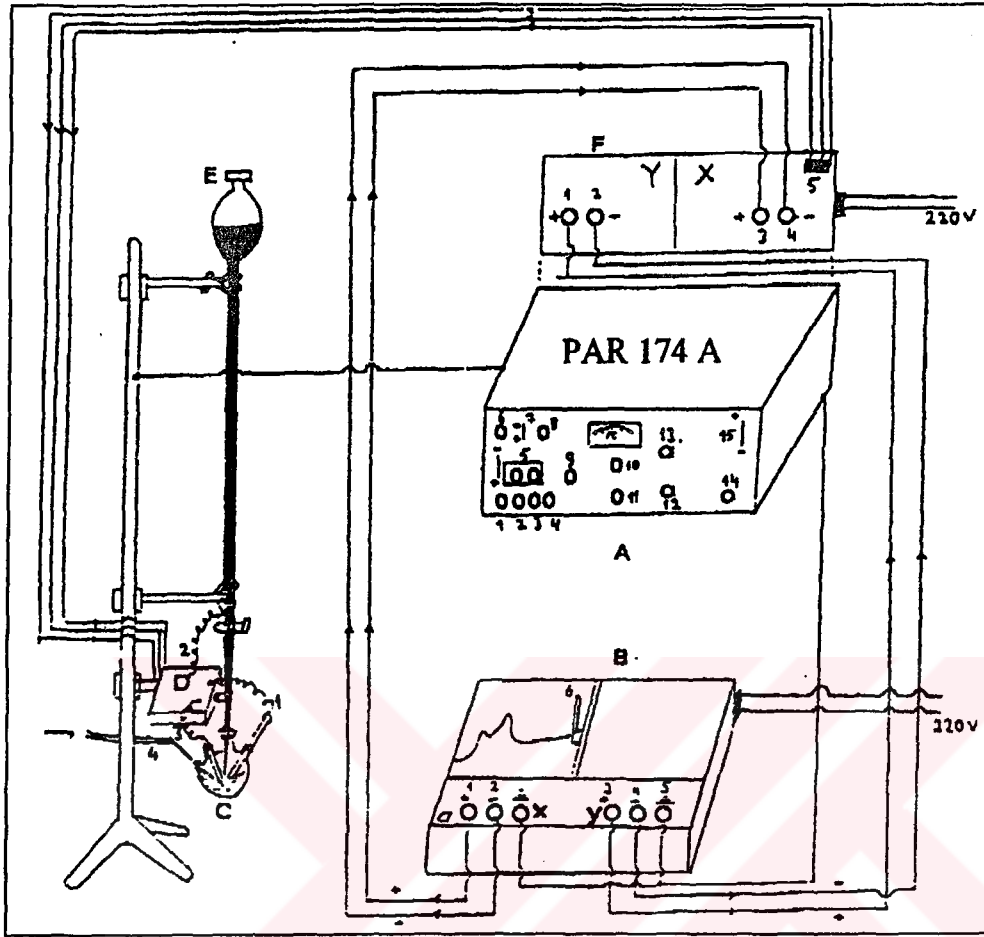
Kül etme işleminde 35 cm³ lük porselen kroze ve Sistek marka St 2000 model kül fırını kullanıldı. Polarografik çalışmalar "PAR Model 174A Polarographic analyzer" cihazı ile yapılmıştır ve cihazın diferansiyel puls polarografisi (DPP) modu kullanılmıştır (Şekil 3.1). pH ölçümlerinde "Hanna HI 8521" model pH-metre kullanılmıştır.

Kurşun muhtevası tayininde PAR MODEL 174 A Polarographic analyzer" cihazı kullanıldı(Şekil 3.1). Bu cihaza damla süresini ayarlayan "PAR mercury drop timer" bağlıdır. Cıva elektrodun damla ömrü yaklaşık 2-3 s (2,75 mg s⁻¹) 'dir. Referans elektrot olarak doymuş kalomel elektrot (Hanna HI 5412), karşıt elektrot olarak ise platin tel kullanılmıştır. Bu 3'lü elektrot polarografi hücresinde bulunan 10 mL 'lik çözeltiye daldırılarak çalışmalar yapılmıştır. Çalışmaya başlamadan önce destek elektrolit ve numune çözeltisini içeren çözeltiden 5 dakika azot gazı geçirilmiş ve başlangıç potansiyeli seçilerek,

negatif potansiyel yönünde belli bir hızla tarama yapılmıştır. Potansiyel, çalışma elektrodu ile referans elektrot arasında (DKE) uygulanıp, akım çalışma elektrodu ile karşıt elektrot (Pt) arasında ölçülmüştür. Polarogramlar Linseis marka LY 1600 X-Y model kaydedicisi ile kaydedilmiştir. Diferansiyel puls polarogramları damla ömrü 1-2 s, tarama hızı $1-5 \text{ mV.s}^{-1}$ ve puls genliği 25, 50, 100 mV 'a ayarlanarak kaydedilmiştir.

3.1.2.1 Cıvanın Temizlenmesi

Asılı cıva damla elektrodunda veya damlayan cıva elektrodunda kullanılan cıva (proanalysi) Merck 'den sağlandı. Kirlenen cıva 600 mL 'lik beher içerisine konulduktan sonra yaklaşık 10 dakika baget ile karıştırılarak çeşme suyu akımından geçirildi. Cıva üzerindeki çeşme suyu uzaklaştırıldıktan sonra, saf sudan geçirilen cıva üzerine 3 M HNO_3 çözeltisinden 30-40 mL ilave edilip baget ile 3-5 dakika sürekli karıştırıldıktan sonra asit içerisindeki cıva bir beherden diğerine sürekli olarak aktarılıp çözelti ile cıva yüzeyinin teması sağlandı. Asit çözeltisi uzaklaştırıldıktan sonra tekrar 30-35 mL seyreltik HNO_3 ilave edilerek bu işlem 3 kez tekrarlandı. Üçüncü yıkamadan sonra ince gözenekli platin elek ile 30 cm yüksekliğindeki yıkama suyu kolonundan geçirilerek süzüldü. Seyreltik nitrik asit içerisindeki cıva 3-4 kez platin elekten kolon boyunca ince zerrecikler halinde süzüldükten sonra yıkama suyu atıldı. Temizlenen cıva içinde, saf su bulunduran kolon içerisinde tekrar platin elek ile süzüldü. Bu işleme cıvanın asitliği giderilene kadar devam edildi. Beher içerisine alınan temiz cıvanın üzerindeki su süzgeç kağıdı ile tamamen kurutuldu. Cıva haznesine alınan cıvanın herhangi bir safsızlık içerip içermediği polarogramı veya voltamogramı kaydedilerek kontrol edildi.

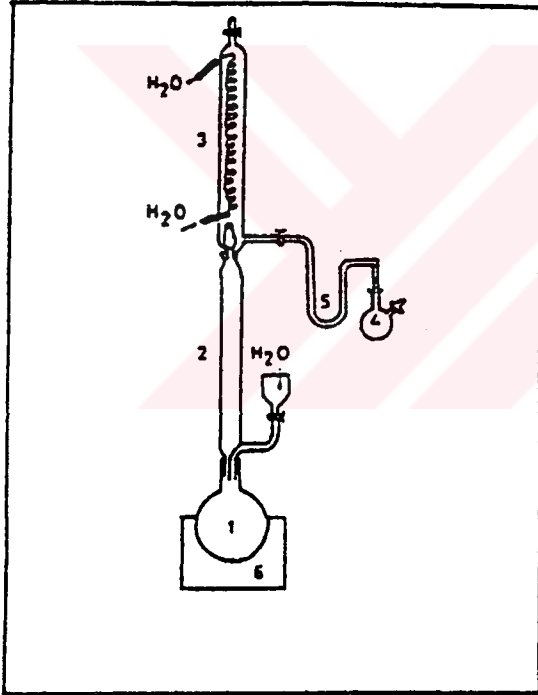


Şekil 3.1. PAR 174 A Polarografi Cihazı

- A) Polarografi cihazı: 1) Başlangıç potansiyeli, 2) Durudurucu (Hold) 3) Tarama (scan) 4) Ters tarama (scan rev) 5) Başlangıç potansiyeli 6) Tarama hızı ayarı 7) Potansiyel yönü 8) Potansiyel aralığı 9) Puls genliği ayarı 10) Puls, dif. puls, d-c seçici 11) Ext. cell, off dummy cell 12) Damla ömrü ayarı 13) Akım aralığı 14) Gürültü ayarı 15) Pik yönü ayarı B) Kaydedici: 1) +x 2) -x 3) +y 4) -y 5) Toprak 6) Kalem C) Polarografi hücresi: 1) Referans elektrot, DKE 2) Çalışma elektrodu, DCE 3) Karşıt elektrot, Pt 4) Azot gazı girişi D) Mekanik damla düşürücü E) Cıva haznesi F) Cihazın arka görünüşü 1) +y 2) -y 3) +x 4) -y 5) Referans, çalışma ve karşıt elektroda çıkış

3.1.3. Kimyasal Maddeler ve Çözeltiler

<u>Kimyasal Madde</u>	<u>Özellikleri</u>	<u>Marka</u>
1.Pb(NO ₃) ₂	331,20 g /mol	Merck
2.Metalik Hg	d: 13,6 g /ml	Merck
3.HNO ₃	d: 1.43 g /ml % 63 (m/v)	Merck
4.HClO ₄	d:1,67 g / mL % 70 (m/v)	Merck



Özel damıtılmış suyun elde edildiği
cam düzenek

- 1- Balon
- 2- Pyreks cam boru parçacıkları
- 3- Yoğunlaştırma kolonu
- 4- Toplama balonu
- 5- Soğutma borusu
- 6- Isı sepeti

Şekil 3.2. Triple Su Eldesinde Kullanılan Damıtma Cihazı

Saf su (triple su): Diferansiyel puls polarografisi (DPP) ile gerçekleştirilen deneylerde eser miktarda madde tayinleri yapılacağından çözeltilerin hazırlanmasında kullanılacak olan suyun çok saf olması gerekir. Bu nedenle özel

şekilde dizayn edilmiş damıtma cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.2). Triple su, saf suyun defalarca damıtılması ile elde edilmektedir. Cihazın haznesine konulan damıtık suyun elektrikli ısıtıcı ceket içinde kaynaması sonucunda oluşan buhar, içi pyreks cam boru parçacıkları ile doldurulmuş 60 cm lik bir kolondan geçtikten sonra soğutucuda yoğunlaştırılmaktadır. Yoğunlaşan sıvı, dolgu kolona akarak ters akım prensibine göre buharla temas ettiğinden elde edilen su çok saftır.

Çözeltiler;

1. 0,1 M stok kurşun çözeltisi: 3,312 g $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ 'nin 100 mL ölçülü balonda saf suda çözülmesiyle hazırlandı.
2. pH = 2 çözeltisi : Derişik HNO_3 0,70 mL alınarak, triple su ile 1 L ye tamamlandı (destek elektrolit).
3. 10^{-2} M Pb^{2+} çözeltisi : 0,1 M Pb^{2+} çözeltisinden 1 mL alınarak saf su ile 10 mL ye tamamlandı (Ayda bir hazırlandı).
4. 10^{-3} M Pb^{2+} çözeltisi : 10^{-2} M Pb^{2+} çözeltisinden 1 mL alınarak saf su ile 10 mL ye tamamlandı (Günlük hazırlandı).
5. 10^{-4} M Pb^{2+} çözeltisi : 10^{-3} M Pb^{2+} çözeltisinden 1 mL alınarak saf su ile 10 mL ye tamamlandı (Günlük hazırlandı).

3.2. İŞLEM

Bitkinin tamamını temsil edebilmek için bitkilerin kök, gövde ve yapraklarından eşit kütleleri alınarak bitki numuneleri oluşturuldu.

Numuneler fırında 800 °C' da kavrulduktan sonra HNO_3 - HClO_4 karışımı ile çözme işlemine tabi tutuldu.Çözünmeyen kısımlar süzldü. Son aşamada

asidin fazlası kuruluğa yakın noktaya kadar buharlaştırıldı ve kalıntı su ile çözüldü. Daha sonra çözelti balon jojelere alındı ve su ile seyreltilerek analiz çözeltileri hazırlandı. Sonra analiz çözeltilerindeki kurşun muhtevaları DPP tekniği ile belirlendi. Elde edilen sonuçlar incelenerek kurşun miktarları ile bitki cinsleri arasındaki ilişki belirlendi ve en çok Pb tutan bitki cins/cinsleri tespit edildi. Daha sonra bu bitkilerin doğal ömrü, yayılımı ve bolluğu da göz önüne alınarak Pb tutma açısından en uygun bitki tesbit edilmeye çalışıldı. Bu arada, bitkilerin Pb absorpsiyonunun yol kenarından uzaklaştıkça nasıl değiştiği incelendi. Ayrıca numune alınan yerlerin topraklarındaki Pb muhtevaları tayin edilerek bitkinin alındığı yerle absorbladığı Pb konsantrasyonu arasında bir ilişki kurulmaya çalışıldı.

3.2.1. Numunelerin alınması

Numuneler Ankara - İstanbul karayolunda, Ankara ya 2 km, 9,5 km, 19,5 km, 36 km, 50,3 km uzaklıklarda belirlenen 5 değişik istasyondan alındı.

Bu istasyonlarda yetişen 8 bitki türüne rastlandı (Çizelge 3.1). Bu türlerden bazıları için yoldan çeşitli uzaklıklarda da numune toplanabilirken bazı bitkiler için ise sadece yol kenarından numune toplanabildi. Bu bitkiler yol kenarından daha içerde bulunamadı. Daha sonra en fazla Pb tutan ve doğal olarak en bol bulunan 2 bitki türü seçilerek (*Atriplex* ve *Xanthium*) yine aynı karayolu üzerinde 11 km, 19,5 km, 25 km, 30 km, 36 km uzaklıklarda yol kenarından ve yoldan 0 m, 2 m, 3 m, 4 m, 10 m gibi uzaklıklardan numuneler toplandı. Toplanan bitki örnekleri plastik torbalara kondu, torbaların ağzı kapatıldı ve etiketlendi. Birinci aşama deneyleri için numuneler, 1997 - Mayıs ayında, ikinci aşama deneyleri için 1999 Ekim ayında toplandı. Üçüncü aşamada,

seçilen *Atriplex* bitkisi 2000 yılı Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos aylarında toplanarak sürekli takibe alındı.

Çizelge 3.1. Numune Alınan İstasyonlar ve Bu İstasyonlarda Bulunan Türleri

İstasyon No	Uzaklık (km)	Bulunan Bitki Türleri
1	2	<i>Atriplex, Chenopodium, Diplotaxis, Xanthium</i>
2	9,5	<i>Conyza, Medicago, Xanthium</i>
3	19,5	<i>Atriplex, Chenopodium, Xanthium</i>
4	36	<i>Convolvulus, Xanthium, Chenopodium, Medicago</i>
5	50,3	<i>Xanthium, Colutea</i>

3.2.2. Numunelerin yıkanması ve kurutulması

Laboratuvara getirilen numuneler ikiye ayrılarak; bir kısmı yıkanmadan bir kısmı da saf su ile yıkanıp üzerindeki toz ve adsorplanan maddelerden arındırılarak ayrı ayrı analiz işlemine tabi tutuldu. Her iki tür numune saat camı üzerinde oda sıcaklığında bir hafta bekletildikten sonra etüvde, 110 °C' da 24 saat süreyle kurutuldu.

3.2.3. Fırında külleştirme

Kurutulan bitki numuneleri, porselen havan içinde öğütölerek daha küçük parçacıklar haline getirildi. Darası alınmış porselen krozeler içerisine belirli miktarlarda (3 g – 7 g) konan bitki numuneleri hassas terazi ile tartılarak kuru kütleleri tespit edildi ve daha sonra 800 °C de kül fırınında beyaz kül elde edilinceye kadar, yaklaşık 4 saat, tutuldu.

3.2.4. Asitle muamele

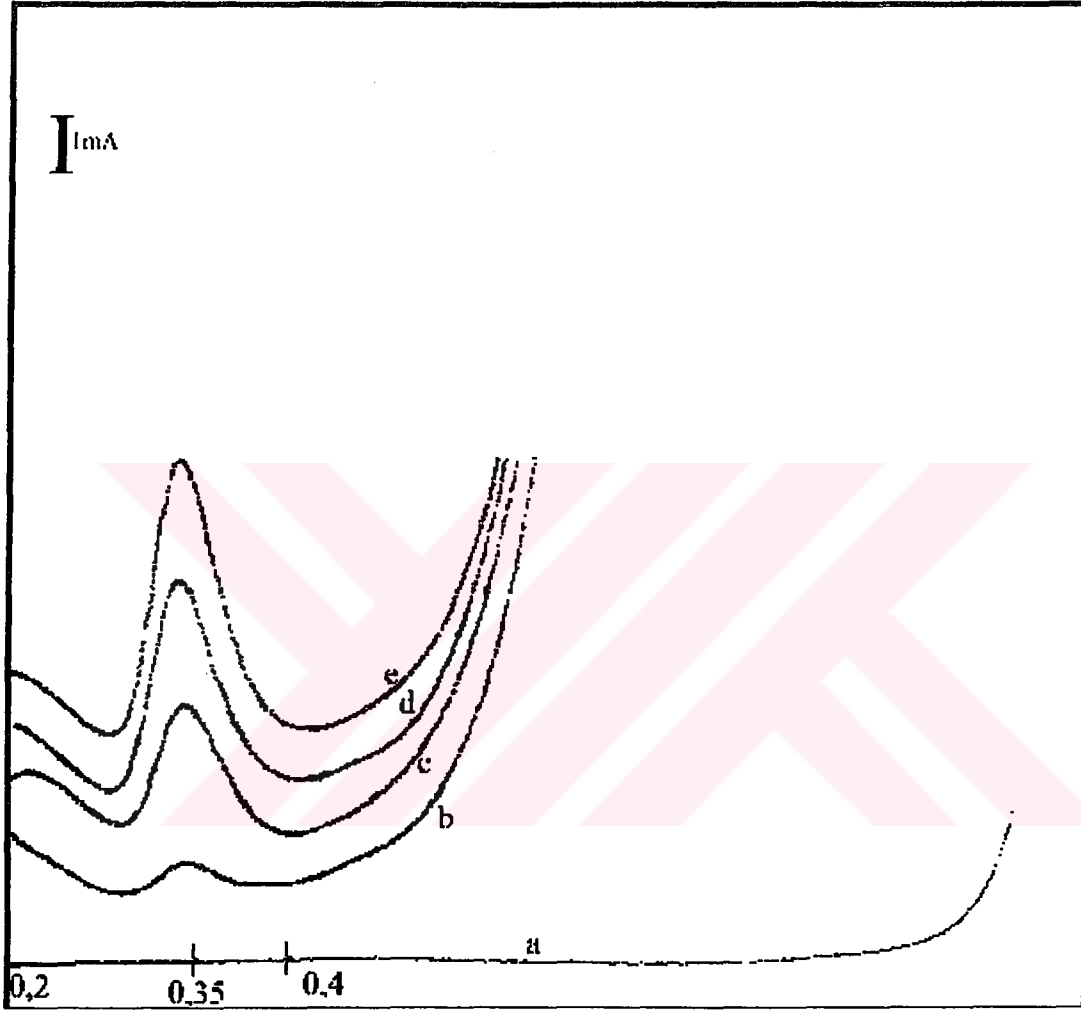
Kül haline getirilen numuneler 50 mL'lik beherler içine alındı üzerlerine 15 mL derişik HNO_3 , 5 mL derişik HClO_4 eklendi. Sonra ısıtıcı tabla üzerinde 150°C ' de iki saat bekletilerek çözme işlemi uygulandı. Bu süre içerisinde asit karışımı azaldıkça, kuruluk noktasına ulaşmadan önce 2 defa daha 10'ar mL asit karışımları eklendi. En sonunda kapta kalan asit karışımı ve çözünmeyen kalıntıları, mavi bant süzgeç kağıdına alındı ve süzüldü. Sonra süzüntüyü asitlerden kurtarmak amacıyla kuruluğa yakın noktaya kadar ısıtıldı ve sonra su ile çözülerek 25 mL'lik ölçülü balonlara alındı ve hacim saf su ile 25 mL'ye tamamlandı. Bu şekilde hazırlanan analiz numuneleri, renkli, kapaklı şişelere aktarıldı ve analiz yapılacağı ana kadar burada muhafaza edildi.

3.2.5. Kurşun muhtevası tayini

Kurşun muhtevasının tayini DPP metodu ile gerçekleştirildi. Bu amaçla PAR-174A Polarografik Analiz cihazı kullanıldı. (Şekil 3.1) Çalışmaya başlamadan önce destek elektrolit ve numune çözeltilerinden 5 dakika azot gazı geçirilerek oksijen uzaklaştırıldı ve başlangıç potansiyelinden negatif potansiyel yönünde belli bir hızla potansiyel taraması yapıldı. Potansiyel çalışma elektrodu ile referans elektrot arasında (DKE) uygulanıp, akım çalışma elektrotu ile karşıt elektrot (Pt) arasında ölçülmüştür. Polarogramlar Linseis LY 1600 X-Y kaydedicisi ile kaydedilmiştir.

Çalışmamızda numunede Pb tayini yapmak için, destek elektrolitin DPP polarogramı alındıktan sonra, analiz çözeltilisinin polarogramı alınmış, daha sonra 10^{-3} M Pb^{2+} veya 10^{-4} M Pb^{2+} çözeltilerinden bilinen hacimlerde

eklenerek çözeltinin polarogramları alındı ve pikdeki artışlar hesaplanarak numunenin Pb^{2+} konsantrasyonu tayin edildi (Şekil 3.3).



-E, (V), DKE' a Karşı

Şekil 3.3. Örnek Bir Polarogram a) 10,0 mL 0,01 M HNO_3 , b) a+1mL numune, c) b+ 20 μL 1×10^{-4} M Pb^{2+} , d) c+20 μL 1×10^{-4} M Pb^{2+} , e) d+ 20 μL 1×10^{-4} M Pb^{2+} , Damla ömrü =1 s, Tarama hızı = 5 mV.s⁻¹, Puls genliği = 50 mV, İntial = -0,2 V, Y= 10 mV .cm⁻¹, X = 0,5 V, Current range = 0,1 mA

Hesaplama şöyle yapılmıştır;

b- 1mL numune için	$I_1 = 0,5 \text{ cm}$
c- b + 20 μL $1 \times 10^{-4} \text{ M Pb}^{2+}$	$I_2 = 2,1 \text{ cm}$
d- c + 20 μL $1 \times 10^{-4} \text{ M Pb}^{2+}$	$I_3 = 3,6 \text{ cm}$
e- d + 20 μL $1 \times 10^{-4} \text{ M Pb}^{2+}$	$I_4 = 4,8 \text{ cm}$

$$1) I_2 - I_1 = 2,1 - 0,5 = 1,6 \text{ cm},$$

$$2) I_3 - I_1 = 3,6 - 0,5 = 3,1 \text{ cm},$$

$$3) I_4 - I_1 = 4,8 - 0,5 = 4,3 \text{ cm}$$

X_1 için

$$1000 \text{ mL 'de } 10^{-4} \text{ mol Pb}^{2+}$$

$$0,02 \text{ mL } x$$

$$x = 2 \cdot 10^{-9} \text{ mol Pb}^{2+} \text{ ilavesi ile } 1,6 \text{ cm pik oluştu}$$

$$2 \cdot 10^{-9} \text{ mol Pb}^{2+} \quad 1,6 \text{ cm pik oluşmuşsa}$$

$$x \quad 0,5 \text{ cm}$$

$$x = 6,25 \cdot 10^{-10} \text{ mol Pb}^{2+}$$

$$6,25 \cdot 10^{-10} \text{ mol Pb}^{2+} \quad 1 \text{ mL}$$

$$x \quad 25 \text{ mL}$$

$$x = 1,56 \cdot 10^{-8} \text{ mol Pb}^{2+}$$

$$1 \text{ mol Pb}^{2+} \quad 207,2 \text{ g dır}$$

$$1,56 \cdot 10^{-8} \text{ mol Pb}^{2+} \quad x$$

$$x = 3,23 \cdot 10^{-6} \text{ g Pb}^{2+}$$

$$3,88 \text{ g kuru bitkide } 3,23 \cdot 10^{-6} \text{ g Pb}^{2+} \text{ varsa } x_1 = 0,83$$

$$1000 \text{ g } x$$

$X_2 = 0,86 \text{ ppm}$, $X_3 = 0,93 \text{ ppm}$ Ortalama $0,87 \text{ ppm}$, Standart sapma = $0,05$,

%90 güven aralığı için $\bar{x} = 0,87 \pm 0,08 \text{ ppm}$ Pb ihtiva ediyor, şeklinde

bitkinin kurşun muhtevası bulunmuştur.

4. BULGULAR

4.1. İstasyonlardan Alınan Bitki ve Toprak Numunelerindeki Kurşun Muhtevaları

İstasyonlardan toplanan bitki ve toprak numunelerine Madde 3.2 de belirtilen işlemler uygulanarak kurşun muhtevaları tespit edildi. Her istasyon için bulunan değerler aşağıda verilmiştir .

4.1.1. Birinci istasyon

Birinci istasyon Ankara-İstanbul karayolunda İstanbul'a gidiş yönünde 2. km dedir ve özelliği Ankara'nın hem sanayi bölgesinin hem de bir çok yerleşim biriminin ana yolu üzerinde olmasıdır. Öte yandan bu istasyonun bir tır parkının önünde bulunması doğal olarak kurşun birikimini biraz daha arttırmaktadır.

Bu istasyondan o bölgede yetişen 4 tür bitki ve toprak örnekleri toplandı. Daha sonra gerekli işlemler uygulanarak her bir örnekteki Pb^{2+} miktarı belirlendi, sonuçlar Çizelge 4.1 de görülmektedir.

Sonuçlar incelendiğinde en fazla Pb^{2+} derişiminin *Atriplex*' de olduğu gözlemlendi Bu istasyonda, yoldan 10 metre içeriden toplanan iki bitkinin ve toprağın Pb^{2+} derişimlerine bakıldığında 0 m' den (yol kenarından) toplanan türlerin Pb^{2+} derişiminden daha az olduğu görüldü. Bu beklenen bir sonuçtur. Yoldan 10 metre uzaklaştıkça Pb^{2+} derişiminde büyük bir düşüş bulunması yoldan geçen araçların egzozlarından çıkan kurşunun çoğunun yol kenarındaki bitkilerce tutulduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.1.Birinci İstasyondan Alınan Bitki ve Toprak Örneklerindeki
Kurşun Muhtevaları

Ankara dan uzaklık, km	Yol kenarına göre mesafe, m	Bitki Türü	Pb ²⁺ Derişimi, ppm	
			(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
2	0	<i>Atriplex</i>	47,3	16,6
2	0	<i>Chenopodium</i>	25,2	7,1
2	0	<i>Diplolexis</i>	16,2	4,5
2	0	<i>Xanthium</i>	11,1	5
2	10	<i>Chenopodium</i>	0,5	0,2
2	10	<i>Diplolexis</i>	0,7	0,2
2	0	<i>Toprak</i>	27,0	-
2	10	<i>Toprak</i>	1,7	-

Öte yandan bütün bitkiler saf su ile yıkandıktan sonra analizi yapıldığında, elde edilen Pb²⁺ sonuçları, yıkanmadan yapılan analizlere oranla büyük bir düşüş göstermektedir. Bu da Pb²⁺'nin bir kısmının bitkilerin üzerinde fiziksel olarak tutunduğunu, bir kısmının da kimyasal yollarla bitki yapısına girdiğini göstermektedir. Yüzeyde tutunma şeklinde bulunan kurşunun, bitkilerin çoğu türünde yaklaşık olarak toplam kurşunun 2/3' üne, bünyeye girmiş kurşunun ise toplam kurşunun 1/3' üne karşı geldiği gözlemlendi.

4.1.2. İkinci istasyon

İkinci istasyon Ankara-İstanbul karayolunda İstanbul'a gidiş yönünde 9,5. km dedir ve Sincan-Ayaş-Beyşehir kavşağının bulunduğu yerdir. Bu istasyondan

4 tür bitki ve toprak örnekleri toplandı. Daha sonra gerekli işlemler uygulanarak her bir örnekteki Pb^{2+} muhtevası belirlendi. Sonuçlar Çizelge 4.2 de görülmektedir.

Sonuçlar incelendiğinde yoldan 0 m ve 5 m içeriden bitki toplanmış ve kurşun birikimine bakılmıştır. Yola yakın bölgede daha fazla kurşun olduğu gözlenmiştir. Bu da beklenen bir sonuçtur, çünkü bu yolun aşırı derecede yoğun bir trafiğe sahip olduğu bilinmektedir.

Çizelge 4.2. İkinci İstasyondan Alınan Bitki ve Toprak Örneklerindeki Kurşun Muhtevaları.

Ankara'dan uzaklık, km	Yol kenarına göre mesafe, m	Bitki Türü	Pb ²⁺ Derişimi, ppm	
			(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
9,5	0	<i>Conyza</i>	16,8	11,2
9,5	0	<i>Medicago</i>	9,6	2,9
9,5	0	<i>Xanthium</i>	7,2	3,6
9,5	5	<i>Medicago</i>	2,3	2,2
9,5	5	<i>Xanthium</i>	3,2	2,6
9,5	0	<i>Toprak</i>	24	-

Yıkanmış bitkilerde Pb^{2+} analizi yapıldığında elde edilen sonuçlar, yıkanmadan yapılan analizlerden elde edilen sonuçlara oranla büyük bir düşüş göstermektedir. Yüzeyde tutunma şeklinde bulunan kurşunun, çoğu türde yaklaşık olarak toplam kurşunun 2/3 üne ,bünyeye girmiş kurşunun toplam kurşunun 1/3 üne karşı geldiği gözlemlendi.

4.1.3. Üçüncü istasyon

Üçüncü istasyon Ankara - İstanbul karayolunda İstanbul'a gidiş yönünde 19.5 km' dendir ve Ankara'nın Tasiş gümrük girişi, Beton Fabrikası, Özgür Petrol İstasyonu ve Susuz İlçesi'ne yakın bir yerdir. Bu istasyondan o bölgede yetişen 3 tür bitki ve toprak örnekleri toplandı. Daha sonra gerekli işlemler uygulanarak her bir örnekteki kurşun miktarı belirlendi. Sonuçlar Çizelge 4.3 de görülmektedir.

Çizelge 4.3. Üçüncü İstasyondan Alınan Bitki ve Toprak Örneklerindeki Kurşun Muhtevaları.

Ankaradan Uzaklık, km	Yol kenarına göre mesafe, m	Bitki Türü	Pb ²⁺ Derişimi, ppm	
			(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
19,5	0	<i>Atriplex</i>	13,2	8,4
19,5	0	<i>Chenopodium</i>	8,3	1,9
19,5	0	<i>Xanthium</i>	6,2	4,8
19,5	0	<i>Toprak</i>	22,8	-

Sonuçlar incelendiğinde bu bitkiler sadece yol kenarında bulunmuştur. Bunların içinde en fazla kurşun, toprak örneğinde ve *Atriplex* bitkisinde bulunmuştur.

Öte yandan bütün bitkiler saf su ile yıkandıktan sonra, tekrar analizi yapıldı ve elde edilen sonuçlar, yıkanmadan yapılan analiz sonuçlarına göre büyük bir düşüş gösterdi. Bütün bunlar, kurşunun bir kısmının bitkilerin,yüzeyinde tutulduğunu, bir kısmının da bitkilerin yapısına girdiğini göstermektedir .

4.1.4. Dördüncü istasyon

Dördüncü istasyon Ankara - İstanbul karayolunda İstanbul'a gidiş yönünde 36. km' dedir ve Aydın köyü girişinde bir tepenin önünde ve Miraç Petrol Ofisi'nin yakınında bir yerdir. Bu istasyondan, o bölgede yetişen 4 tür bitki ve toprak örnekleri toplandı. Daha sonra gerekli işlemler uygulanarak her bir örnekteki kurşun muhtevaları belirlendi. Sonuçlar Çizelge 4.4 de görülmektedir.

Sonuçlar incelendiğinde bu istasyonda, yoldan 0 m ve 5 m içeriden örnekler toplandı. Ancak bu istasyonda sadece *Xanthium* bitkisi hem 0 m hem 5 m de bulunmuştur. Yol kenarındaki bitkide daha fazla kurşun olduğu gözlenmiştir. Bu da beklenen bir sonuçtur.

Çizelge 4.4. Dördüncü İstasyondan Alınan Bitki ve Toprak Örneklerindeki Kurşun Muhtevaları.

Ankaradan uzaklık, km	Yol kenarına göre mesafe, m	Bitki Türü	Pb ²⁺ Derişimi, ppm	
			(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
36	0	<i>Convolvulus</i>	8,1	5
36	0	<i>Chenopodium</i>	5,9	1,3
36	0	<i>Xanthium</i>	5,7	2,9
36	5	<i>Medicago</i>	2,1	1,2
36	5	<i>Xanthium</i>	2,0	1,2
36	0	<i>Toprak</i>	20,7	-
36	5	<i>Toprak</i>	2,1	-

Ayrıca yıkanmış örneklerdeki kurşun muhtevasının, yıkanmamış örneklerdekinden yaklaşık ½ kat daha düşük olduğu gözlenmiştir .

4.1.5. Beşinci istasyon

Beşinci istasyon, Ankara - İstanbul karayolunda İstanbul'a gidiş yönünde 50. km' dendir ve Kurt Boğazı barajının girişi yakınında, yüksek bir rakımda, tırmanma şeridi sonunda bir bölgededir. Bu yer araçların daha fazla enerji harcayarak tırmanacağı bir bölgedir. Dolayısıyla araçlardan çıkan kurşun daha fazladır, ayrıca bu bölge bilindiği gibi Ankara'nın önemli piknik yerlerinden birisidir. Bütün bu özellikler nedeniyle, bahar aylarında kurşun birikiminin yüksek çıkması beklenmelidir.

Bu istasyondan o bölgede yetişen 2 tür bitki ve toprak örnekleri toplandı . Daha sonra gerekli işlemler uygulanarak her bir örnekteki Pb^{2+} muhtevası belirlendi. Sonuçlar Çizelge 4.5 de görülmektedir.

Çizelge 4.5. Beşinci İstasyondan Alınan Bitki ve Toprak Örneklerindeki Kurşun Muhtevaları.

Ankaradan uzaklık, km	Yol kenarına göre mesafe, m	Bitki Türü	Pb ²⁺ Derişimi, ppm	
			(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
50	0	<i>Colutea</i>	3,0	2,6
50	0	<i>Xanthium</i>	3,9	1,0
50	0	<i>Toprak</i>	11,5	-

Sonuçlar incelendiğinde bu bitkiler sadece yola 0 m' de bulunduğu görülmektedir. Bunların içinde en fazla Pb^{2+} derişimi toprak örneğinde bulunmuştur.

Öte yandan bütün bitkiler saf su ile yıkandıktan sonra, tekrar analizi yapıldı ve elde edilen sonuçlar yıkanmadan yapılan analizlere göre düşüş göstermiştir. Bu da; kurşunun bir kısmının bitkilerin üzerinde tutulduğunu, bir kısmının da bitkilerin yapısına girdiğini göstermektedir.

4.2 Bitkilerdeki Kurşun Derişiminin İstasyonlara Göre Dağılımı

4.2.1. *Xanthium* bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası

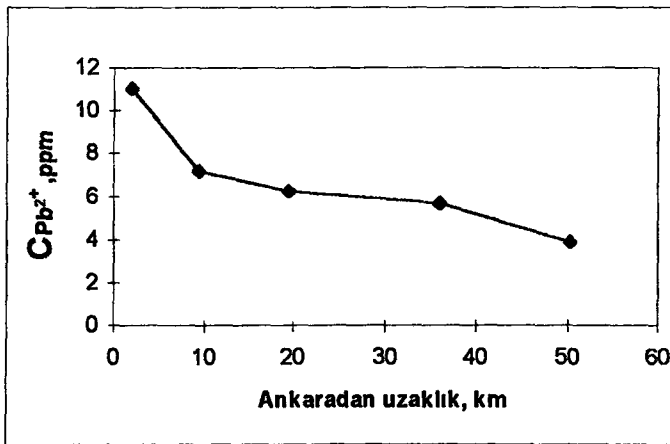
İlk aşamada (Mayıs 1997) *Xanthium* bitkisi 5 istasyonda da bulundu (2, 9, 19.5, 36, 50.3 kilometrelerde). Bu bitkinin bütün istasyonlarda bulunması çok büyük önem taşımaktadır. Çünkü yaygın olması bu bitkinin çevresel dayanıklılığının bir göstergesidir. Ayrıca kurşun tutmadaki performansı, bu bitkinin önemini bir kat daha artırmaktadır.

Çizelge 4.6. incelendiğinde Ankara merkezinden uzaklaştıkça tutulan kurşun miktarının belirgin oranda düştüğü gözlenmektedir. Örneğin iki kilometre uzaklıkta olan ilk istasyonda Pb^{2+} derişimi 11,1 ppm' dir, 9,5 kilometrede ise 7,2 ppm' dir. Bunun da nedeni Ankara merkezinden uzaklaştıkça trafikte bir azalış görülmektedir. Ayrıca her istasyonun kendine göre özellikleri vardır. Örneğin 2. kilometrede bir araç park yerinin olması bu istasyondaki kurşun birikiminin artmasına neden olmuştur. İstasyonlar arasındaki mesafelerin eşit olmaması, ayrıca istasyonların özelliklerinin farklı olması, örneğin benzin istasyonları, fabrikalar, yerleşim birimleri vs. gibi nedenlerle kurşun

derişimindeki azalışlar, trafiğe de bağlı olarak doğrusal bir azalış göstermemektedir.

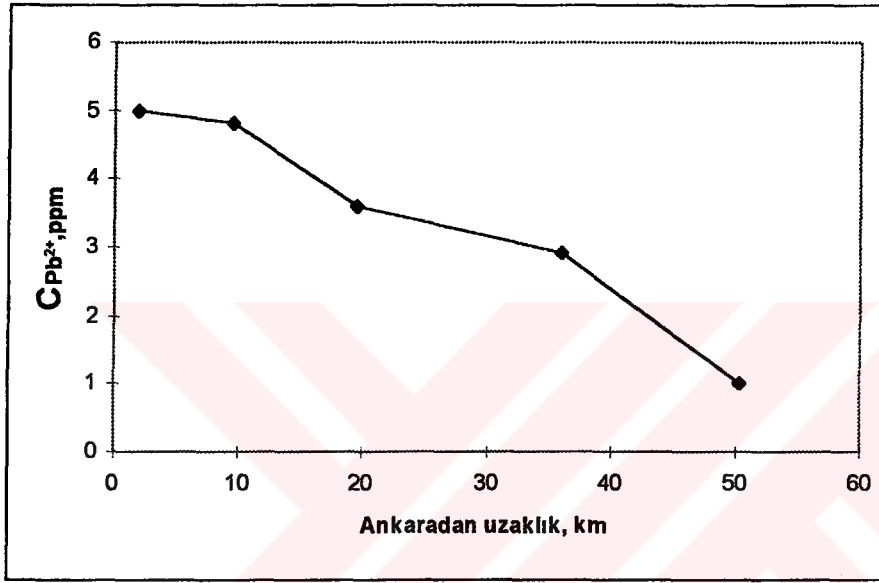
Çizelge 4.6 *Xanthium*. (yıkınmamış ve yıkınmış) Bitkisinde (1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri

Ankaradan Uzaklık, km	Yol kenarına göre mesafe, m	Pb^{2+} Derişimi, ppm	
		(Yıkınmamış)	(Yıkınmış)
2	0	11,1	5,0
9,5	0	7,2	3,6
9,5	5	3,2	2,6
19,5	0	6,2	4,8
36	0	5,7	2,9
36	5	2,0	1,2
50,3	0	3,9	1,0



Şekil 4.1 *Xanthium* Bitkisinin Yıkınmamış Örneklerinde Pb^{2+} Derişiminin Ankaradan Uzaklıkla Değişimi

Xanthium bitkisi, fiziksel yapısı nedeniyle de diğer bitkilerden daha düşük bir kurşun tutma özelliğine sahiptir. Bu bitkinin yaprakları diğer seçilen bitkilerden daha küçük olması, yapraklarının ince ve 2-3 seriye bölünmesi bitkinin yüzeyinin küçülmesine ve yüzey adsorpsiyonunun azalmasına neden olmaktadır.



Şekil 4.2 *Xanthium* Bitkisinin Yıkanmış Örneklerinde Pb²⁺ Derişiminin Ankaradan Uzaklıkla Değişimi

Öte yandan Çizelge 4.6 ya bakıldığında aynı istasyonlardan toplanan bitkinin saf su ile yıkandıktan sonra, elde edilen değerler, yıkanmadan yapılan analizlere göre büyük bir düşüş göstermektedir. Bütün bunlar şunu gösteriyor, kurşunun bir kısmı bitkilerin üzerinde tutulmakta, bir kısmı da bitkilerin bünyesine girmektedir. Bitkinin kurşunun büyük bir kısmını dışında tuttuğu ve yıkandıktan sonra ise kurşun birikiminde yaklaşık %33- %75 düşüş kaydedilmesi (Çizelge 4.6) yüzey adsorbsiyonunun daha etkili olduğunu göstermektedir. Yüzey adsorbsiyonu ise bitkinin yaprakları, boyutu ve diğer fiziksel ve kimyasal özellikleri ile doğrudan ilişkilidir.

Ayrıca yol kenarında bulunan bitki yoldan 5 metre uzaklıkta bulunanla mukayese edilirse Pb^{2+} derişiminde % 60'lık bir düşüş gözlenmektedir. Bu durum ise egzoz kaynaklı kurşun çoğunun hemen yol kenarında tutulduğunu içerilere nüfuz etmediğini gösterir.

4.2.2. *Atriplex* bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası

İlk aşamada (Mayıs 1997) *Atriplex* bitkisi iki istasyonda bulundu (2 ; 19,5 kilometrelerde) ve analiz sonuçlarına bakıldığında diğer bütün bitkilerden daha fazla kurşun tuttuğu görüldü. Bunun nedeni bu bitkinin yapraklarının yassı ve yere yakın olmasıdır.

Çizelge 4.7'ye bakıldığında 2. ve 19,5. kilometrelerde kurşun birikimin farklı olduğu görülmektedir. Bunun nedeni de Ankara merkezinden uzaklaştıkça trafikteki araç sayısında bir düşüş kaydedilmesidir. Buna bağlı olarak da araçlardan çıkan kurşun miktarında azalma olacaktır.

Çizelge 4.7 *Atriplex* (yıkanmamış ve yıkanmış) Bitkisinde (1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri

Ankaradan uzaklık, km	Yoldan uzaklık, m	Pb^{2+} Derişimi, ppm	
		(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
2	0	47,3	16,6
19,5	0	13,2	8,4

Çizelge 4.7 'ye bakıldığında aynı istasyonlardan toplanan bitkinin saf su ile yıkandıktan sonra kurşun birikiminde büyük bir düşüş kaydedildiği görülmektedir(47,3 ppm'den 16,6 ppm'e ve 13,2 ppm' den 8,4 ppm'e).

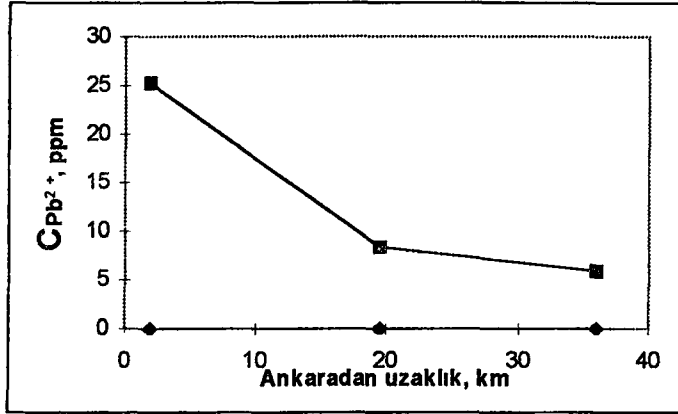
Bununda nedeni kurşunun büyük bir kısmının bitkinin üzerinde adsorbe olması ve daha az bir kısmının da bitkinin bünyesine girmesidir. Adsorbe olan kısmın saf su ile yıkandıktan sonra bitkiden uzaklaştığı ve kurşun birikiminde %37-%65 oranlarında azalma gözlemlendi.

4.2.3. *Chenopodium* bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası

İlk aşamada (Mayıs 1997) *Chenopodium* bitkisi 3 istasyonda bulundu (2 ; 19,5 ; 36 kilometrelerde) ve analiz sonucuna bakıldığında (*Atriplexin* dışında) kurşun derişiminin diğer bitkilerden daha yüksek olduğu görüldü. Bunun nedeni de bu bitkinin yaprakları yassı ve yaprakları taç şeklinde 3-5 parçadan oluşmasıdır. Bu özellikleri bitkinin kurşun tutma performansını artırır.

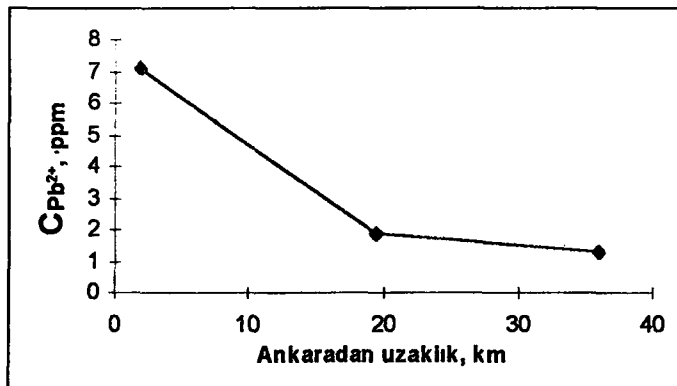
Çizelge.4.8. *Chenopodium* (yıkanmamış ve yıkanmış) Bitkisinde (1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri

Ankaradan uzaklık, m	Yoldan uzaklık, m	Pb^{2+} Derişimi, ppm	
		(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
2	0	25,2	7,1
2	10	0,5	0,2
19,5	0	8,3	1,9
36	0	5,9	1,3



Şekil 4.3 *Chenopodium* Bitkisinin Yıkanmamış Örneklerinde Pb^{2+} Derişiminin Ankaradan Uzaklıkla Değişimi

Çizelge 4.8' e bakıldığında 2, 19,5 ve 36,ıncı kilometrelerde kurşun birikiminin farklı olduğu gözlemlendi. Bunun nedeni olarak, Ankara merkezinden uzaklaştıkça trafikte bir azalışın olması ve dolayısıyla araçlardan çıkan kurşun miktarının azalması şeklinde düşünülmektedir.



Şekil 4.4 *Chenopodium* Bitkisinin Yıkanmış Örneklerinde Pb^{2+} Derişiminin Ankaradan Uzaklıkla Değişimi

Aynı istasyonlardan toplanan bitkinin saf su ile yıkandıktan sonra kurşun birikiminde büyük bir düşüş kaydedildi (25.2 ppm den 7.1 ppm' e, 8,3 ppm den 1,9 ppm' e 5,9 ppm den 1,3 ppm'e). Bunun nedeni kurşunun büyük bir kısmının bitkinin üzerinde adsorbe olması ve daha az bir kısmının da bitkinin bünyesine girmesidir. Adsorbe olan kısım saf su ile yıkandıktan sonra bitkiden uzaklaştı ve kurşun birikiminde yaklaşık %70'lık bir düşüş gözlemlendi.

Ayrıca yol kenarından bulunan bitki ,yoldan 10 metre uzaklıkta bulunanla mukayese edilirse Pb^{2+} derişiminde çok büyük bir azalış gözlenmektedir. Bu durum ise egzoz kaynaklı kurşunun çoğunun hemen yol kenarında tutulduğunu tarla içlerine nüfuz etmediğini gösterir.

4.2.4. *Diplotaxis* bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası

İlk aşamada (Mayıs 1997) *Diplotaxis* bitkisi 2.km' deki istasyonda bulundu ve analiz sonucuna bakıldığında diğer bitkilere oranla Pb^{2+} adsorbsiyonunun orta seviyede olduğu görüldü.

Bitkinin saf su ile yıkandıktan sonra kurşun birikiminde büyük bir düşüş kaydedildi(Çizelge 4.9).

Bunun nedeni kurşunun büyük bir kısmının bitkinin üzerinde adsorbe olması ve daha az bir kısmının da bitkinin bünyesine girmesidir. Adsorbe olan kısım saf su ile yıkandıktan sonra bitkiden uzaklaştı ve kurşun birikiminde yaklaşık %70'lık bir düşüş gözlemlendi.

Ayrıca yol kenarında bulunan bitki ,yoldan 10 metre uzaklıkta bulunanla mukayese edilirse Pb^{2+} derişiminde çok büyük bir azalış gözlenmektedir.

Çizelge.4.9. *Diplotaxis* (yıkanmamış ve yıkanmış) Bitkisinde(1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri

Ankaradan uzaklık, km	Yoldan uzaklık, m	Pb^{2+} Derişimi ppm	
		(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
2	0	16,3	4,5
2	10	0,7	0,2

Bu durum ise egzoz kaynaklı kurşunun çoğunun hemen yol kenarında tutulduğunu tarla içlerine nüfuz etmediğini gösterir (Çizelge 4.9).

Bu sonuçlar yola yakın bitkilerin araçlardan çıkan kurşunun % 95 ini tuttuğunu göstermektedir.

4.2.5. *Medicago* bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası

İlk aşamada (Mayıs 1997) *Medicago* bitkisi 2 istasyonda bulundu (9,5 , 36 kilometrelerde) ve analiz sonuçlarına bakıldığında diğer bitkiler arasında orta seviyede çıktığı görüldü. Bunun nedeni de bu bitkinin yapraklarının düz yüzeyli ve çanak şeklinde olmasıdır. Çizelge 4.10'a bakıldığında farklı istasyonlardan toplanan bitkinin kurşun birikiminde bir düşüş kaydedildi. 9,5 ve 36 kilometrelerde kurşun birikimin farklı olduğu gözlemlendi (9,6 ppm'den 2,1 ppm'e). Bununda nedeni Ankara merkezinden uzaklaştıkça trafikte bir azalışın olması, dolayısıyla araçlardan çıkan kurşun miktarının azalmasıdır. Aynı istasyonlardan toplanan bitkinin saf su ile yıkandıktan sonra kurşun birikiminde büyük bir düşüş kaydedildi(Çizelge 4.10).

Bunun nedeni kurşunun büyük bir kısmının bitkinin üzerinde adsorbe olması ve daha az bir kısmının da bitkinin bünyesine girmesidir. Adsorbe olan kısmı saf su ile yıkandıktan sonra bitkiden uzaklaşır ve kurşun birikiminde %40-%70 arasında bir düşüş gözlenir.

Çizelge.4.10. *Medicago* (yıkınmamış) Bitkisinde(1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri

Ankara dan uzaklık, km	Yoldan uzaklık, m	Pb^{2+} Derişimi ,ppm	
		(Yıkınmamış)	(Yıkınmış)
9,5	0	9,6	2,9
9,5	5	2,3	2,2
36	0	2,1	1,2

Ayrıca yol kenarından bulunan bitki, yoldan 5 metre uzaklıkta bulunanla mukayese edilirse Pb^{2+} derişiminde çok büyük bir azalış gözlenmektedir.

Bu durum ise egzoz kaynaklı kurşunun çoğunun hemen yol kenarında tutulduğunu tarla içlerine nüfuz etmediğini gösterir (Çizelge 4.14).

Yola yakın bitkilerin araçlardan çıkan kurşunun %36-% 76 arasında tuttuğunu göstermektedir.

4.2.6. *Colutea* bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası

İlk aşamada (Mayıs 1997) *Colutea* bitkisi 50. km' deki istasyonda bulundu ve analiz sonucuna bakıldığında diğer bitkilere oranla Pb^{2+} tutmasının orta

seviyede olduğu görüldü. Bunun nedeni de bu bitkinin yapraklarının taç şeklinde oluşmasıdır.

Çizelge.4.11 *Colutea* (yıkanmış ve yıkanmamış) Bitkisinde (1997) Pb^{2+} Derişimleri.

Ankaradan uzaklık, m	Yoldan uzaklık, m	Pb^{2+} Derişimi, ppm	
		(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
50,3	0	3,0	2,6

Çizelge 4.11'e bakıldığında bitkinin saf su ile yıkandıktan sonra kurşun birikiminde 3 ppm' den 2,6 ppm' e düşüş kaydedilmiştir. Bunun da nedeni kurşunun bir kısmı bitkinin üzerinde adsorbe edilmektedir, diğer bir kısmı da bitkinin bünyesine girmektedir.

Adsorbe olan kısım saf su ile yıkandıktan sonra bitkiden uzaklaşır ve kurşun birikiminde düşüş gözlenir. Yıkandıktan sonra kurşun birikiminde % 13'lük bir düşüş kaydedilmiştir.

4.2.7. *Conyza* bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası

İlk aşamada (Mayıs 1997) *Conyza* bitkisi 9,5.km' deki istasyonda bulundu ve analiz sonucuna bakıldığında diğer bitkilere oranla Pb^{2+} adsorbsiyonunun orta seviyede olduğu görüldü. Bunun nedeni bu bitkinin yapraklarının kapitulayı çeviren körelmiş ve düz yüzeyli olmasıdır.

Çizelge.4.12 *Conyza* (yıkanmış ve yıkanmamış) Bitkisinde (1997) Pb^{2+} Derişimleri.

Ankaradan uzaklık, km	Yoldan uzaklık, m	Pb^{2+} Derişimi ppm	
		(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
9.5	0	16.8	11.2

Çizelge.4.12' ye bakıldığında bitkinin saf su ile yıkandıktan sonra kurşun birikiminde bir miktar düşüş gözlenmektedir (16,8 ppm' den 11,2 ppm'e) . Bunun nedeni kurşun bir kısmı bitkinin üzerinde adsorbe edilmektedir, diğer bir kısmı da bitkinin bünyesine girmektedir.

4.2.8. *Convolvulus* bitkisinin çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası

İlk aşamada (Mayıs 1997) *Convolvulus* bitkisi sadece 36. kilometredeki istasyonda bulundu. Analiz sonucuna bakıldığında diğer bitkiler arasında kurşun tutma kapasitesinin orta seviyede olduğu görüldü. Bunun nedeni de bu bitkinin yapraklarının ince, tüylü ve küçük yüzeye sahip olmasıdır.

Çizelge 4.13. *Convolvulus* (yıkanmış ve yıkanmamış) Bitkisinde(1997) Pb^{2+} Derişimleri

Ankara dan uzaklık, km	Yoldan uzaklık, m	Pb^{2+} Derişimi, ppm	
		(Yıkanmamış)	(Yıkanmış)
36	0	8,1	5,0

Çizelge 4.13' e bakıldığında bitkinin saf su ile yıkandıktan sonra kurşun birikiminde bir miktar düşüş gözlenmektedir.

Adsorbe olan kısım saf su ile yıkandıktan sonra bitkiden uzaklaşır ve kurşun birikiminde yaklaşık % 38'lik düşüş gözlenir.

4.2.9. Çeşitli istasyonlardaki toprak numunelerinin kurşun muhtevası

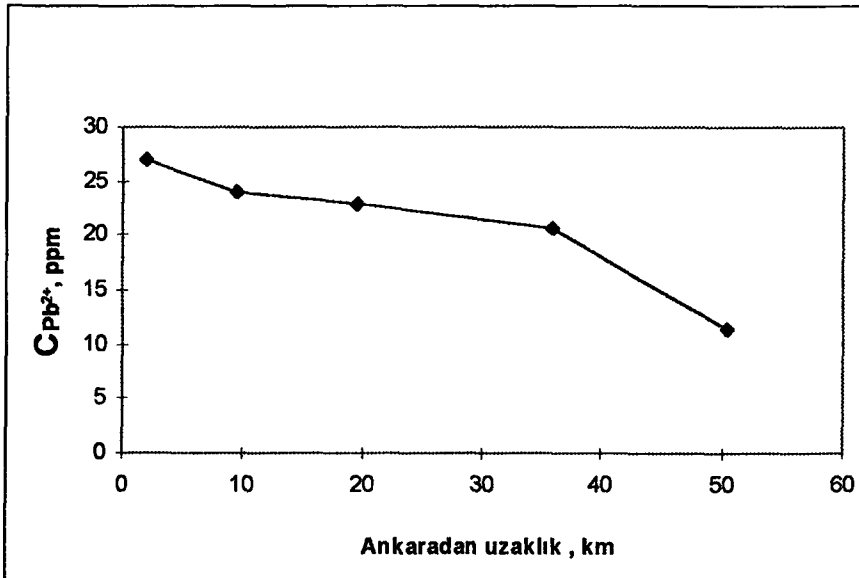
İlk aşamada (Mayıs 1997) toprak 5 numuneleri istasyondan alınmıştır (2; 9; 19,5; 36; 50,3 km). Çizelge 4.14' e bakıldığında Ankara merkezinden uzaklaştıkça belirgin bir Pb konsantrasyon düşüşü vardır. İki kilometre uzaklıkta olan ilk istasyonda kurşun birikimi yaklaşık 27 ppm, 9,5 kilometrede ise 24 ppm, 19,5 kilometrede 22,8 ppm, 36. kilometrede 20,6 ppm ve son olarak 50,3. kilometrede ise 11,5 ppm' dir. Bunun nedeni ise Ankara merkezinden uzaklaştıkça trafikte bir düşüş gözlenmesi ve ayrıca her istasyonun kendine göre özellikleri olmasıdır. Örneğin 2. kilometrede araç park yeri olması bu istasyondaki kurşun birikiminin artmasına neden olmuştur.

Sonuç olarak Ankara merkezinden uzaklaştıkça trafik yoğunluğu azalmaktadır, dolayısı ile kurşun birikiminde düşüşler görülmüştür. Ancak bu düşüşler düzenli olmayacaktır (eşit miktarlarda). Çünkü istasyonlar arasındaki mesafeler eşit olmadığı gibi, istasyonların sahip olduğu özelliklerde farklıdır (örneğin benzin istasyonları ,fabrikalar,yerleşim birimleri bulunmasından dolayı doğru orantılı bir azalma görülmemiştir) .

Çizelge.4.14 Toprakta(1997) Çeşitli İstasyonlardaki Pb^{2+} Derişimleri

Ankara dan uzaklık, km	Yoldan uzaklık, m	Pb^{2+} Derişimi, ppm
2	0	27,0
2	10	1,7
9,5	0	24,0
19,5	0	22,8
36	0	20,7
36	5	2,1
50,3	0	11,5

Çizelge 4.14' e bakıldığında 36. km' de yoldan 5 m uzaklaşıldığında yaklaşık % 90, 2 . km de ise yoldan 10 m uzaklaşıldığında yaklaşık % 94 kadar kurşun muhtevasında bir azalma görülmektedir.



Şekil 4.5 Toprak Örneklerinde Pb^{2+} Derişiminin Ankaradan Uzaklıkla Değişimi

Çizelge.4.15 Birinci Aşamada (1997) Bitkilerdeki (yıkanmış ve yıkanmamış)
Kurşun Derişiminin İstasyonlara Göre Dağılımı

Ankaradan Uzaklık, km km	Yol kenarına göre mesafe, m	Bitki Türü	Pb ²⁺ Derişimi, ppm	
			Yıkanmamış	Yıkanmış
2	0	<i>Atriplex</i>	47,3	16,6
2	0	<i>Chenopodium</i>	25,2	7,1
2	0	<i>Diplolexis</i>	16,2	4,5
2	0	<i>Xanthium</i>	11,1	5
2	10	<i>Chenopodium</i>	0,5	0,2
2	10	<i>Diplolexis</i>	0,7	0,2
9,5	0	<i>Conyza</i>	16,8	11,2
9,5	0	<i>Medicago</i>	9,6	2,9
9,5	0	<i>Xanthium</i>	7,2	3,6
9,5	5	<i>Medicago</i>	2,3	2,2
9,5	5	<i>Xanthium</i>	3,2	2,6
19,5	0	<i>Atriplex</i>	13,2	8,4
19,5	0	<i>Chenopodium</i>	8,3	1,9
19,5	0	<i>Xanthium</i>	6,2	4,8
36	0	<i>Convolvulus</i>	8,1	5
36	0	<i>Chenopodium</i>	5,9	1,3
36	0	<i>Xanthium</i>	5,7	2,9
36	5	<i>Medicago</i>	2,1	1,2
36	5	<i>Xanthium</i>	2,0	1,2
50	0	<i>Colutea</i>	3,0	2,6
50	0	<i>Xanthium</i>	3,9	1,0

4.2.10. İlk karar

İlk aşamada (1997 de) yapılan bütün deneyler *Atriplex* ve *Xanthium* bitkilerinin en uygun bitkiler olduğu sonucunu vermiştir.

Çünkü *Atriplex* bitkisinin yıkanmış ve yıkanmamış örneklerinde kurşun miktarı diğerlerine göre en fazla bulunmuştur.

Bolluk açısından da, bütün istasyonlarda *Xanthium* bitkisinin bulunduğu tespit edildi. Sonuç olarak bu iki bitkinin diğer bitkilere göre daha yararlı olduğuna ve daha ayrıntılı olarak incelenmesine karar verildi (Çizelge.4.15) .

4.3. İkinci Aşamada (1999) Bitkilerdeki Kurşun Derişiminin İstasyonlara Göre Dağılımı

4.3.1. *Atriplex* bitkisinin (1999) çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası

Çalışmanın Mayıs-1997’de yapılan ilk aşamasında kurşun tutma özelliği fazla bulunan *Atriplex* bitkisi için daha ileri inceleme kararı verilmiştir. Bu karar doğrultusunda Ekim-1999 döneminde bu bitki Ankara-İstanbul karayolunda aranarak , bulunabildiği yerlerde örnekler toplandı . Dolayısıyla bu aşamadaki istasyonlar ile ilk aşamadaki istasyonlar aynı değildir. İkinci aşamada Ekim ayının seçimi ise ; bitkinin Mayıs ayına göre yaklaşık 6 ay daha fazla yaşamış olması, dolayısıyla daha fazla kurşuna maruz kalması sonucu kurşun muhtevasında artışların beklenmesi idi, ayrıca Ekim ayı uzunca bir yağışsız dönemin sonu olduğu için adsorbe olan ve yıkama ile uzaklaşabilen kurşunu da görmek mümkün olabilirdi. Bu düşüncelerle 3 istasyondan (19.5 km , 25 km ve 30 km) numuneler toplandı, ayrıca 19.5 km ‘de yoldan 2 m ve 4 m içeriden

de numuneler toplandı. Laboratuara getirilen numunelerin Pb^{2+} derişimleri DPP ile belirlendi . Sonuçlar izelge 4.16’da verilmiştir .

Çizelge.4.16 *Atriplex* (yikanmamış) Bitkisinde(1999) Pb^{2+} Derişimleri

Ankara dan uzaklık ,km	Yoldan uzaklık,m	Pb^{2+} Derişimi,ppm
19,5	0	37
25	0	17
30	0	9,1

Çizelgedeki değerler incelendiğinde şhirden uzaklařtıķa bitkinin kurşun derişimi azalmaktadır. Bu da kurşun kirleticilerinin azaldığını yani egzoz gazlarının , trafikteki araç sayısının azaldığını gsterir . Bu azalma her istasyon aynı topografik yapı, bitki yapısı, rüzgar durumu, ky, benzin istasyonu.vb. pozisyonlarda olmadığından doğrusal olmayabilir. Ancak, ana kurşun kaynağı egzoz gazları ve ona bağlı trafikteki araç sayısı olduğundan Pb^{2+} derişimin de azalmalar beklenmelidir veyle de bulunmuştur .

1997 Mayısında ve Ekim 1999 Ekiminde ortak olan istasyon 19.5 km’ deki istasyondan veri alınmıştır. Bu istasyonda *Atriplex* bitkisinin kurşun muhtevaları izelge 4.17’de mukayese edildi .

Sonuçlara bakıldığında, aradan geçen 2.5 yılın getirdiği bir trafik artışı ve17 Ağustos depremi sonucu bu yolda oluşan trafik artışı dikkate alınabilir . Ancak buradanemli olan bitkinin durumudur. Mayıs ayında bitki geçen evrededir, oluşumunu henüz tamamlamamıştır ve egzoz gazlarına maruz kalma süresi çok uzun olmamıştır.

Çizelge.4.17 *Atriplex* (yıkanmamış) Bitkisinde(1997 ve1999) Pb^{2+}

Derişimleri

Ankaradan Uzaklık, km	Yol kenarına göre mesafe, m	Tarih	Pb ²⁺ Derişimi, ppm
			Yıkanmamış
19,5	0	1997 /Mayıs	13,2
19,5	0	1999 / Ekim	37

Halbuki Ekim ayında bitki artık son evresindedir, belki birkaç ay sonra ömrünü tamamlayacaktır ve en önemlisi de Mayıs ayına göre yaklaşık 6 ay gibi bir süre daha fazla egzoz gazlarına maruz kalmıştır. Bunların sonucunda da kurşun muhtevası fazla çıkmalıdır şeklinde bir sonuç beklenmelidir. Çizelge 4.17 'de bu yorum açıkça desteklemektedir. Bitkinin kurşun muhtevası yaklaşık 2 kat daha artmıştır .

4.3.2. *Xanthium* bitkisinin (1999) çeşitli istasyonlardaki kurşun muhtevası

Çalışmanın Mayıs-1997'de yapılan ilk aşamasında kurşun tutma özelliği bulunan ve çok yaygın olan *Xanthium* bitkisi için daha ileri inceleme kararı verilmiştir. Bu karar doğrultusunda Ekim-1999 döneminde bu bitki Ankara-İstanbul karayolunda aranarak, bulunabildiği yerlerde örnekler toplanmıştır. Dolayısıyla bu aşamadaki istasyonlar ile ilk aşamadaki istasyonlar aynı olmayabildi . İkinci aşamada Ekim ayının seçimi ise ; bitkinin Mayıs ayına göre yaklaşık 6 ay daha fazla yaşamış olması, dolayısıyla daha fazla kurşuna maruz kalması sonucu kurşun muhtevasında artışların beklenmesi idi , ayrıca Ekim ayı ,uzunca bir yağışsız dönemin sonudur ,dolayısıyla adsorbe olan ve

yıkama ile uzaklaşabilen kurşunu da görmek mümkün olabilirdi. Bu düşüncelerle 4 istasyondan (11 km, 19.5 km, 25 km ve 30 km) numuneler toplandı, ayrıca 19.5 km 'de yoldan 4 m ve 10 m içeriden de numuneler toplandı. Laboratuara getirilen numunelerin Pb^{2+} derişimleri DPP ile belirlendi. Sonuçlar Çizelge 4.18'da verilmiştir .

Çizelgedeki değerler incelendiğinde şehirden uzaklaştıkça bitkinin kurşun derişimi azalmaktadır. Buda kurşun kirleticilerinin azaldığını yani egzoz gazlarının , trafikteki araç sayısının azaldığını gösterir . Bu azalma her istasyon aynı topografik yapı, bitki yapısı, rüzgar durumu, köy ,benzin istasyonu vb. pozisyonlarda olmadığından lineer olmayabilir . Ancak, ana kurşun kaynağı egzoz gazları ve ona bağlı trafikteki araç sayısı olduğundan Pb^{2+} derişiminde azalmalar beklenmelidir ve öyle de bulunmuştur .

Çizelge.4.18 *Xanthium* (yılanmaması) Bitkisinde (1999) Pb^{2+} Derişimleri

Ankara dan uzaklık, km	Yoldan uzaklık, m	Pb^{2+} Derişimi, ppm
11	0	23,3
19,5	0	19,5
25	0	11,2
30	0	2,6

1997 Mayısında ve Ekim 1999 tarihinde ortak olan istasyon 19.5 km' deki istasyondur . Bu istasyonda *Xanthium* bitkisinin kurşun muhtevaları Çizelge 4.19'da mukayese edildi .

Çizelge.4.19 *Xanthium* (yıkanmamış) Bitkisinde (1997 ve 1999) Pb^{2+} Derişimleri

Ankaradan Uzaklık, km	Yol kenarına göre mesafe, m	Tarih	Pb^{2+} Derişimi, ppm
			Yıkanmamış
19,5	0	1997 / Mayıs	6,5
19,5	0	1999 / Ekim	19,5

Sonuçlara bakıldığında , aradan geçen 2.5 yılın getirdiği bir trafik artışı ve 17 Ağustos depremi sonucu bu yolda oluşan trafik artışı dikkate alınabilir . Ancak burada önemli olan bitkinin durumudur. Mayıs ayında bitki genç evrededir , oluşumunu henüz tamamlamamıştır ve egzoz gazlarına maruz kalma süresi çok uzun olmamıştır. Halbuki Ekim ayında bitki artık son evresindedir, belki birkaç ay sonra ömrünü tamamlayacaktır ve en önemlisi de Mayıs ayına göre yaklaşık 6 ay gibi bir süre daha fazla egzoz gazlarına maruz kalmıştır. Bunların sonucunda da kurşun muhtevası fazla çıkmalıdır şeklinde bir sonuç beklenmelidir. Çizelge 4.19 'de bu yorum açıkça desteklemektedir. Bitkinin kurşun muhtevası yaklaşık 2 kat daha artmıştır .

4.3.3. Çeşitli istasyonlardaki toprak numunelerinin (1999) kurşun muhtevası

İkinci aşamada toprak numuneleri 3 istasyondan toplandı. Ayrıca birinci ve ikinci istasyonda yoldan 3 m, 4 m, 10 m gibi içperlere girilerek de toprak

numuneleri toplandı. Toplanan numunelerin Pb^{2+} derişimi DPP ile tayin edildi. Sonuçlar Çizelge 4.20’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; 11. kilometreden başlayarak şehirden uzaklaştıkça düzenli bir kurşun derişimi düşüşü gözlenmektedir.

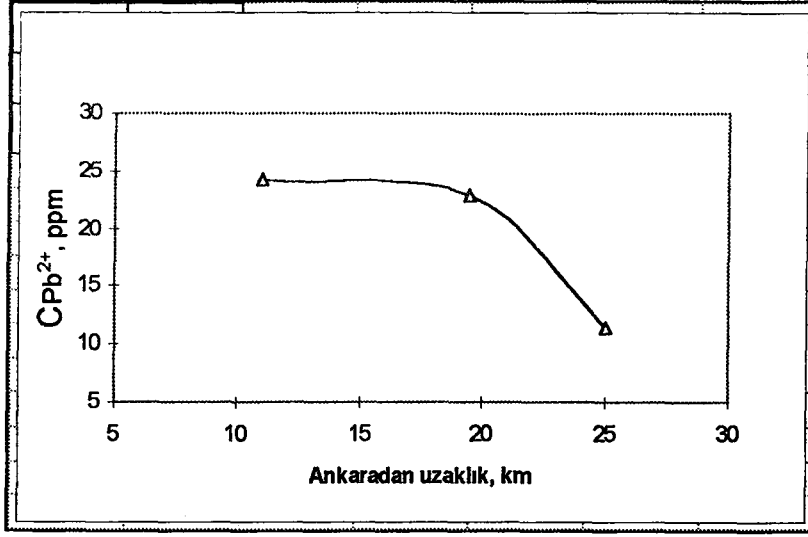
Bunun nedeni Ankara merkezinden uzaklaştıkça trafikteki araç sayısında belirgin bir düşüş yaşanmaktadır, dolayısıyla havada bulunan kurşun birikimi düşüktür. Ayrıca her istasyonun kendine göre belirli özellikleri vardır, bu özellikler kurşun birikimini büyük derecelerde etkilemektedir.

Çizelge 4.20. Toprak Numunesinde (1999) Pb^{2+} Derişimleri

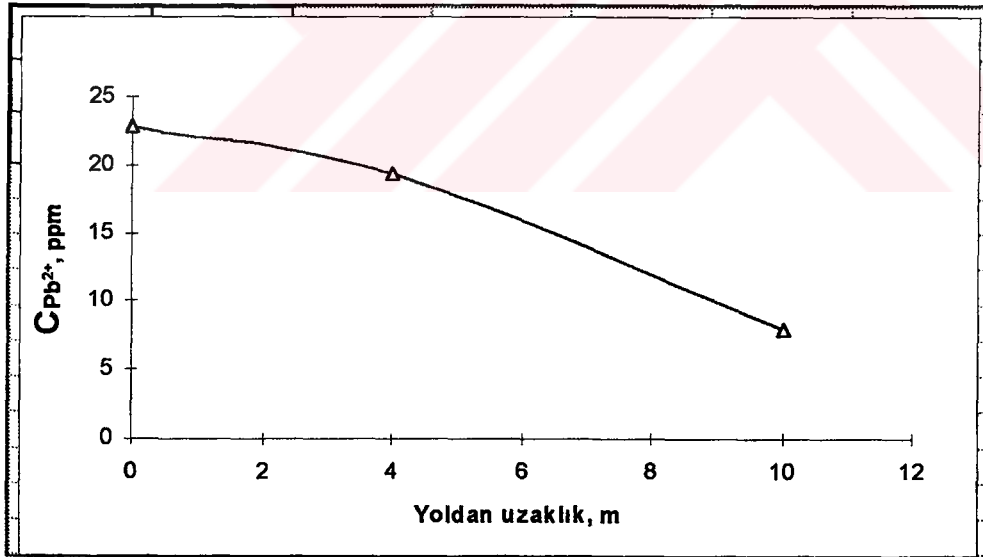
Ankara dan Uzaklık,km	Yoldan uzaklık,m	Pb^{2+} Derişimi, ppm
11	0	24,2
19,5	0	22,8
19,5	4	19,4
19,5	10	7,9
25	0	11,5

Çizelge 4.20 incelendiğinde yoldan içerilere doğru gidildikçe topraktaki kurşun derişimi azalmaktadır. Ancak bu azalma bitkilerdeki kadar hızlı bir azalış değildir. Bunun nedeni ise atmosferde dağılan kurşunun yoldan uzaklaşmasının mümkün olduğu ancak bu uzaklaşan kurşunu içerilerde bitki ile temasının daha az olmasıdır.

Ayrıca yağmur suları ile yıkanan kurşunlarda yoldan içerilere, toprağa drene olması ve toprakta birikmesidir. Buna ek olarak toprağın bütün yıl boyunca egzoz gazlarına maruz kalması da dikkate alınmalıdır.



Şekil 4.6. Toprak Örneklerinde Pb²⁺ Derişiminin Ankaradan Uzaklıkla Değişimi



Şekil 4.7 Toprak numunesinde 19,5 km de (1999) Yoldan İçeri Girildikçe Pb²⁺ Derişiminin Değişimi

Ayrıca topraktaki kurşunun bitkiler, hayvanlar için tüketilebilen bir varlık olmayışı da, biriken kurşunda bir azalmaya neden olmamaktadır, ancak

çözünebilen kurşunlar toprakta alt tabakalara süzülerek, alt tabaka toprağı ve yer altı sularını kirletmesi olayları oluşmaktadır. Bu şekilde de yıllar boyu hızla artması gereken topraktaki kurşun derişimi tahmin edilen oranda artmamakta, hatta sabit kalmaktadır(1997 ile 1999 verilerinde artış yoktur). Bu doğanın bir denge göstergesidir. Ancak doğa daha ne kadar bu dengeyi koruyabilecektir ? bu da cevabı zor olan bir sorudur. Bu nedenle insan oğlu çevreye saldığı kurşun kirliliğini kontrol etmeli ve artık bir son vermelidir.

1997 ile 1999 de birikiminde fazla bir değışiklik gözlenmemiştir. Bu sonuçlar iki önemli gerçek göstermektedir; birincisi bitkilerde bulunan kurşun birikimi topraktan fazla etkilenmemektir, ikincisi ise topraklarda bulunan kurşun birikiminin sabit kaldığıdır.

4.4. Üçüncü Aşamada (2000) *Atriplex* Bitkisinin Kurşun Derişiminin Aylara Göre Değışimi

Bu aşamada farklı aylardaki kurşun derişimini incelemek üzere numuneler toplandı ve laboratuvara getirilen numunelerin Pb^{2+} derişimleri DPP ile belirlendi . Sonuçlar Çizelge 4.21'de verilmiştir.

Çizelgedeki değerler incelendiğinde ilkbahar aylarından yaz aylarına doğru gittikçe kurşun derişiminde bir düşüş söz konusudur. Bunun nedeni de Ankara da insanların büyük kısmının tatile çıkmasıdır. Dolayısıyla trafikte büyük azalma söz konusudur ve bu azalma bizim beklentilerimize göre yaz aylarının sonuna kadar devam edecektir. Ayrıca karışma yüksekliği denen, egzoz gazlarının yerden yukarılara doğru çıkması olayı sıcak havalarda artmaktadır. Yol kenarındaki bitki örtüsü boyunu aşan bu karışma yüksekliklerinde Pb^{2+} yoldan daha içlerlere doğru gidebilmektedir ve buda yol kenarı bitkilerinin Pb^{2+} derişimini azalmaktadır.

Bütün bu araştırmalar sonucu bizim ve bazı insanların kafasına takılan şu soru olmuştur acaba kurşun birikimi bitkinin hangi bölgesinde daha fazladır ? Bu soru ya cevap vermek için bitkinin çeşitli bölgelerinden (yaprak, gövde, kök) ayrı ayrı numuneler alındı ve Pb^{2+} derişimleri DPP ile belirlendi . Sonuçlar Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge.4.21. 30. km de *Atriplex* (yıkanmamış) Bitkisinde (2000) Çeşitli Aylardaki Pb^{2+} Derişimleri

Aylar	Pb^{2+} Derişimi, ppm
Mayıs	10,5
Haziran	7,6
Temmuz	7,1
Ağustos	6,3

Sonuçlar incelendiğinde yapraklar diğer bitki organlarına göre daha fazla kurşun tutma özelliğine sahiptir. Bu da doğal bir sonuçtur çünkü yaprakların yüzey alanları diğer organlara göre daha geniştir dolayısıyla havadan gelen kurşunu daha iyi tutma özelliğine sahiptir.

Çizelge.4.22. 30.km de *Atriplex* (yıkanmamış) Bitkisinin (2000-Mayıs) Çeşitli Kısımlarında Pb^{2+} Derişimleri

Bitkinin Çeşitli Bölgeleri	Pb^{2+} Derişimi, ppm
Yaprak	22,8
Gövde	5,6
Kök	4,3

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Ağır metallerden kurşun, benzinle çalışan motorlu taşıtların egzozlarından çıkarak havayı kirletmektedir. Hava ile taşınan kurşun bitki, hayvan ve insanlara toksik etki yapmaktadır. Kurşun çevreye endüstri tozları, fungusidler, fosil yakıtları ve endüstriyel atık suları ile bırakılmaktadır [52].

Kurşunun bitkilere bağlı toksik etkilerinin başında, fotosenteze baskı yapıp, fotosentez yüzdesinde % 60'lık düşmeye sebep olması gelmektedir. Ayrıca kurşun birikimi metabolik ve strüktürel yenileme mekanizmasının harap olmasına neden olur. Bu mekanizmanın yok olması sonuçta ölüm ve çözümlere neden olmaktadır [51]. Yapılan çalışmalar kurşunun bitki büyümesini inhibe ettiği su absorpsiyonunu azalttığı, su eksikliğine sebep olduğunu gösterilmektedir.

Ayrıca kurşunun kök büyümesini engellediği, meyve yaş ağırlığında düşmeye sebep olduğu, azot tutulmasını engellediği çeşitli çalışmalarda tespit edilmiştir [50,51]. Çalışma sonucunda ağır metal birikiminin, geniş ve tüylü yüzeyli, atmosferle sıkı gaz alışverişi yapan bitkilerin yapraklarında daha fazla olduğu gösterilmiştir .Çeşitli araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar alınmıştır [13,17,31,37].

Meyve numunelerinde, yüzeyin dar olması nedeniyle Pb , Zn ve Cu birikimleri diğer numunelere oranla oldukça düşük çıkmıştır. Kutuplarda yapılan çalışmalarda da buz tabakasında otomobil egzozlarından kaynaklanan yoğun kurşun birikimlerine rastlanmıştır[30]. Yağışlı aylarda toplanan numunelerdeki ağır metal birikimi fazla çıkmıştır. Bu durum trafik

yoğunluğunun yağışlı aylarda artış göstermesi ile açıklanabilir. Bingöl ve Türkan tarafından yapılan çalışmalarda bu durumu, yağışlı aylarda trafik yoğunluğunda görülen artış ile açıklanmaktadır [24,26].

Egzos gazlarının çevreye yayılmasında en önemli etken rüzgardır. Yüksek rüzgar hızı, egzos gazının hava ile karışarak kirlilik yoğunluğunun azalmasını sağlarken, düşük rüzgar hızında gaz konsantrasyonunun artışı gözlenmiştir. Fakat rüzgar hızının az olduğu aylarda birikiminin fazla olması dikkat çekmektedir.

Bulgulara göre; Ankara merkezinden uzaklaştıkça bitkilerde kurşun birikimi azalmaktadır. Aynı zamanda yol kenarından uzaklaştıkça da kurşun birikimi azalmaktadır. Bitki saf su ile temizlendiği zaman da kurşun birikiminde büyük bir düşüş görülmektedir. Araştırma sürecinde özellikle sıcaklığın fazla olduğu aylarda ağır metal birikiminde azalma gözlenmiştir Çizelge.4.21.

Bitkiler egzoz gazları ve ısınmada kullanılan yakıtların çevreye getirdiği kirlilikten etkilenmektedir . Bunun en büyük kanıtı da bitkilerdeki ağır metal birikimidir. Çalışmada bitkilerdeki kurşun birikimin incelenmesi sonucunda özellikle Pb kirliliği açısından büyük sorun görülmektedir . 200 mg / kg kurşunun küçük hayvanları , 50-500 mg / kg 'ın üstündeki çinkonun ise yavru bir domuzu öldürebileceği göz önüne alınırsa [52], beslenme zincirinin büyük bir halkası olan bitkilerde ağır metal birikiminin ne kadar az olması gerektiği anlaşılabılır.

Bunun yanında kurşun insanlarda akciğer savunma sistemini zayıflattığı karaciğer , böbrek ve bağırsaklarda rahatsızlıklara oluşturduğu, çocuklarda zihinsel faaliyetlerin gelişmesine engel olduğu anlaşılmıştır.

Bitkilerdeki kurşun birikiminin yüksek çıkması, ülkemizde benzine katılan kurşun miktarının fazlalığına ve araçların bakımlarının düzenli yaptırılmamasına bağlamak mümkündür. Bu sebeble kurşunsuz benzin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır .

ABD ve Avrupa'da otomobil firmaları araçlarda motor aksamını yeniden tasarımıyarak kurşunsuz benzine uygun hale getirmektedirler. Türkiye Petrolleri A . Ş . son yıllarda ; normal benzin içindeki Pb miktarını 0,42 g / L' den 0,15 g / L' ye , süper benzin içindeki kurşun miktarını 0,84g /L' den 0,40 g / L' ye indirmiştir .

Ayrıca konverterli otomobillerin ihtiyacını karşılamak için İzmit ve İzmir rafinerilerinde kurşunsuz benzin üretimi ve satışına başlanmıştır [53]. Ülkemizde bu konuda yasal düzenlemeler yapılmalı, kurşunsuz benzin fiyatları düşürülmeli ve gerekli tanıtım yapılmalıdır.

Yaptığımız araştırmalar üç aşamada yapıldı. İlk aşamada (1997-Mayıs) Ankara-İstanbul Devlet kara yolunun 2. km sinden başladık 50. kilometreye kadar devam edildi bu bölgede 5 tane istasyon ve 8 çeşit bitki seçildi, ayrıca aynı istasyonlardan toprak numuneleride toplandı (Çizelge 4.15).

Yaptığımız incelemeler sonucunda bütün otlarda farklı miktarlarda kurşun birikimine rastlandı. Bu da bitkilerin özelliklerine göre farklı şekilde ve miktarlarda kurşunu absorblanmaktadırlar (Çizelge 4.15).

Bunu nedenleri bitkinin yapraklarının boyutu, şekli, yüzey alanı, bitkinin yüksekliği, bulunduğu konum, yol kenarına yakınlığı ve biyolojik özellikleri dir .

Bulgulara göre şehir merkezine yakın olan bitkiler uzak olanlara göre daha yüksek kurşun birikimine sahipler. Ayrıca yol kenarına yakın olanlar içerde bulunanlardan daha yüksek kurşun birikimine sahipler. Bunun nedeni de şehir merkezinden uzaklaştıkça trafik yoğunluğunda düşüş gözlenmesidir. Dolayısıyla arabaların sayısı azalacak sonuç olarak ta çevreye yayılan kurşun miktarı azalacaktır.

Bulgulara göre bitkiler saf su ile yıkandıktan sonra kurşun birikiminde yüzde 70 lere varan düşüş gözlenmiştir. Bütün bunlar şunu gösteriyor, kurşunun bir kısmı bitkilerin üzerinde tutulmakta, bir kısmı da bitkilerin bünyesine girmektedir(Çizelge 4.10).

Toprak numunelerinin incelemesi sonucunda topraklar kurşun birikiminde fazla bir değişiklik görülmediği saplandı. Bunun nedeni de toprağın kurşunu ve diğer metalleri alt ve derin tabakalara aktarmasıdır. Dolayısıyla bitkilerin topraktan fazla etkilenmediği düşünülmektedir.

Sonuç olarak ilk aşmadaki bulgulara göre *Atriplex* ve *Xanthium* bitkilerinin Seçilmesine karar verilmiştir. İlki fazla miktarda kurşun tuttuğu için ikinci bitki ise bol bulunduğu için.

İkinci aşamada (1999-Ekim) *Atriplex*, *Xanthium* bitkileri ve toprak numuneleri incelenmeye alındı ve inceleme sonucu Ankara merkezinden uzaklaştıkça kurşun birikiminde sistematik bir düşüş gözlemlendi. Bu sonuçlar ilk aşamadaki sonuçları desteklemektedir. Nedeni de Ankara merkezinden uzaklaştıkça trafikte yoğunluğunda düşüş gözlenmesidir.

Ancak 1997 Mayıs'ında ve Ekim 1999 tarihinde ortak olan istasyon 19.5 km' deki istasyondur. Bu istasyonda *Xanthium* bitkisinin kurşun muhtevaları Çizelge 4.19'de mukayese edildi . Sonuçlara bakıldığında , aradan geçen 2.5 yılın getirdiği bir trafik artışı ve ayrıca 17 Ağustos depremi sonucu bu yolda oluşan trafik artışı dikkate alınabilir .

Ancak burada önemli olan bitkinin durumudur, Mayıs ayında bitki genç evrededir, oluşumunu henüz tamamlamamıştır ve egzoz gazlarına maruz kalma süresi çok uzun olmamıştır. Halbuki Ekim ayında bitki artık son evresindedir, belki birkaç ay sonra ömrünü tamamlayacaktır ve en önemlisi de Mayıs ayına göre yaklaşık 6 ay gibi bir süre daha fazla egzoz gazlarına maruz kalmıştır . Bunların sonucunda da kurşun muhtevası fazla çıkmalıdır şeklinde bir sonuç beklenmelidir . Çizelge 4.19 'de bu yorum açıkça desteklemektedir. Bitkinin kurşun muhtevası yaklaşık 2 kat daha artmıştır .

Toprak numunelerinin incelenmesi sonucunda Ankara merkezinden uzaklaştıkça trafikte yoğunluğunda düşüş gözlenmektedir ve yoldan içerilere doğru gidildikçe topraktaki kurşun derişimi azalmaktadır (Çizelge 4.20). Ancak bu azalma bitkilerdeki kadar hızlı bir azalış değildir. Bunun nedeni ise atmosferde dağılan kurşunun yoldan uzaklaşmasının mümkün olduğu ancak bu uzaklaşan kurşunu içerilerde bitki ile temasının daha az olası olmasıdır. Ayrıca yağmur suları ile yıkanan kurşunlarda yoldan içerilere, toprağa drene olması ve toprakta birikmesidir. Buna ek olarak toprağın bütün yıl boyunca egzoz gazlarına maruz kalması da dikkate alınmalıdır.

Ayrıca topraktaki kurşunun bitkiler, hayvanlar için tüketilebilen bir varlık olmayışı da, biriken kurşunda bir azalmaya neden olmamaktadır, ancak çözünebilen kurşunlar toprakta alt tabakalara süzülerek, alt tabaka toprağı ve yer altı sularını kirletmesi olayları oluşmaktadır. Bu şekilde de yıllar boyu

hızla artması gereken topraktaki kurşun derişimi tahmin edilen oranda artmamakta, hatta sabit kalmaktadır(1997 ile 1999 verilerinde artış yoktur).

Bu doğanın bir denge göstergesidir. Ancak doğa daha ne kadar bu dengeyi koruyabilecektir ? Bu da cevabı zor olan bir sorudur. Bu nedenle insan oğlu çevreye saldığı kurşun kirliliğini kontrol etmeli ve artık bir son vermelidir.

1997 ile 1999 da kurşun birikiminde fazla bir değişiklik gözlenmiştir bu sonuçlar iki önemli gerçek göstermektedir; birincisi bitkilerde bulunan kurşun birikimi topraktan fazla etkilenmemektir, ikincisi ise topraklarda bulunan kurşun birikiminin sabit kaldığıdır. Bu aşamadaki sonuçlara göre Atriplex bitkisini yeniden incelemeye alınmasına karar verildi ve 2000 yılında mayıs ayından başlamak üzere toplanmaya başlandı ve bitkinin yaşama süresinin sonuna kadar toplanmaya devam edilecektir.

Mayıs ayından ağustos ayına kadar toplanan Atriplex bitkisinin incelenme sonuçları göre bitkinin sistematik olarak kurşun birikiminde düşüş gözlenmektedir. Bu durum yaz tatili sebebi ile araç trafiğinin ve fosil yakıtların kullanımının azalması ile açıklanabilir. Hava kirliliği problemlerinde göz önünde tutulması gereken bir diğer meteorolojik etken karışma yüksekliğidir. Bu yükseklikte yer seviyesi arasında kalan bölgede kirleticiler hapis olur . Günün maksimum sıcaklığı ne kadar yüksekse karışma yüksekliği de o kadar yüksek olacaktır [6].

Böylece sıcaklık ve aşırı derecede ısınmış cadde asfaltının etkisi ile egzoz gazları içersindeki partiküller hava ile hızla cadde üzerinde yükselmekte ve atmosferin üst kısımlarına taşınmaktadır [26].

Son olarak Atriplex bitkisinin yaprak, kök ve gövdesi incelendi. Yaprakların diğer bitki organlarına göre daha fazla kurşun tutma özelliğine sahip olduğu düşünüldü. Buda doğal bir sonuçtur çünkü yaprakların yüzey alanları diğer organlara göre daha geniştir dolayısıyla havadan gelen kurşunu daha iyi tutma özelliğine sahiptir (Çizelge.4.22).

Bu araştırmalar sonucunda kurşun birikimini en az düzeye indirmek için bir takım öneriler düşünülmüştür.

1. 1. Kurşunsuz arabaları ve kurşunsuz benzininin vergilerini düşürmek.
2. 2. LPG ve Motorin’la çalışan araçları yaygınlaştırmak ve vergilerini düşürmek.
3. 3. *Atriplex* ve *Xanthium* gibi bitkileri yaygılaştırmak. Özellikle yerleşim birimleri, tarlalar, fabrikalar ve trafiğin yoğun olduğu bölgeler.
4. 4. Benzin istasyonlarını sürekli denetlemek ve kuralara uyumayanlara büyük ceza vermek.

KAYNAKLAR

1. Haktanır , K. , Çevre Kirliliği Ders Notları . , A.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü , 4-5 , 88-90 (1977)
2. Hwang , J.Y. , Trace Metals in Athmospheric Particulatus . , Anal. Chem. , 44, 20A-27A (1972)
3. Schworz , K. , IAEA Symp . , Nuclear Activation Techniques in The Life Sciences . , 3 Bled , April 1972 , IAEA in Austia , Now (1972).
4. Tuttle , R :F ; Vogt , J .R . and Ponkinson , T . F . , IAEA symp . , The Use of Nuclear Techniques in The Measurement and Control of Environmental Pollution , Salzburg , Austria , Act., 26-30 , 1970 , IAEA in Austria (1970)
5. Somer , Ş.N. , İlim , M. ve Kılıç , Z. Ankara Hava Kirliliği Karakteri ve buna Bağlı Epidemiyolojik Araştırma (Ankara Havaında Toplam Parçacıklar , Büyüklük Dağılımları ve Eser Elementler). TÜBİTAK . Çevre Araştırma Grubu . Proje No:ÇAĞ/38/G, (1984)
6. Toptan , S. , Kanda Kurşun Analizi , Diferansiyal Puls Anodik Sıyırma Voltametri ile Uygulamalar . H.Ü. Sağlık Bilimleri Enst. , (1983)
7. Fisbein , L. , Mutagens and Potensial Mutagens in The Biosphere . , The Science of The Total Enviroment , Amsterdam , 2,341-371 (1974).
8. Müezzinoğlu ,A.,Hava Kirlenmesinde Tozluluk ve Tozlarda İz Elementler . I . Ulusal Çevre Mühendisliği Bilimleri Simpozyumu, Ankara (1979).
9. Chamberlain , A.C. , Investigtions in to Lead from Motor Vehicles . Aere Report R. 9198 ,London H.M.SO. (1978).
10. Ünüson , T. Benzinde Aranan Önemli Bir Özellik Oktan Sayısı. TPAO , İzmir Rafinerisi , Teknik Bülteni , 7, 25-27 (1975)
11. Kara güzel, A. Egzoz Gazlarıyla Çevremize Yayılan Tehlike “ Kurşun ” . , Bilim ve Teknik , Cilt 14 , Sayı 159 (1981)
12. Borat , TÜBİTAK VI . Bilim Kongresi Çevre Araştırmaları Grubu Tebliğ Tartışması . , Ankara (1977)

13. Fidora , B. Der Bleigehalt von Pflanzen Verkehraaher Stardarte in Abhongigkeit van der Vegetations Peride . Ber. Deutsch. Bot. Ges. 85,219 (1972)
14. Barth , H . G ., Bayrak , A ., Kantarcı D. Vd. , Çevresel Etki Değerlendirmesi . Ed . Uslu , O. Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayınları , 57-58 , Ankara (1991) .
15. Uslu , O. , Çevresel Etki Değerlendirmesi . Türkiye Çevre Vakfı Yayını , 83-101 , Ankara (1993) .
16. Sabuncu , H . , Taşıtların Hava Kirliliğine Etkileri . Deniz Bilimleri ve Çevre Araş Gr. Ulusal Çevre Simpozyumu 79-89 (1984)
17. Altan , T. ve Önsoy , C. , Osmaniye – İskenderun Kıyı Kesiminde Ekolojik Planlama İlkelerine Uygun Alan Kullanımının Araştırılması ., TÜBİTAK , TOAG -466 (1984)
18. Francis , C. W. , Chestess , G. and Haskin , L. A. , Determinations of ²¹⁰ Pb Mean Residence Time in Athmosphere . Environ . Sci. Technol . 4.586 (1970)
19. Warren , H.V. , Delavault , R.E., Lead in Same Food Crops and Trees ., J. Sci. Fd. Agric , 13, 96-98 (1962)
20. Chaudhry, M.R. , Büyük Konya Havzası Topraklarının Fe , Zn ,Cu ,ve Mn Durumu Üzerinde Bir Araştırma . Doktora Tezi , 14 s. (1979) .
21. Canon , H . L . and bowles , J . M . , Contamination of Vegetation by tetraethyl Lead . Science 137. 765 (1962)
22. Nilsin , J . Accumulation of metals in Spruce meedles and Needle litter, Oikos 23,132 (1972)
23. Öztürk , M . A . ve Türkan , İ . , Kurşun Kirlenmesi ve Bitkiler . Tabiat ve İnsan , 16.3.32-35 (1982)
24. Türkan , İ., İzmir Şehir Merkezi ve çevre Karayolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Kurşun kirlenmesinin İncelenmesi . Ege Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi , Bornova , İzmir (1982)

25. Özörgücü , B . ve Türkan , İ . ,İzmir İli Çevre Yolları Kenarında Yetişen Tütün (*Nicotiana tabacum* L .) 'lerde Kurşun Kirlenmesinin Araştırılması .,Milli Tütün Komitesi . Bilimsel Araştırmalar Alt Komitesi 5. Toplantısında Sunulan Bildiriler . İstanbul (1986)
26. Bingöl , Ü., Ankara Cadde Ağaçlarından (*Aesculus hippocastanum* L) da Kurşun (Pb) Birikimi . Yüksek lisans Tezi , Ank. Ün. Fen Bilimleri Enstitüsü , (1992)
27. Kartal , Ş.,Elçi, L. and Doğan , M., "Investigation of Lead ,Nichel Cadmium and Zinc pollution of Traffic in Kayseri " *Fresenius Envir . bull.* 1,28-33 (1992)
28. Daines ,Y.A. Heavy metals Concentrations on Vegetables., *Science* 120 , 321-324 (1970)
29. Everett , I.C. , day , C.L. and Reynolds, D. , Comparative Survey of lead at selected Sites in The British Islands. *Science* 145 , 730 (1967)
30. Lagwerff , I . V . and Specht , A.W., Contamination of Roadside Soil and vegetation with Cadmium , Nichel , Lead and Zinc ,*Environ . Sci. Technol.*, 4,583-586 (1970)
31. Türkan , İ., izmir İl Merkezi ve Çevre Yolları Kenarında Yetişen Bitkilerde Kurşun , Çinko ve Kadmiyum Kirlenmesinin Araştırılması ., *Doğa Tr. Bio* , cilt 13 (1986)
32. Page , A . H . , Lead Contents of Crops as Related to Distance from Major Higways for The Las Angeles Metropoliton Area., *Agromony Absts.* 86 p. Presented at American Soc. Agron . Meeting (1969)
33. Yalçın , N. , Aydın , A . O. ve Sevina , V. , Tarım alanlarında Motorlu Araç Trafığının Yol Açtığı Pb ve Zn Birikimi ., *Doğa Müh. ve Çev. D.*, 13.3. (1989)
34. Türkan , İ ., Gemici ,Y.,Seçmen ,Ö. Vd. İzmir'in Bazı Kirli Alanlarındaki Vegetasyon Üzerinde Araştırmalar ., *Ulusal Çevre Sipozyumu* , Deniz Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu , 290-300 (1984)

35. Günel , C. , Ankara'da Hava Kirliliğinin Belli Kirleticiler ve Meteorolojik Verilere Göre Değerlendirilmesi ., Ank. Ün. Sağlık Bilimleri Enst. ,Uzmanlık Tezi (1984)
36. Hammond , P .B . ,and Aranson , A .L .,Lead Poisning in Cattleb and Horses in The Vicinity of a Smelter . An . N.Y. Acad. Sci. , 111,595 (1964)
37. Baumhardt , G. R . and Welch , L . F . , Lead Uptake and Corn Growth With Soilaped Pb . I. Environmental Quality, 1,1, 92-94 (1972)
38. Kloke , A. And Riebartsch , K ., Contamination of Crops with Lead from Vehicle Exhausts ., Naturwissenschaften 52,367-368 (1964)
39. Garber , K., Luftverunreinigung Durch Schwermetalshatige Staube , Wirkung auf Pflenzen ,Londw . Forschung , 25, 59 (1970)
40. Henden , E., Türkan , İ., çelik , Ü. vd . ,Ağır Metal Kirilenmesinin Bir monitörü Olarak (Balloto acctobulosa L .) Benthana ., I Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi Bildiri Özetleri , 17 s. , 5-7 Ekim İzmir (1993)
41. Toker , M . C. , Temizer , A. ve Yalçın , İ.,Ankara'da Bazı Yol Ortası Röfujlerinde Yetiştirilen Çamlarda Ağır Metal (Pb ,Ni , Cd) Birikimi ., Çukurova Ün. , Fen-Edebiyat Fak. Fen Bilimleri Dergisi 13 25-40 (1990)
42. Haktanır , K. , Toprak Kirliliği ve Bu Konuda Hazırlanacak Yönetmelik Üzerine Düşünceler . Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Çalışma Grubu Raporu 2. 6-12 (1987)
43. Dmowski , K. and Karolewski , M . A . ,Cumulation of Zinc Cadmium and Lead in Inverte Brates and Some Vertebrates according to The degree of on Area Contamination (1979)
44. Stewart , İ . A . and Berger , K.C. , Estimation of Available Soil Zinc Using Magnesium Chloride as Extract ant ., Soil . Sci. ,100 ,4,244-250 (1965)

45. Andrew , C.S. and Thorne , P.M ., Comparative Responses to copper of Same Tropical and temperate Pasture Legumes . , Aust. J. Agr.Res. , 13 , 821-835 (1967)
46. Uysal, H., Kurşun Zehirlenmesinde Bazı Parametrelerin ve İdrar Kallikpein Aktivitesinin Saptanması Üzerinde Bir Çalışma. H.Ü. Sağlık Bilimleri Enst. 4-15 s (1987)
47. Pekin , B.,Çevre Kirliliği Spektroskopi ., Spektroskopi Dergisi Cilt II. Sayı 2. (1976)
48. Perkins , H. , Air Pollution Mc Grow . Hill (1984)
49. Kunç , Ş. ve Balkış , T. , Serumda Atomik Absorbsiyon Spektroskopisi ile Çinko Tayini ., TÜBİTAK VI . Bilim Kongresi , Ankara (1977)
50. Allison, D.W. and Dzialo, C. ,The Influence of Lead, Cadmium and Nickel on The Growth of Reygrass (*Lolium hybridum* , Cultivar tetrelite) and Oats (*Avena sativa* cultivor Gony , Plant Soli . 62, 81-90 (1971)
51. Röderer, G ., On The Toxic Effects Tetra Ethyl Lead and Its. Derivatives on The Chrysapyte Pateriochromonos Malhemensis . V. Elektron Microscopical Studies. Env.Exp.Bot. 24 17-30 (1984)
52. İnel. Y., Sebüktekin, U. ve Kurt, N., Otoyol Boyunca Kurşun, Çinko, Kadmiyum Birikimi., TÜBİTAK VI . Bilim Kongresi . Çevre Araştırmaları , Ankara (1977)
53. Anonim, Türkiye’de Kurşunsuz Benzin Üretimi Çevre Bakanlığı Yayınları
- 54.Biisetov, A.A.; Ustimov, A. M.; Chem.Abs. 1972, 76, 74940x
55. Davis, P.H.(edit)(1965-88) “Flora of Turkey and The East Eg Aegeon Islands” Vol.1-10, Edinburgh Univ.Press.



Şekil 2.6 *Atriplex* bitkisi.



Şekil 2.7 *Chenopodium bitkisi*.



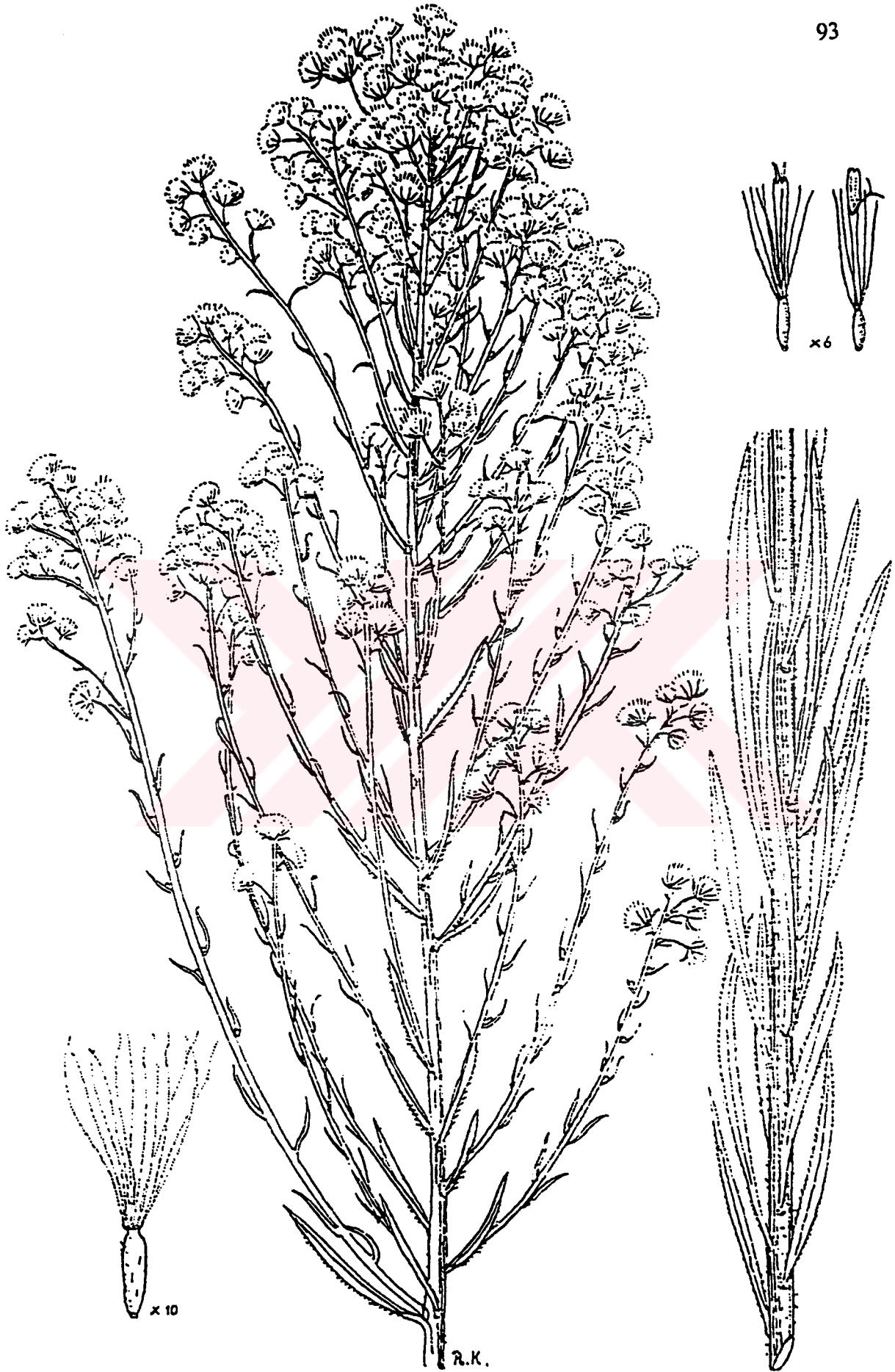
Şekil 2.8 *Medicago* bitkisi



Şekil 2.9 *Colutea bitkisi*.



Şekil 2.10 *Cuscuta bitkisi*..



Şekil 2.11 *Conyza* bitkisi.



Şekil 2.12 *Xanthium* bitkisi.



Şekil 2.13 *Diplotaxis bitkisi*.

ÖZGEÇMİŞ

Sinan MUHAMMET, 1965 yılında Kuzey Irak ta Erbil ilinde doğdu. 1983 yılında Alnidal lisesini bitirdi. 1984'de Al Silahattin Eğitim Fakültesi Kimya bölümünü kazandı ve 1988 'de mezun oldu. 1991 ana vatanına geldi. 1996 yılında Gazi Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya bölümünde yüksek lisans eğitimine başladı.

