

**T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EDİRNE VE ÇEVRESİNDE OTOBAN KENARLARINDAKİ
TOPRAKLARDA BAZI AĞIR METAL KİRLİLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Tuncay SARI

TOPRAK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Doç. Dr. Aydın ADILOĞLU

TEKİRDAĞ – 2009

Her Hakkı Saklıdır.

Doç. Dr. Aydın ADİLOĞLU danışmanlığında, Tuncay SARI tarafından hazırlanan bu çalışma / / tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Toprak Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:

İmza:

Üye: Doç. Dr. Aydın ADİLOĞLU

İmza:

Üye:

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER	Sayfa No
ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
2. 1. Ağır Metallerin Tanımı.....	5
2. 2. Toprakta Ağır Metallerin Kaynakları.....	5
2. 3. Toprakta Toksik Etkileri Yoğun Olan Bazı Ağır Metaller.....	7
2. 3. 1. Kadmuyum (Cd).....	7
2. 3. 2. Kurşun (Pb).....	9
2. 3. 3. Nikel (Ni).....	10
2. 3. 4. Krom (Cr).....	12
2. 3. 5. Kobalt (Co).....	13
2. 3. 6. Çinko (Zn).....	14
2. 3. 7. Bakır (Cu).....	15
2. 3. 8. Mangan (Mn).....	16
2. 3. 9. Demir (Fe).....	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	19
3. 1. Çalışmanın Anlam ve Önemi.....	19
3. 2. Çalışma Alanının Tanıtılması.....	20
3. 2. 1 Coğrafi Durum.....	21
3. 2. 2. Tarımsal Arazi Varlığı.....	21
3. 3. Materyal.....	22
3. 4. Yöntem.....	25
3. 4. 1. Toprak Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler.....	25
3. 4. 1. 1. Toplam Tuz (%).....	25
3. 4. 1. 2. Toprak Reaksiyonu (pH).....	25
3. 4. 1. 3. Tekstür.....	25
3. 4. 1. 4. Kireç (%CaCO ₃).....	25
3. 4. 1. 5. Organik Madde (%).....	25
3. 4. 1. 6. Bitkilere Yararışlı Fosfor.....	25

3. 4. 1. 7. Değişebilir Katyonlar (Ca, Mg, K).....	26
3. 4. 1. 8. Bitkilere Yarayırlı Bazı Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn, Mn).....	26
3. 4. 1. 9. Ekstrakte Edilebilir Bazı Ağır Metaller (Cd, Co, Cr, Ni, Pb).....	26
3. 5. Sonuçların Değerlendirmesi.....	26
4. ARAşTIRMA BULGULARI VE TARTIşMA.....	27
4. 1. Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	27
4. 1. 1. Toprakların pH Değerleri.....	27
4. 1. 2. Toprakların Kireç Miktarları.....	29
4. 1. 3. Toprakların Organik Madde Miktarları.....	29
4. 1. 4. Toprakların Tuz Miktarları.....	30
4. 1. 5. Toprakların Tekstürleri.....	30
4. 2. Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Makro Besin Elementi İçerikleri.....	30
4. 2. 1. Toprakların Bitkilere Yarayırlı Fosfor Miktarları.....	32
4. 2. 2. Toprakların Değişebilir Potasyum Miktarları.....	32
4. 2. 3. Toprakların Değişebilir Kalsiyum Miktarları.....	33
4. 2. 4. Toprakların Değişebilir Magnezyum Miktarları.....	34
4. 3. Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Mikro Besin Elementi İçerikleri.....	34
4. 3. 1. Toprakların Bitkilere Yarayırlı Demir Miktarları.....	36
4. 3. 2. Toprakların Bitkilere Yarayırlı Bakır Miktarları.....	36
4. 3. 3. Toprakların Bitkilere Yarayırlı Çinko Miktarları.....	37
4. 3. 4. Toprakların Bitkilere Yarayırlı Mangan Miktarları.....	37
4. 4. Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Ağır Metal İçerikleri.....	38
4. 4. 1. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Kadmiyum Miktarları.....	40
4. 4. 2. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Kobalt Miktarları.....	41
4. 4. 3. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Krom Miktarları.....	42
4. 4. 4. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Nikel Miktarları.....	43
4. 4. 5. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Kurşun Miktarları.....	44
4. 5. Toprakların Ağır Metal İçerikleri İle Bazı Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....	45
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
6. KAYNAKLAR.....	49
7. ÖZGEÇMİş.....	53

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Edirne ve Çevresinde Otoban Kenarlarındaki Topraklarda
Bazı Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması

Tuncay SARI

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Aydın ADILOĞLU

Bu araştırma, Edirne ilinden geçen otoban kenarlarındaki topraklarda bazı ağır metallerin kirliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bunun için Edirne merkez ilçe ve Havsa ilçelerinden 56 farklı yerden toprak örneği alınmıştır. Elde edilen bulgulara göre topraklar genellikle nötr pH'da ve tuzsuz özelliktedir. Toprakların tekstürleri genellikle "Kumlu Killi Tın (SCL)" tekstür sınıfında olup, kireç kapsamı bakımından "az kireçli" sınıfına girmektedir. Toprakların organik madde kapsamı "yetersiz" düzeydedir. Toprakların yararlı P, değişebilir K, Ca ve Mg kapsamı ise "yeterli" düzeydedir. Toprakların bitkilere yararlı Fe ve Cu kapsamı "yeterli", ancak Zn ve Mn kapsamı "yetersiz" düzeydedir. Topraklarda Cd, Cr ve Ni kirliliği saptanamamıştır. Ancak Co kirliliği ve önemli boyutlarda da Pb kirliliği saptanmıştır. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ağır metal içerikleri arasında önemli bazı istatistiksel ilişkiler belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Edirne, otoban, toprak, ağır metal, kirlilik, Cd, Co, Cr, Ni, Pb.

2009, 62 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

An Investigation of Some Heavy Metal Pollution Along the TEM Motorway
Soils in Edirne

Tuncay SARI

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Soil

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

The aim of this research was to determine the heavy metal pollution of soils which is located along with motorway passing through in Edirne Province. For this purpose, soil samples were taken from 56 different agricultural lands near the motorway in Edirne. According to the results, the soils were generally neutral pH and saltless. The texture of soils were generally sandy-clay- loam (SCL) and less lime as classified. The amount of organic matter in soils is insufficient. The contents of soils available P, exchangeable K, Ca and Mg are sufficient. Available Fe and Cu contents of soils are sufficient, but available Zn and Mn contents are insufficient. Cadmium, Cr and Ni pollution were not determined in the soils. But Co pollution and high level of Pb pollution were determined. Between some physical and chemical properties of soils and heavy metal contents of the soils were found important statistical relations. Some statistical relations in between physical and chemical properties with heavy metal contents of soils have been determined.

Key Words: Edirne, motorway, soil, heavy metal, pollution, Cd, Co, Cr, Ni, Pb.

2009, 62 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma sürecinde;

Bana her türlü yardımı sağlayan, ihtiyacım olduğu her an ulaşabildiğim ve her konuda elinden gelen desteği veren, planlı çalışmasıyla, göstermiş olduğu ilgi ve kurmuş olduğu diyalogla hayat boyu örnek alınması gerektiğini düşündüğüm Tez Yöneticisi Hocam **Syn. Doç. Dr. Aydın ADİLOĞLU'na**,

Bana göstermiş olduğu manevi desteği, sabrı ve anlayışı için çok kıymetli Eşim **Dilek SARI'ya**,

Tüm Yüksek Lisans dönemim boyunca ve özellikle tez aşamasında, gerek arazi çalışmalarında gerekse Fakülteye gidiş – gelişlerimde ihtiyacım olan izin için beni hiç geri çevirmeyen ve her zaman anlayışlı davranan Edirne Tarım İl Müdürü **Syn Erdiñç YAZICI'ya**, İl Müdür Yardımcısı **Syn. Necdet BAYIRLI'ya** ve Proje İstatistik Şube Müdürü **Syn. Cengiz Yaşar SAYDAM'a**,

Toprak örneklerinin alınması ve tezimin yazımı aşamalarında bana yardımcı olan değerli arkadaşlarım **Şevket TABAK ve Ahmet Uğur KILIÇARSLAN'a**,

Toprak örneklerinin alındığı yerleri gösteren haritayı hazırlayan değerli arkadaşım Harita Mühendisi **Syn. Figen KANAR KAYSERİ'ye**,

Toprak örneklerinin analizlerini yapmamda yardımcı olan Keşan Ticaret Borsası Toprak Laboratuvarı personeli **Syn. Birol GÜNDAY'a**,

Teşekkürlerimi sunarım.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Bazı Ağır Metallerin Bitkilerdeki Toksisite Göstergeleri.....	3
Çizelge 3.1. Araştırmanın Yapıldığı Arazilere İlişkin Bazı Bilgiler.....	23
Çizelge 4.1. Araştırma Alanındaki Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	28
Çizelge 4.2. Toprakların pH Değerlerine Göre Sınıflandırılması.....	27
Çizelge 4.3. Toprakların Kireç İçeriklerinin Sınıflandırılması.....	29
Çizelge 4.4. Toprakların Organik Madde İçeriklerinin Sınıflandırılması.....	29
Çizelge 4.5. Toprakların Toplam Tuz değerlerinin Sınıflandırılması.....	30
Çizelge 4.6. Toprakların Bazı Makro Besin Elementi İçerikleri.....	31
Çizelge 4.7. Toprakların Yarayışlı P Bakımından Sınıflandırılması.....	32
Çizelge 4.8. Toprakların Değişebilir K Bakımından Sınıflandırılması.....	33
Çizelge 4.9. Toprakların Değişebilir Ca Bakımından Sınıflandırılması.....	33
Çizelge 4.10. Toprakların Değişebilir Mg Miktarlarının Sınıflandırılması.....	34
Çizelge 4.11. Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Mikro Besin Elementi İçerikleri.....	35
Çizelge 4.12. Toprakların Bitkilere Yarayışlı Fe Bakımından Sınıflandırılması.....	36
Çizelge 4.13. Toprakların Bitkilere yarayışlı Cu Bakımından Sınıflandırılması.....	36
Çizelge 4.14. Toprakların Bitkilere Yarayışlı Zn Bakımından Sınıflandırılması.....	37
Çizelge 4.15. Toprakların Bitkilere yarayışlı Mn Bakımından Sınıflandırılması.....	38
Çizelge 4.16. Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Ağır Metal İçerikleri.....	39
Çizelge 4.17. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Cd İçin Kritik Değerler.....	40
Çizelge 4.18. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Co İçin Kritik Değerler.....	41
Çizelge 4.19. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Cr İçin Kritik Değerler.....	42
Çizelge 4.20. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Ni İçin Kritik Değerler.....	43
Çizelge 4.21. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Pb İçin Kritik Değerler.....	44
Çizelge 4.22. Toprakların Ağır Metal İçerikleriyle Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....	45

Şekil 3.1. Edirne Merkez İlçe ve Havsa İlçesinden toprak örneklerinin alındığı yerler.....	24
Şekil 4. 1. Araştırma Alanı Topraklarında Tespit Edilen Cd Kirliliği (%).....	40
Şekil 4.2. Araştırma Alanı Topraklarında Tespit Edilen Co Kirliliği (%).....	41
Şekil 4. 3. Araştırma Alanı Topraklarında Tespit Edilen Cr Kirliliği (%).....	42
Şekil 4. 4. Araştırma Alanı Topraklarında Tespit Edilen Ni Kirliliği (%).....	43
Şekil 4.5. Araştırma Alanı Topraklarında Tespit Edilen Pb Kirliliği (%).....	44

1.GİRİŞ

Çevre ve toprak kirlenmesi ile ilgili sorunların büyük bir kısmı insanların kırsal alanlardan şehirlere göç etmeleri ile şehir nüfuslarındaki hızlı artış sonucu ortaya çıkmıştır. Şehirlere doğru olan bu göçte, gelişen sanayi ile iş olanaklarının artması, işyerlerine ve fabrikalara kolaylıkla ulaşabilmesi gibi faktörler etkili olmuştur.

Son yıllarda dünyadaki bu nüfus artışına paralel olarak endüstriyel faaliyetlerin yoğunlaşması sonucunda su, hava ve toprak kirlenmesi canlı yaşamını tehdit eden boyutlara ulaşmıştır. Ülkemizde hızlı sanayileşme ve nüfus artışı sonucu bu sorunlar daha sık gündeme gelmeye başlamıştır. Endüstriyel faaliyetlerle çevreye sızan ağır metaller çok önemli kirlilik unsuru olup, canlı ekosistemlere zarar vermektedirler. Doğal ve yapay yollarla ortama katılan ağır metaller kolayca birikip çevrede ve toprakta kompleks yapılar oluşturmaları nedeniyle tehlikeli kirleticiler olarak tanımlanmaktadır. Ağır metaller, çoğunlukla buldukları ortamda biyodegradasyona uğramadıklarından kolayca birikirler ve çok kompleks yapılar oluşturarak zehirlilik etkilerini de arttırabilirler. Günümüzde endüstrileşmenin artmasıyla çevrede ve toprakta ağır metal kirliliği yüksek miktarlara ulaşmıştır.

Topraklara bulaşan ve birikim yapan ağır metaller, mikrobiyal aktiviteye, toprak verimliliğine, biyolojik çeşitlilik ve ürünlerdeki verim kayıplarına, hatta besin zinciri yoluyla zehirlenmelere kadar birçok çevre, bitki ve insan sağlığı sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (<http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon>).

Topraklarda ağır metal birikimi daha çok yüzeyde veya yüzeye yakın derinliklerde oluşmaktadır. Çünkü ağır metallerin hemen tamamı toprakta kil mineralleri üzerinde adsorbe olmakta ya da topraktaki organik bileşiklerle organo-mineral bileşikler oluşturarak kararlı forma dönüşmektedirler. Toprakta ağır metal birikimi derinlikle birlikte genellikle azalmaktadır (Tok 1997).

Ülkemizde toprakta bulunabilecek bazı ağır metallere ilişkin toplam izin verilebilir sınır değerleri ilgili yönetmeliğe göre şu şekildedir (Tok 1997):

Kurşun (Pb)	: 100 mg kg ⁻¹
Kadmiyum (Cd)	: 3 “
Krom (Cr)	: 100 “
Bakır (Cu)	: 100 “
Nikel (Ni)	: 50 “
Civa (Hg)	: 2 “
Çinko (Zn)	: 300 “
Kobalt (Co)	: 40 “
Mangan (Mn)	: 300 “
Demir (Fe)	: 4,5 “

Bitki kök bölgesine ulaşan ağır metallere Zn, Mn, Cu ve Mo bitki gelişimi için mutlak gerekli iken, Co ve Ni ise bazı şartlarda gereklidir. Al, V, As, Hg, Pb, Cd ve Se ise genellikle toksik etkilidir. Bitkiler için mutlak gerekli olan veya gerekli olmayan ağır metallere bitki doku ve organlarında aşırı birikimi vejetatif ve generatif gelişimi olumsuz olarak etkilemektedir (Gür ve ark. 2004). Ağır metaller bu toksik etkileri nedeniyle bitkilerde transpirasyon, stoma hareketleri, su absorpsiyonu, fotosentez, enzim aktivitesi, çimlenme, protein sentezi, membran stabilitesi, hormonal denge gibi birçok fizyolojik olayın bozulmasına neden olmaktadır (Asri ve Sönmez 2006)

Topraktaki ağır metal kirliliğinin bitkilerdeki semptomları metalden metale değişebildiği gibi bitki türleri arasında da farklılık göstermektedir. Bitkilerdeki genel olarak görülen toksisite belirtileri klorosis, kahverengi beneklerin oluşumu, yaprak, gövde ve kök kısımlarının deformasyonu gibi değişik nekrotik belirtiler şeklinde sıralanabilir. Aşağıdaki Çizelge 1.1’de bazı ağır elementlerin bitkilerdeki toksisite belirtileri verilmiştir (Tok 1997; Kacar ve İnal 2008).

Çizelge 1.1. Bazı ağır metallerin bitkilerdeki toksisite göstergeleri (Tok 1997; Kacar ve İnal 2008).

Ağır Metal	Bitkideki Genel Semptomları	Duyarlı Bitkiler
Al	Bodurlaşma, koyu yeşil yaprak, morlaşan sap, yaprak ucunun ölmesi ve kümeleşen, zarar gören kök	Tahıllar
As	Yaşlı yapraklarda kırmızı- kahverengi lekeler, köklerin sararması ve kahverengileşmesi, kötü kardeşlenme	Fasulye, soğan, bezelye, tatlı mısır, çilek
B	Yaprakta uç ve kenar sararması ve sonra kahverengi olması, büyüme dokularının zarar görmesi, yaşlı yaprakların sararması ve ölmesi	Tahıllar, patates, domates, kabak, ayçiçeği ve hardal
Cd	Yaprak kenarlarında kahverengileşmesi, klorosis, kırmızımsı damarlar, gelişmemiş kök sistemi	Sebzeler
Co	Üst yapraklarda damar arasında başlayan klorosis ve daha sonra Fe eksikliğine bağlı çıkan klorosis, beyaz görünümlü yaprak kenarları ve ucu ve zarar gören kök	Tüm Bitkiler
Cr	Genç yapraklarda klorosis, dengesiz kök gelişimi	Tüm Bitkiler
Cu	Koyu yeşil yaprak, kısa ve ince kök sistemi, kötü kardeşlenme	Tahıllar, sebzeler ve narenciye
F	Yaprak kenar ve ucunun nekrozlaşması, yapraklarda klorotik ve kırmızı- kahverengi lekelerin oluşumu	Asma, meyve ağaçları ve iğne yapraklılar
Fe	Koyu yeşil yapraklar, kök ve gövdenin bodurlaşması, bazı bitkilerde koyu kahverengi ile mor arasında değişen yaprak rengi (çeltikteki bronzlaşma)	Çeltik ve tütün
Hg	Aşırı derecede bodurlaşma, çimlenme güçlüğü, yaprakta klorosis ve uçlarda kahverengileşme	Şeker pancarı, mısır ve gülgiller
Mn	Yaşlı yapraklarda klorosis ve nekrosis, yaprak uçlarında kuruma, bodur kök sistemi	Tahıllar, sebzeler, patates ve lahanalar
Mo	Yaprakların sararması ve sonra da kahverengileşmesi, dengesiz kök sistemi ve kardeşlenme	Tahıllar
Ni	Genç yapraklarda damarlararası sararma, grimtrak yeşil yaprak	Tahıllar
Pb	Yaşlı koyu yeşil yapraklarda kıvrılma, bodurlaşma ve kök gelişiminde arazlar	
Zn	Yaprak uçlarında klorosis ve nekrosis, genç yapraklarda damarlararası sararma, bitkinin genelde geç büyümesi, dengesiz kök sistemi	Tahıllar ve ıspanak

Bu araştırmanın amacı, Edirne Merkez İlçe ve Havsa İlçesinden geçerek yurt dışı ile İstanbul’u birbirine bağlayan TEM Otoyolu güzergâhı boyunca otoban kenarlarındaki tarım arazilerinde meydana gelen karayolu taşımacılığından kaynaklanabilecek ağır metal kirliliğinin boyutlarını ortaya çıkarmaktır. Elde edilen bulgulara göre ağır metal kirliliğinin bölgede diğer çevre bileşenleri ve tüm canlılar üzerine olan etkilerini azaltmak için bu konuda yapılacak çalışmalara yol göstermesi amaçlanmaktadır. Ayrıca söz konusu kirliliğin azaltılması için alınması gerekli önlemler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2. 1. Ağır Metallerin Tanımı

Ağır metaller periyodik tablonun 2A grubundan 6A grubuna kadar geniş bir alanda yer alan elementler olarak tanımlanmaktadır. Ağır metaller yoğunluğu 5 g/cm^3 den büyük olan metallerdir. Bu grupta Pb, Cd, Cr, Fe, Co, Cu, Ni, Hg ve Zn başta olmak üzere 60'tan fazla metal yer almaktadır. Bu elementler dünyamızda çoğunlukla karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik veya silikatlar ile kompleks oluşturmuş şekilde bulunurlar (Haktanır ve Arcak 1998).

Ağır metaller çevrede jeolojik ve biyolojik olarak transformasyonlara uğrayabilmektedirler. Bunların parçalanması ve taşınması sonucunda buldukları yerlerden çok uzaklarda birikerek konsantrasyonları artabilmektedir. Grönland buzullarında kurşun konsantrasyonunun geçmiş yıllara göre çok fazla artması, bu metalin yeniden dağılım ve taşınımına uğradığının bir göstergesidir (Karakaş 2000).

Endüstriyel atık sularla toprak ekosistemine ulaşan ağır metaller toprakta birikmektedir. Toprakta biriken bu metallerin çözünürlüğü toprağın pH değerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Ağır metallerin topraktaki aktivitesi genellikle toprağın pH değeri ile ters orantılı olarak değişmektedir (Ağca 1998).

Yüksek konsantrasyonlarda toksik etki gösteren bazı elementler bitkiler için mutlak gereklidir. Bu elementler Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, Co ve bazı şartlarda da Ni'dir. Bununla birlikte Cd, Cr, Hg ve Pb gibi diğer bazı ağır metaller ise endüstriyel aktivite sonucu olarak atık ürünlerde ve atık sularla artarak tarımsal ekosistemlere dahil olmakta ve çevre kirlenmesi açısından önem kazanmaktadır (Dağdeviren 2007).

2. 2. Toprakta Ağır Metallerin Kaynakları

Toprak canlıların doğrudan kullandıkları bir ortamdır. Ancak toprakta meydana gelen çeşitli olaylar ve etkileşimler su ve hava ortamındaki gibi kısa sürede fark edilemez.

Bunun sebebi toprağın tampon gücünün toksik etkili bileşenlere olan direnci kimyasal yolla meydana gelebilecek olan kirlilik parametrelerinin belirlenmesini zorlaştırabilmektedir. Toprağın üzerindeki tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucunda doğal yapısı tamamen veya kısmen yabancı maddeler tarafından kirletilir. Bu maddelerin pek çoğu toprağın bünyesinde belirli oranlarda ve çoğunlukla eser miktarlarda bulunur. Bu bakımdan kimyasal kirlilik denince ilk akla gelen kirleticiler ağır metallerdir (Mater 1998).

Tarımda verimliliği yükseltmek için topraklara uygulanan DAP, TSP ve diğer fosforlu gübrelerin aşırı ve kontrolsüz kullanılması ile toprakların en verimli olan üst kısımlarında başta Cd olmak üzere bazı ağır metaller önemli miktarlarda birikebilmektedir (Camelo ve ark. 1997).

Topraklar bileşimlerine bağlı olarak farklı oran ve formlarda ağır metaller içerirler. Ağır metallerin toprak ekosistemi içerisindeki jeolojik nedenlerle oluşan doğal dağılımı son yıllarda antropojen etkileşim ile önemli ölçüde değişmeye başlamıştır (Başkaya ve Teksoy 1997).

Ağır metallerin topraktaki hareketi bitki ve taban suları için büyük önem taşımaktadır. Ağır metallerin toprak içerisinde taban suyuna doğru olan hareketinde toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri etkilidir. Kimyasal özellikler arasında toprağın pH değeri, redoks potansiyeli, katyon değişim kapasitesi, organik maddenin miktar ve çeşidinin önemli ölçüde etkili olduğu bilinmektedir (Lodeniis 1989).

Ağır metaller topraklardaki biyokimyasal tepkimeleri doğrudan etkilemektedirler. Toprakta organik maddenin mineralizasyonu, solunum aktivitesi, enzim aktivitesi ve nitrifikasyon olayları bunların başında gelmektedir. Toprak içerisinde mikroorganizmalar tarafından CO₂ üretimi, topraktaki enzim aktiviteleri ve nitrifikasyon olayı gibi bazı biyokimyasal tepkimeler dizisi ağır metallerin toprak ve bitkideki toksik etkilerini inceleyebilmek için birer indikatör olarak kabul edilmektedir. Bununla birlikte ağır metallerin topraktaki biyokimyasal tepkimeler üzerindeki toksik etkileri, onların mobiliteleri ve topraktaki konsantrasyonları ana materyalin kimyasal bileşimi ile doğrudan ilişkilidir (Dağdeviren 2007).

Toprakta pH değerinin dūşmesiyle çoğunlukla artan ağır metal aktivitesi topraktaki organik bileşiklerin immobilizasyon hareketi tarafından önlenebilmektedir. Bu durum Cd, Mn, Ni ve Zn'nun yararışlılığını azaltabilmektedir (Sommer 1984).

Asit yağmurlarının etkilediği bölgelerdeki topraklarda artan asitleşme ve dolayısıyla topraklarda ağır metal hareketliliğinin artışı Mo hariç bitkiler tarafından ağır metallerin alınmasını artırmaktadır (Ulrich 1980).

Toprak, doğal şartlarda içerisinde yüksek düzeyde bulunabilecek elementleri nötralize edebilmekte ve üzerinde yaşıyan canlılar için toksik etki göstermesini engelleyebilmektedir. Ancak, tarım alanlarında evsel ve endüstriyel atıklar, bilinçsiz gübreleme ve yoğun karayolu taşımacılığının olduğu yerlere yakın olan tarım alanlarında ağır metal kirliliği meydana gelebilmektedir (Mikanova 2006).

Toprağın tekstürü, katyon değişim kapasitesi, pH değeri, organik madde miktarı gibi bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ağır metallerin toprakta birikmesinde önemlidir. Özellikle ağır bünyeli topraklarda katyon değişim kapasitesinin yüksek oluşu nedeniyle ağır metalleri büyük ölçüde absorbe edebilmektedirler. Ayrıca organik madde bakımından zengin topraklar da ağır metalleri daha fazla absorbe ederek zor çözünebilir bileşiklerin oluşmasına neden olmaktadır (Bakış ve Bilgin 1998).

Otoyollardaki yoğun araç trafiği otoyol kenarlarındaki tarım topraklarını ağır metal kirliliği bakımından önemli ölçüde etkilemektedir. Bu tip tarım arazilerinde özellikle Cd, Pb ve Ni kirliliğini önemli ölçüde arttığı saptanmıştır (Hakerlerler ve ark. 1995).

2. 3. Toprakta Toksik Etkileri Yoğun Olan Bazı Ağır Metaller

2. 3. 1. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum doğada oldukça az bulunan bir elementtir. Toprakta Cd'un toplam tolere edilebilir miktarı 3 mgkg⁻¹ (Topbaş ve ark. 1998); ekstrakte edilebilir Cd'un tolere edilebilir miktarı ise 0.2 mgkg⁻¹ dır (Alloway 1995).

Topraklarda Cd birikimi endüstriyel faaliyetler, fosforlu gübreler, kanalizasyon atıkları, yoğun trafik olan otoban kenarlarındaki tarım alanlarında motor yağları ile taşıt lastikleri yoluyla oluşmaktadır. Nitekim Brümmer ve ark. (1991) Almanya'nın Bonn şehrinde araç trafiğinin yoğun olduğu yol kenarlarından uzaklaştıkça topraktaki Cd miktarının 9,4 mgkg⁻¹'dan 0,7 mgkg⁻¹'a düştüğünü belirlemiştir. Ayrıca bitki ve topraklarda Cd'un birikmesinde Cd içeren toz zerreciklerinin havadan çökmesinin de etkileri vardır. Yoğun trafik akışı gösteren yolların yakınındaki topraklarda toz çökelmeleriyle yılda metrekareye 0.2– 1.0 mg Cd ilave olduğu belirlenmiştir. Kirlenmeyen alanlarda ise toprağın toplam Cd kapsamı genellikle 1 mgkg⁻¹'in altındadır (Kacar ve İnal 2008).

Fabrikasyonla üretilen fosforlu gübrelerden de toprağa önemli miktarlarda Cd bulaşması olmaktadır. Trikalsiyum fosfattaki Cd miktarı 1- 2 mgkg⁻¹ iken, süperfosfat ve diğer fosfor içeren kompoze gübrelerde Cd miktarı 50- 170 mgkg⁻¹ değerlerine ulaşabilmektedir. Topraktaki toplam Cd miktarı 1 mgkg⁻¹ dan fazla olduğunda Cd kirliliğinin meydana geldiği kabul edilmektedir. Toprakta biriken Cd kültür bitkileri tarafından kolaylıkla alınabilmektedir. Bitkilerdeki Cd konsantrasyonu genellikle 0.1- 1.0 mgkg⁻¹ arasındadır. Toprakta artan Cd miktarı bitkilere olumsuz etki yapmaya başlamakta ve toksisite 3 mgkg⁻¹ Cd değerinden sonra daha da artmaktadır (Kabata- Pendias ve Pendias 1992, Tok 1997).

Topraktaki aşırı Cd bitkide klorofil biyosentezini bozmaktadır. Kadmiyum stresi koşullarında azot metabolizmasında görev alan nitrat ve nitrit redüktaz enzimlerinin aktiviteleri azalmakta ve bu durumdan bitkinin azot beslenmesi olumsuz etkilenmektedir (Asri ve Sönmez 2006). Bitkiler aşırı Cd'dan sadece N beslenmesi değil K alımı bakımından da zorluklar yaşamakta ve bitkinin su absorpsiyonunda önemli azalmalar meydana gelmektedir (Veselov ve ark. 2003).

Kadmiyum içeriği 3 mgkg⁻¹'dan daha fazla olan bitkilerle beslenen insan ve hayvanlarda yüksek tansiyon sorunu meydana gelmekte, üst solunum yollarındaki mukozaların tahriş olmakta, kronik karaciğer hastalığı olan emphysema ve nefes darlığı oluşmaktadır (Beliles 1975).

Ekonomik değeri yüksek olan Buğday, mısır, çeltik, yulaf gibi bitkiler topraktan kökleri aracılığıyla Cd'u kolaylıkla alabilmektedirler.

Bundan başka marul, şeker pancarı ve bezelye gibi bitkiler de önemli ölçüde Cd absorbe edebilmektedirler (Dağdeviren 2007).

2. 3. 2. Kurşun (Pb)

Kurşun, insan faaliyetleri ile ekolojik sisteme en çok zarar veren bir ağır metal olma özelliği taşımaktadır. Kurşun, atmosfere metal veya bileşik olarak yayıldığından ve her durumda toksik özellik taşıdığından çevre kirliliği yaratan en önemli ağır metallere biridir.

Kurşun otomobil endüstrisi, batarya ve benzin katkısı olarak Pb- tetraetil ve tetrametil olarak kullanılmasıyla birlikte Pb içeren pestisitlerin tarımsal mücadelede kullanılmasıyla da topraklara ulaşabilmektedir. Tarım alanlarında toplam Pb genellikle 15- 25 mgkg⁻¹ dolaylarında bulunmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

Kurşun, yaklaşık 16 mgkg⁻¹ konsantrasyonla yer kabuğunun doğal bir bileşenidir. Ancak, 1920'lerde kurşun bileşikleri (Kurşun tetraetil) benzine ilave edilmeye başlanmıştır. Bu kullanım alanı Pb'un ekolojik sisteme yayılmasında önemli rol oynamaktadır. Günümüzde kurşunsuz benzin kullanımı ile atmosfere Pb yayılımı azalmakla beraber, bileşiminde bulunan Pb birçok birincil metal üretim aşamasından atmosfere Pb ve bileşiklerinin yayılımı devam etmektedir (Deniz 2003).

Tarım topraklarında ortaya çıkan kurşun kirliliği, benzinin yanması sonucu oluşan atmosferik Pb'dan ileri gelmektedir. Topraklara toz ve yağışlar ile ilave olan Pb miktarı 0.18-4.80 mg/m²/gün düzeyine kadar ulaşabilmektedir (Deniz 2003).

Tarım alanlarındaki toplam Pb konsantrasyonu 100 mgkg⁻¹'ı, ekstrakte edilebilir Pb miktarı ise 4 mgkg⁻¹'ı aşmadığı sürece bitki ve insan sağlığı bakımından herhangi bir sorun oluşturmamaktadır. Ancak bu rakamlar aşıldığında potansiyel olarak insan sağlığı tehlike altındadır (Chapman 1971; Dürüst ve ark. 2004).

Kurşun içeren bazı bitki koruma ilaçlarının, gübrelerin ve kompostun kullanılması tarım topraklarına önemli miktarlarda Pb bulaştırabilmektedir. Nitekim PbAsO₄'lı pestisitlerin kullanılması sonucunda toprağa 20 mgkg⁻¹ gibi yüksek değerlerde Pb ilave olabilmektedir (Kabata- Pendias ve Pendias 1992).

Bitkilerin Pb içerikleri genellikle 0.5- 3 mgkg⁻¹ dolaylarındadır. Kurşunun toksisite düzeyi bitkiler arasında ayrıcalık gösterir. Genellikle tarla bitkileri Pb toksisitesine sebzelere göre daha dirençlidirler. Sebzelerdeki Pb konsantrasyonları daha fazla olabilmektedir. Turp ve marul bünyesinde en fazla Pb biriktiren sebzelerdir. Yapılan bir çalışmada turpun yumrusunda 498, yapraklarında ise 136 mgkg⁻¹ Pb saptanmıştır (Bolt ve Bruggenwert 1976).

Kurşun toksisitesi bakımından özellikle otoyolların yakınında yetiştirilen kültür bitkileri ile çayır mera alanları büyük risk altındadırlar. Kurşun elementi toksik düzeylere ulaştığında bitkide hücre turgoru ve hücre duvarı stabilitesini olumsuz olarak etkilemekte, stoma hareketlerini ve yaprak alanını azaltarak bitkinin su alımının azalmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan aşırı Pb, bitkinin kök gelişimini olumsuz etkileyerek bitkilerin katyonik ve anyonik besin elementlerini almasında sorunlara neden olmaktadır (Asri ve Sönmez 2006).

Kurşunun hem topraktan hem de yapraktan bitkiler tarafından alındığını bildiren Tandler ve Solari (1969), bu elementin kök hücre duvarında ve nükleusta birikebildiğine işaret etmektedirler. Bu konuda çalışan Zimdahl ve Koepp (1977) yaprak kutikulasından giren Pb'un vakuol, kloroplast, mitokondri ve plazmodezmada da biriktiğini ifade etmektedirler.

Kurşun insan sağlığını da tehdit etmektedir. İnsanların hava, besin maddeleri ve içme suyu ile günlük Pb alımlarının 0.3-0.6 mg olduğu tahmin edilmektedir. Katı besin maddeleri yoluyla günlük olarak vücuda giren Pb miktarının 600 mg değerini aşmaması gerektiği bildirilmektedir. Özellikle solunum yoluyla çok az miktarlarda dahi akciğere giren Pb'nin kısa bir süre içerisinde zehir etkisi yarattığı bildirilmiştir. Kurşunun insanlar üzerinde yol açtığı olumsuz etkilerden önemli olanları, kurşun felci, duyu organlarındaki sakatlıklar ve sindirim sistemi bozukluklarıdır. Aşırı Pb birikimi gençlerde beyinsel bozukluklara ve aşırı hırçınlığa yol açmaktadır (Topbaş ve ark. 1998; Kadioğlu 2008).

Bursa ilinde şeftali yetiştirilen alanlarda ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005), topraklarda bulunan toplam Pb miktarının 11- 13 mgkg⁻¹ ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Pb miktarının ise 1.1- 1.3 mgkg⁻¹ arasında olduğunu belirlemişlerdir.

2. 3. 3. Nikel (Ni)

Toprakta bulunan Ni'in tolere edilebilir toplam miktarı 50 mgkg^{-1} (Kabata- Pendias ve Pendias 1992); ekstrakte edilebilir miktarı ise 10 mgkg^{-1} (Gerendas ve ark. 1999) civarındadır. Topraklarda Ni'in temel kaynağı bazik kayalar içerisinde çoklukla bulunan Pentlandit ($\text{Fe, Ni}_8\text{S}_8$) mineralidir. Nikel az ya da çok bütün tarım topraklarında bulunmaktadır. Ancak killi topraklarda daha fazla bulunmaktadır (Kacar ve İnal 2008). Trafiğin yoğun olduğu yerlerde yol kenarlarından uzaklaştıkça topraktaki Ni miktarı da azalmakta ve bu durum da Ni içeren yakıtların kullanılması ile açıklanmaktadır (Tok 1997).

Bitkilerin normal koşullarda Ni kapsamları kuru madde üzerinden $0.1- 5 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında olup 1 mgkg^{-1} 'ı geçmemektedir. Kabata- Pendias ve Pendias (1992) bitkilerdeki optimum Ni sınırını $0.02 -5 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak bildirmektedirler.

Nikelin bitkiler için mutlak gerekli olduğu henüz tam olarak kanıtlanmamış olmakla birlikte bitkiler için büyük önem taşımaktadır. Nikel, üreaz ve birçok hidrogenaz enzimlerinin metal yapı maddesidir. Bu nedenle Ni içerikleri az olan bitkiler üre şeklinde uygulanan azotlu gübrelere dayanamamaları gibi, üre bu bitkilere toksik etki de yapmaktadır (Kacar ve Katkat 2007).

Bitkide gereğinden fazla bulunan Ni, klorofil sentezi ve yağ metabolizması üzerine de olumsuz etki yaparak bitki köklerinde diğer bazı besin elementleri noksanlıklarının ve beslenme bozukluklarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu konuda yapılan bir çalışmada fasulye bitkisine $0.1, 0.3$ ve 0.5 mM dozlarında Ni uygulandığında bitkinin klorofil a, klorofil b, karotenoidler, total pigment I ve total pigment II miktarının azaldığı belirlenmiştir. 0.1 mM Ni uygulanan fidelerin yapraklarındaki klorofil a, klorofil b, total pigment I ve II miktarları kontrol fidelerine göre sırasıyla %27.8, %19.3, %18.9 ve %22.4 oranlarında; 0.5 mM Ni dozunda ise, %35.1, %26.4, %25.2 ve %29.4 oranlarında azalmıştır (Zengin ve Munzuroğlu 2005).

Nikel toksisitesi sonucu bitki kökleri tahrip olmakta, tahıllarda yapraklar üzerinde boydan boya solgun sarı çizgiler ortaya çıkmakta, daha sonra tüm yaprak beyazlaşmaktadır. Daha yüksek dozlarda ise yaprak uçlarında yanma başlamaktadır (Topbaş ve ark. 1998).

Nikel fazlalığında insanlarda akciğer kanseri, cilt hastalıkları, astım, merkezi sinir sistemi bozuklukları gibi olumsuz belirtiler görülmektedir (Kacar ve İnal 2008).

Topraktaki Ni toksisitesini azaltan en önemli olay toprağa fosfat ilavesidir. Bu durumda çözünürlüğü düşük olan Ni- fosfatlar oluşmakta ve toksisitesi azalmaktadır (Tok 1997).

Bursa ilinde şeftali yetiştirilen alanlarda ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005), topraklarda bulunan toplam Ni miktarının 105- 122 mgkg⁻¹ ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Ni miktarının ise 0.6- 1.1 mgkg⁻¹ arasında olduğunu belirlemiştir.

2. 3. 4. Krom (Cr)

Tarım topraklarında izin verilebilir toplam Cr düzeyi 100 mgkg⁻¹ ve ekstrakte edilebilir Cr düzeyi ise 1 mgkg⁻¹ dolayındadır. Serpantin ana maddesinden oluşan topraklar Cr yönünden zengindir. Doğada daha çok Cr-demir taşı şeklinde bulunmaktadır. Kromun topraklardaki miktarı ana materyale göre değişmekle birlikte 7- 750 mgkg⁻¹ arasındadır. Topraklar krom içeriklerine bakımından tekstürlerine göre değerlendirildiğinde ortalama olarak kumlu topraklarda 30 mgkg⁻¹, killi topraklarda 40 mgkg⁻¹ ve kireçtaşından oluşmuş topraklarda ise 83 mgkg⁻¹ bulunmaktadır. Krom toksisitesi özellikle ultrabazik kayalardan oluşan topraklarda görülmektedir (Bowen 1966; Tok 1997; Kacar ve İnal 2008).

Bitki gelişmesi için Cr'un mutlak gerekli olduğu henüz bilinmemektedir. Çoğu bitkilerde Cr kuru madde esasına göre 0,03 - 14 mgkg⁻¹ arasında değişen düzeylerde bulunur. Bitkilerdeki 5 - 30 mgkg⁻¹ arasındaki Cr düzeyi birçok kültür bitkisi için toksik düzey olarak kabul edilmektedir (Kabata - Pendias ve Pendias 1992).

Bitki bünyesinde toksik seviyeye ulaşan Cr'un bitkide etkilediği ilk fizyolojik olay tohumun çimlenmesidir. Krom, amilaz aktivitesi ve embriyoya şeker taşınmasını azaltmakta ve proteaz aktivitesini artırarak tohumun çimlenmesine engel olmaktadır (Asri ve Sönmez 2006). Yapılan bir çalışmada toprakta 500 mgkg⁻¹ Cr bulunmasının fasulye bitkisinin tohumlarının çimlenmesini % 48; 80 mgkg⁻¹ Cr düzeyi ise şeker kamışı bitkisinin çimlenmesini % 57 oranında azaltmıştır (Jain ve ark. 2000).

Bitkilerde Cr kapsamının artışı fazla görülmemektedir. Çoğu topraklarda Cr'un hareketsiz duruma geçmesi nedeniyle suda çözünürlüğü fazla olan Cr tuzlarının kullanılması durumunda bile genellikle zararlı bir etkiye rastlanmamıştır. Kromun bitki bünyesinde hareketi de oldukça sınırlıdır. Buna karşılık çok yüksek düzeylerde uygulanan Cr, bitkilerde toksik etkide bulunabilmektedir. Krom zehirlenmesinde bitki kökleri küçük, yapraklar dar ve kahverengi kırmızı bir renktedir. Yapraklarda küçük yanık lekeler oluşur (Topbaş ve ark. 1998).

Bursa ilinde şeftali yetiştirilen alanlarda ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005), topraklarda bulunan toplam Cr miktarının $85 - 98 \text{ mgkg}^{-1}$ ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Cr miktarının ise $0,03 - 0,08 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında olduğunu belirlemişlerdir.

Deri endüstrisi ve tabakhane artıkları % 5- 10 N ve yaklaşık % 1- 2 Cr içermektedir. Bunlar organik gübreye dönüştürülüp toprağa uygulandığında tarım alanlarında Cr kirliliğine neden olmaktadır (Özbek ve ark. 1993).

2. 3. 5. Kobalt (Co)

Toprakların toplam Co içeriği $1 - 40 \text{ mgkg}^{-1}$, ekstrakte edilebilir Co içeriği ise $0,03 - 0,09 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Toprakta ekstrakte edilebilir Co'nın izin verilebilir sınır değeri $0,09 \text{ mgkg}^{-1}$ 'dir (Carrigan ve Erwin 1951).

Kobalt toprakta hem değişebilir ve hem de değişemez formda bulunmaktadır. Adsorbe edilen Co, sadece Cu ve Zn gibi ağır metallerle yer değiştirebilmekte ve değişebilir olmayan formdaki Co ise, kil kafesler arasında tutulmaktadır. Bu elementin kanalizasyon artıklarındaki miktarı düşük olduğu için, toprakta Co kirliliği sık görülen bir durum değildir (Tok 1997).

Atmosferdeki azottan yararlanabilen baklagil bitkileri için Co mutlak gerekli bir elementtir. Bu bitkilerin köklerindeki nodüllerde Co biyolojik olarak azot fiksasyonu sisteminde bir koenzim olarak görev alır. Ancak yüksek konsantrasyonlarda toprakta bulunan Co bazı bitkiler için toksik etki gösterebilmektedir. Diğer taraftan bazı bitkiler için ise mutlak gereklidir. Örneğin, kobalt çiçeği (*Crotolaria cobaltica*) bitkisinin Co içeriği kuru madde esasına göre $500 \text{ ile } 800 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmektedir (Mengel ve Kirkby 1978).

Düşük düzeylerde Co'a gereksinim gösteren bitkilerin yüksek düzeylerde Co'ın etkisinde kalmaları durumunda bitkilerde Fe eksikliği ortaya çıkabilmektedir. Bu durum bitkilerde klorotik semptomların meydana gelmesine neden olmaktadır. Birçok kültür bitkisinin ihtiyaç duyduğu Co'ın konsantrasyonu toprakta 0.1 mgkg^{-1} 'dan daha azdır. Kobaltın bitkideki konsantrasyonu ise genellikle $0,02 - 0,5 \text{ mgkg}^{-1}$ düzeyindedir (Tok 1997).

Bursa ilinde şeftali yetiştirilen alanlarda ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005), topraklarda bulunan toplam Co miktarının $14 - 16 \text{ mgkg}^{-1}$ ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Co miktarının ise $0,2 - 0,3 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında olduğunu belirlemişlerdir. Bu sonuçlara göre şeftali bahçelerinde önemli bir Co kirliliğinin olduğunu belirtmişlerdir.

2. 3. 6. Çinko (Zn)

Topraklarda toplam Zn kapsamı genellikle $10 - 300 \text{ mgkg}^{-1}$, ortalama olarak ise $30 - 50 \text{ mgkg}^{-1}$ arasındadır. Yıkanmanın fazla olduğu bazı asit topraklar, $10 - 30 \text{ mgkg}^{-1}$ gibi düşük düzeylerde Zn içermektedir. Çinko sadece yüksek konsantrasyonlarda toksiktir. Kanalizasyon artıkları $50\ 000 \text{ mgkg}^{-1}$ 'a kadar Zn içerebilir. Bu tip bir materyal toprağa ilave edildiği zaman, toprakta Zn birikimi oluşabilmektedir. Bakır ve Ni'de olduğu gibi, Zn toksisitesi de büyük ölçüde pH ile ilgili bulunmaktadır. Aynı düzeydeki Zn'nin toksisitesi, düşük pH düzeylerinde daha fazla olmaktadır (Tok 1997).

Bitkilerdeki Zn konsantrasyonu genellikle kuru madde esasına göre $5 - 100 \text{ mgkg}^{-1}$ arasındadır. Çinko toksisitesi bitkilerde çoğunlukla 400 mgkg^{-1} dan sonra başlamaktadır. Çinko toksisitesinde bitkilerin kök ve sürgün büyümesi azalır, kökler inceler, genç yapraklar kıvrılır ve bitkilerde kloroz görülür, hücre büyümesi ve uzaması engellenir, hücre organelleri parçalanır ve klorofil sentezi azalır (Rout ve Das 2003; Asri ve Sönmez 2006).

Çinkonun fasulye bitkisinin kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada; artan Zn (kontrol, $1,5 \text{ mM}$, $2,0 \text{ mM}$ ve $2,5 \text{ mM}$) konsantrasyonlarıyla ilişkili olarak kök (kontrole göre % 29, % 34 ve % 14), gövde (kontrole göre % 26, % 30 ve % 33) ve yaprak (kontrole göre % 17, % 21 ve % 25) büyümesinin azaldığı saptanmıştır (Zengin ve Munzuroğlu 2005).

Çinko, insanlar, hayvanlar ve bitkiler için mutlak gerekli bir elementtir. Özellikle enzim faaliyetlerinde rol oynamakta ve enzimlerin yapısında yer almaktadır. Başlıca görevleri: RNA, DNA, protein sentezi, insülinin aktivasyonu, Vitamin-A'nın hücrelere taşınması ve kullanımı, yaraların iyileşmesi, hücrelerin bölünerek çoğalabilmesidir. Ayrıca tad alma, sperm yapımı, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi, davranış ve öğrenme performansının artışı, anne karnındaki ve doğmuş bebek ve çocukların büyüme ve gelişimi, kanda yağların taşınması gibi birçok olayla görev almaktadır (Deniz 2003).

Diğer taraftan Zn eksikliği, Türkiye ve dünya'da en sık gözlenen mineral element eksikliklerinden birisidir. Ülkemizde tarım yapılan topraklardaki yarayışlı Zn miktarı yüksek değildir ve eksikliği söz konusudur (toprakların % 49,83'ünde alt sınır olarak belirlenen 0,5 mgkg⁻¹'dan düşük ve % 32,76'sında 0,5 – 1,0 mgkg⁻¹ arasındadır). Dünyada ise Zn eksikliği yaklaşık % 30 dolaylarındadır (Eyüpoğlu 2002).

Bursa ilinde şeftali yetiştirilen alanlarda ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005), topraklarda bulunan toplam Zn miktarının 65 – 82 mgkg⁻¹ ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Zn miktarının ise 1.2- 2.2 mgkg⁻¹ arasında olduğunu belirlemişlerdir.

2. 3. 7. Bakır (Cu)

Topraklarda Cu konsantrasyonu 5- 100 mgkg⁻¹ arasında bulunmaktadır. Doğal olarak toprakta bulunan toplam Cu'nun miktarı, toprak ana maddesinin Cu içeriğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Mineral ayrışmanın şiddeti ve gelişen bitkilerin etkisi nedeniyle Cu konsantrasyonu toprak profilinin yüzeye yakın katmanlarında daha yüksektir. Genellikle aşırı derecede parçalanıp ayrılmış ve yıkanmış toprakların toplam Cu kapsamı daha düşüktür. Bakır toprak parçacıklarına kuvvetli bir şekilde bağlandığından oldukça hareketsizdir. Bu nedenle çoğu toprakların Cu içeriği alt profile doğru azalma göstermektedir (Topbaş ve ark. 1998).

Bakır sülfat şeklindeki Cu ayrıca tarımda fungusit olarak kullanılır. Bunun dışında, sığır ve tavuk için hazırlanan rasyonlarda Cu, 250 mgkg⁻¹'a kadar katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple domuz gübresindeki Cu miktarı 750 mgkg⁻¹'a kadar yükselebilmektedir (Tok 1997).

Bakır bitki bünyesinde enzim aktivasyonu, karbonhidrat ve lipid metabolizmasında yer alması nedeniyle önemli bir elementtir. Topraklarda Cu kirliliği çoğunlukla insan aktivitesi sonucu oluşan çeşitli emisyonlar ve atmosferik depozitler, pestisit kullanımı, kanalizasyon atıklarının gübre olarak kullanılması ve kömür ve maden yataklarından kaynaklanmaktadır (Asri ve Sönmez 2006).

Toprakta genellikle toplam Cu 100 mgkg^{-1} veya ekstrakte edilebilir Cu 0.2 mgkg^{-1} ; bitki kuru maddesinde ise genellikle $15-30 \text{ mgkg}^{-1}$ 'dan fazla bulunması toksik etkiye neden olabilmektedir. Bakır toksisitesi genellikle bitki kök sistemlerinde açığa çıkar. Bitki bünyesinde protein sentezi, fotosentez, solunum, iyon alımı ve hücre membran stabilitesi gibi bazı fizyolojik olayların bozulmasına neden olmaktadır (Asri ve Sönmez 2006).

Topraktan ve yapraktan artan miktarlarda Cu uygulamasının domates bitkisinin ürün miktarı ve kalitesi üzerine olan etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, topraktan uygulanan artan Cu dozlarının toplam verim, meyve sayısı, kök kuru ağırlığı ve bitki boyunun azalmasına neden olduğu; yaprak ve topraktan yapılan Cu uygulamalarının sadece toprak veya sadece yapraktan uygulamalara göre daha tehlikeli olduğu ortaya çıkarılmıştır (Sönmez ve ark. 2006).

Kuru madde üzerinden $15-20 \text{ mgkg}^{-1}$ Cu içeren ot ya da karma yemler ruminant beslenen hayvanlara kronik zehirlenmeye neden olabilmektedir. Ancak organizmada, Cu ve Mo arasında bir antagonizm vardır. Bu nedenle, Mo yetersizliği olan yemler (Mo düzeyi, kuru madde üzerinden $1-2 \text{ mgkg}^{-1}$ 'in altında olanlar), $8-12 \text{ mgkg}^{-1}$ Cu içermeleri halinde bile kronik zehirlenmeye neden olabilmektedir (Deniz 2003).

2. 3. 8. Mangan (Mn)

Toplam Mn düzeyi topraklarda diğer elementlere göre önemli ölçüde farklılık göstermektedir. Toprakların çoğunlukla $200-300 \text{ mgkg}^{-1}$ düzeyinde Mn içerdiği bildirilmiştir. Ancak toplam Mn ile bitkiye yararlı Mn arasında genellikle bir ilişki bulunmamaktadır. Toprakta yararlı Mn miktarı 1 mgkg^{-1} olduğunda bitkilere yeterli olarak kabul edilmektedir.

Topraklarda bulunan en önemli Mn fraksiyonları Mn^{2+} iyonu ve Mn-oksitlerdir. Bu oksitler içerisindeki Mn, üç değerlikli ya da dört değerlikli formdadır. İki değerlikli Mn, kil minerallerince ve organik maddece adsorbe edilmekte ve aynı zamanda toprak çözültisindeki en önemli Mn formunu oluşturmaktadır (Topbaş ve ark. 1998; Kacar 1995).

Mangan toksisitesi bitki türlerine göre değişmekle birlikte genellikle kuru madde esasına göre 100 mgkg^{-1} 'dan daha fazla Mn içeren bitkilerde Mn toksisitesi görülmeye başlamaktadır. Mangan toksisitesi çoğu bitkilerde olgun yapraklarda kahverengi lekeler şeklinde ortaya çıkar. Zamanla lekelerin bulunduğu alanlar mantarlaşır. Bu olgu Mn toksisitesinin belirgin bir göstergesidir. Çoğu zaman Mn toksisitesi belirtileri damarlar arasındaki kloritik ve nekrotik alanlarda görülür. Fasulye ve pamuk gibi özellikle çift çenekli bitkilerde bu belirtiler genç yapraklarda şekil bozulmalarına neden olmaktadır (Kacar ve Katkat 2007).

Besin zinciri yoluyla insanlara ulaşan Mn'in toksisite belirtileri başlıca solunum sisteminde ve beyinde gözlenir. Mangan zehirlenmesinin belirtileri halüsinasyonlar, bitkinlik, uykusuzluk, güçsüzlük, unutkanlık ve sinir hasarlarıdır. Mangan ayrıca parkinson, akciğer ambolisi ve bronşite neden olabilir. Eğer bir erkek Mn toksisitesine uzun süre maruz kalırsa iktidarsızlık oluşabilir (www.lenntech.com/periodic).

Bursa ilinde şeftali yetiştirilen alanlarda ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005), topraklarda bulunan toplam Mn miktarının $764\text{-}875 \text{ mgkg}^{-1}$ ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Mn miktarının ise $5.7\text{-}8.6 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında olduğunu belirlemişlerdir.

2. 3. 9. Demir (Fe)

Toprakta diğer mineral elementlere göre Fe daha fazla bulunur. Yer kabuğunun Fe içeriği yaklaşık olarak % 5.1 'dir. Topraklarda toplam Fe miktarı genellikle yüksek olmasına karşılık bitkilere yararlı Fe miktarı azdır. Bu nedenle bitkilerde Fe eksikliği daha sık ve yaygın olarak görülür. Toplam Fe miktarı ana materyalin özelliğine göre % 0.02 ile % 10 arasında değişir ve ortalama % 3.8 dolayındadır (Kacar ve Katkat 2007).

Topraklarda ekstrakte edilebilir Fe miktarı Lindsay ve Norwell (1978)'e göre 0.2 mgkg^{-1} ın altında ise az; $0.2- 4.5 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında orta ve 4.5 mgkg^{-1} 'dan fazla ise yüksek ve toksik olarak değerlendirilmektedir.

Eyüpoğlu ve ark. (1996), Türkiye'nin farklı bölgelerinden aldığı 1511 toprak örneği üzerinde yaptıkları bir araştırmaya göre; toprakların yaklaşık % 27'sinde yarıyşlı Fe miktarı orta ve % 73'ünde ise yüksek düzeylerde bulunmuştur.

Kacar ve İnal (2008), bitkilerde bulunan Fe'nin $10- 1000 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişim gösterdiğini, yeterli Fe miktarının $50 -250 \text{ mgkg}^{-1}$ olduğunu ve 50 mgkg^{-1} ' dan az Fe içeren bitkilerde eksiklik belirtilerinin görüldüğünü açıklamışlardır.

Bitkilerde Fe toksisitesi koyu yeşil yapraklar, kök ve gövdede bodurlaşma ve bazı bitkilerde mor ile koyu kahverengi arasında değişen yaprak rengi şeklinde ortaya çıkmaktadır (Kacar ve İnal 2008).

Demir eksikliği belirtileri genç yapraklarda ve özellikle son çıkan yapraklarda öncelikle görülür. Demir elementi mobil olmadığından dolayı yaşlı yapraklardan genç yapraklara taşınması çok zordur. Ancak eksikliğin ileriki aşamalarında yaşlı yapraklar da etkilenir. Demir eksikliğinin tipik belirtileri yapraklarda damarlar arasında sararma şeklindedir (Kacar ve Katkat 2007).

Bursa ilinde şeftali yetiştirilen alanlarda ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005), topraklarda bulunan toplam Fe miktarının $425- 1275 \text{ mgkg}^{-1}$ ve DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarının ise $6.5- 8.6 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında olduğunu belirlemişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3. 1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Son yıllarda, otomotiv sanayinin gelişmesi, nüfus artışı ve Türkiye'nin yaşam seviyesinin büyük gelişme göstermesi sonucunda, motorlu karayolu taşıtları sayısı hızla artmıştır. Bunun sonucu olarak özellikle büyük kentlerde motorlu taşıtların hava ve toprak kirliliğine katkı payı artmış, zararlı emisyonları nedeniyle çevre sağlığını bölgesel ve küresel ölçüde tehdit etmeye başlamıştır (Nriagu 1984).

Ulaşım vasıtalarının neden olduğu kirleticiler; karbonmonoksit, azotoksitler, hidrokarbonlar ve ağır metal kirliliğidir. Ulaşım vasıtalarının neden olduğu ağır metal kirleticilerinin en önemlisi kurşundur. Benzine darbe önleyici olarak katılan kurşun tetraetilden kaynaklanmaktadır. Ulaşım vasıtalarının neden olduğu diğer metaller ise Cd, Cu, Cr, Ni ve Zn'dir. Bu ağır metaller ise taşıttaki yıpranmalardan kaynaklanmaktadır (Karaca 1997).

Benzin ve dizel motorlarda kullanılan hidrokarbon kökenli yakıtlarda, ideal koşullarda hava ile tam yanma sonucu oluşan ürünler arasında CO₂, H₂O ve N₂ bulunmaktadır. Ancak, uygulamada ideal koşulların sağlanamaması nedeniyle tam yanma gerçekleşmemekte ve kirletici bileşenler oluşmaktadır. Motorlu taşıtlardan kaynaklanan toplam kirleticilerin %75'ini oluşturan egsoz gazlarının bileşiminde parafinler, olefinler ve aromatikler gibi yanmamış hidrokarbonlar, aldehitler, ketonlar, karboksilik asitler gibi kısmen yanmış hidrokarbonlar, CO, NO_x, SO₂ kurşun bileşikleri ve partikül bulunmaktadır. Bu kirletici unsurlar doğrudan çevreye ve toprağa salınmaktadır (Kaytaoğlu ve ark. 1995).

Bu çalışma ile, Edirne İlinde bulunan ve ülkemizle bazı Avrupa ülkeleri arasındaki karayolu ulaşımını sağlayan, ticaret hacmi ve yoğunluğu ile dünyanın sayılı kara sınır kapılarından biri olarak kabul edilen Kapıkule sınır kapısından başlayarak İstanbul'da son bulan TEM Otoyolunun kuzey ve güney istikametindeki verimli tarım arazilerinin incelenmesiyle, yoğun tarla tarımı yapılan bu arazilerde karayolu taşımacılığından kaynaklanan ağır metal kirlenmesi bulunup bulunmadığı saptanmaya çalışılmıştır.

3. 2. Çalışma Alanının Tanıtılması

Edirne İli coğrafi konumuyla, transit şehir özelliği sayesinde ülkemizin en büyük kara sınır kapısına sahip olması özelliğiyle yoğun karayolu trafiğinin bulunduğu bir ildir. Sanayileşme yoğun olmasa da, otoban yolu güzergâhında karayolu taşımacılığının meydana getirdiği kirlilik bulunmakta, bu durum hava - toprak - su gibi çevre bileşenlerine biyolojik, fiziksel ve kimyasal açıdan kirlenme meydana getirebilmektedir. Karayolu taşımacılığında kaynaklanan egzoz gazlarının çıkışı ile bu gazlar içerisindeki ağır metallerin de zamanla toprağa bulaşmasıyla ekosistemdeki kirlilik başlamakta ve dağılmaktadır.

Trakya toprakları, Türkiye genelinde verimli tarım arazilerine sahip bir bölge olarak göze çarpmaktadır. Edirne’de Trakya’nın en verimli tarım topraklarında yer alan ve en yoğun tarımsal üretimin yapıldığı ildir. Sanayileşme yoğun olmamakla birlikte, il merkezine yakın konumdan geçen ve il sınırları içerisindeki toplam uzunluğu 60 km olan TEM Otoban yolunda yoğun bir karayolu taşımacılığı bulunmaktadır. Edirne, ülkemiz ticareti için son derece önemli olan ve karayolu taşımacılığı ile sağlanan ihracat ve ithalatın yaklaşık % 75’lik bir kısmını tek başına sağlayan Kapıkule sınır kapısının bulunduğu ilimizdir.

Edirne, topoğrafik yönden ele alındığında, dağlık ve ormanlık alanların azlığından dolayı işlenebilir tarım alanlarının genişliği, tarım çiftliklerinin çokluğu, toprakların verimliliği, çiftçilerinin bilinçli olması ve yeniliklere açık olması ve tarımsal üretimde yetiştirilen ürünlerde ülke ortalamalarının üzerinde verimin alınabilmesiyle dikkati çekmektedir.

Yukarıda bahsedilen özellikler itibariyle, çalışmanın yapıldığı Edirne İli Merkez İlçe ve Havsa İlçesinden geçen TEM Otoyolu güzergahı, yoğun tarımsal üretimin yapılması nedeniyle yöre ve ülke tarımı açısından son derece önemli bir bölge olduğundan söz konusu çalışmayla tespit edilmeye çalışılacak ağır metal kirliliğinin çevresel etkileri, bitki, hayvan ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin belirlenmesi son derece önemlidir.

3. 2. 1. Coğrafi Durum

Edirne, Marmara Bölgesi'nin Trakya kısmında yer alır. Güneyinde Ege denizi, kuzeyde Bulgaristan, batıda Yunanistan, doğuda Tekirdağ, Kırklareli ve Çanakkale ileri ile çevrilidir.

Yüzölçümü 6.098 km² olan Edirne'nin, deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 41 metredir. Edirne, idari olarak, biri merkez ilçe olmak üzere 8 ilçe ve 248 köyden oluşmaktadır. Edirne ili, Trakya Yarımadasında; kuzeyde Istranca Dağları, güneyinde Kuru Dağları ve Ege Denizi-Saroz Körfezi, batısında Meriç Nehri ve Meriç Ovası, doğusunda da Ergene Ovasını içine almakta olup, il topraklarının % 80'i tarıma elverişlidir.

Türkiye'nin batı sınır topraklarının önemli bir bölümünü içine alan ilin Bulgaristan'la 88 km'lik bir sınırı vardır. Bulgaristan'la olan sınır, Kırklareli il sınırından başlayarak, Tunca Irmağı'nı kesip, güneybatı yönünde uzanarak Meriç Irmağı'nda sona ermektedir. Burada, Türk, Bulgar ve Yunan sınırları birleşmektedir. Meriç Irmağı, İlin Yunanistan'la sınırını oluşturur. Irmağın doğu yakası Edirne, batı yakası Yunanistan'dır. Edirne-Yunanistan sınırının uzunluğu 204 km'dir. Bu sınır, Enez'de sona ermektedir.

3. 2. 2. Tarımsal Arazi Varlığı

Edirne'nin toplam yüzölçümü 609.791 hektardır. Bu alanın 370.015 hektarı (% 60,68) işlenebilir tarım arazisi, 104.502 hektarı (% 17,14) orman arazisi ve 57.985 hektarı (% 9,51) çayır-mera arazisidir. Tarım dışı alan ise 77.290 hektardır (% 12,67). İşlenebilir tarım arazilerinin 91.875 hektarında (% 24,83) sulu tarım, geriye kalan 278.140 hektarında (% 75,17) ise kuru tarım yapılmaktadır (Edirne Tarım İl Müdürlüğü Çalışma Raporu 2008).

İldeki 370.015 hektar işlenebilir tarım arazisinin 355.947 hektarı (% 96,20) tarla arazisi, 3.416 hektarı (% 0,92) meyve ve bağ arazisi, 10.651 hektarı da (% 2,88) ise sebze arazisidir (Edirne Tarım İl Müdürlüğü Çalışma Raporu 2008).

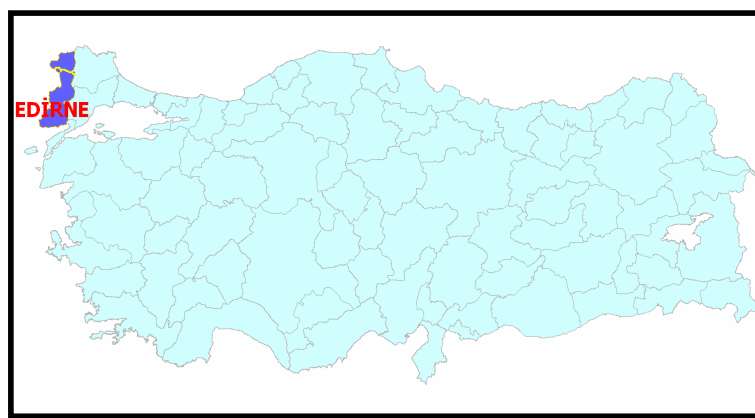
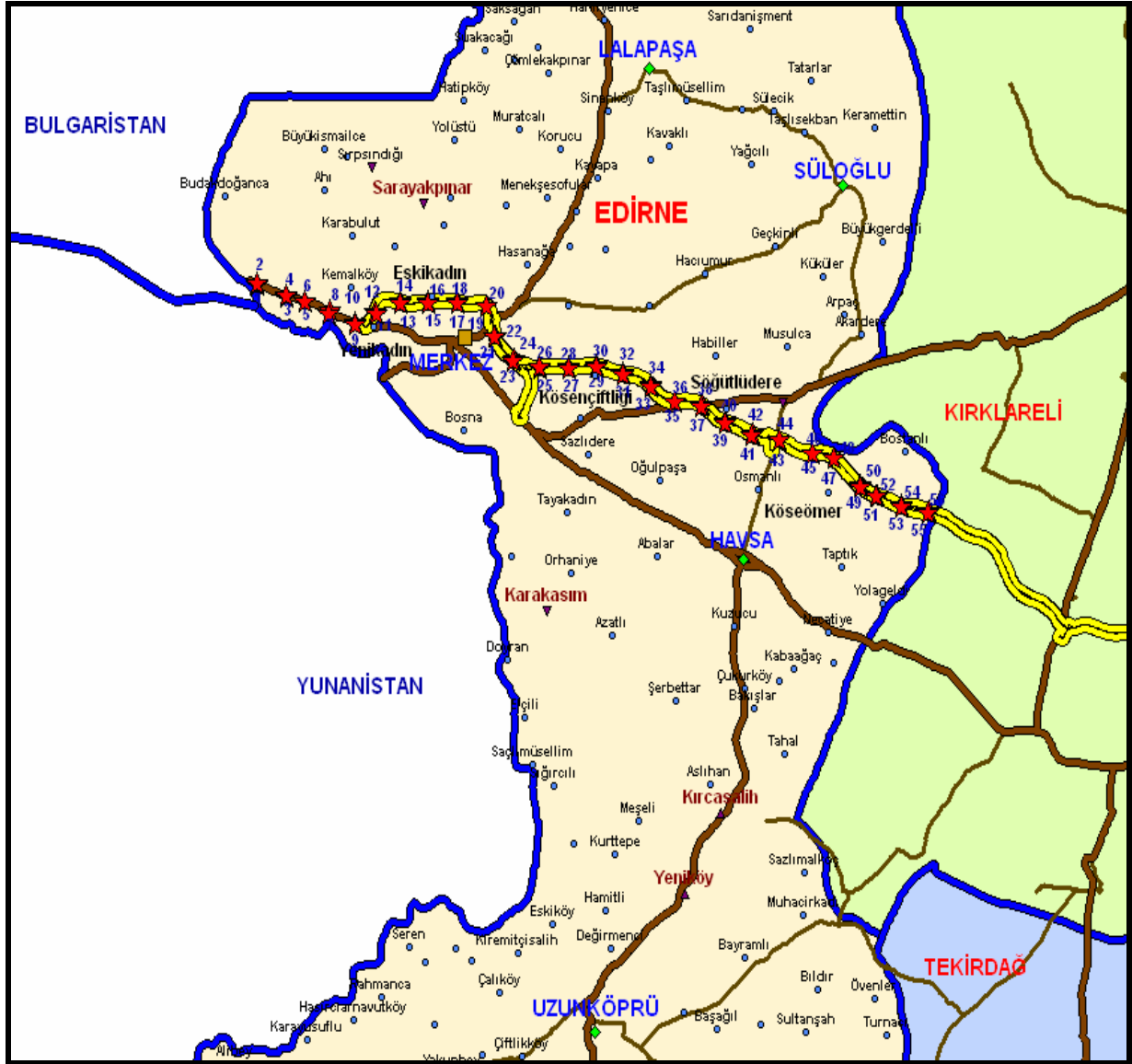
3. 3. Materyal

Bu araştırmada kullanılan toprak rnekleri, Türkiye ile Avrupa lkeleri arasındaki ulaşımı sağlayan ve yoğun bir karayolu trafiğine sahip olan TEM otoyolunun Edirne Merkez İlęeye bağlı Kemalköy, Yenikadın, Eskikadın ve Köşen Köyleri, Yeniimaret, Yıldırım, Menzilahir, Şükrüpaşa ve Fatih Mahalleleri ile Havsa İlęesi Oğulpaşa, Söğütlüdere, Hasköy, Köseömer ve Bostanlı Köylerinin tarım arazilerinden alınmıştır. Edirne-İstanbul TEM otoyolu, Edirne İlinde toplam 65 km. uzunluğunda olup, yolun sağından ve solundan toplam 56 adet toprak rneği alınmıştır. alınan toprak örneklerinin arasındaki mesafe 2,5 km. dir.

Çalışma kapsamında otoyol güzergahı olan 65 km. lik mesafeden alınan toplam 56 adet toprak rneği alınırken, otobanın her iki yanından hemen yolun bitiminde bulunan tarım arazileri seçilmiştir. Örnekler, arazinin uygun noktalardan bitki kök bölgesi olan 0-30 cm derinlikten alınmıştır (Jackson 1967). Bel küreği yardımıyla alınan yaklaşık 1 kg toprak örnekleri temiz poşetlere konularak ait oldukları tarım arazisi bilgileri kaydedilip etiketlenerek laboratuara getirilmiştir. Örnekleme yerlerine ilişkin bazı bilgiler ise izelge 3.1'de ve toprak örneklerinin alındığı yerler Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. 1. Araştırmanın yapıldığı arazilere ilişkin bazı bilgiler.

Toprak No	İlçesi	Köyü	Mevkii	Otoban Yola Uzaklık (m.)	Numune Derinliği (cm.)	Yetiştirilen Ürün
1	Merkez	Kemalköy	Kapıkule	20	0-30	Buğday
2	Merkez	Kemalköy	Kapıkule	22	0-30	Ayçiçeği
3	Merkez	Yenikadın	Maltepe	15	0-30	Çeltik
4	Merkez	Yenikadın	Maltepe	18	0-30	Buğday
5	Merkez	Yenikadın	Şosealtı	17	0-30	Çeltik
6	Merkez	Yenikadın	Şosealtı	14	0-30	Buğday
7	Merkez	Yenikadın	Çayırtepe	19	0-30	Buğday
8	Merkez	Yenikadın	Çayırtepe	22	0-30	Ayçiçeği
9	Merkez	Eskikadın	Çaylar	15	0-30	Kar. Meyve
10	Merkez	Eskikadın	Çaylar	15	0-30	Buğday
11	Merkez	Yıldırım Mah.	Kazan	13	0-30	Kanola
12	Merkez	Yıldırım Mah.	Pamuktepe	15	0-30	Buğday
13	Merkez	Yıldırım Mah.	Dafinaçesme	20	0-30	Ayçiçeği
14	Merkez	Yıldırım Mah.	Dafinaçesme	15	0-30	Ayçiçeği
15	Merkez	Y.imaret Mah	Kemerdere	15	0-30	Buğday
16	Merkez	Y.imaret Mah	Kemerdere	13	0-30	Arpa
17	Merkez	Y.imaret Mah	Sarayıcı	14	0-30	Buğday
18	Merkez	Y.imaret Mah	Sarayıcı	18	0-30	Buğday
19	Merkez	Menzil Mah	Elmastepe	12	0-30	Ayçiçeği
20	Merkez	Menzil Mah	Elmastepe	16	0-30	Buğday
21	Merkez	Şükrüpaşa M.	Suyolları	18	0-30	Ayçiçeği
22	Merkez	Şükrüpaşa M.	Suyolları	12	0-30	Ayçiçeği
23	Merkez	Fatih Mah.	Helvacısakaoğlu	17	0-30	Kanola
24	Merkez	Fatih Mah.	Helvacısakaoğlu	21	0-30	Mısır
25	Merkez	Köşen	Mezartepe	16	0-30	Buğday
26	Merkez	Köşen	Mezartepe	12	0-30	Buğday
27	Merkez	Köşen	Şaraplıyolu	15	0-30	Ayçiçeği
28	Merkez	Köşen	Yanıklık	18	0-30	Ayçiçeği
29	Merkez	Köşen	Çolakali	14	0-30	Buğday
30	Merkez	Köşen	Çolakali	17	0-30	Buğday
31	Havsa	Oğulpaşa	Menekşe	14	0-30	Ayçiçeği
32	Havsa	Oğulpaşa	Menekşe	15	0-30	Arpa
33	Havsa	Oğulpaşa	Orabayır	12	0-30	Buğday
34	Havsa	Oğulpaşa	Orabayır	10	0-30	Buğday
35	Havsa	Oğulpaşa	Selimağasayası	10	0-30	Buğday
36	Havsa	Oğulpaşa	Küçükmeral	16	0-30	Arpa
37	Havsa	Söğütlüdere	Tütünlüsirt	18	0-30	Buğday
38	Havsa	Söğütlüdere	Tütünlüsirt	12	0-30	Buğday
39	Havsa	Söğütlüdere	Tombulsirt	15	0-30	Ayçiçeği
40	Havsa	Söğütlüdere	Tombulsirt	11	0-30	Ayçiçeği
41	Havsa	Söğütlüdere	Çallidere	15	0-30	Ayçiçeği
42	Havsa	Söğütlüdere	Çallidere	13	0-30	Buğday
43	Havsa	Hasköy	Hisarlıkovası	18	0-30	Buğday
44	Havsa	Hasköy	Hisarlıkovası	10	0-30	Kanola
45	Havsa	Hasköy	Soğuksu	15	0-30	Ayçiçeği
46	Havsa	Hasköy	Soğuksu	12	0-30	Kanola
47	Havsa	Köseömer	Aktoprak	16	0-30	Buğday
48	Havsa	Köseömer	Aktoprak	19	0-30	Buğday
49	Havsa	Köseömer	Kirpitepe	15	0-30	Arpa
50	Havsa	Köseömer	Kirpitepe	14	0-30	Buğday
51	Havsa	Köseömer	Sarıyar	18	0-30	Ayçiçeği
52	Havsa	Köseömer	Sarıyar	12	0-30	Buğday
53	Havsa	Bostanlı	Kocaçatak	16	0-30	Ayçiçeği
54	Havsa	Bostanlı	Küçükburun	14	0-30	Ayçiçeği
55	Havsa	Bostanlı	Bağlıkaltı	13	0-30	Buğday
56	Havsa	Bostanlı	Bağlıkaltı	15	0-30	Buğday



Şekil 3.1. Edirne Merkez ilçe ve Havsa ilçesinden toprak örneklerinin alındığı yerler.

3. 4. Yöntem

3. 4. 1. Toprak Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3. 4. 1. 1. Toplam Tuz (%)

Toprak örneklerindeki suda eriyebilir toplam tuz satüre toprak macununda elektriksel iletkenlik ölçer cihazı ile belirlenmiştir (U.S. Soil Survey Staff 1951).

3. 4. 1. 2. Toprak Reaksiyonu (pH)

Toprakların pH değerleri elektrometrik olarak ölçülmüştür (Sağlam 2008).

3. 4. 1. 3. Tekstür

Bouyoucos hidrometre yöntemiyle yapılmıştır (Tuncay 1994).

3. 4. 1. 4. Kireç (% CaCO₃)

Toprak örneklerinin kireç miktarları Scheibler Kalsimetresiyle belirlenmiştir (Sağlam 2008).

3. 4. 1. 5. Organik Madde (%)

Toprakların organik madde miktarları Smith-Weldon yöntemi ile tayin edilmiştir (Sağlam 2008).

3. 4. 1. 6. Bitkiye Yararışlı Fosfor

Toprak örneklerin yararışlı P içerikleri, Olsen yöntemiyle ekstrakte edildikten sonra (Sağlam 2008), ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry) cihazı yardımı ile belirlenmiştir.

3. 4. 1. 7. Değişebilir Katyonlar (Ca, Mg, K)

Toprak örnekleri amonyum asetatla ekstrakte edildikten sonra (Sağlam 2008) değişebilir katyonlar ICP-OES ile belirlenmiştir.

3. 4. 1. 8. Bitkilere Yarayışlı Bazı Mikro Elementler (Fe, Cu, Zn, Mn)

Toprak örnekleri yarayışlı mikro element analizi için 0.005 M DTPA+ 0.01 M CaCl₂ + 0,1 M TEA (pH 7.3) ile ekstrakte edilmiştir (Lindsay ve Norvell 1978). Ekstrakttaki yarayışlı Fe, Cu, Zn, ve Mn miktarları ICP-OES’de belirlenmiştir.

3. 4. 1. 9. Ekstrakte Edilebilir Bazı Ağır Metaller (Cd, Co, Cr, Ni, Pb)

Toprak örnekleri ekstrakte edilebilir bazı ağır metal analizi için 0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl₂ + 0,1 M TEA (pH 7.3) ile ekstrakte edilmiştir (Lindsay ve Norvell 1978). Ekstrakttaki Cd, Co, Cr, Ni, Pb miktarları ICP-OES’de belirlenmiştir.

3. 5. Sonuçların Değerlendirmesi

Elde edilen bulgular kritik değerler ile karşılaştırılarak Edirne yöresi otoban kenarlarındaki toprakların verimlilik düzeyleri ve ağır metal kirliliğinin boyutları ortaya konulmaya ęalıřılmıştır. Ayrıca toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ağır metaller (Cd, Co, Cr, Ni, Pb) arasında bazı korelasyonlar belirlenmiştir (Soysal 2000).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4. 1. Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Araştırma alanına ait toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile bu sonuçlara ait en düşük ve en yüksek değerler Çizelge 4. 1.'de verilmiştir. Araştırma sonuçları aşağıda ayrı ayrı olarak değerlendirilmiştir.

4. 1. 1. Toprakların pH Değerleri

Toprak örneklerinin pH değerleri Çizelge 4. 2.'de Alpaslan ve ark. (1988)'e göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 4. 2. Toprakların pH değerlerine göre sınıflandırılması (Alpaslan ve ark. 1988)

pH Değeri	Değerlendirme
< 4,5	Kuvvetli Asit
4,5 – 5,5	Orta Asit
5,5 – 6,5	Hafif Asit
6,5 – 7,5	Nötr
7,5 – 8,5	Hafif Alkali
> 8,5	Alkali

Toprak örneklerinin pH değerleri 4,82 ile 8,10 arasında değişmektedir. Bu değerlerin % 42,86'sı “nötr”, % 28,57'si “hafif asit”, % 21,42'si “hafif alkali” ve % 7,14'ü de “orta asit” olduğu görülmüştür. Toprak örneklerinin genelinde “nötr” reaksiyon tespit edilmiş olup, “hafif asit” ve “hafif alkali” reaksiyon sınıflamasına giren değerlerde de oranlar “nötr” reaksiyona yakın oranlar olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre araştırma alanı topraklarının pH değerleri, yörede hakim bitkiler olan ayçiçeği ve buğday için genellikle istenilen düzeydedir.

Çizelge 4. 1. Araştırma alanındaki toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak No	pH (1: 2.5)	Kireç (%)	Organik Madde (%)	Tuz (%)	Mekanik Analiz (%)			Tekstür Sınıfı
					Kil	Kum	Silt	
1	7,69	0,97	1,18	0,045	22,72	55,28	22,00	Kumlu-Killi-Tın
2	7,74	0,12	1,35	0,074	36,06	39,94	24,00	Killi-Tın
3	8,10	4,20	0,82	0,030	26,06	47,94	26,00	Kumlu-Killi-Tın
4	4,97	1,10	1,10	0,027	16,06	65,94	18,00	Kumlu-Tın
5	6,73	0,85	1,09	0,038	24,06	51,94	26,00	Kumlu-Killi-Tın
6	8,02	1,23	1,05	0,033	18,06	61,94	20,00	Kumlu-Tın
7	7,63	0,13	0,95	0,034	28,72	51,28	20,00	Kumlu-Killi-Tın
8	4,82	0,95	1,25	0,018	10,06	63,94	26,00	Kumlu-Tın
9	6,48	0,75	0,85	0,022	18,72	51,28	30,00	Kumlu-Tın
10	7,89	0,65	1,36	0,038	28,72	47,28	24,00	Kumlu-Killi-Tın
11	5,53	1,30	1,25	0,028	18,72	65,28	16,00	Kumlu-Tın
12	6,43	1,40	1,21	0,021	8,72	63,28	28,00	Kumlu-Tın
13	5,16	1,25	1,08	0,021	18,72	65,28	16,00	Kumlu-Tın
14	6,75	1,15	1,27	0,032	32,72	45,28	22,00	Kumlu-Killi-Tın
15	7,94	0,23	1,36	0,050	38,72	35,28	26,00	Killi-Tın
16	7,16	0,12	1,32	0,045	42,72	41,28	16,00	Kil
17	5,87	0,65	0,88	0,025	20,72	67,28	12,00	Kumlu-Killi-Tın
18	5,87	0,72	0,88	0,032	17,28	54,72	28,00	Kumlu-Tın
19	7,36	1,12	1,28	0,041	29,28	38,72	32,00	Killi-Tın
20	7,64	0,75	1,55	0,061	25,28	48,72	26,00	Kumlu-Killi-Tın
21	7,45	4,28	0,92	0,028	23,28	50,72	26,00	Kumlu-Killi-Tın
22	6,72	0,45	1,17	0,025	25,28	50,72	24,00	Kumlu-Killi-Tın
23	6,73	0,85	1,29	0,038	29,28	40,72	30,00	Killi-Tın
24	6,91	0,95	1,37	0,027	31,28	44,72	24,00	Killi-Tın
25	7,53	0,22	0,98	0,034	28,28	48,72	22,00	Kumlu-Killi-Tın
26	6,82	0,55	1,48	0,024	20,72	49,28	30,00	Tın
27	7,37	0,86	1,19	0,028	29,94	45,56	26,00	Kumlu-Tın
28	7,59	1,23	1,36	0,034	31,34	38,56	30,00	Killi-Tın
29	7,53	2,18	1,40	0,037	18,72	49,28	32,00	Tın
30	6,93	1,34	1,59	0,022	38,24	33,76	28,00	Killi-Tın
31	7,16	0,86	0,96	0,024	30,24	41,76	28,00	Killi-Tın
32	6,75	1,74	1,29	0,030	30,24	27,76	42,00	Killi-Tın
33	6,48	0,56	1,21	0,021	20,24	33,76	46,00	Tın
34	7,03	0,58	1,12	0,033	31,34	38,56	30,00	Killi-Tın
35	5,98	0,63	1,33	0,023	25,28	60,72	14,00	Kumlu-Killi-Tın
36	6,67	0,75	0,95	0,024	30,65	46,35	23,00	Killi-Tın
37	7,89	0,65	1,25	0,038	27,65	42,35	30,00	Killi-Tın
38	5,53	0,70	1,21	0,028	25,46	55,54	19,00	Kumlu-Killi-Tın
39	6,43	0,85	1,14	0,021	24,58	58,42	17,00	Kumlu-Killi-Tın
40	5,16	0,64	1,23	0,029	28,15	44,85	27,00	Kumlu-Killi-Tın
41	6,16	0,45	1,31	0,028	27,75	45,25	27,00	Kumlu-Killi-Tın
42	6,35	0,65	1,41	0,025	26,37	48,63	25,00	Kumlu-Killi-Tın
43	6,75	0,35	1,35	0,024	25,85	50,15	24,00	Kumlu-Killi-Tın
44	6,85	0,80	1,12	0,030	19,65	54,35	26,00	Kumlu-Tın
45	6,45	1,05	1,20	0,033	19,55	49,45	30,00	Kumlu-Tın
46	7,05	0,95	1,30	0,034	28,75	46,25	25,00	Kumlu-Killi-Tın
47	7,06	1,65	1,05	0,029	22,65	51,35	26,00	Kumlu-Killi-Tın
48	6,65	0,85	1,24	0,025	23,75	34,25	42,00	Tın
49	6,24	0,71	1,32	0,027	24,44	45,56	30,00	Kumlu-Killi-Tın
50	7,04	0,80	1,04	0,023	24,50	33,50	42,00	Tın
51	6,38	0,67	0,95	0,027	22,72	49,28	28,00	Kumlu-Killi-Tın
52	6,49	0,92	1,12	0,026	31,55	46,45	22,00	Killi-Tın
53	6,70	1,10	1,25	0,036	26,55	50,45	23,00	Kumlu-Killi-Tın
54	6,82	1,06	1,31	0,034	21,05	35,95	43,00	Tın
55	6,34	0,86	1,14	0,037	22,24	33,76	44,00	Tın
56	6,56	0,96	1,13	0,030	21,50	40,50	38,00	Tın
Min.	4,82	0,12	0,82	0,018	8,72	27,76	12,00	
Max	8,10	4,28	1,59	0,074	42,72	67,28	46,00	
Ort.	6,46	2,20	1,21	0,046	25,72	47,52	29,00	

4. 1. 2. Toprakların Kireç Miktarları

Toprak örneklerinin kireç içerikleri % 0,12 ile % 4,28 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre toprakların % 69,64'ünün “az kireçli”, % 30,36'sının “kireçli” oldukları saptanmıştır. Toprak örneklerinin kireç değerleri Çizelge 4. 3.'e göre sınıflandırılmıştır (Alpaslan ve ark. 1988). Araştırma alanı topraklarının çoğunluğu kireç içerikleri bakımından “az kireçli” grubuna girmekte olup, kireç yönünden bir sorun oluşturmadığı görülmektedir.

Çizelge 4. 3. Toprakların kireç içeriklerinin sınıflandırılması (Alpaslan ve ark. 1988)

Kireç, %	Değerlendirme
0 – 1	Az Kireçli
1 – 5	Kireçli
5 – 15	Orta Kireçli
15 – 25	Fazla Kireçli
> 25	Çok Fazla Kireçli

4. 1. 3. Toprakların Organik Madde Miktarları

Toprak örneklerinin organik madde miktarları % 0,82 ile % 1,59 arasında değişmektedir. Bu içeriklere göre toprakların % 17,86'sında organik madde miktarı “çok az” ve % 82,14'ünde ise organik madde miktarı “az”, düzeydedir. Bu veriler ışığında yapılan değerlendirme de, yoğun tarımsal üretimin yapıldığı Trakya topraklarının genel sorunu olan organik madde yetersizliğinin araştırma alanı topraklarında da mevcut olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. 4. Toprakların organik madde içeriklerinin sınıflandırılması (Alpaslan ve ark. 1988)

Organik Madde, %	Değerlendirme
0 – 1	Çok Az
1 – 2	Az
2 – 3	Orta
3 – 4	İyi
> 4	Yüksek

4. 1. 4. Toprakların Tuz Miktarları

Toprak örneklerinin tuz miktarları % 0,018 ile % 0,074 arasında değişmektedir. Bu değerlere göre toprakların % 100'ünün "tuzsuz" olduğu gözlenmiştir. Bu bulgular araştırma alanında herhangi bir tuzluluk sorununun olmadığını göstermektedir. Toprak örneklerinin tuz içerikleri Çizelge 4. 5'de Richards (1954)'a göre değerlendirilmiştir.

Çizelge 4. 5. Toprakların toplam tuz değerlerinin sınıflandırılması (Richards 1954)

Toplam Tuz, %	Değerlendirme
0 – 0,15	Tuzsuz
0,15 – 0,35	Hafif Tuzlu
0,35 – 0,65	Tuzlu
> 0,65	Çok Tuzlu

4. 1. 5. Toprakların Tekstürleri

Toprak örneklerinin % 41,07'si "kumlu-killi-tınlı", % 23,21'i "killi-tınlı", %19,65'i "kumlu-tınlı", %14,28'i "tınlı" ve sadece % 1,78'i "killi" tekstüre sahiptir (Çizelge 4. 1). Genel olarak toprak örneklerinin kumlu-killi-tınlı, killi-tınlı ve kumlu-tınlı oldukları anlaşılmiş olup, tarımsal üretimde toprak tekstürü bakımından olumsuz bir durumun olmadığı gözlenmiştir.

4. 2. Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Makro Besin Elementi İçerikleri

Toprak örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre bitkiye yararlı fosfor (P), değişebilir potasyum (K), değişebilir kalsiyum (Ca) ve değişebilir magnezyum (Mg) miktarları Çizelge 4. 6.'da verilmiştir.

Çizelge 4. 6. Toprakların bazı makro besin elementi içerikleri, mgkg⁻¹

Toprak No	Fosfor (P)	Potasyum (K)	Kalsiyum (Ca)	Magnezyum (Mg)
1	24,11	198,9	4291	400,1
2	16,16	286,3	7792	845,0
3	14,95	140,0	7039	140,0
4	34,82	205,8	2196	365,3
5	15,48	234,7	3148	456,7
6	36,10	104,3	4921	323,5
7	20,31	165,3	5097	252,3
8	32,37	152,2	1850	331,5
9	20,88	370,9	2224	350,8
10	13,14	213,6	5424	368,0
11	61,41	439,1	2274	318,9
12	33,67	319,5	2186	343,2
13	23,12	168,7	1724	554,0
14	27,89	279,6	3341	576,6
15	13,27	378,0	6164	666,2
16	12,95	249,0	5232	472,5
17	42,46	310,1	2029	344,4
18	16,44	97,2	5553	273,9
19	10,90	355,1	7929	493,0
20	36,96	182,9	3544	159,1
21	12,15	149,4	2356	752,6
22	12,65	169,3	6797	335,7
23	10,85	266,8	6445	885,6
24	22,27	206,6	4546	456,3
25	19,35	243,8	3340	720,7
26	16,66	310,3	7889	605,7
27	15,07	135,2	6410	860,5
28	31,47	254,4	3206	571,4
29	27,07	119,9	4412	264,7
30	13,91	564,0	9197	212,6
31	17,77	177,0	4247	351,7
32	34,48	416,4	6546	479,7
33	12,32	252,7	5444	239,9
34	11,74	236,9	3672	313,0
35	14,73	110,5	4753	350,6
36	16,75	317,5	6635	584,6
37	22,42	167,4	5678	154,3
38	18,36	165,8	3240	476,5
39	18,85	200,4	4862	387,4
40	26,71	193,4	5547	496,4
41	24,74	184,6	4871	353,3
42	22,35	204,7	3647	524,2
43	29,25	334,2	4718	523,8
44	19,63	184,4	5578	631,1
45	22,20	304,8	3425	496,5
46	24,14	246,7	3674	289,3
47	35,41	341,3	5532	304,6
48	32,81	195,5	4308	395,4
49	27,17	400,4	5792	507,3
50	24,65	234,8	4963	378,4
51	31,05	268,4	2965	306,6
52	24,65	125,6	5004	304,7
53	17,57	276,4	4342	367,5
54	20,68	176,4	5841	164,8
55	23,58	186,3	4278	482,6
56	29,04	187,4	4673	438,5
Min.	10,85	97,2	1724	140,0
Max.	61,41	564,0	9197	885,6
Ort.	36,13	330,6	5460,5	512,8

4. 2. 1. Toprakların Bitkilere Yararışlı Fosfor Miktarları

Toprak örneklerinin bitkilere yararışlı P miktarları 10,85 mgkg⁻¹ ile 61,41 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Çizelge 4. 7.'ye göre yapılan değerlendirmeye göre toprakların % 67,85'i "yeterli", % 32,15'i "fazla" düzeyde fosfor içermektedir. Bu sonuçlar toprak örneklerinin tamamında bitkilere yararışlı fosforun yeterli ve yüksek düzeylerde olduğunu göstermektedir.

Edirne ilini de kapsayan Trakya Bölgesi tarım arazilerinin önemli bir bölümünde Türkiye ortalamasının aksine yararışlı fosfor içerikleri genellikle yeterli ve yüksek düzeylerde bulunmuştur (Eyüpoğlu 1999). Bu araştırma sonuçları da bölge sonuçlarıyla uygunluk içerisindedir.

Çizelge 4. 7. Toprakların yararışlı P bakımından sınıflandırılması (FAO 1990)

P, mgkg ⁻¹	Değerlendirme
< 2,5	Çok Az
2,5 – 8,0	Az
8,0 – 25	Yeterli
25 – 80	Fazla
> 80	Çok Fazla

4. 2. 2. Toprakların Değişebilir Potasyum Miktarları

Toprakların değişebilir K miktarları 97,2 mgkg⁻¹ ile 564,0 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Buna göre toprakların değişebilir K miktarlarının 12,50'si "az", % 76,78'i "yeterli", % 10,72'si de "fazla" düzeydedir. Toprakların değişebilir K içerikleri Çizelge 4. 8.'e göre değerlendirilmiştir. Araştırma alanı topraklarının değişebilir K kapsamlarının bitkiler için yeterli düzeylerde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. 8. Toprakların değişebilir K bakımından sınıflandırılması (Alpaslan ve ark. 1998)

K, mgkg⁻¹	Değerlendirme
< 50	Çok Az
50 – 140	Az
140 – 370	Yeterli
370 – 1000	Fazla
> 1000	Çok Fazla

4. 2. 3. Toprakların Değişebilir Kalsiyum Miktarları

Toprakların değişebilir Ca miktarları 1724 mgkg⁻¹ ile 9197 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakların değişebilir Ca içerikleri Çizelge 4. 9.'a göre değerlendirilmiştir. Buna göre toprakların % 25'i “yeterli” ve % 75'i ise “fazla” düzeyde değişebilir Ca içermektedir. Araştırma alanı topraklarının değişebilir Ca kapsamalarının bitkiler için yeterli ve fazla düzeylerde olduğu görülmektedir.

Çizelge 4. 9. Toprakların değişebilir Ca bakımından sınıflandırılması (FAO 1990)

Ca, mgkg⁻¹	Değerlendirme
< 380	Çok Az
380 – 1150	Az
1150 – 3500	Yeterli
3500 – 10000	Fazla
> 10000	Çok Fazla

4. 2. 4. Toprakların Değişebilir Magnezyum Miktarları

Toprakların değişebilir Mg miktarları $140,0 \text{ mgkg}^{-1}$ ile $885,6 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Toprakların değişebilir Mg içerikleri Çizelge 4. 10.'a göre değerlendirildiğinde; % 5,35'inin "az"; % 60,71'inin "yeterli" ve % 33,92'sinin ise "fazla" düzeyde olduğu görülmektedir. Araştırma alanı topraklarının değişebilir Mg kapsamının genelde yeterli ve fazla düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, araştırma alanlarında Mg eksikliğinin olmadığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 4. 10. Toprakların değişebilir Mg miktarlarının sınıflandırılması (Alpaslan ve ark. 1998)

Mg, mgkg^{-1}	Değerlendirme
< 50	Çok Az
50 – 160	Az
160 – 480	Yeterli
480 – 1500	Fazla
> 1500	Çok Fazla

4. 3. Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Mikro Besin Elementi İçerikleri

Toprak örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre bitkiye yararlı demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn) ve mangan (Mn) miktarları Çizelge 4. 11.'de belirtilmiştir.

Çizelge 4. 11. Araştırma alanı topraklarının bazı mikro besin elementi içerikleri (mgkg⁻¹).

Toprak No	Demir (Fe)	Bakır (Cu)	Çinko (Zn)	Mangan (Mn)
1	4,28	0,65	0,40	7,94
2	3,12	1,02	0,36	6,54
3	3,26	0,31	0,19	3,48
4	4,31	1,55	1,17	36,92
5	6,18	0,72	0,40	13,08
6	3,22	0,39	0,58	4,27
7	3,12	0,53	0,38	4,58
8	4,15	1,53	0,64	47,64
9	6,54	1,46	0,39	23,64
10	3,21	0,51	0,21	6,92
11	4,38	1,71	1,22	43,40
12	2,84	1,06	0,72	18,18
13	4,49	1,40	0,61	31,87
14	11,24	1,37	0,49	16,80
15	2,98	0,64	0,49	8,49
16	3,58	0,78	0,24	6,99
17	3,97	1,31	0,96	12,89
18	5,39	0,92	0,97	27,61
19	7,04	0,74	0,34	6,86
20	6,14	0,85	0,51	56,14
21	4,47	0,73	0,81	26,55
22	4,94	0,58	0,08	5,09
23	10,68	2,50	0,47	9,73
24	7,32	1,12	0,20	13,17
25	7,30	0,76	0,56	13,59
26	6,87	1,13	0,17	13,19
27	4,97	0,22	0,10	8,09
28	11,21	3,22	1,35	22,15
29	12,79	0,63	1,36	17,34
30	6,62	0,66	0,28	32,49
31	6,73	1,38	1,08	10,95
32	12,71	0,66	2,05	20,31
33	4,77	0,58	0,17	7,27
34	11,54	1,49	0,15	9,42
35	10,73	1,49	0,12	8,67
36	12,42	1,05	0,47	15,71
37	12,03	0,86	0,54	18,64
38	8,34	1,26	0,27	9,46
39	3,64	0,41	0,33	5,91
40	17,41	1,96	1,01	16,75
41	14,04	0,93	0,65	14,63
42	13,98	0,78	0,57	18,41
43	5,72	0,96	0,84	8,24
44	7,78	1,04	1,56	46,54
45	8,58	1,16	0,46	14,27
46	7,27	0,97	0,26	7,36
47	5,76	1,84	0,87	27,04
48	9,64	1,00	0,53	16,37
49	6,82	0,94	0,52	12,94
50	7,38	1,31	0,28	10,68
51	4,41	1,17	0,28	4,63
52	6,42	2,01	0,58	21,56
53	6,80	0,83	0,82	9,06
54	8,54	0,71	0,84	10,96
55	9,53	1,11	0,76	7,26
56	13,08	0,87	1,09	18,34
Min.	2,84	0,22	0,08	3,48
Max.	17,41	3,22	2,05	56,14
Ort.	10,13	1,72	1,065	29,81

4. 3. 1. Toprakların Bitkilere Yarayışlı Demir Miktarları

Toprakların bitkilere yarayışlı Fe miktarları 2,84 mgkg⁻¹ ile 17,41 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Buna göre toprakların % 30,36'sında "orta" ve % 69,64'ünde ise "yüksek", düzeyde Fe bulunmuştur. Çizelge 4. 12.'ye göre yapılan değerlendirme sonucunda, araştırma alanı topraklarında bitkilere yarayışlı Fe miktarlarının yeterli olduğu ve herhangi bir Fe eksikliğinin olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4. 12. Toprakların bitkilere yarayışlı Fe bakımından sınıflandırılması (Lindsay ve Norvell 1978)

Fe, mgkg ⁻¹	Değerlendirme
< 2,5	Az
2,5 – 4,5	Orta
> 4,5	Yüksek

4. 3. 2. Toprakların Bitkilere Yarayışlı Bakır Miktarları

Toprakların bitkilere yarayışlı Cu miktarları 0,22 mgkg⁻¹ ile 3,22 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Buna göre toprakların % 100'ünde "yeterli" düzeyde Cu bulunmuştur. Çizelge 4. 13'e göre yapılan değerlendirme sonucunda, araştırma alanı topraklarının tamamında bitkilere yarayışlı Cu miktarlarının yeterli olduğu anlaşılmaktadır.

Çizelge 4. 13. Toprakların bitkilere yarayışlı Cu bakımından sınıflandırılması (Lindsay ve Norvell 1978)

Cu, mgkg ⁻¹	Değerlendirme
< 0,2	Yetersiz
> 0,2	Yeterli

4. 3. 3. Toprakların Bitkilere Yarayışlı inko Miktarları

Toprakların bitkilere yarayışlı Zn miktarları 0,08 mgkg⁻¹ ile 2,05 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Buna göre toprakların % 14,28’inde “ok az”, % 55,36’sında “az” düzeyde Zn bulunduğu saptanmıştır. Toprak rmeklerinin sadece % 30,36’sında Zn içeriğinin “yeterli” düzeyde olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4. 14’e göre yapılan değerlendirme sonucunda, araştırma alanı topraklarında bitkilere yarayışlı Zn miktarlarının % 69,64’ünün yetersiz düzeyde olduğu ve bu topraklara mutlaka Zn’lu gübreleme yapılması gerektiğini göstermektedir.

Dünya’da ve Türkiye’de tarım alanlarında Zn eksikliği önemli bir sorundur (FAO 1990). Bu araştırma ile Edirne ilinde de tarım alanlarında Zn eksikliği önemli boyutlarda olduğu ortaya konulmuştur.

Çizelge 4. 14. Toprakların bitkilere yarayışlı Zn bakımından sınıflandırılması (FAO 1990)

Zn, mgkg ⁻¹	Değerlendirme
< 0,2	ok Az
0,2 – 0,7	Az
0,7 – 2,4	Yeterli
2,4 – 8,0	Fazla
> 8,0	ok Fazla

4. 3. 4. Toprakların Bitkilere Yarayışlı Mangan Miktarları

Toprakların bitkilere yarayışlı Mn miktarları 3,48 mgkg⁻¹ ile 56,14 mgkg⁻¹ arasında değişmektedir. Buna göre toprakların % 1,78’inde “ok az”, % 53,57’sinde “az”, % 42,85’inde “yeterli”, % 1,78’inde de “fazla” düzeyde Mn bulunmuştur. Çizelge 4. 15.’e göre yapılan değerlendirmede araştırma alanı topraklarının yarısından fazlasında bitkilere yarayışlı Mn miktarlarının yetersiz olduğu belirlenmiştir. Buna göre yöre topraklarına ve yetiştirilen bitkilere Mn’lı gübrelemenin yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 4. 15. Toprakların bitkilere yararlı Mn bakımından sınıflandırılması (FAO 1990)

Mn, mgkg⁻¹	Değerlendirme
< 4	Çok Az
4 – 14	Az
14 – 50	Yeterli
50 – 170	Fazla
> 170	Çok Fazla

4. 4. Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Ağır Metal İçerikleri

Toprak örneklerinin ağır metal analizi sonuçlarına göre ekstrakte edilebilir kadmiyum (Cd), kobalt (Co), krom (Cr), nikel (Ni) ve kurşun (Pb) miktarları Çizelge 4. 16.'da görülmektedir.

Çizelge 4. 16. Araştırma alanı topraklarının bazı ağır metal içerikleri (mgkg⁻¹).

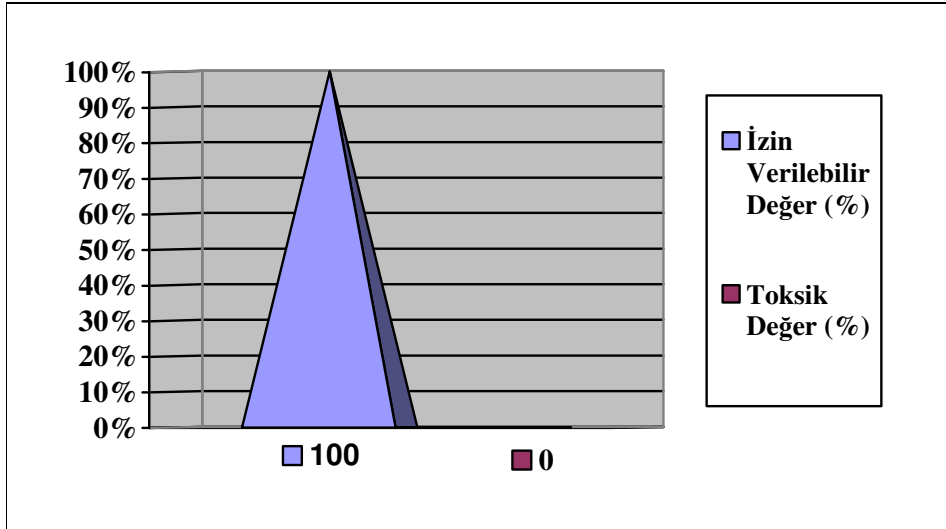
Toprak No	Kadmiyum (Cd)	Kobalt (Co)	Krom (Cr)	Nikel (Ni)	Kurşun (Pb)
1	0,047	0,161	0,062	1,145	3,051
2	0,036	0,131	0,057	1,813	2,637
3	0,087	0,087	0,059	0,360	4,317
4	0,021	0,096	0,131	6,349	2,197
5	0,010	0,025	0,055	1,827	5,560
6	0,074	0,078	0,057	0,748	1,817
7	0,051	0,312	0,079	2,415	5,184
8	0,022	0,121	0,111	6,761	3,851
9	0,016	0,193	0,077	4,344	5,224
10	0,060	0,279	0,062	0,852	3,790
11	0,005	0,353	0,109	3,808	4,703
12	0,014	0,443	0,070	2,582	3,027
13	0,056	0,583	0,080	2,086	3,691
14	0,011	0,306	0,083	3,002	2,831
15	0,075	0,515	0,057	1,066	4,076
16	0,039	0,357	0,061	1,164	2,388
17	0,021	0,236	0,070	2,630	4,224
18	0,021	0,273	0,044	1,080	1,212
19	0,032	0,223	0,079	1,565	4,285
20	0,017	0,089	0,063	0,431	2,191
21	0,024	0,071	0,152	3,244	5,287
22	0,031	0,029	0,072	1,778	1,593
23	0,027	0,021	0,078	0,672	4,330
24	0,014	0,033	0,059	1,915	2,130
25	0,047	0,073	0,060	2,586	4,297
26	0,036	0,013	0,049	1,243	2,418
27	0,023	0,088	0,073	0,666	5,544
28	0,038	0,079	0,182	3,507	4,203
29	0,019	0,054	0,073	3,313	4,021
30	0,032	0,092	0,080	2,086	3,691
31	0,028	0,023	0,064	3,045	5,193
32	0,021	0,088	0,062	1,082	3,245
33	0,014	0,021	0,077	1,133	4,191
34	0,017	0,062	0,073	2,870	4,386
35	0,023	0,039	0,055	2,350	4,125
36	0,030	0,068	0,057	2,291	3,425
37	0,024	0,043	0,066	2,054	4,374
38	0,016	0,093	0,047	2,436	2,637
39	0,019	0,036	0,051	3,004	3,379
40	0,025	0,051	0,087	1,714	3,047
41	0,046	0,079	0,092	2,468	4,084
42	0,032	0,011	0,057	1,416	3,753
43	0,017	0,014	0,102	1,844	4,076
44	0,018	0,025	0,068	3,256	3,970
45	0,022	0,080	0,067	1,152	4,064
46	0,027	0,021	0,084	3,715	3,062
47	0,029	0,023	0,058	2,541	4,057
48	0,031	0,071	0,115	2,687	2,485
49	0,040	0,028	0,062	1,264	2,753
50	0,039	0,079	0,058	1,435	3,964
51	0,058	0,057	0,075	2,468	3,753
52	0,063	0,049	0,068	1,226	3,653
53	0,043	0,054	0,095	1,369	3,534
54	0,046	0,046	0,084	3,574	3,836
55	0,039	0,029	0,076	1,770	4,143
56	0,042	0,031	0,104	3,472	3,542
Min.	0,005	0,011	0,044	0,360	1,212
Max.	0,087	0,583	0,182	6,761	5,560
Ort.	0,046	0,297	0,113	3,561	3,386

4. 4. 1. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Kadmiyum Miktarları

Araştırma alanı topraklarının ekstrakte edilebilir Cd içerikleri $0,005 \text{ mgkg}^{-1}$ ile $0,087 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Çizelge 4. 17'ye göre yapılan değerlendirmede, toprakların % 100'ünde "izin verilebilir" düzeyde Cd bulunduğu gözlenmiştir. Bu durum Şekil 4.1'den de açıkça görülmektedir. Bu sonuç araştırma alanı topraklarında şimdilik bitkilere zarar verecek boyutta Cd kirliliğinin bulunmadığını göstermektedir.

Çizelge 4. 17. Topraklarda ekstrakte edilebilir Cd için kritik değerler (Alloway 1995)

Cd, mgkg^{-1}	Değerlendirme
< 0,2	İzin verilebilir
> 0,2	Toksik



Şekil 4. 1. Araştırma alanı topraklarında belirlenen Cd kirliliği (%)

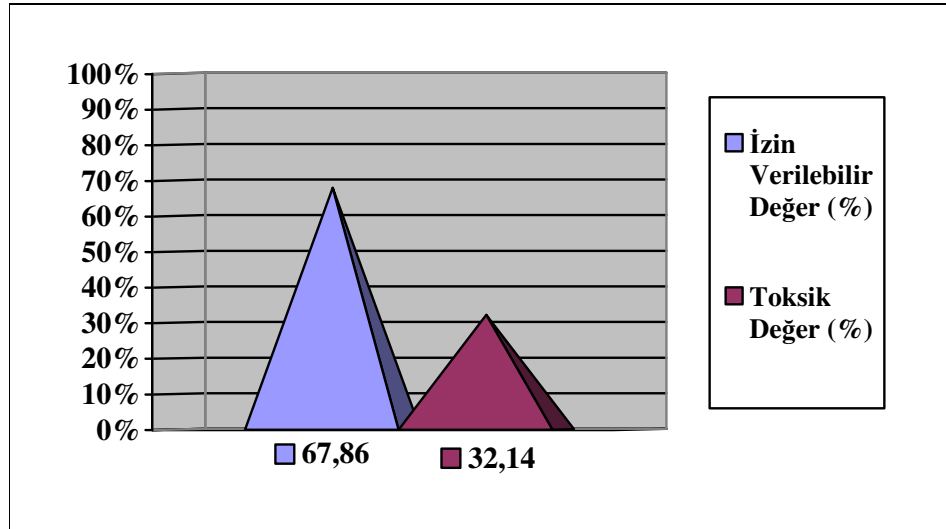
4. 4. 2. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Kobalt Miktarları

Araştırma alanı topraklarının ekstrakte edilebilir Co içerikleri $0,011 \text{ mgkg}^{-1}$ ile $0,583 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Çizelge 4. 18'e göre yapılan değerlendirmeye göre toprakların % 32,14'ünde "toksik", 67,86'sında "izin verilebilir" düzeyde Co bulunduğu gözlenmiştir. Bu sonuç ayrıca Şekil 4.2'de de görülmektedir. Bu bulgu araştırma alanı topraklarının 1/3'ünde bitkilere zarar verecek düzeyde Co bulunduğu belirlenmiştir. Bu durum yöredeki tarım alanlarında gerekli önlemler alınmazsa Co kirliliğinin daha da artabileceğini düşündürmektedir.

Çizelge 4. 18. Topraklarda ekstrakte edilebilir Co için kritik değerler (Carrigan ve Erwin 1951)

Co, mgkg^{-1}	Değerlendirme
< 0,09	İzin verilebilir
> 0,09	Toksik

Bu çalışmanın sonuçlarına benzer şekilde, Bursa ilinde şeftali yetiştirilen alanlarda ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005), toprakların tamamında Co kirliliğinin mevcut olduğunu belirlemişlerdir.



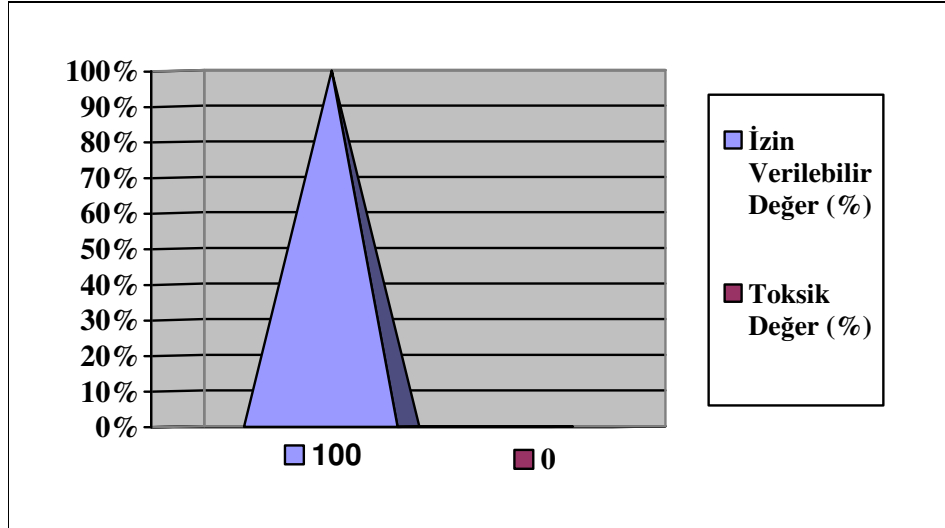
Şekil 4.2. Araştırma alanı topraklarında belirlenen Co kirliliği (%)

4. 4. 3. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Krom Miktarları

Araştırma alanı topraklarının ekstrakte edilebilir Cr içerikleri $0,044 \text{ mgkg}^{-1}$ ile $0,182 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Çizelge 4. 19'a göre yapılan değerlendirmede, toprakların % 100'ünde "izin verilebilir" düzeyde Cr bulunduğu gözlenmiştir (Şekil 4.3). Bu sonuç araştırma alanı topraklarında bitkilere zarar verecek boyutta herhangi bir Cr kirliliğinin bulunmadığını göstermektedir.

Çizelge 4. 19. Topraklarda ekstrakte edilebilir Cr için kritik değerler (Bowen 1966)

Cr, mgkg^{-1}	Değerlendirme
< 1	İzin verilebilir
> 1	Toksik



Şekil 4. 3. Araştırma alanı topraklarında belirlenen Cr kirliliği (%)

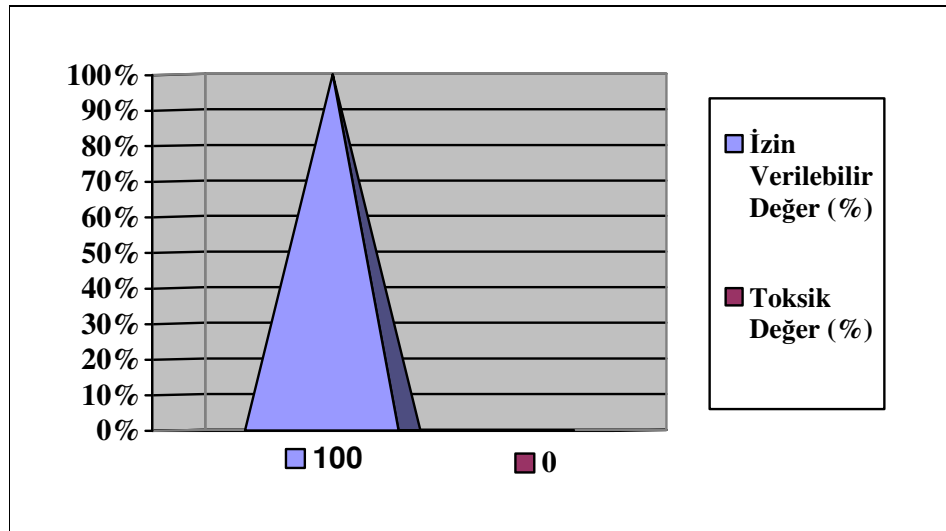
4. 4. 4. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Nikel Miktarları

Araştırma alanı topraklarında ekstrakte edilebilir Ni içerikleri $0,360 \text{ mgkg}^{-1}$ ile $6,761 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Çizelge 4. 20'ye göre toprakların % 100'ünde "izin verilebilir" düzeyde Ni bulunduğu gözlenmiştir. Bu durum ayrıca Şekil 4.4'de de görülmektedir. Bu durum araştırma alanı topraklarında şimdilik bitkilere zarar verecek boyutta Ni kirliliğinin bulunmadığını ancak gerekli önlemler alınmadığı takdirde ileriki yıllarda söz konusu tarım alanlarında Ni kirliliğinin de gündeme gelebileceğini göstermektedir. Çünkü bazı topraklarda yüksek değerlerde Ni belirlenmiştir.

Çizelge 4. 20. Topraklarda ekstrakte edilebilir Ni için kritik değerler (Gerendas ve ark 1999)

Ni, mgkg^{-1}	Değerlendirme
< 10	İzin verilebilir
> 10	Toksik

Bursa ilinde karayolu kenarında yar alan şeftali bahçeleri topraklarında ağır metal kirliliğini araştıran Başar ve Aydınalp (2005), bu araştırma sonuçlarına benzer biçimde topraklarda herhangi bir Ni kirliliğine rastlamamışlardır.



Şekil 4. 4. Araştırma alanı topraklarında belirlenen Ni kirliliği (%)

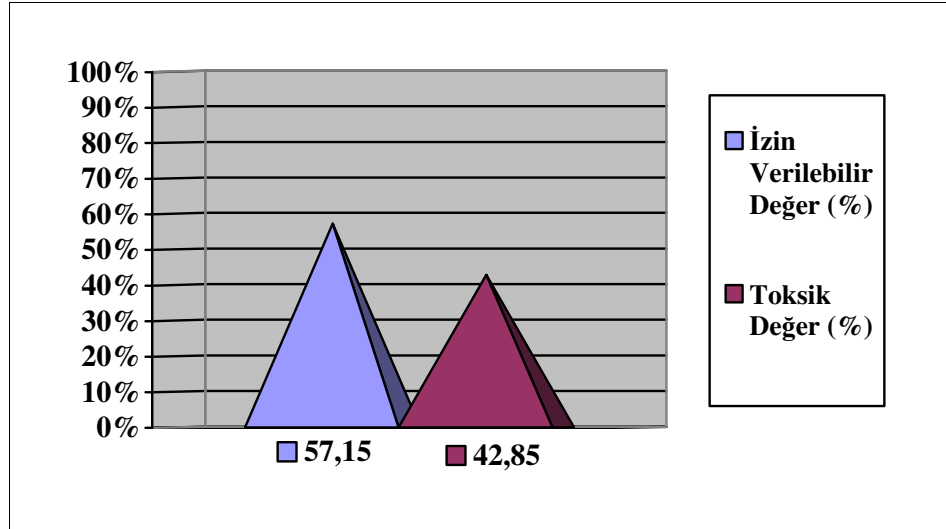
4. 4. 5. Topraklarda Ekstrakte Edilebilir Kurşun Miktarları

Araştırma alanı topraklarının ekstrakte edilebilir Pb içerikleri $1,212 \text{ mgkg}^{-1}$ ile $5,560 \text{ mgkg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Çizelge 4. 21'e göre yapılan değerlendirmede toprakların % 42,85'inde "toksik", % 57,15'inde "izin verilebilir" düzeyde Pb bulunduğu gözlenmiştir (Şekil 4.5). Bu durum araştırma alanı topraklarının yaklaşık olarak yarıya yakınında bitkilere zarar verebilecek düzeyde Pb kirliliğinin bulunduğu belirlenmiştir.

Buradan hareketle TEM otoyolu kenarındaki tarım arazilerinde yetiştirilen bitkilerde de Pb kirliliğinin ve toksisitesinin olabileceği düşüncesi ortaya çıkmaktadır. Eğer önlem alınmadan bu arazilerde tarımsal faaliyete devam edilmesi durumunda Pb kirliliğinin daha da artacağı, bunun sonucunda da insan ve diğer canlıların sağlıklarındaki tehditin boyutlarının her geçen gün daha da artacağı unutulmamalıdır.

Çizelge 4. 21. Topraklarda ekstrakte edilebilir Pb için kritik değerler (Chapman 1971)

Pb, mgkg^{-1}	Değerlendirme
< 4	İzin verilebilir
> 4	Toksik



Şekil 4.5. Araştırma alanı topraklarında belirlenen Pb kirliliği (%)

4. 5. Toprakların Ağır Metal İçerikleri İle Bazı Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Toprakların ekstrakte edilebilir Cd, Co, Cd, Ni ve Pb içerikleriyle bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında belirlenen korelasyon katsayıları Çizelge 4. 22 'de verilmiştir. Çizelge 4.21'den de görüldüğü üzere toprakların ekstrakte edilebilir Cd, Co, Cr, Ni ve Pb içerikleriyle pH değerleri, kireç içerikleri, organik madde miktarları ve kil miktarları arasında % 5 düzeyinde önemli bazı istatistiksel korelasyonlar belirlenmiştir.

Çizelge 4. 22. Toprakların ağır metal içerikleriyle bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkiler

	pH	Kireç	Org. Madde	Kil
Cd	-0.06	-0.17	0.32*	0.41*
Co	0.32*	-0.18	-0.12	0.52*
Cr	0.27*	0.14	0.08	0.52*
Ni	0.59*	0.42*	0.34*	0.63*
Pb	0.09	0.26*	-0.18	0.32*

Çizelge 4. 5'e göre toprakların pH değerleriyle Co, Cr ve Ni içerikleri arasında; kireç içerikleriyle Ni ve Pb miktarları arasında; organik madde miktarlarıyla Cd ve Ni içerikleri arasında ve kil miktarlarıyla Cd, Co, Cr, Ni ve Pb miktarları arasında % 5 düzeyinde önemli korelasyonlar saptanmıştır.

Toprakların ekstrakte edilebilir Cd içerikleri kireçleme ve pH değerinin artışı ile birlikte azalmakta organik madde miktarının artışıyla artmaktadır (Kacar 1995).

Kacar ve İnal (2008) toprakların ekstrakte edilebilir Co içeriklerinin kireç miktarının ve organik madde miktarının artışıyla azaldığını, pH değerinin ve kil miktarının artışıyla arttığını ifade etmişlerdir.

Toprakların değişebilir Cr ve Ni içerikleri yüksek pH değerleri ve kil miktarının artışıyla artmaktadır (Baralkiewicz ve Siepak 1999).

John (1972)' ye göre toprakların çözünebilir Pb miktarlarıyla toprak pH değeri, kil miktarı ve kireç içeriği arasında doğrusal bir ilişki mevcuttur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal üretim faaliyetinin yoğun olarak yapıldığı Edirne Merkez İlçeye bağlı Kemalköy, Yenikadın, Eskikadın ve Köşen Köyleri ile Yeniimaret, Yıldırım, Menzilahir, Şükrüpaşa ve Fatih Mahalleleri ile Havsa İlçesi Oğulpaşa, Söğütödere, Hasköy, Köseömer ve Bostanlı Köylerinden geçen Edirne-İstanbul TEM otoyolunun her iki kenarında yer alan tarım arazilerinden alınan toprak örneklerinde fiziksel ve kimyasal analizler yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir;

Toprak örneklerinin yarıya yakınında nötr reaksiyon tespit edilmiş olup, hafif asit ve hafif alkali reaksiyon sınıflamasına giren değerlerde de toplam oran nötr reaksiyona yakın olarak belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre toprakların pH değerleri araştırma bölgesinde uygulanan yaygın münavebe şekli olan Buğday-Ayçiçeği münavebesi için uygun ve kabul edilebilir düzeydedir.

Araştırma alanı toprakları kireç kapsamına göre değerlendirildiğinde, büyük çoğunluğunun kireç içerikleri bakımından az kireçli grubuna girdiği gözlenmiş ve tarımsal üretim açısından kireç yönünden önemli bir sorunun olmadığı görülmüştür.

Araştırma alanı topraklarının tamamında organik madde miktarları yetersiz bulunmuştur. Bu sonuç, araştırma yapılan alanın tamamında çiftçilerin tarımsal üretimde organik gübreleri yeterince kullanmadıklarının bir göstergesidir. Araştırma alanında toprak örneklerinin alımı esnasında çiftçilerle yapılan sözlü görüşmelerde de organik içerikli gübreler ve ahır gübresi kullanımının yeterince yaygın olmadığı çiftçiler tarafından da ifade edilmiştir. Diğer taraftan bazı çiftçiler anızı halen daha yakmaya devam etmektedirler. Bu sorunun giderilebilmesi için, özellikle yanmış çiftlik gübrelerinin mutlak surette arazilerde kullanılmasının sağlanması ve anızın yakılmasının mutlaka önlenmesi konusunda gerekli önlemler alınmalıdır.

Araştırma sahası arazilerinin tamamında toprakların tuzsuz özellikte oldukları görülmüştür. Bu durum, tarım arazilerinde herhangi bir tuzluluk sorununun olmadığını göstermektedir.

Toprak örneklerinin alındığı arazilerin büyük bir çoğunluğunun tekstürleri kumlu-killi-tınlı, kumlu-tınlı ve killi tınlı olarak tespit edildiğinden, toprakların tekstürlerinin tarımsal üretim açısından uygun sınıflarda oldukları görülmüştür.

Araştırma alanı topraklarının bitkilere yararışlı P miktarlarının yeterli ve yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, bölgede yürütülen tarımsal üretim faaliyetlerinde toprakların bitkilere yararışlı P bakımından herhangi bir sorun olmadığını ve hatta aşırı bir fosforlu gübre kullanımının olduğunu göstermektedir.

Çalışma yapılan arazilerde değişebilir K genelde yeterli düzeylerde tespit edilmiştir. Bu durum, ülkemiz genelinde olduğu gibi Edirne yöresinde de tarımsal üretimde yararışlı potasyumla ilgili bitkilerin bir sorunun olmadığı anlaşılmaktadır.

Araştırma sahasında değişebilir Ca ve Mg miktarlarının yeterli ve yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, yörede yetiştirilen ürünlerin Ca ve Mg beslenmesinde herhangi bir sorunun olmadığını ortaya koymaktadır.

Çalışma bölgesinde toprakların bitkilere yararışlı Fe ve Cu miktarlarının yeterli olduğu görülmüştür. Bu durum yörede tarımsal üretim yapılan toprakların yararışlı Fe ve Cu bakımından bir sorunun bulunmadığı göstermektedir.

Araştırma alanı arazileri bitkilere yararışlı Zn ve Mn içerikleri bakımından değerlendirildiğinde, toprakların önemli bir bölümünde bu elementlerin eksikliklerinin bulunduğu gözlenmiştir. Dünyada ve ülkemizde önemli bir mikro element sorunu olan Zn eksikliği Edirne ilinde de karşımıza çıkmaktadır. Bölgede yetiştirilecek tarımsal ürünlerin Zn ve Mn ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için dengeli bir biçimde Zn ve Mn içeren yaprak gübrelemesi mutlaka yapılmalıdır.

Araştırma bölgesinde, karayolu taşımacılığında kaynaklanan ağır metal kirlenmesi tespiti çalışmalarında yapılan analiz sonuçlarına göre Cd miktarı bakımından yapılan değerlendirmede, toprakların tamamında Cd içeriğinin henüz bitki, hayvan ve insan sağlığını tehdit edebilecek boyutlarda olmadığı belirlenmiştir. Bu durum, karayolu taşımacılığı nedeniyle topraklarda herhangi bir Cd kirliliğinin şimdilik bulunmadığını göstermektedir.

Araştırma alanı topraklarında Co yönünden yapılan incelemede toprakların % 32,14'ünde Co kirliliği tespit edilmiştir. Mevcut Co kirliliği, Edirne şehir merkezi, Kapıkule sınır kapısının civarı ve köy yerleşimlerine yakın mevkilerden alınan toprak örneklerinde yoğunlaşmaktadır. Ayrıca araştırma alanlarında Co kirliliğinin tespit edildiği en yüksek değer bulduğu arazi Edirne ilinde uzun yıllardır kullanılmış bulunan şehir çöplüğüne yakın bir alandır. Bu durum mevcut Co kirliliğinin karayolu taşımacılığına ilave olarak yoğun yerleşimden ve mevcut çöplükten de kaynaklanmış olabileceğini düşündürmektedir.

Araştırma alanı toprakları Cr bakımından değerlendirildiğinde, toprakların tamamında Cr içeriğinin ekstrakte edilebilir sınır değeri olan 1 mgkg^{-1} 'ın altında olduğu ve Cr kirliliğinin şimdilik söz konusu olmadığı saptanmıştır.

Araştırma sahası arazilerinin tamamında toprakların ekstrakte edilebilir Ni miktarları düşük düzeylerde tespit edilmiş ve toprakların Ni kirliliğinden şimdilik etkilenmediği gözlenmiştir. Bununla birlikte bazı topraklarda dikkate alınabilecek yüksek değerlerde Ni saptanmıştır. Bu durum yöre topraklarının Ni kirliliği açısından dikkatle izlenmesi gerektiğini ve gerekli önlemler alınmazsa yakın bir gelecekte Ni kirliliği sorununun gündeme gelebileceğini göstermektedir.

Çalışma alanı toprakları Pb içeriklerine göre değerlendirildiğinde, toprakların % 42,85'inde, ekstrakte edilebilir kritik değer olan 4 mgkg^{-1} 'in üzerinde Pb tespit edilmiş olup, bu durum karayolu taşımacılığından kaynaklanan Pb kirliliğinin mevcut olduğunu göstermektedir. Genel olarak Pb kirliliğinin yoğun olduğu araziler, TEM otoyolunun güney istikametinden yer almaktadır. Bu durum, hâkim rüzgâr yönü olan kuzey rüzgârlarının etkisiyle egzoz gazlarının güneye sürüklenerek tarım topraklarında çökme yoluyla güney tarım arazilerine Pb bulaşması sonucu Pb kirliliğinin ortaya çıkmış olabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak bu araştırmadan elde edilen bulgulara göre, Edirne İli TEM otoyolu kenarındaki tarım alanlarında Pb ve Co kirliliği mevcuttur. Topraklarda belirlenen bu ağır metal kirliliğinin bitkilere de bulaşmış olması muhtemeldir. Yörede ağır metal kirliliğinin artışının önlenmesi için gerekli yasal ve kültürel önlemler vakit geçirilmeden alınmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Ağca N (1998). Atıksuların Toprak Ekosistemine Etkileri, Kayseri 1. Atıksu Eğitim Sempozyumu Bildiri Kitabı, s: 5-8, Kayseri.
- Alloway BJ (1995). Cadmium In BJ Alloway (Ed.). Heavy Metals In Soils. Blackie, London.
- Alparslan M, Güneş A ve İnal A (1988). Deneme Tekniği. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No:1501, Ankara.
- Asri FÖ ve Sönmez S (2006). Ağır Metal Toksisitesinin Bitki Metabolizması Üzerine Etkileri. Derim, Batı Akdeniz Tarımsal Enstitüsü, Dergisi, Cilt 23 (2): 36-45.
- Bakış R ve Bilgin M (1998). Çöp Sızıntı Sularından Dolayı Topraklarda Meydana Gelen Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Kayseri I. Atıksu Sempozyumu Bildiri Kitabı, sf: 167-170, Kayseri.
- Baralkiewicz D and Siepak J (1999). Chromium, Nickel and Cobalt in environment samples and existing legal norms. Polish J. Environ. Stud. 8: 201- 208.
- Başar H ve Aydınalp C (2005). Heavy metal contamination in peach trees irrigated with water from a heavily polluted creek. J. of Plant Nutrition, 28 (11): 2049- 2063.
- Başkaya HS ve Teksoy A (1997). Topraklarda Ağır Metaller ve Ağır Metal Kirliliği, I. Uludağ Çevre Mühendisliği Sempozyumu, s:763-771, Bursa.
- Bolt H and Bruggenwert MGM (1976). Soil Pollution. Soil Chem. Elsevier Sci. Pub. Comp. s. 233.
- Bowen HJM (1966). Trace element in Biochemistry, Academic Press, London.
- Camelo LGL, Miguez SR and Margan L (1997). "Heavy Metals Input with Phosphate Fertilizers used in Argentina" Science of The Total Environment 204, 45-250.
- Carrigan RA and Erwin TC (1951). Cobalt determination in soils by spectrographic analysis following chemical preconcentration. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 15: 145- 149.
- Chapman HD (1971). Proc. Intern. Symp. Soil Fert. Evaln. New Delhi 1: 927- 947.
- Dağdeviren Ş (2007). Çorlu ve civarındaki topraklarda ağır metal konsantrasyonunun belirlenmesi ve sonuçların yapay sinir ağları ile değerlendirilmesi. T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Edirne.
- Deniz M (2003). Ağır metal kirliliği ve ekosistem üzerine olan etkileri. Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü.

- Dürüst N, Dürüst Y, Tuğrul D and Zengin M (2004). Heavy metal contents of pinus radiata trees of İzmit (Turkey). *Asian J. of Chemistry*, Vol: 16 (2): 1129- 1134.
- Eyüpoğlu F, Kurucu N, Talaz S (1996). Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Bazı Mikroelement (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. *Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Gen Müd. Yayın No: 217*, Ankara.
- Eyüpoğlu F (2002). Türkiye Gübre Gereksinimi, Tüketimi ve Geleceği. *Köy Hizm. Gen. Müd. Genel Yay. No: 2*, Ankara.
- FAO (1990). *Micronutrient, Assesment and the Country Level: An International Study*. FAO Soils Bulletin 63, Rome, Italy.
- Gerendas J, Polacco JC, Freyermuth SK and Sattelmacher B (1999). Significance of nickel for plant growth and metabolism. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 162: 241- 256.
- Hakerlerler H, Okur B ve Yağmur B (1995). Gediz Havzasında Yollara Yakın Arazilerde Motorlu Araç Trafikinden Kaynaklanan Ağır Metal Kirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. 1. Gediz Havzası Erozyon ve Çevre Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 10-11 Ekim 1995, sf: 138-148.
- Haktanır K ve Arcak S (1998). Çevre Kirliliği, Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları, Ankara.
- Jackson ML (1967). *Soil Chemical Analysis Handbook*. Micro-Macro Publishing, Inc, USA.
- Jain R, Srivastava S and Madan VK (2000). Influence of chromium on growth and cell division of sugarcane. *Indian J. Plant Physiology*, (5): 228- 231.
- John MK (1972). Lead availability related to soil properties and extractable lead. *J. Environ. Quality* I (3): 295- 298.
- Kabata- Pendias A, Pendias H (1992). *Trace Elements in Soils and Plants*, 2nd Edition CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London.
- Kacar B (1995). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. III. Toprak Analizleri. A.Ü. Ziraat Fak. Eğit., Araşt. ve Gel. Vakfı Yay. No: 3, Ankara.
- Kacar B ve Katkat AV (2007). Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Nobel Yayınları No: 1119.
- Kacar B ve Katkat AV (2006). Bitki Besleme. Nobel Yayınları No:849, Ankara.
- Kacar B. ve İnal A (2008). Bitki Analizleri, Nobel Yayınları No: 1241.
- Kadioğlu, M. 2008. Havadan Sudan. *Hürriyet*, 26.05.2008.
- Karaca A. (1997) Erzurum Topraklarında Motorlu Araç Emisyonlarından Kaynaklanan Ağır Metal Kirliliği. Atatürk Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.

- Karakaş D (2000) Ağır Metallerin Toksik Etkileri TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Eğitim Notları.
- Kaytaoğlu S, Var F ve Öcal S (1995) Motorlu Taşıtlardan Kaynaklanan Kirlilik ve Giderilme Yöntemleri. Yanma ve Hava Kirliliği 3. Ulusal Sempozyumu Bildiriler Kitabı, ODTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, Ankara.
- Köksoy M and Bradshaw PM (1969). Secondary dispersion of mercury from cinnabar and stibnite deposits in West Turkey. Colo. Sch. Mines Quart. 64: 333- 350.
- Lindsay WL and Norvell WA (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc.Am.J. 42:421- 428.
- Lodeniş M (1989). Heavy Metals in the Soil, Interaction and Long Term Changes, In: Szabolcs I. (Ed.), 1987, Ecological İmpact of Acidification. Budapest, p: 131-136.
- Mater B (1998). Toprak Coğrafyası. Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Mengel K and Kirkby EA (1978). Principles of Plant Nutrition, International Potash Institute P.O. Box. CH. 3048, Worblaufen, Bern, Switzerland.
- Mikanova O (2006). Effects of heavy metals on some biological parameters, Journal of Geochemical Exploration 88, 220-223.
- Nriagu J O (1984). Changing metal and human health. Springer – Verlag, Berlin, pp:445.
- Özbek H, Kaya Z, Gök M, Kaptan H (1995) Toprak Bilimi, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 73, Adana.
- Richards, LA (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A Handbook, No:60.
- Rout GR and Das P (2003). Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: I. Zinc. Agronomie 23: 3- 11.
- Sağlam MT (2008). Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Namık Kemal Üniversitesi, Yayın No: 2, Tekirdağ.
- Sommer B (1984) Pflanzeverfügbarkeit von Schwermetallen in einer Löss-Parabraunerde nahlangjähriger Düngung mit Klärschlamm. Diss Agrarw. Fak. Üniv. Hohenheim.
- Soysal Mİ (2000). Biometrinin Prensipleri. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları No: 95, Tekirdağ.
- Tandler CJ, Solari AJ (1969). Nucleolar Orthophosphate Ions-electronmicroscope and Diffraction studies, J. Cell Biol. 41.
- Tok HH (1997). Çevre Kirliliği. Anadolu Matbaacılık, İstanbul.

- Topbaş MT, Brohi AR ve Karaman MR (1998). evre Kirliliği, T.C. evre Bakanlığı Yayınları. Ankara.
- Tuncay H (1994). Toprak Fiziği Uygulama Kılavuzu. E.. Ziraat fak. Teksir No: 29, İzmir.
- U. S. Soil Survey Staff (1951). Soil survey Manuel. U.S. Dept. Agr. Handbook 18 U.S. Govt. Printing Office. Washington D.C. USA
- Ulrich B (1980). Chemical Changes due to acid precipitation in a losses-derived soil in central Europe. Soil Science. 130: 193-199.
- Veselov D, Kudoyarova G, Symonyan M and Veselov S (2003). Effect of Cadmium on ion uptake, traspiration and cytokinin content in wheat seedlings. Bulgarian J. Plant Physiology, Special Issue, 353- 359.
- Zengin KF ve Munzuroğlu  (2005). Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris L. Strike*) klorofil ve karotenoid miktarı üzerine bazı ağır metallerin (Ni², Co², Cr³, Zn²) etkileri. F.. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17(1): 164-172.
- Zimdahl RL, Koepe DE (1977). Uptake by Plants in Lead in the Environment, National Science Foundation, Washington D.C.
- <http://www.tarimsal.com/fitoremediasyon>, Erişimi Tarihi 08.02.2009
- <http://tr.wikipedia.org/wiki/Krom>, Erişimi Tarihi 23.01.2009
- <http://www.populerbilim.com.tr/arsiv/0602/b01.htm>, Erişimi Tarihi 13.01.2009
- <http://www.kimyaevi.org/elementler.asp>, Erişimi Tarihi 17.12.2008
- <http://www.lenntech.com/periodic-chart.htm>, Erişimi Tarihi 20.01.2009

7. ÖZGEÇMİŞ

03 Kasım 1978 tarihinde Edirne’de doğdu. İlk ve Ortaokulu Edirne’de tamamladıktan sonra Lise eğitimini 1992 – 1995 yılları arasında İstanbul Selimiye Veteriner Sağlık Meslek Lisesi’nde tamamlayarak 1996 yılında Tarım ve Köyişleri Bakanlığı tarafından Veteriner Sağlık Teknisyeni ünvanı ile Şanlıurfa İli Suruç İlçe Tarım Müdürlüğüne atandı ve 2002 yılına kadar aynı İlçede görev yaptı. Görev yaptığı dönem içerisinde 1997 yılında Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü’nü kazanarak 2002 yılında mezun oldu. 2002 yılı Kasım ayında Ziraat Mühendisi olarak Edirne İli Lalapaşa İlçesi’ne tayin oldu ve 2004 yılı sonuna kadar Lalapaşa İlçe Tarım Müdürü olarak görev yaptı. 2004 Aralık – 2005 Haziran döneminde Diyarbakır’da askerlik hizmetini yerine getirdi. 2005 yılı Temmuz ayında, 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanım Kanununun yürürlüğe girmesiyle Lalapaşa’dan Merkeze tayin oldu. Halen Edirne Tarım İl Müdürlüğü Proje ve İstatistik Şube Müdürlüğü’nde bulunan Tarım Arazilerini Değerlendirme Biriminde Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.