



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BURSA OVASI ALUVİYAL, KOLUVİYAL VE VERTİSOL GRUBU TARIM
TOPRAKLARININ AĞIR METAL KİRLİLİĞİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ**

SÜMEYYE ÜNAL METİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

BURSA 2010



T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSA OVASI ALUVİYAL, KOLUVİYAL VE VERTİSOL GRUBU TARIM
TOPRAKLARININ AĞIR METAL KİRLİLİĞİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

SÜMEYYE ÜNAL METİN
Doç. Dr. Cumhuri AYDINALP
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI

BURSA 2010

**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BURSA OVASI ALUVİYAL, KOLUVİYAL VE VERTİSOL GRUBU TARIM
TOPRAKLARININ AĞIR METAL KİRLİLİĞİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ**

SÜMEYYE ÜNAL METİN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI**

Bu tez/...../2010 tarihinde aşağıdaki juri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Doç. Dr. Cumhuri
AYDINALP
(Danışman)**

**Prof.Dr. A. Vahap
KATKAT**

**Prof.Dr. Hüseyin S.
BAŞKAYA**

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BURSA OVASI ALUVİYAL, KOLUVİYAL VE VERTİSOL GRUBU TARIM
TOPRAKLARININ AĞIR METAL KİRLİLİĞİ YÖNÜNDEN İNCELENMESİ

SÜMEYYE ÜNAL METİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI

Bu tez/...../2010 tarihinde aşağıdaki juri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Cumhuri
AYDINALP
(Danışman)

Prof.Dr. A. Vahap
KATKAT

Prof.Dr. Hüseyin S.
BAŞKAYA

ÖZET

Bursa Ovası Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol Grubu Tarım Topraklarının Ağır Metal Kirliliği Yönünden İncelenmesi

Bursa ovasının batı kesimindeki Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol grubu topraklarında yürütülen bu çalışmada, toprakların iz element ve ağır metal (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) miktarlarının mevcut durumları araştırılmış ve toprakların kirlilik durumları belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla, 0-20 cm derinlikten toplam 30 adet toprak örneği alınmıştır.

Toprak örneklerinin toplam ve DTPA ile ekstrakte edilebilen Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Cr, Ni, Pb ile bazı önemli fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Elde edilen veriler, incelenen yöre topraklarının ağır metal yönünden kirletilmediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bursa Ovası, Aluviyaller, Koluviyaller, Vertisoller, Ağır Metaller

ABSTRACT**The Determination of Heavy Metal Pollution in the Agricultural Soils of Alluvial, Colluvial and Vertisol in the Bursa Plain**

In this research, the present status of trace and heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) of Alluvial, Colluvial and Vertisol soils and their pollution status were determined in western side of the Bursa plain. Thirty soil samples were collected from 0-20 cm depth for this purpose.

Soil samples were analyzed for total and DTPA extractable Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Cr, Ni, Pb with some important physical and chemical properties. The obtained results were indicated that heavy metal pollution did not show in the investigated area soils.

Key Words: Bursa Plain, Alluvials, Colluvials, Vertisols, Heavy Metals

İÇİNDEKİLER	Sayfa No
TEZ ONAY SAYFASI	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Demir (Fe)	5
2.2. Mangan (Mn)	7
2.3. Çinko (Zn)	9
2.4. Bakır (Cu)	12
2.5. Kobalt (Co)	15
2.6. Nikel (Ni)	16
2.7. Krom (Cr)	18
2.8. Kurşun (Pb)	20
2.9. Kadmiyum (Cd)	23
3. MATERYAL ve YÖNTEM	26
3.1. Materyal	26
3.1.1. Araştırma alanının özellikleri	26
3.1.2. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması	28
3.2. Yöntem	28
3.2.1. Toprak örneklerinde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler	28
3.2.1.1. Mekanik analiz	28
3.2.1.2. Toprak reaksiyonu (pH)	28
3.2.1.3. Elektriksel iletkenlik (EC)	29

3.2.1.4. Kireç miktarı (% CaCO ₃)	29
3.2.1.5. Organik karbon (% C)	29
3.2.1.6. Toplam azot	29
3.2.1.7. Bitkiye yararılı fosfor	29
3.2.1.8. Katyon değişim kapasitesi (KDK)	29
3.2.1.9. Değişebilir kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum	30
3.2.1.10. Alınabilir bazı iz elementler ve ağır metaller	30
3.2.1.11. Toplam bazı iz elementler ve ağır metaller	30
4. BULGULAR	31
4.1. Araştırmada Kullanılan Toprakların Tekstür Sınıfları	31
4.2. Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Kimyasal Özellikleri	31
4.2.1. Aluviyal topraklar	31
4.2.2. Koluviyal topraklar	34
4.2.3. Vertisol topraklar	34
4.3. Araştırma Alanı Topraklarının Alınabilir İz Element ve Bazı Ağır Metal İçerikleri	34
4.3.1. Toprakların alınabilir iz element içerikleri	34
4.3.2. Toprakların bazı alınabilir ağır metal içerikleri	35
4.4. Araştırma Alanı Topraklarının Toplam İz Element ve Bazı Ağır Metal İçerikleri	37
4.4.1. Toprakların toplam iz element içerikleri	37
4.4.2. Toprakların bazı toplam ağır metal içerikleri	37
5. TARTIŞMA	40
5.1. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları	40
5.1.1. Aluviyal topraklar	40
5.1.2. Koluviyal topraklar	41
5.1.3. Vertisol topraklar	42
5.2. Toprakların Bazı Alınabilir İz Element ve Ağır Metal Miktarları	43

5.2.1. Aluviyal topraklar	43
5.2.2. Koluvial topraklar	43
5.2.3. Vertisol topraklar	44
5.3. Toprakların Bazı Toplam İz Element ve Ağır Metal Miktarları	45
5.3.1. Aluviyal topraklar	45
5.3.2. Koluvial topraklar	47
5.3.3. Vertisol topraklar	48
6. SONUÇ	50
KAYNAKLAR	52
ÖZGEÇMİŞ	61
TEŞEKKÜR	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa No
Çizelge 2.1. Çeşitli kayalar ve antropojen kirlenme göstermeyen topraklarda ağır metal dağılımları	3
Çizelge 2.2. Akdeniz bölgesi tarım topraklarında belirlenen kimi elementler ve miktarları	4
Çizelge 2.3. Topraktaki ağır metal sınır değerleri	5
Çizelge 2.4. Toprak kirlilik parametreleri sınır değerleri (Ek 1-A) topraktaki ağır metal sınır değerleri	5
Çizelge 4.1. Toprakların bazı fiziksel özellikleri	32
Çizelge 4.2. Toprakların bazı kimyasal özellikleri	33
Çizelge 4.3. DTPA ile ekstrakte edilebilir elementlerin konsantrasyonları	36
Çizelge 4.4. Toprakların toplam element konsantrasyonları	39

ŒEKİLLER DİZİNİ

Œekil

Sayfa No

Œekil 1.1.Toprak örneklerinin alındığı yerler

27

1. GİRİŞ

Bursa ovası Marmara bölgesinde yer alan ekolojik özellikleri, coğrafik konumu, büyük tüketim merkezlerine olan yakınlığı ve yöresinde çok sayıda tarıma dayalı sanayi kuruluşunun bulunmasıyla, ülkemizin önemli tarımsal üretim merkezlerinden birisidir. Bursa ovası yaklaşık 40.000 ha alana sahip olup çeşitli toprak gruplardan oluşmaktadır. Ova içerisinde Aluviyal ve Vertisol grubu topraklar belli başlı tarımsal üretim alanlarını oluşturmaktadır. Bundan başka özellikle Uludağ'ın eteklerinde yer alan Koluviyal grubu topraklarda da çeşitli sebze ve meyvelerin üretimi yapılmaktadır.

Ekolojik koşulların uygun olması, Bursa ovasında yılda birden fazla ürün alınmasına imkan verir. Ovada yetiştirilen ürünlerin büyük bir bölümü ilde yoğunluk kazanmış tarıma dayalı sanayide değerlendirilmektedir. İldeki yoğun tarımsal ve sanayi faaliyetlerinin gün geçtikçe artış göstermesi, hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak kentleşme sonucunda tarım toprakları ciddi bir biçimde olumsuz yönde etkilenmektedir. Yapılan fiziksel arazi kullanım planlarının çeşitli sebeplerden dolayı uygulanamaması, plansız ve programsız gelişen sanayi kuruluşları ile konut alanları, verimli tarım alanlarının hızla yok olmasına neden olmakta ve doğal denge bozulmaktadır. Kentsel alanların ve çeşitli sanayi kuruluşlarının tarım alanlarına olan yakınlığı, atıklarıyla toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinin değişebilmesine ve özelliklede ağır metal kapsamı yönünden bir artışın görülebilmemesine neden olabilmektedir.

Yerkabuğunun jeolojik bileşiminde yer alan ağır metaller yapay yollarla da çeşitli doğal kaynaklara taşınmakta ve buralarda birikerek zaman içerisinde bu doğal ortamların giderek kirlenmesine yol açmaktadır. Ağır metallerin çeşitli antropojenik etkiler ile doğada birikimleri, tarımda verim ve kaliteyi artırmak için kullanılan tarım ilaçları ve gübreler ile çeşitli sanayi kollarının ortaya çıkardığı çeşitli atıklar sonucunda meydana gelmektedir. Toprakta ağır metallerin birikimi önemli bir kirlilik sorununu oluşturmaktadır. Toksik olan bu maddelerin toprak çözeltilisinden bitkiye ve besin zinciri yoluyla başta insan sağlığı olmak üzere ciddi sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olan bir sürecin meydana gelmesine neden olmaktadır. Günümüzde ağır metallerin

ekosisteme girerek özellikle insan sağlığına olan olumsuz etkileri büyük bir önem arz etmektedir.

Bu alışmada, Bursa ovasının batı kesiminde yer alan önemli tarımsal faaliyetlerin yapıldığı Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol grubu toprakların ağır metal içerikleri yönünden bir kirlenmenin olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Toprakların doğal bileşenlerinden olan ağır metaller periyodik cetvelin geniş bir bölümünü kapsayan ve transiyon adı verilen elementlerdir. Toprakların ağır metal içerikleri oluşturdukları kayacın bileşimine bağlı olarak farklı oranlarda ve formlarda değişiklik gösterir (Çizelge 2.1). Özellikle ultrabazik kayalardan oluşan topraklar yüksek Ni ve Cr içeriğine sahiptir. Bu elementler toprakta silikatlara bağlı durumda bulunurlar. Yine doğal nedenlerle çeşitli şistik yapıları kayalardan oluşan topraklar Cu ve Zn, kalkerler üzerinde oluşmuş topraklar ise Cd bakımından zengindirler (Zauner ve ark. 1993).

Çizelge 2.1. Çeşitli kayalar ve antropojen kirlenme göstermeyen topraklarda ağır metal dağılımları (mg kg^{-1}) (Brümmer ve ark. 1991).

Element	Ultrabazik kayaçlar	Granit	Kil kayacı	Lös	Toprak
Arsenik	1	1.5	10	-	1-5
Kurşun	1	32	22	25	2-50
Kadmium	0.05	0.09	0.13	0.3	0.1-0.5
Krom	1600	12	90	30	5-100
Bakır	10	13	45	13	2-40
Nikel	2000	7	70	18	5-50
Civa	0.02	0.03	0.45	0.02	0.02-0.5
Talyum	0.06	1.1	0.7	-	0-0.5
Çinko	50	50	95	45	10-80

Ağır metallerin modern teknolojiye gereksinimleri sonucu buldukları yerlerden alınıp işlenmeleri ve doğaya seyreltilip bırakılmaları yanında fosil maddelerin enerji amacıyla yakılmaları ve diğer endüstriyel atıklarla biyosfere salınmaları ayrıca tarımsal uygulamalarla gübreleme ve ilaçlamalar sonucu bu elementler nedeniyle oluşan kirlilik sorunları gün geçtikçe artmaktadır. Ağır metallerin biyolojik dolanımlarının bir kısmını oluşturan topraklar aynı zamanda bu elementlerin büyük miktarının son depolanma bölgesini oluşturur.

Topraklarda ağır metal kirliliği irreversible karakterdedir (Haktanır ve Karaca 1995). Topraktaki metal konsantrasyonunun belli düzeyin üzerine çıkması ile toprak organizmaları, bitkiler ve taban suyu kalitesi olumsuz yönde etkilemektedir. Grupe ve Filipinski'ye (1989) göre antropojen kökenli ağır metaller topraklarda genellikle oksitler ve nispeten iyi çözünen tuzlar halinde bulunmaktadır. Koch ve Grupe (1993) antropojen kökenli Cd, Ni, Zn ve Pb'un jeolojik kökenli olanlara nazaran daha yüksek mobilitede olduğunu bildirmiştir.

Micó ve ark. (2006), İspanyanın güney bölgesinde yer alan ve yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı Segura nehri bölgesinden almış oldukları topraklarda ağır metal kirliliği ve bunların kaynakları ile ilgili çalışma yürütmüşlerdir. On farklı bölgeden toplam 29 toprak örneğini analiz etmişlerdir. Çalışmalarında topraklarda toplam Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn içeriğini çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenen sınır değerlerle karşılaştırmışlardır. Yapılan benzer çalışmalarda bulunan değerler Çizelge 2.2 ve 2.3'de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Akdeniz bölgesi tarım topraklarında belirlenen kimi elementler ve miktarları.

Araştırmacılar	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Micó ve ark. (2006)	0.38	7.9	28.3	21.6	15,274	320	23.7	19.6	57.8
Aller ve Deban (1989)	0.7	7.0	42.0	18.0	-	-	28.0	13.0	39.0
Andreu (1991)	0.4	10.0	13.0	19.0	-	-	24.0	41.0	52.0
Andreu ve Gimeno-García (1996)	0.6	7.0	-	26.0	-	-	16.0	47.0	81.0
Boluda ve ark. (1988)	-	16.0	49.0	-	-	-	37.0	42.0	62.0
Cala ve ark. (1985)	1.4	-	17.0	17.0	-	-	16.0	36.0	65.0
Campos (1997)	2.3	22.0	-	29.0	34,000	533.0	41.0	64.0	90.0
Errecalde ve ark. (1991)	0.5	4.0	-	25.0	-	-	13.0	38.0	71.0
López ve Grau (2004)	0.25	-	34.2	19.8	-	-	13.6	17.8	57.5
Marín ve ark. (2000)	0.3	-	-	29.0	-	263.0	29.0	22.0	48.0
Millán ve ark. (1983)	-	-	-	39.0	20,787	382.0	-	-	57.0
Moreno ve ark. (1992)	0.07	-	-	16.0	-	-	-	50.0	46.0
Pérez ve ark. (1995)	0.1	-	-	16.0	-	-	-	52.0	51.0
Pérez ve ark. (2000)	0.09	-	-	12.0	-	-	-	31.0	34.0

- Belirlenmemiştir.

Çizelge 2.3. Topraktaki ağır metal sınır değerleri.

Araştırmacılar	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
Pérez et al. (2002) ^a	0.3	-	73.0	41.0	-	-	43.0	30	192
Kabata-Pendias and Pendias (2001) ^b	5.0	50.0	100	100	-	-	100	100	300
Anonim (1986) ^c	3.0	-	-	140	-	-	75	300	300

a. Bahçe bitkileri için sınır değerler
b. Kimi Avrupa ülkelerinde tarım toprakları için sınır değerler
c. pH>7 topraklar için sınır değerler
-. Belirlenmemiştir.

Ağır metal sınır değerleri açısından uygulanan sınırlamalar ülkelerin kendi iklim, toprak ve çevre şartlarına göre değişmektedir. En son olarak 31.05.2005 yıl, 25831 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan “Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği”nin 11, 12, 13 ve 14’üncü maddelerinde toprakların ağır metal içeriği açısından sınırlamaları ve ilgili yasaklar belirtilmiştir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Toprak kirlilik parametreleri sınır değerleri (Ek 1-a) topraktaki ağır metal sınır değerleri (Anonim 2005).

Ağır Metal (Toplam)	pH 5- 6	pH>6
	m kg ⁻¹ , fırın kuru toprak	mg kg ⁻¹ , fırın kuru toprak
Kurşun	50 **	300 **
Kadmiyum	1 **	3 **
Krom	100 **	100 **
Bakır*	50 **	140 **
Nikel*	30 **	75 **
Çinko *	150 **	300 **
Civa	1 **	1,5 **

* pH değeri 7’den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yer altı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri %50’ye kadar artırabilir. ** Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

2.1. Demir (Fe)

Bütün canlılar tarafından az miktarlarda ihtiyaç duyulan demir bitkiler, hayvanlar ve insanlar için mutlak gerekli bir elementtir. Alüminyumdan sonra demir, % 4.2 ile kıtasal

yerkabuğunda en sık rastlanılan metaldir (Scheffer ve Schachtschabel 1989). Genelde toprakların toplam Fe içeriği % 0.5-5 (Scheffer ve Schachtschabel 1989), kumlu topraklarda % 0.9 (Scheffer ve Schachtschabel 1989), Fluvial (su ile taşınmış) kumlarda % 0.2 (Scheffer ve Schachtschabel 1989) civarındadır.

Eyüpoğlu ve ark. (1998) yaptığı çalışmada Bursa ili topraklarının demir içeriklerini 1.45 ile 24.63 mg kg⁻¹ arasında belirlemiştir.

Aydınalp ve ark. (2003), Vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemeye yönelik olarak incelemiş olduğu 15 adet farklı toprakta toplam Fe miktarının 25 993-54 187 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, DTPA ile ekstrakte edilen yarıyışlı Fe miktarını ise 6.07-12.66 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydınalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki bazı toprak ve su kaynaklarındaki ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla Fluvisol ve Vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinde farklı toprak derinliklerinde ağır metal dağılımını belirlemiştir. Yapmış oldukları çalışmalarında Fluvisol topraklarda toplam Fe miktarını 24 000-32 400 mg kg⁻¹ ve Vertisol toprakta ise 29 700-62 500 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. İncelenen toprakların DTPA ile ekstrakte Fe miktarı ise Fluvisol topraklarda 6.9-10.2 mg kg⁻¹, Vertisol toprakta ise 9.1-10.4 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çelik (2006), Bursa ili topraklarının alınabilir demir durumu ve bu topraklarda alınabilir demir miktarının belirlenmesinde kullanılacak yöntemler ile ilgili yaptığı çalışmada DTPA ile ekstrakte edilebilir demir içeriği 1.59-42.78 mg kg⁻¹, olarak tespit etmiştir.

Micó ve ark. (2006), İspanyanın güney bölgesinde yer alan ve yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı Segura nehri bölgesinden almış oldukları topraklarda ağır metal kirliliği ve bunların kaynakları ile ilgili çalışma yürütmüşlerdir. On farklı bölgeden toplam 29 toprak örneğini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda toprakların toplam Fe

içeriğini 10 979-19 807 mg kg⁻¹ değiştiğini belirlemişlerdir. Ancak kireç içeriği yüksek olan bölgelerde demir klorozuna rastlandığını bildirmişlerdir.

Bech ve ark. (2007), İspanya Katalunya bölgesi topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemişlerdir. Çalışma yapılan bölgedeki büyük toprak grupları Calcaric Cambisols, Rendzic Leptosols ve Calcaric Regosols büyük toprak gruplarıdır. Çalışmada ele aldıkları toprakların Fe içerikleri 10.78-36.35 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Ayrıca, toprakların Fe içeriğinin kil içeriği, kireç ve pH ile negatif ilişki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Turan (2007), Bursa ovası topraklarının kükürt durumunu belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada incelemiş olduğu Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol büyük toprak gruplarının alınabilir Fe içeriklerini sırasıyla 2.86-26.40 mg kg⁻¹, 3.52-45.01 mg kg⁻¹ ve 3.52-20.02 mg kg⁻¹ düzeylerinde değiştiğini bildirmiştir.

Maldonado ve ark. (2008), yoğun olarak yem bitkileri yetiştirilen ve atıksu ile sulama yapılan Chihuahua bölgesi topraklarındaki ağır metal miktarını araştırmışlardır. Bu kapsamda atıksu ile halen sulama yapılan, belli dönem sulama yapılan ve sulama yapılmayan bölgelerden almış olduğu topraklarda Fe miktarını en yüksek, sulama yapılmayan topraklarda 2.313 mg kg⁻¹ olarak belirlemiştir.

2.2. Mangan (Mn)

Mangan bitkiler, hayvanlar ve insanlar için mutlak gerekli ve yer kabuğunda en yaygın halde bulunan iz elementlerden bir tanesidir. En yüksek miktarda magmatik kayalarda bulunurlar. Scheffer ve Schachtschabel'e (1989) göre yer kabuğunun ortalama Mn içeriği 800 mg kg⁻¹, Kabata-Pendias ve Pendias'a (1992) göre de kayalarda Mn bulunma sınırları genel olarak 350-2000 mg kg⁻¹ dir. Manganın atom ağırlığı 54.938 olup, oksidasyon aşamalarında sabit tuz halinde bulunur. Metamorfik, tortul ve volkanik kayalardan kaynaklanan doğal orijinin yanı sıra mangan insan aktiviteleri sonucunda da toprak yüzeyine ulaşmaktadır. Mangan inorganik ve organik formlarda gübre olarak kullanılır.

Katkat ve Özgüven (2001), Bursa ovası tarım topraklarının alınabilir mangan miktarının 3.8 mg kg^{-1} ile 81.42 mg kg^{-1} arasında değişiklik gösterdiğini; Özgüven (2000), Follet ve Lindsay'e (1970) göre yaptığı sınıflandırmada toprakların %25'inin manganca düşük düzeyde ve %97.5'inin manganca yeterli düzeyde bulunduğunu belirtmiştir. Benzer bulgulara yöredeki şeftali bahçeleri ile yapılmış diğer araştırma sonuçlarında da rastlanmıştır (Aksoy 1980, Özgümüş 1988, Katkat ve ark. 1994, Başar 2000).

Turan (2007), Bursa ili geniş toprak gruplarında yaptığı çalışmada Aluviyal toprakların Mn içeriğini $2.44-19.50 \text{ mg kg}^{-1}$, Koluviyal toprakların Mn içeriklerini $3.18-36.22 \text{ mg kg}^{-1}$, Vertisol topraklarının ise $2.56-33.36 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak tespit etmiştir.

Scheffer ve Schachtschabel (1989), yağışlar ile yılda hektara 80-800 g, mineral ve organik gübreler ile 10 kg Mn'in toprağa ulaştığı bildirmektedir. Kabata-Pendias ve Pendias (1992) fosforlu gübrelerin $40.0-20.0 \text{ mg kg}^{-1}$ Mn içerdiğini belirtmişlerdir.

Kabata-Pendias ve Pendias'ın (1992), bildirdiğine göre yüzey topraklarının genel Mn içerikleri $164-1330 \text{ mg kg}^{-1}$ olurken, örneğin İngiltere için bu değerler $70-8423 \text{ mg kg}^{-1}$, İtalya için $12-3410 \text{ mg kg}^{-1}$ olarak verilmektedir. Zanini ve Banifacio (1992), İtalya'da demir, çelik ve elektronik endüstrisinin bulunduğu tarım alanlarında 0-25 cm'den aldıkları toprak örneklerinde $104-1640 \text{ mg kg}^{-1}$ Mn saptamışlardır. Scheffer ve Schachtschabel'e (1989) göre de toprakların genel olarak Mn içeriklerinin $20-800 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında olduğu bildirilmektedir. Bowen'a göre topraklarda normal Mn sınır değerleri $20-10000 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişir (Alloway 1990). Aynı araştırmacı, Kabata-Pendias ve Pendias'a göre topraklarda toplam kritik konsantrasyonun $1500-3000 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğunu kaydetmektedir. Mengel ve Kirkby (1987) tarafından bildirilen Swaine'e göre topraklarda en sık karşılaşılan Mn miktarları $200-3000 \text{ mg kg}^{-1}$ arasındadır. Scheffer ve Schachtschabel'e (1989) göre de, toprak horizonlarında 3000 mg kg^{-1} Mn saptanması, Mn birikimi olarak belirtilmektedir.

Aydınalp ve ark. (2003), Vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemeye yönelik olarak incelemiş olduğu 15 adet farklı toprakta toplam Mn

miktarının 805-1772 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, DTPA ile ekstrakte edilen yarayışlı Mn miktarını ise 6.24-13.09 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydınalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki bazı toprak ve su kaynaklarındaki ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla Fluvisol ve Vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinde farklı toprak derinliklerinde ağır metal dağılımını belirlemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalarında Fluvisol topraklarda toplam Mn miktarını 1050-1170 mg kg⁻¹ ve Vertisol toprakta ise 1150-2340 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. İncelenen toprakların DTPA ile ekstrakte Mn miktarı ise Fluvisol topraklarda 13.3-16.7 mg kg⁻¹, Vertisol toprakta ise 13.1-16.7 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

2.3. Çinko (Zn)

Yerkabuğunun ortalama Zn miktarı, Mengel ve Kirkby'e (1987) göre 80 mg kg⁻¹'dir. Scheffer ve Schachtschabe'le (1989) göre yerkabuğunun ortalama Zn miktarı de 70 mg kg⁻¹ çeşitli kayaçların ortalama Zn içeriklerini ise 15-100 mg kg⁻¹ olarak bildirmişlerdir.

Toprakların Zn düzeyi toprak ana materyali ile çok yakından ilgilidir. Bazık püskürük kaya kökenli toprakların Zn içerikleri yksektirler. Bunun tersine daha çok silisyumlu ana materyalden oluşan topraklar Zn yönünden özellikle yoksuldurlar. Ayrıca yüksek düzeyde yıkanmış bazı asit topraklarda da Zn toplam 10-30 mg kg⁻¹ gibi düşük miktarlardadır (Mengel ve Kirkby 1987).

Genel olarak toprakların Zn miktarı 10-80 mg kg⁻¹ (Scheffer ve Schachtschabel 1989), 10-300 mg kg⁻¹ (Mengel ve Kirkby 1987) veya 50-100 mg kg⁻¹ (Kick ve ark. 1980)'dir. Yüzey topraklarının Zn miktarı çeşitli araştırmacılara göre 40-992 mg kg⁻¹, çeşitli ülkelere göre ise farklı topraklarda 3-770 mg kg⁻¹ arasında belirtilmiştir (Kabata-Pendias ve Pendias 1992).

Toprakta inkonun hareketi toprak pH'sı ile yakından ilişkilidir. Ortam pH'sının 7'nin üzerinde olduğu zaman çinkonun yarayışlılığa azalır. Toprakta pH'sının 5 ile 8

olduğu aralıklarda çinko bulunur. Blume ve Brümmer'e göre toprak reaksiyonu 5.5'in altına düştüğünde Zn hareketliliği artar (Brümmer ve ark. 1991).

Qishlaqi ve Moore (2007), yapmış oldukları çalışmada İran'ın Shiraz bölgesinde yoğun olarak tarımın yapıldığı ve yerleşimin yoğun olduğu iki bölgede ağır metal birikimi belirlemek amacıyla 40 adet almış oldukları yüzey topraklarında çeşitli analizler yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmalarında toprakların Zn içeriklerinin 27.4-175.2 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Alınan toprak örneklerindeki Zn miktarının değişimini kullanılan organik gübre ve katı atık uygulaması ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

Leştan ve Neğa (2006), toprak özellikleri ve kimi ağır metallerin yararışlılığı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yürüttüğu çalışmasında Slovenya'nın Meğica Valley bölgesinden 12, Celje bölgesinden 6 farklı lokasyondan almış olduğu toprakların Zn içeriğini 171.0-15828 mg kg⁻¹ arasında belirlemiştir. Alınan toprak tüm toprakların Zn içeriğinin sınır değerin üzerinde olduğunu (150 mg kg⁻¹) bildirmişlerdir.

Imperato ve ark. (2003) , çalışmalarında İtalya'da volkanik ana materyal üzerinde yer alan Naples bölgesinden alınan topraklarda kimi ağır metallerin yıllar içinde değişimini belirlemişlerdir. Toplam 173 adet alınan toprak örneklerinde şehirleşmenin etkisi ile ağır metal içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Doğu, batı ve orta bölgelerden alınan toprak örneklerinde Zn içeriğini 30-2550 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişler ve ele alınan toprakların Zn içeriği bakımından % 53'ünün belirlenen sınır değerin üstünde olduğunu (150 mg kg⁻¹) belirlemişlerdir.

Papafilippaki ve ark. (2007), çalışmalarında yoğun olarak zeytin, limon ve üzüm tarımının yapıldığı ve kimyasalların kullanıldığı Chania bölgesinde ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Bölgeyi temsilen 26 adet 0-25 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde toplam Zn miktarının 39.75-139.0 mg kg⁻¹ , alınabilir Zn içeriğini ise 1.31-3.26 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu değerlerin genel sınır değerlerinin (1-900 mg kg⁻¹) altında olduğunu da belirtmişlerdir.

Micó ve ark. (2006), İspanyanın güney bölgesinde yer alan ve yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı Segura nehri bölgesinden almış oldukları topraklarda ağır metal kirliliği ve bunların kaynakları ile ilgili çalışma yürütmüşlerdir. On farklı bölgeden toplam 29 toprak örneğini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda toprakların toplam Zn içeriğini 33.4-80.7 mg kg⁻¹ değiştiğini ve düşük düzeylerde olduğunu bildirmişlerdir.

Doelsch ve ark. (2006), Hint Okyanusunda volkanik bir ada olan Réunion topraklarındaki ağır metal miktarını araştırmışlardır. Tarım yapılan ve yapılmayan topraklardan aldıkları 84 adet toprak örneğinde Zn miktarını ortalama olarak 165.9 mg kg⁻¹ belirlemişlerdir. Topraklardaki Zn miktarının doğal jeolojik yapıdan kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Bech ve ark. (2007), İspanya Katalunya bölgesi topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemişlerdir. Çalışma yapılan bölgedeki büyük toprak grupları Calcaric Cambisols, Rendzic Leptosols ve Calcaric Regosols büyük toprak gruplarıdır. Çalışmada ele aldıkları toprakların Zn içeriklerinin 30.4-132.0 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Toprakların Zn içeriği organik madde ile pozitif ancak kireç ve pH ile negatif ilişki gösterdiğini bildirmişlerdir.

Sahibin ve ark. (2002), sebze tarımı (lahana, çay, orman vb) yapılan topraklardaki ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Bu amaçla beş farklı bölgeden toprak örnekleri almışlardır. Analizler sonucunda Zn miktarını genel olarak 28.2-251.8 mg kg⁻¹ arasında bulmuşlardır. Zn içeriğinin lahana tarımın yapılan topraklarda nispeten daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Bunun nedenini ise fazla gübre ve pestisid uygulamasına bağlamışlardır.

Katkat ve ark. (1994), yaptıkları çalışmada şeftali yetiştirilen toprakların çeşitli derinlikteki alınabilir çinko içeriklerinin 0.19 ile 3.82 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Benzer olarak Başar (2000), yaptığı çalışmada araştırmayı yürüttüğü bahçe topraklarının çinko içeriklerinin yeterli olduğunu, az sayıda toprağın çinko içeriğinin orta seviyede bulunduğunu bildirmiştir.

Turan (2007), Bursa ovası topraklarının kükürt durumunu belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada incelemiş olduğu Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol büyük toprak gruplarının alınabilir Zn içeriklerini sırasıyla 0.26-3.42 mg kg⁻¹, 0.28-4.98 mg kg⁻¹ ve 0.18-1.06 mg kg⁻¹ düzeylerinde değiştiğini bildirmiştir.

Aydinalp ve ark. (2003), Vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemeye yönelik olarak incelemiş olduğu 15 adet farklı toprakta toplam Zn miktarının 56.50-105.03 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, DTPA ile ekstrakte edilen yarayışlı Zn miktarını ise 1.10-1.97 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydinalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki bazı toprak ve su kaynaklarındaki ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla Fluvisol ve Vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinde farklı toprak derinliklerinde ağır metal dağılımını belirlemiştir. Yapmış oldukları çalışmalarında Fluvisol topraklarda toplam Zn miktarını 70.0-83.0 mg kg⁻¹ ve Vertisol toprakta ise 60.0-407.0 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir. İncelenen toprakların DTPA ile ekstrakte Zn miktarı ise Fluvisol topraklarda 0.61-1.19 mg kg⁻¹, Vertisol toprakta ise 0.97-1.41 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

2.4. Bakır (Cu)

Bakır bütün canlıların beslenmesi için mutlak gerekli bir elementtir. Fazlalığında bitkiler ve hayvanlarda (daha çok koyunlarda) Cu toksisitesi ortaya çıkabilir. Buna karşılık insanlarda kronik Cu zehirlenmesi pek bilinmemektedir (Scheffer ve Schachtschabel 1989).

Bitkilerde bakır çok çeşitli ve önemli metabolik işlevleri bulunmaktadır. Düşük molekül ağırlığına sahip organik bileşiklerle ve proteinlerle kompleks oluştururlar. Yaşamsal öneme sahip metabolik işlevleri gerçekleştiren plastosiyanin, daimin oksidaz, fenol oksidaz gibi enzimlerin yapısında yer alır. Karbonhidrat, lipid ve azot metabolizmasında görev alır. Hücre duvarının lignifikasyonunu sağlamak. Tohum ve meyve gibi çeşitli oluşumlarda etkili olmak suretiyle yerine getirir.

Qishlaqi ve Moore (2007), yapmış oldukları çalışmada İran'ın Shiraz bölgesinde yoğun olarak tarımın yapıldığı ve yerleşimin yoğun olduğu iki bölgede ağır metal birikimi belirlemek amacıyla 40 adet almış oldukları yüzey topraklarında çeşitli analizler yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmalarında toprakların Cu içeriklerinin 25.3-188.2 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Alınan toprak örneklerindeki Cu miktarının değişimini kullanılan organik gübre ve katı atık uygulaması ile ilgili olduğunu bildirmişlerdir.

Imperato ve ark. (2003), çalışmalarında İtalya'da volkanik ana materyal üzerinde yer alan Naples bölgesinden alınan topraklarda kimi ağır metallerin yıllar içinde değişimini belirlemişlerdir. Toplam 173 adet alınan toprak örneklerinde şehirleşmenin etkisi ile ağır metal içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Doğu, batı ve orta bölgelerden alınan toprak örneklerinde Cu içeriğini 6.2-286 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişler ve toplam toprakların Cu içeriği bakımından %15'inin belirlenen sınır değerinin üstünde olduğunu (120 mg kg⁻¹) bildirmişlerdir.

Papafilippaki ve ark. (2007), çalışmalarında yoğun olarak zeytin, limon ve üzüm tarımının yapıldığı ve kimyasalların kullanıldığı Chania bölgesinde ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Bölgeyi temsilen 26 adet 0-25 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde toplam bakır miktarının 10.28-68.50 mg kg⁻¹, alınabilir Cu içeriğini ise 2.3-25.3 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu değerlerin kirlilik genel değerlerinin (2-250 mg kg⁻¹) altında olduğunu da belirtmişlerdir.

Micó ve ark. (2006), İspanyanın güney bölgesinde yer alan ve yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı Segura nehri bölgesinden almış oldukları topraklarda ağır metal kirliliği ve bunların kaynakları ile ilgili çalışma yürütmüşlerdir. On farklı bölgeden toplam 29 toprak örneğini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda toprakların toplam Cu içeriğini 16.1-30.6 mg kg⁻¹ değiştiğini belirlemişlerdir. Topraklardaki Cu miktarının normal düzeylerde olduğunu bildirmişlerdir.

Sahibin ve ark. (2002), sebze tarımı (lahana, çay, orman vb) yapılan topraklardaki ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Bu amaçla beş farklı bölgeden toprak örnekleri

almışlardır. Analizler sonucunda Cu miktarını genel olarak 13.8-59.2 mg kg⁻¹ arasında bulmuşlardır. Cu içeriğinin lahana tarımın yapılan topraklarda nispeten daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Bech ve ark. (2007), İspanya Katalunya bölgesi topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemişlerdir. Çalışma yapılan bölgedeki büyük toprak grupları Calcaric Cambisols, Rendzic Leptosols ve Calcaric Regosols büyük toprak gruplarıdır. Çalışmada ele aldıkları toprakların Cu içeriklerinin 3.1-66.8 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Özellikle fungusid, algisid ve CuSO₄ uygulanan bölgelerin Cu içeriklerinin daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Doelsch ve ark. (2006), Hint Okyanusunda volkanik bir ada olan Réunion topraklarındaki ağır metal miktarını araştırmışlardır. Tarım yapılan ve yapılmayan topraklardan aldıkları 84 adet toprak örneğinde Cu miktarını ortalama olarak 92.1 mg kg⁻¹ belirlemişlerdir.

Zabunoğlu ve ark. (1978), Bursa ili Gemlik yöresi zeytinliklerinin makro ve mikro besin elementi durumunu belirlemek amacıyla yaptığı araştırmada toprak ve yaprak analizleriyle konuyu incelemiştir. Toprakların mikroelement analiz sonuçlarına göre; Cu içeriği 0.40-3.15 mg kg⁻¹ arasında ve yeterli düzeyde olduğunu bildirilmiştir.

Eyüpoğlu ve ark. (1998) yaptıkları bir çalışmada Bursa ovası topraklarının bakır içeriğinin 0.83 ile 23.88 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Turan (2007), Bursa ovası topraklarının kükürt durumunu belirlemek amacıyla yapmış olduğu çalışmada incelemiş olduğu Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol büyük toprak gruplarının alınabilir Zn içeriklerini sırasıyla 1.32-43.56 mg kg⁻¹, 1.76-22.00 mg kg⁻¹ ve 0.88-3.30 mg kg⁻¹ düzeylerinde değiştiğini bildirmiştir.

Aydınalp ve ark. (2003), Vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemeye yönelik olarak incelemiş olduğu 15 adet farklı toprakta toplam Cu

miktarının 33.54-73.40 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, DTPA ile ekstrakte edilen yarayışlı Cu miktarını ise 4.14-8.93 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydınalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki bazı toprak ve su kaynaklarındaki ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla Fluvisol ve Vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinde farklı toprak derinliklerinde ağır metal dağılımını belirlemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalarında Fluvisol topraklarda toplam Cu miktarını 47.0-59.0 mg kg⁻¹ ve Vertisol toprakta ise 56.0-165.0 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. İncelenen toprakların DTPA ile ekstrakte Cu miktarı ise Fluvisol topraklarda 6.7-12.4 mg kg⁻¹, Vertisol toprakta ise 10.1-13.4 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

2.5. Kobalt (Co)

Ortalama kobalt miktarları, yer kabuğunda 18 mg kg⁻¹ (Scheffer ve Schachtschabel 1989), topraklarda 10-15 mg kg⁻¹ olarak belirtmiştir (Kick ve ark. 1980). Mengel ve Kirkby (1987) tarafından bildirildiğine gore, Svvaime toprakların 1-40 mg kg⁻¹ arasındaki Co değerlerinin daha yaygın olduğu bildirmiştir. Kabata-Pendias ve Pendias (1992), Co miktarının genelde yüzey topraklarında normal 0.1 (Histosol ve Podsol topraklar)- 70 mg kg⁻¹ (Kambisol ve Rendzinalar), dünya topraklarının genel ortalamasının da 7.9 mg kg⁻¹ olduğunu bildirmektedirler. Topraklarda toplam kritik Co konsantrasyonunun 25-50 mg kg⁻¹ (Alloway 1990) veya 50 mg kg⁻¹ (Altınbaş ve ark. 1994) olduğu bildirilmiştir.

Mic ve ark. (2006), ispanyanın güney bölgesinde yer alan ve yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı Segura nehri bölgesinden almış oldukları topraklarda ağır metal kirliliği ve bunların kaynakları ile ilgili çalışma yürütmüşlerdir. On farklı bölgeden toplam 29 toprak örneğini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda toprakların toplam Co içeriğini 5.8-10.1 mg kg⁻¹ değiştiğini belirlemişlerdir.

Sahibin ve ark. (2002), sebze tarımı (lahana, çay, orman vb) yapılan topraklardaki ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Bu amaçla beş farklı bölgeden toprak rnekeri almışlardır. Analizler sonucunda Co miktarını genel olarak 12.2-19.8 mg kg⁻¹ arasında

bulmuşlardır. Co içeriğinin sebze tarımın yapılan topraklarda nispeten daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Saatçi ve ark (1988) İzmir ili ve civarındaki topraklarda 11-25.5 mg kg (ort:17.5), Altınbaş ve ark. (1994) Gediz havzası sulanabilir tarım alanlarının yüzey topraklarında 12.30-21.25 mg kg, Hakerlerler ve ark. (1994) Gümüldür ve Balçova'daki mandarin bahçeleri yüzey topraklarında ise 15-25 mg kg Co bulduklarını rapor etmişlerdir. Altınbaş ve ark. (1994) tarafından bildirildiğine göre, Mitchell ve ark. Co'nun, organik madde ve kilce zengin üst toprak tabakalarında daha fazla bulunduğunu bildirmişlerdir.

Aydınalp ve ark. (2003), Vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemeye yönelik olarak incelemiş olduğu 15 adet farklı toprakta toplam Co miktarının 32.10-46.20 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, DTPA ile ekstrakte edilen yarayışlı Co miktarını ise 0.49-0.67 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydınalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki bazı toprak ve su kaynaklarındaki ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla Fluvisol ve Vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinde farklı toprak derinliklerinde ağır metal dağılımını belirlemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalarında Fluvisol topraklarda toplam Co miktarını 16.0-27.0 mg kg⁻¹ ve Vertisol toprakta ise 27.0-104.0 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

2.6. Nikel (Ni)

Genel olarak bazik karakterli magmatik kayalarda çok fazla miktarda bulunan Ni asit karakterli kayalarda ise konsantrasyonu en az düzeyde olan ağır metaldir.

Qishlaqi ve Moore (2007), yapmış oldukları çalışmada İran'ın Shiraz bölgesinde yoğun olarak tarımın yapıldığı ve yerleşimin yoğun olduğu iki bölgede ağır metal birikimi belirlemek amacıyla 40 adet almış oldukları yüzey topraklarında çeşitli analizler yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmalarında toprakların Ni içeriklerinin 55.4-297.2 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Alınan toprak

örneklerinin bazılarında Ni içeriğinin yüksek çıkmasını ise artırılmadan kullanılan atıksulardan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Micó ve ark. (2006), İspanyanın güney bölgesinde yer alan ve yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı Segura nehri bölgesinden almış oldukları topraklarda ağır metal kirliliği ve bunların kaynakları ile ilgili çalışma yürütmüşlerdir. On farklı bölgeden toplam 29 toprak örneğini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda toprakların toplam Ni içeriğini 16.4-32.0 mg kg⁻¹ değiştiğini belirlemişlerdir. Ni içeriğinin sınır değerlerinin altında olduğunu belirtmişlerdir.

Sahibin ve ark. (2002), sebze tarımı (lahana, çay, orman vb) yapılan topraklardaki ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Bu amaçla beş farklı bölgeden toprak örnekleri almışlardır. Analizler sonucunda Ni miktarını genel olarak 9.4-20.2 mg kg⁻¹ arasında bulmuşlardır. Ni içeriğinin sebze tarımı yapılan topraklarda nispeten daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Doelsch ve ark. (2006), Hint Okyanusunda volkanik bir ada olan Réunion topraklarındaki ağır metal miktarını araştırmışlardır. Tarım yapılan ve yapılmayan topraklardan aldıkları 84 adet toprak örneğinde Ni miktarını ortalama olarak 146.1 mg kg⁻¹ belirlemişlerdir. Topraklardaki Ni miktarının doğal jeolojik yapıdan kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Maldonado ve ark. (2008), yoğun olarak yem bitkileri yetiştirilen ve atıksu ile sulama yapılan Chihuahua bölgesi topraklarındaki ağır metal miktarını araştırmışlardır. Bu kapsamda atıksu ile halen sulama yapılan, belli dönem sulama yapılan ve sulama yapılmayan bölgelerden almış olduğu topraklarda Ni miktarını en yüksek, atıksu ile sulanan topraklarda 10.74 mg kg⁻¹ olarak belirlemiştir.

Aydınalp ve ark. (2003), Vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemeye yönelik olarak incelemiş olduğu 15 adet farklı toprakta toplam Ni miktarının 21.27-43.68 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, DTPA ile ekstrakte edilen yararışlı Ni miktarını ise 0.08-0.14 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydınalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki bazı toprak ve su kaynaklarındaki ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla Fluvisol ve Vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinde farklı toprak derinliklerinde ağır metal dağılımını belirlemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalarında Fluvisol topraklarda toplam Ni miktarını 128.0-140.0 mg kg⁻¹ ve Vertisol toprakta ise 340.0-967.0 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

2.7. Krom (Cr)

Bu element geniş bir biçimde korozyon önleyici uygulamalarda kullanılır. Az miktarda ise vernik, mürekkep ve boyalarda kullanılır. Bitkiler için gerekli olmayan bu element insan ve hayvanlar için mutlak gereklidir. Üç değerli krom glikoz metabolizmasında insülin etkisini teşvik eder. Altı değerli krom akut ve kronik toksitelere neden olabilir. Bu nedenle altı değerli krom kapsayan endüstri atıklarının ortadan kaldırılması önem taşır.

Karasal yer kabuğunun ortalama Cr miktarını, Scheffer ve Schachtschabel (1989) 80 mg kg⁻¹ olarak belirtmişlerdir. Aynı araştırmacılar, Almanya'da toprakların büyük çoğunluğunda 5-100 mg kg, Cr bakımından zengin ana materyallerden oluşan ve Cr içeren endüstriyel atık sular ile kirlenmiş topraklarda 3000 mg kg⁻¹ Cr olduğunu bildirmişlerdir. Topraklarda toplam kritik Cr konsantrasyonu ise 75-100 mg kg⁻¹ olarak bildirilmiştir (Alloway 1990).

Qishlaqi ve Moore (2007), yapmış oldukları çalışmada İran'ın Shiraz bölgesinde yoğun olarak tarımın yapıldığı ve yerleşimin yoğun olduğu iki bölgede ağır metal birikimi belirlemek amacıyla 40 adet almış oldukları yüzey topraklarında çeşitli analizler yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmalarında toprakların Cr içeriklerinin 12.6-190.3 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Alınan toprak örneklerinin bazılarında Cr içeriğinin yüksek çıkmasını ise arıtılmadan kullanılan atık sulardan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Imperato ve ark. (2003), çalışmalarında İtalya'da volkanik ana materyal üzerinde yer alan Naples bölgesinden alınan topraklarda kimi ağır metallerin yıllar içinde

değişimini belirlemişlerdir. Toplam 173 adet alınan toprak örneklerinde şehirleşmenin etkisi ile ağır metal içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Doğu, batı ve orta bölgelerden alınan toprak örneklerinde Cr içeriğini 1.7-73.0 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişler ve toplam toprakların Cr içeriği bakımından belirlenen sınır değeri aşmadığını (120 mg kg⁻¹) bildirmişlerdir.

Imperato ve ark. (2003), çalışmalarında İtalya'da volkanik ana materyal üzerinde yer alan Naples bölgesinden alınan topraklarda kimi ağır metallerin yıllar içinde değişimini belirlemişlerdir. Toplam 173 adet alınan toprak örneklerinde şehirleşmenin etkisi ile ağır metal içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Doğu, batı ve orta bölgelerden alınan toprak örneklerinde Cr içeriğini 1.7-73.0 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişler ve toplam toprakların Cr içeriği bakımından belirlenen sınır değeri aşmadığını (120 mg kg⁻¹) bildirmişlerdir.

Papafilippaki ve ark. (2007), çalışmalarında yoğun olarak zeytin, limon ve üzüm tarımının yapıldığı ve kimyasalların kullanıldığı Chania bölgesinde ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Bölgeyi temsilen 26 adet 0-25 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde toplam Cr miktarının 79.73-162.38 mg kg⁻¹, alınabilir Cr içeriğini ise 1.39-3.12 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu değerlerin genel sınır değerlerinin (5-1500 mg kg⁻¹) altında olduğunu da belirtmişlerdir.

Sahibin ve ark. (2002), sebze tarımı (lahana, çay, orman vb) yapılan topraklardaki ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Bu amaçla beş farklı bölgeden toprak örnekleri almışlardır. Analizler sonucunda Cr miktarını genel olarak 33.0-61.6 mg kg⁻¹ arasında bulmuşlardır. Cr içeriğinin lahana tarımın yapılan topraklarda nispeten daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Micó ve ark. (2006), İspanyanın güney bölgesinde yer alan ve yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı Segura nehri bölgesinden almış oldukları topraklarda ağır metal kirliliği ve bunların kaynakları ile ilgili çalışma yürütmüşlerdir. On farklı bölgeden toplam 29 toprak örneğini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda toprakların toplam Cr içeriğini 21.1-42.5 mg kg⁻¹ değiştiğini belirlemişlerdir. Topraklardaki Cr miktarının

farklı araştışıcılar tarafından belirlenen miktarlarla kıyaslandığından düşük düzeylerde olduğunu bildirmişlerdir.

Maldonado ve ark. (2008), yoğun olarak yem bitkileri yetiştirilen ve atıksu ile sulama yapılan Chihuahua bölgesi topraklarındaki ağır metal miktarını araştırmışlardır. Bu kapsamda atıksu ile halen sulama yapılan, belli dönem sulama yapılan ve sulama yapılmayan bölgelerden almış olduğu topraklarda Cr miktarını en yüksek, sulama yapılmayan topraklarda 44.26 mg kg⁻¹ olarak belirlemiştir.

Aydınalp ve ark. (2003), Vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemeye yönelik olarak incelemiş olduğu 15 adet farklı toprakta toplam Cr miktarının 24.46-72.78 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, DTPA ile ekstrakte edilen yarıyışlı Cr miktarını ise 0.03-0.09 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydınalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki bazı toprak ve su kaynaklarındaki ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla Fluvisol ve Vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinde farklı toprak derinliklerinde ağır metal dağılımını belirlemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmalarında Fluvisol topraklarda toplam Cr miktarını 27.0-37.0 mg kg⁻¹ ve Vertisol toprakta ise 95.0-351.0 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

2.8. Kurşun (Pb)

Kurşun oldukça yaygın kullanım alanına sahip bir metaldir ve kullanımının büyük bir kısmı otomobil endüstrisinde yer almaktadır. Asidik ve alkali şartlarda çok düşük düzeyde çözünebilirliği vardır ve paslanmaya karşı direnç gösterir. Bundan dolayı da kurşun kaynaklarından az bir düzeyde çevreye kurşun bulaşması olur ve biyolojik döngüde az düzeyde yer alırlar. Kurşunun en çok benzinde bulunmasından dolayı arabaların ekzoslarından çıkan atık gazlarda önemli ölçüde yer almaktadır. En yoğun olarak yol kenarının ilk 50 m'si içerisinde kurşun birikimi olabilmektedir. Kurşunun çevreye olan dağılımı genellikle kurşun madenlerinin olduğu yerlerde ve bunların işlendiği tesislerde bacalardan çıkan partiküllerin atmosfere yayılımı ile olmaktadır. Atom ağırlığı 207.19 olan kurşunun, tuzları suda çok az çözünebilirler (klor ve brom)

veya hiç çözünmeyebilirler (karbonat ve hidroksit). Bu sebeple topraklarda kurşun taşınması ve yıkanması çok az düzeyde meydana gelmektedir.

Qishlaqi ve Moore (2007), yapmış oldukları çalışmada İran'ın Shiraz bölgesinde yoğun olarak tarımın yapıldığı ve yerleşimin yoğun olduğu iki bölgede ağır metal birikimi belirlemek amacıyla 40 adet almış oldukları yüzey topraklarında çeşitli analizler yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmalarında toprakların Pb içeriklerinin 90.9-440.6 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Alınan toprak örneklerinin bazılarında Pb içeriğinin yüksek çıkmasını ise artırılmadan kullanılan atık sulardan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Bech ve ark. (2007), İspanya Katalunya bölgesi topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemişlerdir. Çalışma yapılan bölgedeki büyük toprak grupları Calcaric Cambisols, Rendzic Leptosols ve Calcaric Regosols büyük toprak gruplarıdır. Çalışmada ele aldıkları toprakların Pb içeriklerinin 9.8-60.0 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Toprakların Pb içeriği organik madde ile pozitif ancak kireç ile negatif korelasyon vermiştir.

Tlustoš ve ark. (2006) madencilik faaliyetleri sonucu kirlenen toprakların kirlenme düzeyini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada Přebram bölgesinde toprakların Pb içeriklerini 123-2000 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini ve değerlerin Çek Cumhuriyeti toprak kirliliği sınır değerlerinin üstünde olduğunu belirlemişlerdir.

Leštan ve Neža (2006), toprak özellikleri ve kimi ağır metallerin yayılgınlığı arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmasında Slovenya'nın Mežica Valley bölgesinden 12, Celje bölgesinden 6 farklı lokasyondan almış olduğu toprakların Pb içeriğini 56.3 to 9585.1 mg kg⁻¹ arasında belirlemiştir. Alınan toprak örneklerinin 12 sinin Pb içeriğinin sınır değerin üzerinde olduğunu (300 mg kg⁻¹) bildirmiştir.

Imperato ve ark. (2003) çalışmalarında İtalya'da volkanik ana materyal üzerinde yer alan Naples bölgesinden alınan topraklarda kimi ağır metallerin yıllar içinde değişimini belirlemişlerdir. Toplam 173 adet alınan toprak örneklerinde şehirleşmenin etkisi ile

ağır metal içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Doğu, batı ve orta bölgelerden alınan toprak örneklerinde Pb içeriğini 4.0-3420 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini belirlemişler ve ele alınan toprakların Pb içeriği bakımından % 76'sının belirlenen sınır değerinin üstünde olduğunu (100 mg kg⁻¹) ve kirliliğin özellikle karayolu civarında arttığını belirlemişlerdir.

Papafilippaki ve ark. (2007) çalışmalarında yoğun olarak zeytin, limon ve üzüm tarımının yapıldığı ve kimyasalların kullanıldığı Chania bölgesinde ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Bölgeyi temsilen 26 adet 0-25 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde toplam Pb miktarının 11.48-33.55 mg kg⁻¹, alınabilir Pb içeriğini ise 0.97-3.98 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu değerlerin genel sınır değerlerinin (2-300 mg kg⁻¹) altında olduğunu da belirtmişlerdir.

Micó ve ark. (2006), ispanyanın güney bölgesinde yer alan ve yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı Segura nehri bölgesinden almış oldukları topraklarda ağır metal kirliliği ve bunların kaynakları ile ilgili çalışma yürütmüşlerdir. On farklı bölgeden toplam 29 toprak örneğini analiz etmişlerdir. Çalışma sonucunda toprakların toplam Pb içeriğini 8.9-34.5 mg kg⁻¹ değiştiğini belirlemişlerdir. Pb içeriğinin sınır değerlerinin altında olduğunu belirtmişlerdir.

Sahibin ve ark. (2002), sebze tarımı (lahana, çay, orman vb) yapılan topraklardaki ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Bu amaçla beş farklı bölgeden toprak örnekleri almışlardır. Analizler sonucunda Pb miktarını genel olarak 34.8-78.0 mg kg⁻¹ arasında bulmuşlardır.

Maldonado ve ark. (2008), yoğun olarak yem bitkileri yetiştirilen ve atıksu ile sulama yapılan Chihuahua bölgesi topraklarındaki ağır metal miktarını araştırmışlardır. Bu kapsamda atıksu ile halen sulama yapılan, belli dönem sulama yapılan ve sulama yapılmayan bölgelerden almış olduğu topraklarda Pb miktarını en yüksek, atıksu ve nehir suyu ile sulanan topraklarda 155.83 mg kg⁻¹ olarak belirlemiştir.

Aydınalp ve ark. (2003), Vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemeye yönelik olarak incelemiş olduğu 15 adet farklı toprakta toplam Pb miktarının 19.14-33.47 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini, DTPA ile ekstrakte edilen yarayırlı Pb miktarını ise 0.087-1.20 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydınalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki bazı toprak ve su kaynaklarındaki ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla Fluvisol ve Vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinde farklı toprak derinliklerinde ağır metal dağılımını belirlemiştir. Yapmış oldukları çalışmalarında Fluvisol topraklarda toplam Pb miktarını 3.6-4.8 mg kg⁻¹ ve Vertisol toprakta ise 17.0-52.0 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

2.9. Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum yumuşak bir metal olup atom ağırlığı 112.40 g/cm³'dür. Kadmiyum yerkabuğunda ve topraklarda düşük konsantrasyonlarda bulunur. Kadmiyum kullanımı endüstriyel faaliyetler sonucunda artış göstermiş ve bunun sonucunda çevreyi olumsuz yönde etkilemiştir. Kadmiyum elementi sanayide geniş ölçüde kaplama materyali olarak kullanılır. Boya pigmenti olarak kullanıldığı gibi plastik endüstrisinde de kadmiyumdan faydalanılır. Yollara yakın tarla topraklarında kadmiyum birikimi motor yağları ve lastiklerin Cd elementi kapsamlarından kaynaklanmaktadır.

Qishlaqi ve Moore (2007), yapmış oldukları çalışmada İran'ın Shiraz bölgesinde yoğun olarak tarımın yapıldığı ve yerleşimin yoğun olduğu iki bölgede ağır metal birikimi belirlemek amacıyla 40 adet almış oldukları yüzey topraklarında çeşitli analizler yapmışlardır. Yapmış oldukları çalışmalarında toprakların Cd içeriklerinin 0.0 (iz)-5.6 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiğini belirlemiştir. Alınan toprak örneklerinin bazılarında Cd içeriğinin yüksek çıkmasını ise arıtılmadan kullanılan atıksulardan kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Flustoš ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada Příbram bölgesinde Cambisols, Fluvisols ve Gleysols gruba giren tarım yapılabilir ve mera sınıfında yer alan 127 farklı noktadan alınan topraklar yapmış oldukları analiz sonucunda tarım topraklarında 0.2-7.6

mg kg⁻¹ ve mera arazilerinde ise 06-37.0 mg kg⁻¹ düzeylerinde Cd belirlemiştir. Analiz edilen örneklerin % 8'inin Cd içeriğinin 1.0 mg kg⁻¹ dan daha düşük ve sınır değerinin altında olduğunu bildirmiştir.

Tlustoš ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada Příbram bölgesinde Cambisols, Fluvisols ve Gleysols Gruba giren tarım yapılabilir ve mera sınıfında yer alan 127 farklı noktadan alınan topraklar yapmış oldukları analiz sonucunda tarım topraklarında 0.2-7.6 mg kg⁻¹ ve mera arazilerinde ise 06-37.0 mg kg⁻¹ düzeylerinde Cd belirlemiştir. Analiz edilen örneklerin % 8'inin Cd içeriğinin 1.0 mg kg⁻¹ dan daha düşük ve sınır değerinin altında olduğunu bildirmiştir.

Micó ve ark. (2006), İspanyanın güney bölgesinde yer alan ve yoğun şekilde sebze tarımının yapıldığı Segura nehri bölgesinden almış oldukları topraklarda ağır metal kirliliği ve bunların kaynakları ile ilgili çalışma yürütmüştür. On farklı bölgeden toplam 29 toprak örneğini analiz etmiştir. Çalışma sonucunda toprakların toplam Cd içeriğini 0.15-0.88 mg kg⁻¹ değiştiğini belirlemiştir. Topraklardaki Cd'um insan faaliyetleri sonucu (gübreleme vb.) oluştuğunu belirtmiştir.

Bech ve ark. (2007), İspanya Katalunya bölgesi topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemiştir. Çalışma yapılan bölgedeki büyük toprak grupları Calcaric Cambisols, Rendzic Leptosols ve Calcaric Regosols büyük toprak gruplarıdır. Çalışmada ele aldıkları toprakların Cd içeriklerinin 0.08-0.75 mg kg⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir. Cd ve organik madde önemli korelasyon vermiştir.

Doelsch ve ark. (2006), Hint Okyanusunda volkanik bir ada olan Réunion topraklarındaki ağır metal miktarını araştırmışlardır. Tarım yapılan ve yapılmayan topraklardan aldıkları 84 adet toprak örneğinde Cd miktarını ortalama olarak 0.15 mg kg⁻¹ belirlemiştir. Topraklardaki Cd miktarının tarım yapılması sonucu bulaştığını belirtmiştir.

Maldonado ve ark. (2008), yoğun olarak yem bitkileri yetiştirilen ve atıksu ile sulama yapılan Chihuahua bölgesi topraklarındaki ağır metal miktarını araştırmışlardır. Bu kapsamda atıksu ile halen sulama yapılan, belli dönem sulama yapılan ve sulama

yapılmayan bölgelerden almış olduğu topraklarda Cd miktarını en yüksek, atıksu ile sulanan topraklarda 4.48 mg kg^{-1} olarak belirlemiştir.

Aydinalp ve ark. (2003), Vertisol grubu tarım topraklarının ağır metal içeriklerini belirlemeye yönelik olarak incelemiş olduğu 15 adet farklı toprakta toplam Cd miktarının $0.23-0.51 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini, DTPA ile ekstrakte edilen yarayırlı Cd miktarını ise $0.04-0.08 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Aydinalp ve ark. (2005), Bursa ovasındaki bazı toprak ve su kaynaklarındaki ağır metal kirliliğini belirlemek amacıyla Fluvisol ve Vertisol büyük toprak gruplarına ait toprak örneklerinde farklı toprak derinliklerinde ağır metal dağılımını belirlemiştir. Yapmış oldukları çalışmalarında Fluvisol topraklarda toplam Cd miktarını $1.0-2.8 \text{ mg kg}^{-1}$ ve Vertisol toprakta ise $1.5-6.3 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. İncelenen toprakların DTPA ile ekstrakte Cd miktarı ise Fluvisol topraklarda $0.01-0.55 \text{ mg kg}^{-1}$, Vertisol toprakta ise $0.15-0.31 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanının özellikleri

Araştırma alanı toprakları Bursa ilinin batı kesimindeki Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol büyük toprak grubunu içeren tarım topraklarından alınmıştır (Şekil 1). Bursa ili, Marmara Bölgesinin güneyinde Susurluk havzası içerisinde, $28^{\circ} 10'$ ve $30^{\circ} 00'$ kuzey enlemleriyle $40^{\circ} 40'$ ve $39^{\circ} 35'$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. İlin yüzölçümü 1.104.301 ha'dır. Bursa ili doğudan Bilecik, kuzeydoğudan Sakarya, kuzeyden İzmit, kuzey ve kuzeybatıdan Marmara denizi, güneybatı ve güneyden ise Balıkesir ile Kütahya illeri çevrelemektedir.

Bursa İlinin yeryüzü biçimlerini çöküntü alanları farklı yüksekliklere sahip dağlar belirlemektedir. Çöküntü alanlarının en önemlilerini İznik ve Uluabat gölleri ile Bursa, Yenişehir ve İnegöl ovaları oluşturur. Ovalar il topraklarının yaklaşık olarak % 17'sini kaplar ve yükseklikleri güneydoğuya gidildikçe artış gösteren ovaların başlıcaları arasında Bursa, Karacabey, Yenişehir, İnegöl, İznik, Mustafakemalpaşa, Orhangazi ve Çayırköy ovaları yer alır. Bursa ili topraklarının yaklaşık % 35'ini kaplayan dağlar ise genellikle doğu-batı yönünde uzanmaktadır. Bunların başlıcası ovanın güneyindeki Uludağ (2543 m)'dir. Uludağ'ın yanı sıra kuzeyden Katırlı dağları ve Mudanya tepeleriyle ova çevrelenmiş bir konumdadır. İl topraklarının yaklaşık % 0.4'ünü yaylalar ve % 47.6'sını ise diğer araziler kaplar.

Marmara bölgesinde bulunan Bursa ili, Akdeniz ile Karadeniz iklimleri arasında bir geçiş niteliği taşımakta olup, yazlar kurak ve sıcak, kışlar ise ılık ve yağışlıdır. Kışların çok sert geçmediği ilde yaz aylarında da şiddetli bir kuraklık görülmemektedir. Bursa merkezde, yıllık ortalama sıcaklık 14.4°C 'dir. Akdeniz ve Karadeniz iklimlerinin özelliklerini taşımasından dolayı ilde en çok yağış kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. Bu nedenle yaz döneminde de yağış almasına karşın ilde yağış rejimi bakımından Akdeniz ikliminin egemen olduğu söylenebilir. İl merkezinde yıllık ortalama yağış miktarı 713.1 mm'dir.



■ : Koluviyal topraklar, □ : Aluviyal topraklar, ○ : Vertisol topraklar

Şekil 1.1. Toprak örneklerinin alındığı yerler.

Bursa ilinin başlıca akarsuları, Susurluk (Simav çayı), Mustafakemalpaşa çayı, Kocadere, Nilüfer çayı, Kocasu (Göksu), Emet çayı, Adranos (Kocasu) ve Karadere'dir. Bursa ilinin toprakları üç ayrı akarsu havzası ile drene edilmektedir. Bunlar Susurluk, Marmara ve Sakarya havzalarıdır.

Tarım alanları içinde kuru tarım uygulanan arazilerin çokluğu dolayısıyla il içinde en fazla tarla bitkileri yetiştirilmektedir. Tarla ürünleri arasında ekiliş itibariyle ilk sırayı % 67.18'lik oranla hububat grubu almakta, onu % 11.75'lik oran ile yağlı tohumlar, % 6.58'lik oranla endüstri bitkileri, % 6.23'lük oranla yumru bitkileri, % 4.16'lık oranla baklagiller ve son olarak da % 4.10'luk oranla yem bitkileri grubu izlemektedir. İlde yetiştirilen belli başlı sebze türlerinden en fazla ekim alanına sahip olan ve üretimi en fazla yapılan sebze domatestir. Onu biber, hıyar, taze fasulye, patlıcan, pırasa, ıspanak,

beyaz lahana ve soğan izlemektedir. Meyve üretimi hemen hemen bütün ile yayılmıştır. Özellikle sulanabilen Aluviyal ovalarda meyve bahçeleri geniş yer kaplamaktadır. İl içerisindeki çayır-meraların yüzölçümü 57.898 ha ve oranı % 5.2 olup, bu alanlar üzerinde hayvancılık yapılmaktadır (Anonim 1995).

3.1.2. Toprak örneklerinin alınması ve analize hazırlanması

Bursa ovasının batı kesiminde yer alan Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol grubu toprakların her birinden 0-20 cm'den 10'ar adet olmak üzere toplam 30 adet toprak örneği alınmıştır. Bu amaçla yaygın olarak sebze üretimi yapılan bahçeler seçilmiştir.

Aluviyal grubu topraklar Alaattinbey köyü, Koluviyal topraklar Tahtalı ve Vertisol grubu topraklar Yolçatı köyü civarından alınmıştır.

Toprak örnekleri, her bir örnekleme yerinden 0-20 cm olmak üzere tek bir derinlikten alınmış ve polietilen torbalar içerisinde laboratuara getirilmiştir. Gölge ve kuru bir yerde kurutulan toprak örnekleri 2 mm'lik elekten geçirilmiş ve laboratuvar analizlerinde kullanılmak üzere ağzı kapalı kaplarda saklanmıştır.

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Örneklerinde Yapılan Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analizler

3.2.1.1. Mekanik analiz

Toprak örneklerinin kum, silt ve kil fraksiyonları ve tekstür sınıfları Gee ve Bauder (1982) tarafından bildirdiği biçimde yapılmıştır.

3.2.1.2. Toprak reaksiyonu (pH)

pH değerleri, saf su ile 1:2 oranında sulandırılmış toprak örneğinde Orion 720A model pH/iyonmetresi ile belirlenmiştir (McLean 1982).

3.2.1.3. Elektriksel iletkenlik (E.C.)

EC saf su ile 1:2.5 oranında sulandırılmış toprak örneğinde WTW LF 92 model kondaktivitimetre ile ölçülerek yapılmıştır (Rhoades 1982).

3.2.1.4. Kireç miktarı (% CaCO₃)

Toprak örneklerinin kireç miktarı Nelson (1982) tarafından bildirildiği biçimde volümetrik olarak kalsimetre ile belirlenmiştir.

3.2.1.5. Organik karbon

Toprak örneklerinin organik karbon miktarı Nelson ve Sommers (1982) tarafından bildirildiği şekilde Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre yapılmıştır.

3.2.1.6. Toplam azot

Toprak örneklerinin toplam azot içerikleri Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Bremner ve Mulvaney 1982).

3.2.1.7. Bitkiye yararılı fosfor

Toprakların bitkiye yararılı fosfor içerikleri Olsen ve Sommers (1982) tarafından bildirildiği biçimde, toprak örneklerinin 0.5 M sodyum bikarbonat (pH 8.5) ile ekstrakte edilmesi sonucu elde edilen süzükte askorbik asit yöntemi ile belirlenmiştir.

3.2.1.8. Katyon değişim kapasitesi (KDK)

Toprak örnekleri pH'ı 8.2 olan Sodyum Asetat (NaOAc) çözeltisi ile doyurulup, 1 N nötr Amonyum Asetat (NH₄OAc) ile muamele edilmesiyle katyon değişim kapasiteleri belirlenmiştir (Rhoades 1982).

3.2.1.9. Değişebilir kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum

Toprak örneklerinin 1 N Amonyum Asetat (NH_4OAc) çözeltisi (pH 7.0) ile ekstrakte edilmesiyle elde edilen süzükte değişebilir kalsiyum, potasyum ve sodyum fleymfotometre ile magnezyum ise Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre (A.A.S.) ile yapılmıştır (Thomas 1982).

3.2.1.10. Alınabilir bazı iz elementler ve ağır metaller

Toprak örneklerinin DTPA ile ekstrakte edilmesi sonucunda elde edilen süzükte Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Cr, Ni ve Pb elementlerinin miktarları ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer) ile belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell 1978).

3.2.1.11. Toplam bazı iz elementler ve ağır metaller

Toprak örneklerindeki Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Cr, Ni ve Pb elementlerinin toplam miktarları toprak:asit oranı 1:10 olacak şekilde kral suyu (3 kısım HCl + 1 kısım HNO_3) ile yakılarak ekstrakte edilmiş ve elde edilen süzükte ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Optimal Emission Spectrometer) ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Araştırmada Kullanılan Toprakların Tekstür Sınıfları

Araştırmada kullanılmak üzere Bursa ili batı kesimi Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol grubu topraklarından alınan toprak örneklerinin tekstür sınıfları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Tekstür analiz sonuçlarına göre Aluviyal toprakların kum içerikleri % 18.4-26.2, silt içerikleri % 40.3-45.2, kil içerikleri % 30.2-36.4 arasında, Koluviyal toprakların kum içerikleri % 45.6-48.9, silt içerikleri % 26.8-32.1, kil içerikleri % 20.1-24.3 arasında ve Vertisol toprakların kum içerikleri % 18.4-25.1, silt içerikleri % 32.3-36.4, kil içerikleri ise % 42.6-45.2 arasında değişmektedir. Aluviyal topraklar killi tın, Koluviyaller tın ve Vertisoller ise kil tekstür sınıfındadırlar.

4.2. Araştırma Alanı Topraklarının Bazı Kimyasal Özellikleri

Araştırma alanına ait toprakların kimi kimyasal analizleri çizelge 4.2'de verilmiştir.

4.2.1. Aluviyal topraklar

Elde edilen sonuçlara göre Aluviyal toprakların pH değerleri 7.1-7.4, % organik C %1.10-1.60, % toplam N değerleri % 0.10-0.14 arasında değişmektedir. Toprakların C/N oranı ise minimum 10.3 maksimum 12.7 değerleri arasında değişim göstermektedir. Araştırma alanındaki topraklarda belirlenen kireç miktarları (% CaCO₃) % 2.1-3.7 arasında değişmektedir. Toprakların belirlenen tuzluluk (EC) değerleri 0.72 dS m⁻¹ ile 0.81 dS m⁻¹ arasında değişmektedir. İncelenen alana ait toprak örneklerinde belirlenen bitkiye yararılı fosfor miktarlarının 10.21 mg kg⁻¹ ile 12.45 mg kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Araştırmanın yapıldığı alanda toprakların katyon değişim kapasiteleri (KDK) 22.1-25.6 me 100 gr⁻¹ toprak örneği, arasında değişim göstermektedir. İncelenen ait toprakların % baz saturasyon oranı bütün toprak örneklerinde 100 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.1. Toprakların bazı fiziksel özellikleri.

Örnek no	Derinlik (cm)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür
Aluviyaller					
1	0-20	25.6	40.3	34.1	Killi Tın
2	0-20	25.8	41.4	32.8	Killi Tın
3	0-20	25.2	44.5	30.3	Killi Tın
4	0-20	25.6	42.3	32.1	Killi Tın
5	0-20	24.4	41.1	34.5	Killi Tın
6	0-20	24.7	42.7	32.6	Killi Tın
7	0-20	25.5	44.3	30.2	Killi Tın
8	0-20	23.5	41.8	34.7	Killi Tın
9	0-20	18.4	45.2	36.4	Killi Tın
10	0-20	26.2	42.8	31.0	Killi Tın
Min.	---	18.4	40.3	30.2	---
Max.	---	26.2	45.2	36.4	---
Koluviyaller					
1	0-20	47.2	32.7	20.1	Tın
2	0-20	48.5	27.8	23.7	Tın
3	0-20	45.6	33.0	21.4	Tın
4	0-20	48.9	26.8	24.3	Tın
5	0-20	46.1	31.0	22.9	Tın
6	0-20	47.0	31.3	21.7	Tın
7	0-20	48.9	30.3	20.8	Tın
8	0-20	46.1	29.7	24.2	Tın
9	0-20	48.6	29.0	22.4	Tın
10	0-20	46.2	32.1	21.7	Tın
Min.	---	45.6	26.8	20.1	---
Max.	---	48.9	32.1	24.3	---
Vertisoller					
1	0-20	21.7	35.2	43.1	Kil
2	0-20	25.1	32.3	42.6	Kil
3	0-20	22.5	34.5	43.0	Kil
4	0-20	21.2	35.6	43.2	Kil
5	0-20	22.8	32.7	44.5	Kil
6	0-20	23.0	34.2	42.8	Kil
7	0-20	18.4	36.4	45.2	Kil
8	0-20	21.5	34.8	43.7	Kil
9	0-20	23.9	33.2	42.9	Kil
10	0-20	21.8	34.7	43.5	Kil
Min.	---	18.4	32.3	42.6	---
Max.	---	25.1	36.4	45.2	---

Çizelge 4.2. Toprakların bazı kimyasal özellikleri.

Örnek no <u>Aluivaller</u>	Derinlik (cm)	pH (1:2)	Org. C (%)	Toplam N (%)	C/N	CaCO ₃ (%)	EC dS m ⁻¹	P mg kg ⁻¹	KDK	Değişebilir Katyonlar				BS (%)
										Ca	Mg	K	Na	
											-----cmol kg ⁻¹ -----			
1	0-20	7.2	1.55	0.14	11.1	2.8	0.77	12.28	24.7	20.4	2.0	1.7	1.3	100
2	0-20	7.3	1.40	0.11	12.7	3.0	0.72	12.04	22.9	18.9	2.1	1.5	1.2	100
3	0-20	7.1	1.50	0.12	12.5	2.2	0.80	11.96	24.0	20.1	1.9	1.6	1.3	100
4	0-20	7.4	1.10	0.10	11.0	3.7	0.75	10.78	22.1	18.1	2.1	1.7	1.1	100
5	0-20	7.3	1.27	0.11	11.5	3.4	0.74	10.21	23.5	19.6	2.0	1.4	1.2	100
6	0-20	7.4	1.15	0.11	10.4	3.0	0.78	11.56	24.7	21.4	1.8	1.5	1.1	100
7	0-20	7.3	1.24	0.12	10.3	2.1	0.80	11.23	23.9	19.7	2.1	1.7	1.2	100
8	0-20	7.3	1.43	0.11	13.0	3.5	0.81	12.45	25.0	21.2	2.0	1.4	1.3	100
9	0-20	7.4	1.18	0.10	11.8	3.7	0.73	12.17	23.8	20.1	1.9	1.6	1.1	100
10	0-20	7.2	1.60	0.13	12.3	2.1	0.75	11.38	25.6	21.7	2.1	1.5	1.2	100
Min.	---	7.1	1.10	0.10	10.3	2.1	0.72	10.21	22.1	18.1	1.8	1.4	1.1	100
Max.	---	7.4	1.60	0.14	12.7	3.7	0.81	12.45	25.6	21.7	2.1	1.7	1.3	100
<u>Koluivaller</u>														
1	0-20	7.4	0.82	0.09	9.1	2.9	0.30	6.10	15.2	11.6	2.3	1.0	1.1	100
2	0-20	7.6	0.75	0.10	7.5	3.6	0.32	6.48	15.7	12.7	2.0	1.1	1.0	100
3	0-20	7.4	0.80	0.09	8.9	3.0	0.35	7.27	16.5	12.9	2.4	1.0	1.1	100
4	0-20	7.5	0.77	0.11	7.0	3.4	0.31	7.01	18.4	15.0	2.1	1.2	0.9	100
5	0-20	7.6	0.70	0.10	7.0	3.8	0.32	6.87	17.2	14.2	2.2	1.1	0.8	100
6	0-20	7.3	0.72	0.11	6.5	3.1	0.31	6.57	16.5	13.2	2.1	1.0	1.1	100
7	0-20	7.4	0.74	0.10	7.4	3.4	0.34	6.23	17.0	13.4	2.3	1.1	1.2	100
8	0-20	7.5	0.77	0.12	6.4	3.5	0.36	6.74	18.0	15.1	2.1	1.2	0.8	100
9	0-20	7.7	0.81	0.09	9.0	3.9	0.33	7.16	15.9	13.2	2.1	1.0	0.7	100
10	0-20	7.6	0.79	0.09	8.8	3.2	0.32	7.22	16.3	12.9	2.2	1.1	1.0	100
Min.	---	7.3	0.70	0.09	6.4	2.9	0.30	6.10	15.2	11.6	2.0	1.0	0.7	100
Max.	---	7.7	0.82	0.12	9.1	3.9	0.36	7.27	18.4	15.1	2.4	1.2	1.2	100
<u>Vertisoller</u>														
1	0-20	7.8	1.20	0.15	8.0	4.3	0.82	14.12	30.2	25.0	2.6	1.8	1.6	100
2	0-20	7.7	1.15	0.13	8.8	4.0	0.80	13.42	29.5	25.1	2.4	1.9	1.4	100
3	0-20	7.9	1.12	0.13	8.6	4.9	0.93	13.78	30.0	26.0	2.5	1.7	1.6	100
4	0-20	7.8	1.18	0.12	9.8	4.2	0.91	14.52	29.7	25.1	2.4	1.9	1.5	100
5	0-20	7.8	1.21	0.14	8.6	4.7	0.92	15.54	30.8	25.8	2.6	1.8	1.3	100
6	0-20	7.9	1.17	0.14	8.3	4.9	0.95	14.13	28.9	24.4	2.5	1.6	1.4	100
7	0-20	7.7	1.16	0.12	9.7	4.1	0.89	13.98	30.1	25.1	2.4	1.9	1.6	100
8	0-20	7.9	1.18	0.13	9.1	5.1	0.94	15.46	31.2	26.3	2.5	1.7	1.3	100
9	0-20	7.8	1.14	0.12	9.5	4.7	0.88	14.62	29.4	24.6	2.4	1.9	1.3	100
10	0-20	7.9	1.12	0.13	8.6	5.0	0.92	15.28	30.3	25.6	2.6	1.8	1.4	100
Min.	---	7.7	1.12	0.12	8.0	4.0	0.80	13.42	28.9	24.4	2.4	1.6	1.3	100
Max.	---	7.9	1.21	0.15	9.8	5.1	0.95	15.54	30.8	26.0	2.6	1.9	1.6	100

4.2.2. Koluviyal topraklar

Koluviyal toprakların pH değerleri 7.3-7.7, % organik C %0.70-0.82, % toplam N değerleri % 0.09-0.12 arasındadır. Toprakların C/N oranı ise minimum 6.4 maksimum 9.1 değerleri arasında değişmektedir. Toprakların kireç miktarları (% CaCO₃) % 2.9-3.9 arasındadır. Toprakların belirlenen tuzluluk (EC) değerleri ise 0.30 dS m⁻¹ ile 0.36 dS m⁻¹ arasında değişmektedir. Toprak örneklerinde belirlenen bitkiye yararlı fosfor miktarlarının 6.10 mg kg⁻¹ ile 7.22 mg kg⁻¹ arasında belirlenmiştir. Toprakların katyon değişim kapasiteleri (KDK) ise 15.2-18.4 me 100 gr⁻¹ toprak örneği, arasında değişmektedir. Toprakların % baz saturasyon oranı bütün örneklerde 100 olarak belirlenmiştir.

4.2.3. Vertisol topraklar

Vertisol toprakların pH değerleri 7.7-7.9, % organik C %1.12-1.21, % toplam N değerleri % 0.12-0.15 arasında değişim göstermektedir. Toprakların C/N oranı minimum 8.0 maksimum 9.7 değerleri arasındadır. Toprakların belirlenen kireç miktarları (% CaCO₃) % 4.0-5.1 arasında değişmektedir. Toprakların tuzluluk (EC) değerleri 0.80 dS m⁻¹ ile 0.95 dS m⁻¹ arasındadır. Toprak örneklerinde belirlenen bitkiye yararlı fosfor miktarları 13.42 mg kg⁻¹ ile 15.54 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Toprakların katyon değişim kapasiteleri (KDK) 28.9-30.8 me 100 gr⁻¹ toprak örneği arasındadır. İncelenen toprakların % baz saturasyon oranı bütün toprak örneklerinde 100 olarak belirlenmiştir.

4.3. Araştırma Alanı Topraklarının Alınabilir İz Element ve Ağır Metal İçerikleri

4.3.1. Toprakların alınabilir iz element içerikleri

Araştırma alanı topraklarının alınabilir iz element miktarları Çizelge 4.3'de verilmektedir. İncelenen Aluviyal toprakların alınabilir Fe miktarları minimum 8.15 maksimum 10.19 mg kg⁻¹ arasında, Mn miktarları minimum 7.20 maksimum 9.67 mg

kg^{-1} arasında, Zn miktarları minimum 1.81 maksimum 2.05 mg kg^{-1} arasında, Cu miktarları ise minimum 9.23 maksimum 10.17 mg kg^{-1} arasında değişmektedir.

Koluviyal toprakların alınabilir Fe miktarları minimum 5.47 maksimum 7.96 mg kg^{-1} arasında, Mn miktarları minimum 5.24 maksimum 7.04 mg kg^{-1} arasında, Zn miktarları minimum 1.52 maksimum 1.76 mg kg^{-1} arasında, Cu miktarları ise minimum 6.42 maksimum 8.66 mg kg^{-1} arasındadır.

Vertisol toprakların alınabilir Fe miktarları minimum 10.05 maksimum 11.56 mg kg^{-1} arasında, Mn miktarları minimum 9.17 maksimum 11.06 mg kg^{-1} arasında, Zn miktarları minimum 2.03 maksimum 2.45 mg kg^{-1} arasında, Cu miktarları ise minimum 10.62 maksimum 11.89 mg kg^{-1} arasında değişir.

4.3.2. Toprakların bazı alınabilir ağır metal içerikleri

Toprakların bazı alınabilir ağır metal içerikleri Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Aluviyal toprakların Cd miktarları, minimum 0.02 maksimum 0.03 mg kg^{-1} arasında belirlenmiştir. Diğer bir ağır metal olan Co, minimum 0.13 maksimum 0.16 mg kg^{-1} olarak bulunmuştur. Cr miktarları, minimum 0.02 maksimum 0.03 mg kg^{-1} , Ni miktarları, minimum 0.10 maksimum 0.15 mg kg^{-1} , Pb miktarları ise, minimum 0.16 maksimum 0.18 mg kg^{-1} değerleri arasında değişmektedir.

Koluviyal toprakların Cd miktarları minimum 0.01 maksimum 0.02 mg kg^{-1} arasında, Co miktarları minimum 0.10 maksimum 0.14 mg kg^{-1} arasında, Cr miktarları minimum 0.01 maksimum 0.02 mg kg^{-1} arasında, Ni miktarları ise minimum 0.11 maksimum 0.13 mg kg^{-1} arasında, Pb miktarları ise, minimum 0.10 maksimum 0.13 mg kg^{-1} değerleri arasındadır.

Vertisol toprakların Cd içerikleri minimum 0.04 maksimum 0.05 mg kg^{-1} arasında, Co miktarları minimum 0.18 maksimum 0.20 mg kg^{-1} arasında, Cr içerikleri minimum 0.02 maksimum 0.03 mg kg^{-1} arasında, Ni miktarları ise minimum 0.12 maksimum 0.15

mg kg⁻¹ arasında, Pb içerikleri ise, minimum 0.25 maksimum 0.34 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir.

Çizelge 4.3. DTPA ile ekstrakte edilebilir elementlerin konsantrasyonları.

Örnek No Aluviyaler	Derinlik (cm)	Element konsantrasyonu, mg kg ⁻¹								
		Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Co	Cr	Ni	Pb
1	0-20	8.15	7.20	1.81	9.56	0.03	0.16	0.03	0.15	0.16
2	0-20	9.23	8.10	1.93	10.17	0.02	0.13	0.02	0.13	0.17
3	0-20	9.75	9.02	2.05	10.04	0.02	0.15	0.02	0.12	0.17
4	0-20	10.00	9.56	1.90	9.50	0.03	0.14	0.03	0.15	0.18
5	0-20	8.56	7.92	1.85	9.97	0.02	0.16	0.02	0.14	0.16
6	0-20	8.71	7.41	1.88	9.24	0.03	0.14	0.03	0.12	0.17
7	0-20	9.23	8.06	1.83	9.23	0.03	0.13	0.03	0.10	0.16
8	0-20	9.85	8.37	1.92	9.38	0.02	0.15	0.02	0.13	0.18
9	0-20	10.19	9.67	1.96	9.41	0.03	0.15	0.02	0.10	0.18
10	0-20	8.94	7.27	1.92	9.56	0.02	0.16	0.03	0.15	0.16
Min.	---	8.15	7.20	1.81	9.23	0.02	0.13	0.02	0.10	0.16
Max	---	10.19	9.67	2.05	10.17	0.03	0.16	0.03	0.15	0.18
Örnek No Koluviyaller	Derinlik (cm)	Element konsantrasyonu, mg kg ⁻¹								
		Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Co	Cr	Ni	Pb
1	0-20	6.12	5.90	1.52	7.26	0.01	0.14	0.02	0.11	0.11
2	0-20	7.25	5.24	1.56	6.42	0.02	0.12	0.01	0.12	0.13
3	0-20	5.96	6.42	1.70	8.01	0.01	0.11	0.02	0.11	0.11
4	0-20	5.58	6.83	1.67	7.94	0.01	0.12	0.02	0.13	0.12
5	0-20	5.47	6.41	1.74	6.83	0.02	0.11	0.01	0.12	0.10
6	0-20	6.59	7.04	1.67	8.66	0.02	0.12	0.02	0.11	0.11
7	0-20	6.72	5.85	1.60	7.13	0.01	0.13	0.01	0.12	0.12
8	0-20	7.96	5.36	1.72	7.62	0.02	0.14	0.01	0.12	0.11
9	0-20	7.34	6.74	1.76	8.37	0.01	0.10	0.02	0.11	0.13
10	0-20	7.82	6.82	1.68	8.18	0.02	0.12	0.01	0.13	0.12
Min.	---	5.47	5.24	1.52	6.42	0.01	0.10	0.01	0.11	0.10
Max	---	7.96	7.04	1.76	8.66	0.02	0.14	0.02	0.13	0.13
Örnek No Vertisoller	Derinlik (cm)	Element konsantrasyonu, mg kg ⁻¹								
		Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Co	Cr	Ni	Pb
1	0-20	10.81	10.18	2.43	11.27	0.05	0.18	0.02	0.13	0.28
2	0-20	10.45	10.95	2.45	11.79	0.04	0.19	0.02	0.12	0.30
3	0-20	10.05	11.06	2.37	11.89	0.04	0.18	0.03	0.14	0.34
4	0-20	10.49	10.52	2.13	10.92	0.05	0.19	0.02	0.14	0.31
5	0-20	10.92	9.98	2.03	10.75	0.04	0.20	0.03	0.15	0.25
6	0-20	11.20	9.17	2.25	11.21	0.05	0.19	0.03	0.12	0.29
7	0-20	11.56	10.26	2.18	10.62	0.05	0.18	0.02	0.12	0.27
8	0-20	11.02	10.23	2.29	10.79	0.04	0.20	0.02	0.15	0.30
9	0-20	10.67	9.92	2.19	10.83	0.04	0.18	0.02	0.14	0.32
10	0-20	10.93	9.83	2.27	10.92	0.05	0.19	0.02	0.13	0.31
Min.	---	10.05	9.17	2.03	10.62	0.04	0.18	0.02	0.12	0.25
Max	---	11.56	11.06	2.45	11.89	0.05	0.20	0.03	0.15	0.34

4.4. Araştırma Alanı Topraklarının Toplam İz Element ve Bazı Ağır Metal İçerikleri

4.4.1. Toprakların toplam iz element içerikleri

Araştırma alanına ait topraklarının toplam iz element miktarları Çizelge 4.4'de verilmektedir. Buna göre toprakların Aluviyal toprakların toplam Fe miktarları minimum 22,283 maksimum 26,265 mg kg⁻¹ arasında, Mn miktarlarının ise, minimum 778 maksimum 820 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Diğer iz elementlerden Zn miktarları minimum 71.45 maksimum 92.15 mg kg⁻¹ arasında, Cu' ın toplam miktarları ise minimum 87.15 ile maksimum 95.63 mg kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir.

Koluviyal toprakların toplam Fe içerikleri minimum 15,015 maksimum 19,145 mg kg⁻¹ arasındadır. Mn içerikleri ise minimum 571 maksimum 682 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir. Zn içerikleri minimum 51.83 maksimum 72.85 mg kg⁻¹ arasında olup Cu miktarları ise minimum 67.92 ile maksimum 83.09 mg kg⁻¹ arasında değişim gösterir.

Vertisol toprakların toplam Fe miktarları minimum 27,035 maksimum 29,840 mg kg⁻¹ arasında, Mn miktarları minimum 1194 maksimum 1319 mg kg⁻¹ arasında, Zn miktarları minimum 38.12 maksimum 51.49 mg kg⁻¹ arasında ve Cu miktarları ise minimum 120.67 ile maksimum 142.86 mg kg⁻¹ arasında değişmektedir.

4.4.2. Toprakların bazı toplam ağır metal içerikleri

Araştırma alanı topraklarının bazı toplam ağır metal içerikleri Çizelge 4.4' de gösterilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi Aluviyal toprakların Cd miktarlarının minimum 0.19 maksimum 0.22 mg kg⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Diğer bir ağır metal olan Co miktarları minimum 8.21 maksimum 10.01 mg kg⁻¹ olarak, Cr miktarları minimum 14.25 maksimum 16.75 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Araştırma alanı topraklarına ait Ni miktarlarının minimum 19.03, maksimum 24.16 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ve Pb miktarlarının da minimum 2.14, maksimum 2.89 mg kg⁻¹ sınırları arasında değiştiği saptanmıştır.

Koluviyal toprakların Cd miktarları minimum 0.09 maksimum 0.12 mg kg⁻¹ arasında, Co miktarları minimum 5.16 maksimum 7.92 mg kg⁻¹ arasında, Cr miktarları minimum 11.01 maksimum 13.96 mg kg⁻¹ arasında, Ni miktarları ise minimum 14.62 maksimum 16.71 mg kg⁻¹ arasında, Pb miktarları ise, minimum 1.34 maksimum 1.56 mg kg⁻¹ değerleri arasındadır.

Vertisol toprakların Cd içerikleri minimum 0.25 maksimum 0.31 mg kg⁻¹ arasında, Co miktarları minimum 8.01 maksimum 10.26 mg kg⁻¹ arasında, Cr içerikleri minimum 10.12 maksimum 15.87 mg kg⁻¹ arasında, Ni miktarları ise minimum 32.91 maksimum 36.73 mg kg⁻¹ arasında, Pb içerikleri ise, minimum 3.56 maksimum 3.92 mg kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir.

Çizelge 4.4. Toprakların toplam element konsantrasyonları.

Örnek No	Derinlik	Element konsantrasyonu, mg kg ⁻¹								
		Fe	Mn	Zn	Cu	Cd	Co	Cr	Ni	Pb
Aluvialer										
1	0-20	24,193	812	80.26	90.71	0.20	9.15	15.70	20.51	2.21
2	0-20	26,265	816	85.20	87.12	0.21	10.01	15.89	24.16	2.14
3	0-20	23,845	820	88.02	92.09	0.19	9.56	14.25	22.67	2.45
4	0-20	24,956	792	92.13	88.74	0.22	9.73	15.18	24.01	2.67
5	0-20	26,107	780	90.82	91.45	0.19	8.93	14.94	22.89	2.29
6	0-20	22,280	815	78.67	92.38	0.21	8.21	14.72	20.51	2.83
7	0-20	24,924	801	71.45	89.82	0.19	8.65	15.61	19.03	2.89
8	0-20	25,917	778	75.03	95.63	0.20	8.83	16.75	21.93	2.85
9	0-20	24,371	783	79.19	92.93	0.22	9.01	16.10	23.09	2.76
10	0-20	25,013	789	82.61	94.57	0.21	9.74	15.92	20.72	2.82
Min.	---	22,283	778	71.45	87.12	0.19	8.21	14.25	19.03	2.14
Max	---	26,265	820	92.13	95.63	0.22	10.01	16.75	24.16	2.89
Koluvialer										
1	0-20	16,326	623	60.28	70.62	0.10	6.11	12.25	15.82	1.44
2	0-20	17,027	651	65.72	75.89	0.09	6.23	11.01	15.61	1.39
3	0-20	15,015	682	70.51	67.92	0.12	5.16	12.67	15.02	1.42
4	0-20	18,721	582	72.85	77.13	0.11	5.81	13.36	14.62	1.50
5	0-20	19,021	597	66.04	69.06	0.12	6.02	13.49	14.90	1.34
6	0-20	18,821	634	54.72	73.71	0.09	6.45	12.92	16.01	1.53
7	0-20	19,145	650	51.83	81.28	0.12	7.20	13.96	16.52	1.48
8	0-20	16,931	601	57.81	83.09	0.10	7.92	11.30	16.71	1.53
9	0-20	16,238	571	62.27	80.05	0.11	7.56	11.93	16.27	1.56
10	0-20	17,384	586	64.23	76.92	0.10	7.03	12.74	15.93	1.49
Min.	---	15,015	571	51.83	67.92	0.09	5.16	11.01	14.62	1.34
Max	---	19,145	682	72.85	83.09	0.12	7.92	13.96	16.71	1.56
Vertisoller										
1	0-20	29,215	1227	42.17	140.28	0.29	8.92	10.34	35.89	3.60
2	0-20	28,279	1194	40.23	121.36	0.28	8.01	12.85	34.18	3.62
3	0-20	29,840	1274	38.12	128.09	0.29	9.13	10.12	32.91	3.56
4	0-20	27,198	1231	42.83	134.23	0.30	9.47	11.56	35.73	3.70
5	0-20	27,572	1319	45.74	142.86	0.25	9.02	13.04	36.01	3.82
6	0-20	28,492	1305	47.02	138.93	0.27	10.26	13.62	34.48	3.74
7	0-20	27,035	1312	48.93	135.21	0.29	10.04	14.48	33.25	3.81
8	0-20	28,389	1317	51.49	130.42	0.28	9.92	15.87	36.73	3.92
9	0-20	29,252	1224	50.12	120.67	0.31	8.56	13.02	35.61	3.79
10	0-20	28,169	1256	51.59	128.71	0.30	8.73	14.48	35.94	3.88
Min.	---	27,035	1194	38.12	120.67	0.25	8.01	10.12	32.91	3.56
Max	---	29,840	1319	51.49	142.86	0.31	10.26	15.87	36.73	3.92

5. TARTIŞMA

5.1. Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

5.1.1. Aluviyal topraklar

Aluviyal topraklarının toprak reaksiyonu (pH) değerleri 7.1–7.4 arasında değişmekte olup, toprakların % 70'si nötr (6.6-7.3) ve % 30'u hafif alkalin (7.4-7.8) reaksiyonlu oldukları belirlenmiştir. Araştırma alanı toprakları % organik C yönünden incelendiğinde toprakların tamamında az (% 1-2) derecede organik karbon bulunduğu belirlenmiştir. Wiegner'e atfen Kovancı'nın (1985) bildirmiş olduğu topraktaki azot sınıflandırmasına göre topraklarının % 20'si orta (% 0.05-0.1), % 80'ni iyi (% 0.1-0.15) düzeyde azot içermektedir.

Topraklarının alınabilir P miktarının Olsen ve Sommers'a (1982) göre yapılan değerlendirme tamamı orta (10-20 mg kg⁻¹) düzeydedir. Kacar'ın (1994) bildirdiği toprakların % kireç (CaCO₃) kapsamları yönünden sınıflandırılmasına göre araştırma alanı topraklarının tamamı az kireçli (% 2-4) bulunmuştur.

Araştırma alanı topraklarının çözünebilir tuz (EC) yönünden tamamının düşük (<1.0 dS m⁻¹) düzeyde olduğu ve bitki büyümesini olumsuz yönde etkileyecek bir tuzluluk probleminin bulunmadığı belirlenmiştir.

Toprakların yarayışlı Ca miktarları yönünden değerlendirilmesinde, tamamında yüksek (>10 cmol kg⁻¹) Ca miktarları bulunmuştur. Toprakların yarayışlı Mg miktarları yönünden değerlendirilmesinde, tamamında yüksek (>1.5 cmol kg⁻¹) Mg miktarları belirlenmiştir.

Toprakların yarayışlı K miktarları yönünden değerlendirilmesinde, tamamında yüksek (0.6 - 2.0 cmol kg⁻¹) K miktarları bulunmuştur. Topraklarda alınabilir Na miktarı

ile ilgili olarak Jackson (1962) 0.2 mg kg^{-1} Na'un yeterli düzeyde olduğunu belirtmiştir. Buna göre araştırma alanı toprakların tamamında Na değerleri yeterli düzeydedir.

5.1.2. Koluviyal topraklar

Koluviyal topraklarının toprak reaksiyonu (pH) değerleri 7.3-7.7 arasında değişmekte olup, toprakların % 10'si nötr (6.6-7.3), % 90'i hafif alkalin (7.4-7.8) reaksiyonludur. Topraklar % organik C yönünden incelendiğinde toprakların tamamında % 1'den az olduğu belirlenmiştir.

Wiegner'e atfen Kovancı'nın (1985) bildirmiş olduğu topraktaki azot sınıflandırmasına göre topraklarının tamamı orta (% 0.05-0.1) düzeyde azot içermektedir. Araştırma alanı topraklarının alınabilir P miktarının Olsen ve Sommers'a (1982) göre yapılan değerlendirmesinde tamamı düşük ($<10 \text{ mg kg}^{-1}$).

Kacar'ın (1994) bildirdiği toprakların % kireç (CaCO_3) kapsamı yönünden sınıflandırılmasına göre araştırma alanı topraklarının tamamı az kireçli (% 2-4) olarak bulunmuştur. Araştırma alanı topraklarının çözünebilir tuz (EC) yönünden tamamının düşük ($< 1.0 \text{ dS m}^{-1}$) düzeyde olduğu ve bitki büyümesini olumsuz yönde etkileyecek bir tuzluluk probleminin bulunmadığı belirlenmiştir.

Toprakların yarayışlı Ca miktarları yönünden değerlendirilmesinde, tamamında yüksek ($>10 \text{ cmol kg}^{-1}$) Ca miktarları belirlenmiştir. Toprakların yarayışlı Mg miktarları yönünden değerlendirilmesinde, tamamında yüksek ($>1.5 \text{ cmol kg}^{-1}$) Mg miktarları bulunmuştur. Toprakların yarayışlı K miktarları yönünden değerlendirilmesinde, tamamında yüksek ($0.6-2.0 \text{ cmol kg}^{-1}$) K miktarları belirlenmiştir. Topraklarda alınabilir Na miktarı ile ilgili olarak Jackson (1962) 0.2 mg kg^{-1} Na'un yeterli düzeyde olduğunu belirtmiştir. Bu toprakların tamamında Na değerleri yeterli düzeydedir.

5.1.3. Vertisol Topraklar

Vertisol topraklarının toprak reaksiyonu (pH) değerleri 7.7–7.9 arasında değişmekte olup, % 60' ı hafif alkalin (7.4-7.8) ve % 40' ı orta derecede alkalin (7.9-8.4) reaksiyonlu oldukları belirlenmiştir.

Araştırma alanı toprakları % organik C yönünden incelendiğinde toprakların tamamında az (% 1-2) derecede organik karbon bulunduğu belirlenmiştir. Wiegner'e atfen Kovancı'nın (1985) bildirmiş olduğu topraktaki azot sınıflandırmasına göre topraklarının tamamı orta (% 0.05-0.1) düzeyde azot içermektedir.

Araştırma alanı topraklarının alınabilir P miktarının Olsen ve Sommers'a (1982) göre yapılan değerlendirmesinde tamamı orta (10-20 mg kg⁻¹) düzeydedir. Kacar'ın (1994) bildirdiği toprakların % kireç (CaCO₃) kapsamaları yönünden sınıflandırılmasına göre araştırma alanı toprakların hepsi orta kireçli (% 4-8) olarak bulunmuştur.

Araştırma alanı topraklarının çözünebilir tuz (EC) yönünden tamamının düşük (< 1.0 dS m⁻¹) düzeyde olduğu ve bitki büyümesini olumsuz yönde etkileyecek bir tuzluluk problemi bulunmamaktadır.

Toprakların yarayışlı Ca miktarları yönünden değerlendirilmesinde, tamamında yüksek (>10 cmol kg⁻¹) Ca miktarları bulunmuştur. Toprakların yarayışlı Mg miktarları yönünden değerlendirilmesinde, tamamında yüksek (>1.5 cmol kg⁻¹) Mg miktarları belirlenmiştir. Toprakların yarayışlı K miktarları yönünden değerlendirilmesinde, tamamında yüksek (0.6-2.0 cmol kg⁻¹) K miktarları bulunmuştur. Topraklarda alınabilir Na miktarı ile ilgili olarak Jackson (1962) 0.2 mg kg⁻¹ Na'un yeterli düzeyde olduğunu belirtmiş olup toprakların tamamında Na değerleri yeterli düzeyde bulunmuştur.

5.2. Toprakların Bazı Alınabilir İz Element ve Ağır Metal İçerikleri

5.2.1. Aluviyal topraklar

Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirilen değerlere göre alınabilir Fe miktarlarının toprakların tamamında iyi düzeyde ($>4.5 \text{ mg kg}^{-1}$) olduğu belirlenmiştir. Toprakların alınabilir Mn miktarının Lindsay ve Norvell'e (1978) göre değerlendirilmesinde toprakların tamamında yeterli ($>0.2 \text{ mg kg}^{-1}$) düzeyde olduğu gözlenmiştir. Lindsay ve Norvell'e (1978) göre topraklar alınabilir Zn miktarları yönünden sınıflandırıldığında toprakların iyi ($>1.0 \text{ mg kg}^{-1}$) durumda olduğu görülmektedir. Alınabilir Cu miktarları topraklarda Lindsay ve Norvell'e (1978) göre değerlendirildiğinde tamamında Cu miktarı yeterli ($>0.2 \text{ mg kg}^{-1}$) miktarda bulunmuştur.

Bursa ovası Aluviyal topraklarının bitki besin maddeleri (Fe, Cu, Zn ve Mn) içeriklerini inceleyen Turan (2007) ise toprakların % 20'sinde Mn'nin çok az, % 43.33'ünde Zn'nun, % 70'inde Mn'nin az ve % 10'unda Fe'in orta düzeyde olduğu; % 10'unda Mn'nin, % 53.33'ünde Zn'nun ve % 100'ünde Cu'nun yeterli düzeyde olduğu belirlenirken, % 3.33'ünde Zn'nun ve % 90'nında Fe'in fazla olduğunu bildirmiştir.

5.2.2. Koluviyal topraklar

Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirilen değerlere göre alınabilir Fe miktarlarının Koluviyal toprakların tamamında iyi düzeyde ($>4.5 \text{ mg kg}^{-1}$) olduğu belirlenmiştir. Toprakların alınabilir Mn miktarının Lindsay ve Norvell'e (1978) göre değerlendirilmesinde toprakların tamamında yeterli ($>0.2 \text{ mg kg}^{-1}$) düzeyde olduğu belirlenmiştir. Lindsay ve Norvell'e (1978) göre topraklar alınabilir Zn miktarları yönünden sınıflandırıldığında toprakların iyi ($>1.0 \text{ mg kg}^{-1}$) durumda olduğu görülmektedir. Alınabilir Cu miktarları topraklarda Lindsay ve Norvell'e (1978) göre değerlendirildiğinde tamamında Cu miktarı yeterli ($>0.2 \text{ mg kg}^{-1}$) miktarda bulunmaktadır.

Bursa ovası Aluviyal topraklarının bitki besin maddeleri (Fe, Cu, Zn ve Mn) içeriklerini inceleyen Turan (2007) ise, toprakların % 10'unda Mn'nin çok az, % 40'ında Zn'nun, % 50'sinde Mn'nin az ve % 40'ında Fe'in orta düzeyde olduğu; % 40.00'ında Mn'in, % 50'sinde Zn'nun ve % 100'ünde Cu'nun yeterli düzeyde olduğu belirlenirken, % 10'unda Zn'nun ve % 60'nında Fe'in fazla olduğunu belirlemiştir.

5.2.3. Vertisol topraklar

Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirilen değerlere göre Vertisol toprakların alınabilir Fe miktarlarının toprakların tamamında iyi düzeyde ($>4.5 \text{ mg kg}^{-1}$) olduğu belirlenmiştir. Toprakların alınabilir Mn miktarının Lindsay ve Norvell'e (1978) göre değerlendirilmesinde toprakların tamamında yeterli ($>0.2 \text{ mg kg}^{-1}$) düzeyde olduğu gözlenmiştir. Lindsay ve Norvell'e (1978) göre topraklar alınabilir Zn miktarları yönünden sınıflandırıldığında toprakların iyi ($>1.0 \text{ mg kg}^{-1}$) durumda olduğu görülmektedir. Alınabilir Cu miktarları topraklarda Lindsay ve Norvell'e (1978) göre değerlendirildiğinde tamamında Cu miktarı yeterli ($>0.2 \text{ mg kg}^{-1}$) miktarda bulunmuştur.

Bursa ovası Aluviyal topraklarının bitki besin maddeleri (Fe, Cu, Zn ve Mn) içeriklerini inceleyen Turan (2007) ise toprakların % 10'unda Zn'nun, % 60'ında Mn'nin çok az, % 70'inde Zn'nun, % 30'unda Mn'nin az ve % 30'unda Fe'in orta düzeyde olduğu; % 10'unda Mn'nin, % 20'sinde Zn'nun ve % 100'ünde Cu'nun yeterli düzeyde olduğu belirlenirken, % 70'inde Fe'in fazla olduğunu bulmuştur.

Aydınalp ve ark. (2005), Bursa ovası Vertisol topraklarının yarıyıllı Fe miktarının $9.1-10.4 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında, Cu miktarını $10.1-13.4 \text{ mg kg}^{-1}$, Mn $13.1-16.7 \text{ mg kg}^{-1}$ ve Zn ise $0.97-1.41 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

5.3. Toprak Örneklerinin Bazı Toplam İz Element ve Ağır Metal Miktarları

5.3.1. Aluviyal topraklar

Genelde toprakların toplam Fe miktarlarının % 0.5 – 5 arasında olduğunu bildiren Scheffer ve Schachtschabel'e (1989) göre yapılan değerlendirmede Aluviyal topraklarının tamamında toplam Fe miktarları belirtilen sınırlar arasında bulunmuştur.

Toprakların toplam Mn içeriklerinin 164-1330 mg kg⁻¹ (Kabata- Pendias ve Pendias 1992), Kabata-Pendias ve Pendias'a göre toplam kritik Mn konsantrasyonunun ise 1500-3000 mg kg⁻¹ (Alloway 1990) olduğu bildirilmektedir. Bildirilen bu değerlere göre toprakların tamamında toplam Mn miktarları normal sınırlar arasındadır.

Toprakların Zn içeriklerinin Bowen (1966)'ya göre topraklardaki normal sınırlarının 1-900 mg kg⁻¹, Alman arıtma çamuru yönetmeliğine göre ise yasal olarak belirlenmiş Zn kirlilik miktarının ise 300 mg kg⁻¹ (Scheffer ve Schachtschabel 1989) olduğu bildirilirken, bu değerlerle karşılaştırıldığında incelenen alana ait toprakların hiçbirinde kirlilik tehlikesi gözlenmemiştir.

Özbek ve ark. (1993) genel olarak toplam Cu miktarlarının, kirlenmemiş topraklarda 2-40 mg kg⁻¹, kirlenmiş topraklarda 1000 mg kg⁻¹ olduğunu, Alloway (1990) normal Cu sınırlarının 2-250 mg kg⁻¹ olabileceğini bildirmişlerdir. Kloke'ye göre ise topraklardaki toplam Cu sınır değeri 100 mg kg⁻¹'dir (Hasselbach 1992), Buna göre araştırma alanında Alloway'a (1990) göre Cu normal sınırlar içinde bulunmaktadır.

Çeşitli araştırmacılar toprakların Cd içeriklerini 0.1 ile 4.1 mg kg⁻¹ arasında olduğunu bulmuşlardır (Kabata-Pendias ve Pendias 1992). Diğer araştırmacılar tarafından topraklarda Cd sınır değerleri 2.5 mg kg⁻¹ (Saatçi ve ark. 1988), 3.0 mg kg⁻¹ (Hasselbach 1992) ve 5.0 mg kg⁻¹ (Rid 1984) olarak rapor edilmiştir. Bu sınır değerlere göre Aluviyal topraklarının tamamında toplam Cd miktarları sınır değerlerin altında bulunmuştur.

Scheffer ve Schachtschabel'e (1989) göre toprakların toplam Co miktarları, ana materyalin bileşimine bağlı olarak genelde 1-40 mg kg⁻¹, daha sık olarak da 5-15 mg kg⁻¹ arasındadır. Bowen topraklarda normal Co sınırını 0.5-65 mg kg⁻¹ olarak bildirmiştir (Alloway 1990). Altınbaş ve ark. (1994) göre ise izin verilebilir Co sınır değeri 50 mg kg⁻¹'dir. Belirtilen bu değerlere göre araştırma alanı topraklarının tamamında Co normal sınırlar arasında olup, herhangi bir kirlilik tehlikesi gözlenmemektedir.

Toprakların büyük çoğunluğunda <100 mg kg⁻¹ (Mengel ve Kirkby 1987), ortalama 100-300 mg kg⁻¹ (Kick ve ark. 1980) Cr bulunduğu, normal Cr sınırlarının ise 5-1500 mg kg⁻¹ (Alloway 1990) olduğu bildirilmiştir. Topraklardaki toplam kritik Cr konsantrasyonu, Alloway'a (1990) göre 75-100 mg kg⁻¹ ve Hasselbach'a (1992) göre 100 mg kg⁻¹'dir. Araştırma alanı topraklarındaki Cr miktarları bu değerlerle karşılaştırıldığında hiçbir kirlilik tehlikesi gözlenmemiştir.

Toplam Ni miktarlarının, normal koşullarda topraklarda 5-500 mg kg⁻¹ (Bergman 1993), genelde dünya topraklarında, ortalama 2.2 mg kg⁻¹ (Kabata-Pendias ve Pendias 1992) olduğu bildirilmiştir. Kloke, nötr reaksiyonlu topraklarda tolere edilebilir toplam Ni miktarını 50 mg kg⁻¹ (Bergman 1993), toprakta bitkilere toksik etkili miktarı ise 40-50 mg kg⁻¹ (Austenfeld 1979) olarak bildirmişlerdir. Alloway (1990) toplam kritik Ni konsantrasyonunu 100 mg kg⁻¹ olarak belirtmektedir. Araştırmacılarca bildirilen bu değerlerle inceleme alanı topraklarındaki Ni miktarlarını karşılaştırdığımızda herhangi bir kirlilik gözlenmemiştir.

Normal kirlenmemiş toprakların toplam Pb miktarları 10-20 mg kg (Altınbaş ve ark. 1994) ve 1-20 mg kg⁻¹ (Bergman 1993) olarak bildirilmektedir. Alloway (1990)'a göre topraklarda normal Pb sınırları 2-300 mg kg⁻¹'dir. Az kirlenmiş topraklarda toplam Pb miktarı 25-95 mg kg⁻¹ (Özbek ve ark. 1993) iken, kritik miktar Kabata – Pendias ve Pendias'a göre 100-400 mg kg⁻¹ ve Hasselbach'a (1992) göre 100 mg kg⁻¹ Pb olarak belirtilmektedir. Aydınalp ve ark.'nın (2002) Bursa ovasının doğu kesimindeki Aluviyal topraklarında yapmış olduğu bir çalışmada, Nilüfer çayı ile sulanan sebze ve meyve bahçelerinin Fe, Mn, Zn, Cu, Cd, Co, Cr, Ni, Pb elementlerince kirletilmiş olduğunu belirlemişlerdir. Fakat ilin batı kesiminde yer alan ve incelenen Aluviyal grubu

toprakların, çeşitli araştırmacıların bildirdiği değerlerle karşılaştırıldığında ağır metal kirliliğinin olmadığı belirlenmiştir.

5.3.2. Koluviyal topraklar

Koluviyal topraklarının tamamında toplam Fe miktarları Scheffer ve Schachtschabel'e (1989) göre yapılan değerlendirmede belirtilen % 0.5-5 sınır değerleri arasında bulunmuştur.

Toprakların toplam Mn miktarları da Alloway (1990)'in belirttiği toplam kritik Mn konsantrasyonu olan 1500-3000 mg kg⁻¹ değerlerinden düşük olup Koluviyal toprakların tamamında toplam Mn miktarları normal sınırlar arasındadır.

Toprakların toplam Zn içerikleri Bowen (1966)'ya ve Scheffer ve Schachtschabel (1983)'e göre hiçbirinde kirlilik tehlikesi gözlenmemiştir. Toprakların toplam Cu içerikleri de Alloway (1990) ve Hasselbach (1992)'e göre sınır değerler arasındadır. Belirlenen toplam Cd değerleri ise Kabata-Pendias ve Pendias (1992), Saatçi ve ark. (1988) ve Hasselbach (1992) göre sınır değerlerin altında bulunmuştur.

Toprakların toplam Co miktarları, ana materyalin bileşimine bağlı olarak genelde 1-40 mg kg⁻¹, daha sık olarak da 5-15 mg kg⁻¹ arasındadır (Scheffer ve Schachtschabel, 1989). Belirtilen bu değerlere göre Koluviyal topraklarının tamamında Co normal sınırlar arasındadır.

Belirlenen toplam Cr değerleri Mengel ve Kirkby (1987)'e göre <100 mg kg⁻¹, Kick ve ark. (1980)'e göre 100-300 mg kg⁻¹ ve Alloway (1990)'a göre de 5-1500 mg kg⁻¹ sınır değerlerinin altında belirlenmiş olup kirlilik tehlikesi gözlenmemiştir.

Toplam Ni miktarları ise Bergman (1993)'ün belirttiği 5-500 mg kg⁻¹, toprakta bitkilere toksik etkili miktarı olan 40-50 mg kg⁻¹ (Austensfeld 1979) değerleri ile karşılaştırıldığında kirlilik durumu olmadığı görülmektedir. Kirlenmemiş toprakların toplam Pb miktarları 10-20 mg kg⁻¹ (Altınbaş ve ark. 1994) ve 1-20 mg kg⁻¹ (Bergman

1993) olarak bildirilmektedir. Koluviyal toprakların Pb değerleri bu değerlerin çok altında olup kirlilik sorunu bulunmamaktadır.

5.3.3. Vertisol topraklar

Vertisol topraklarının toplam Fe miktarları Scheffer ve Schachtschabel'e (1989) göre yapılan değerlendirmede belirtilen % 0.5-5 sınır değerleri arasında bulunmuştur. Toplam Mn miktarları da Alloway (1990)'na göre toplam kritik Mn konsantrasyonu olan 1500-3000 mg kg⁻¹ değerlerinden düşük olup toprakların tamamında toplam Mn miktarları normal sınırlar arasındadır.

Toprakların toplam Zn değerleri Bowen (1966)'ya ve Scheffer ve Schachtschabel (1983)'e göre karşılaştırıldığında kirlilik sorunu olmadığı belirlenmiştir. Toprakların toplam Cu içerikleri ise Alloway (1990) ve Hasselbach (1992)'e göre sınır değerler arasında bulunmaktadır. Toplam Cd değerleri Kabata-Pendias ve Pendias (1992), Saatçi ve ark. (1988) ve Hasselbach (1992)'e göre sınır değerlerin altındadır.

Toprakların toplam Co miktarları da toprak ana materyalin bileşimine bağlı olarak 1-40 mg kg⁻¹, daha sık olarak da 5-15 mg kg⁻¹ arasındadır (Scheffer ve Schachtschabel, 1989). Bu değerlere göre topraklarının tamamında Co normal sınırlar arasında bulunmaktadır. Toplam Cr değerleri Mengel ve Kirkby (1987)'e göre <100 mg kg⁻¹, Kick ve ark., (1980) göre 100-300 mg kg⁻¹ ve Alloway (1990)'ya göre de 5-1500 mg kg⁻¹ sınır değerlerinin altındadır.

Toplam Ni miktarları Bergman (1993)'nın belirttiği 5-500 mg kg⁻¹, topraktaki toksik miktarı olan 40-50 mg kg⁻¹ (Austefeld 1979) değerleri ile karşılaştırıldığında herhangi bir kirlilik durumu belirlenmemiştir. Kirlenmemiş toprakların toplam Pb miktarları 10-20 mg kg⁻¹ (Altınbaş ve ark. 1994) ve 1-20 mg kg⁻¹ (Bergman 1993) olarak bildirilmektedir. Toprakların Pb değerleri bu değerlerin çok altındadır.

Bursa ovası Vertisol topraklarının ağır metal içeriklerini inceleyen Aydınalp ve ark. (2005) ise toplam Fe miktarınının 29 700-62 500 mg kg⁻¹, Mn 1150-2340 mg kg⁻¹, Zn

60.0-407.0 mg kg⁻¹, Cu 56.0-165.0 mg kg⁻¹, Co 27.0-104.0 mg kg⁻¹, Ni 340.0-967.0 mg kg⁻¹, Cr 95.0-351.0 mg kg⁻¹, Pb 17.0-52.0 mg kg⁻¹ ve Cd miktarını ise 1.5-6.3 mg kg⁻¹ sınırları içinde değişim gösterdiğini belirlemiştir.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, Bursa ovasının batı kesiminde yer alan Aluviyal, Koluviyal ve Vertisol grubu tarım topraklarının iz element ve ağır metal miktarları belirlenmiş ve toprakların bu elementler yönünden kirlilik durumları incelenmiştir. Mevcut toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de bu çalışma kapsamında incelenmiştir.

Aluviyal topraklar genel olarak nötr reaksiyonlu olup, herhangi bir tuzluluk problemine rastlanılmamıştır. Toprakların tamamı az kireçli olup, kireç yönünden bir soruna rastlanılmamıştır. Toprakların % organik C miktarlarına bakıldığında organik madde yönünden tamamında az olduğu görülmektedir. Topraklar hepsi killi tın bünyeye sahiptir. Topraklardaki yarayışlı Ca, Mg, K miktarları yüksek düzeyde, Na miktarları ise yeterli düzeyde bulunmuştur. Araştırma alanı topraklarının alınabilir Fe, Mn, Zn ve Cu miktarları yeterli düzeyde bulunmuştur. Toplam Fe, Mn, Zn ve Cu miktarları belirtilen sınır değerler arasında olup araştırma alanında bu elementler yönünden bir kirlilik gözlenmemiştir.

Koluviyal topraklar nötr ila hafif alkalin reaksiyonlu olup herhangi bir tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Toprakların tamamı kireç yönünden az kireçli olup herhangi bir soruna rastlanılmamıştır. Toprakların % organik C miktarları incelendiğinde organik madde yönünden fakir olduğu görülmektedir. Toprakların tamamı tın bünyeye sahiptir. Yarayışlı Ca, Mg, K miktarları ise yüksek düzeyde, Na miktarları ise yeterli düzeyde bulunmuştur. Ayrıca topraklarının alınabilir Fe, Mn, Zn ve Cu miktarları yeterli düzeyde bulunmuştur. Toplam Fe, Mn, Zn ve Cu miktarları belirtilen sınır değerler arasında olup araştırma alanında bu elementler yönünden bir kirlilik sorunu bulunmamaktadır.

Vertisol topraklar genel olarak hafif alkalin reaksiyonlu olup, herhangi bir tuzluluk problemine de rastlanılmamıştır. Toprakların hepsi orta kireçlidirler. Toprakların % organik C miktarlarına bakıldığında organik madde yönünden fakir olduğu görülmektedir. Topraklar hepsi killi tın bünyeye sahiptir. Topraklardaki yarayışlı Ca,

Mg, K miktarları yüksek düzeyde, Na miktarları ise yeterli düzeyde bulunmuştur. Araştırma alanı topraklarının alınabilir Fe, Mn, Zn ve Cu miktarları yeterli düzeyde bulunmuştur. Toplam Fe, Mn, Zn ve Cu miktarları belirtilen sınır değerler arasında olup araştırma alanında bu elementler yönünden bir kirlilik gözlenmemiştir.

İncelenen tarım topraklarında Cd, Co, Cr, Ni ve Pb yönünden sınır değerlerini aşan bir kirlilik belirlenmemiştir. Mevcut veriler yörede yapılan diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, araştırma alanı tarım topraklarında bir kirlilik sorununun olmadığını ortaya koymuştur. Çalışmanın yapıldığı alanların, toprakların kirlenmesine neden olabilecek etmenlere uzak olması bu toprakların kirlenmesini önleyen en önemli unsurdur. Ancak ovadaki sanayi alanlarının giderek artış göstermesi ve artan nüfusa bağlı olarak ihtiyaç duyulan konutlarında tarım alanlarına doğru kayması mevcut tarım alanlarının giderek azalmasına neden olmaktadır. Tarım alanları üzerine irili ufaklı sanayi tesislerinin yapılması var olan organize sanayi bölgelerindeki arıtma tesislerinin yeterli düzeyde olmaması ve bu atıkların boşaltıldıkları çeşitli dereleri kirletmesi mevcut yüzey sularının kirlenmesine neden olmaktadır. Ayrıca, bu su kaynaklarının da tarım alanlarının sulanmasında kullanımı ve bu sanayi kuruluşlarının bacalarından çıkan atık gazların çevreyi kirletmesiyle de bu yöredeki tarım topraklarının uzun vadede kirlenmesine yol açabilecektir. Bu nedenle tarım yapılan toprakların belli zaman periyotlarında özellikle ağır metal içerikleri bakımından takibinin ve değişimlerinin incelenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

AKSOY, T. 1980. Bursa Yöresinde Yetiştirilen Şeftalilerin Beslenme Sorunları. Tübitak VII. Bilim Kongresi (6-10 Ekim 1980) Adana . Toprak-Bitki Besleme Sektörünü Tebliğleri .497-512

ALLER A.J. and L. DEBAN L. 1989. Total and Extractable Contents of Trace Metals in Agricultural Soils of the Valderas Area, Spain. *Sci Total Environ.* 79:253-270.

ALLOWAY, B.J. 1990. In *Heavy Metals in Soils.* (Ed) Alloway, B.J. John Wiley and Sons. Inc. New York.

ALTINBAŞ, Ü., HAKERLERLER, H., ANAÇ,D., TUNCAY, H. ve İ.B. OKUR. 1994. Gediz Havzası Sulanabilir Tarım Alanlarının Ağır Metal Kirliliği ve Nedenleri Üzerine Araştırmalar. E.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu, Proje No: 91-ZRF-51.

ANDREU, V. 1991. Contenido y evolución de Cd, Co, Cr, Cu, Pb, Ni y Zn en suelos de la comarcas de l'Horta y la Ribera Baixa (Valencia). Doctoral Thesis. University of Valencia, Valencia, Spain.

ANDREU, V. and E. GIMENO-GARCÍA. 1996. Total Content and Extractable Fraction of Cadmium, Cobalt, Copper, Nickel, Lead, and Zinc in Calcareous Orchard Soils. *Comm Soil Sci Plant Anal.*, 27:2633-2648.

ANONİM. 1986. Council of the European Communities, Council directive 86/278/EEC of 12 June 1986 on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture, *Official Journal L.*, Vol. 181, 1986, p. 0006–0012.

ANONİM. 1991. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, sayı: 20814.

ANONİM. 1995. Bursa İli Arazi Varlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, İl Rapor No:16, Ankara. s. 10-15.

ANONİM. 2005. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, sayı: 25831.

AUSTENFELD, F.A. 1979. Zur Phytotoxizität von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei *Phaseolus vulgaris* L. Z. Pflanzenernähr Bodenkd, 142: 786-791.

AYDINALP, C. and S. MARINOVA. 2002. Distribution Some Heavy Metals in the Alluvial Soils of the Bursa Plain, Turkey. J. of Agricultural Science and Forest Science, I (2-4): 84-88, Sofia, Bulgaria.

AYDINALP, C. and M.S. CRESSER. 2003. The background levels of heavy metals in Vertisols under Mediterranean type of climate in the region of Turkey. Journal of Central European Agriculture. 4: 289-296.

AYDINALP, C., E.A. FITZPATRICK, M.S. CRESSER. 2005. Heavy metal pollution in some soil and water resources of Bursa Province, Turkey. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 36 (13-14): 1691-1714.

BAŞAR, H. 2000. Bursa Yöresi Şeftali Ağaçlarında Görülen Sarılığa Etkili Etmenler Üzerine Bir Araştırma. Turk J. Of Agriculture Forestry. 24 237-245

BECH, J., TUME, P., LONGAN, L., REVERTER, F., BECH, J., TUME, L. and M. TEMPIO. 2007. Concentration of Cd, Cu, Pb, Zn, Al, and Fe in soils of Manresa, NE Spain. Springer Science Business Media B.V.

BERGMAN, W. 1993. Ernährungstörungen bei Kulturpflanzen. Dritte, erweiterte Auflage, Gustav Fischer Verlag Jena. Stuttgart.

BOLUDA R., ANDREU V., PONS V. and J. SÁNCHEZ. 1988. Contenido de metales pesados (Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn) en suelos de la comarca La Plana de Requena-Utiel (Valencia). Ann Edafol Agrob, 47:485-502.

BOWEN, H.J.M. 1966. Trace Element in Biochemistry. Academic Press, London.

BREMNER, J.M. and C.S. MULVANEY. 1982. Nitrogen-total. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 595-624.

BRUMMER, G.W., HORNBERG, V. and D.A. HILLER. 1991. Schwermetallbelastung von Böden. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Geslisch*, 63:31-42.

CALA V., RODRÍGUEZ-SANCHIDRIÁN J. and A. GUERRA. 1985. Contaminación por metales pesados en suelos de la Vega de Aranjuez. (I). Pb, Cd, Cu, Zn, Ni y Cr. *Ann Edafol Agrob*, 44:1595-1608.

CAMPOS E., 1997. Estudio de la contaminación y fraccionamiento químico de metales pesados en suelos de la Vega de Granada. Doctoral Thesis. University of Granada, Granada, Spain.

ÇELİK, H. 2006. Bursa İli Tarım Topraklarının Alınabilir Demir Durumu ve Bu Topraklarda Alınabilir Demir Miktarının Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yöntemler. U.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 102s. Bursa.

DOELSCH, E., VAN DE KERCHOVE, V. and H. SAINT MACARY. 2006. Heavy Metal Content in Soils of Réunion (Indian Ocean). *Geoderma*, 134 (1-2):119-134.

ERRECALDE, M.F., BOLUDA, R., LAGARDA, M. and J. FARRÉR. 1991. Índices de descontaminación por metales pesados en suelos de cultivo intensivo: aplicación en la comarca de l'Horta (Valencia). *Suelo y Planta*, 1:483-494.

EYÜPOĞLU, F., KURUCU, N. ve TALAZ, S., 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararlı Bazı Mikroelementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araş. Enst. Müd., Ankara. s.72

FOLLET, R.F. and LINDSAY, W.L., 1970. Profilo Distribution of Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils: 10. pp. 79.

GEE, G.W. and J.W. BAUDER. 1982. Particle-size analysis. In: A. Klute (ed.), Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and Mineralogical Methods 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 383-412.

GRUPE, R. and M. FILIPINSKI. 1989. Zur Verfügbarkheit und pflanzenaufnahme von Pb auf Böden mit hohen lithogenen Schwermetallgehalten. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Geslisch.*, 59/1, 361-366.

HAKERLERLER, H., ANAÇ, D., OKUR, B. ve N. SAATÇI. 1994. Gümüldür ve Balçova'daki Satsuma Mandarin Bahçelerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Raporu, Proje No: 92-ZRF-47, İzmir. s.19-22.

HAKTANIR, K. ve A. KARACA. 1995. Ağır metallerin Topraktaki Hareketi ve Toprak Kirliliği. *Çevre ve İnsan*, 21, s. 24-26.

HASSELBACH, G. 1992. Ergebnisse zum Schwermetalltransfer Boden/Pflanze aufgrund von Gefabversuchen und chemischen Extraktionsverfahren mit Boden aus Langjöhriigen Klarschlamm-Feldversuchen Inaugural- Disertation zur Erlangung des Doktor- grades(Dr. agr) beim Fachbereich Agrarwissenschaften der Justus-Liebig-Universität Gieben.

IMPERATO, M., ADAMO, P., NAİMO, D., ARIENZO, M., STANZIONE, D. and P. VIOLANTE. 2003. Spatial Distribution of Heavy Metals in Urban Soils of Naples City (Italy). *Environmental Pollution*, 124: 247–256.

JACKSON, M.L. 1962. Soil Chemical Analysis, Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs. Inc., New York.

- KABATA-PENDIAS, A. and H. PENDIAS. 1992. Trace Elements in Soils and Plants. 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton Ann Arbor London. p. 365.
- KABATA-PENDIAS A., PENDIAS H. 2001. Trace Elements in Soils and Plants. 3rd Edition. CRC Press, BocaRaton, Florida, p. 413.
- KACAR, B. 1994. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3, Ankara, s. 86.
- KATKAT, A. V., ÖZGÜMÜŞ, A.; BAŞAR, H.; ALTINEL, B. 1994 Bursa Yöresindeki Şeftali Ağaçlarının Demir, Çinko, Bakır ve Manganez ile Beslenme Durumları. Tübitak Turkish Journal of Agricultural and Forestry. 18,S. 447-456
- KATKAT, A. V., ve N., ÖZGÜVEN. 2001. Mısır Bitkisinin Çinko, Demir, Manganez ve Bakır İçerikleri Üzerine Toprağa Artan Miktarlarad Verilen Çinkonun Etkisi. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt 15.S. 191-206
- KICK, H., BURGER, H. und K. SOMMER. 1980. Gesamtgehalte an Pb, Zn, Sn, As, Cd, Hg, Cu, Ni, Cr und Co in Landwirtschaftlich und Gartnerisch Genutzten Boden Nordrhein. Westfalens Landwirtsch. Forschung, 33 (1): 12-22.
- KOCH, D. and M. GRUPE. 1993. Mobilität von Schwermetallen geogener anthropogener herkunft. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch., 72, 385-388.
- KOVANCI, İ. 1985. Toprak Verimliliği ve Bitki Besleme Ders Notları. E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. Teksir No:107, Bornova, İzmir.
- LINDSAY, W.L. and W.A. NORVELL. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J, 42:421-428.
- LEŠTAN, D. and F. NEŽA. 2006. Relationship of Soil Properties to Fractionation, Bioavailability and Mobility of Pb and Zn in Soil. Environmental Aspects of Trace

Element Research – Water, Soil, Microorganisms, Plants Procs. Trace Elements in the Food Chain, 140 Budapest.

LÓPEZ ARIAS, M. and J.M. GRAU CORBÍ. 2004. Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de la capa superficial de los suelos agrícolas y de pastos de España en insular. II. Resultados por provincias. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, Spain, p. 383.

MALDONADO, V.M., ARIAS, H.O., QUINTANA, R., SAUCEDO, R.A., GUTIÉRREZ, M., ORTEGA, J.A. and G.V. NEVAREZ. 2008. Heavy Metal Content in Soils under Different Wastewater Irrigation Patterns in Chihuahua, Mexico. *Int J Environ Res Public Health*. Dec; 5 (5): 441-9.

MARÍN, A., ALONSO-MARTIRENA, J.I., ANDRADES, M. and C. PIZARRO. 2000. Contenido de metales pesados en suelos de viñedo de la D.O. Ca. Rioja. *Edafología*, 7-3, 351-357.

MCLEAN, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 199-224.

MENGEL, K. and E.A. KIRKBY. 1987. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute P. O. Box. ch-3048. Worblaufen- Bern, Switzerland.

MICÓ, C., PERÍS, M., SÁNCHEZ, J. and L. RECATALÁ. 2006. Heavy Metal Content of Agricultural Soils in a Mediterranean Semiarid Area: The Segura River Valley (Alicante, Spain). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 4 (4): 363-372.

MILLÁN, E., ABADIA, A. and L. MONTAÑÉS. 1983. Niveles de Fe, Mn, Cu, y Zn en suelos cultivados del valle del Ebro. *Ann Aula Dei*, 16: 305-317.

MORENO, A.M., PÉREZ, L. and J. GONZÁLEZ. 1992. Relaciones entre contenidos totales de Zn, Pb, Cu y Cd en suelos y plantas. *Suelo y Planta*, 2: 757-771.

NELSON, R.E. 1982. Carbonate and gypsum. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 181-198.

NELSON, D.W. and L.E. SOMMERS. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 538-580.

OLSEN, S.R. and L.E. SOMMERS. 1982. Phosphorus. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 403-430.

ÖZBEK, H., KAYA, Z., GÖK, M. ve H. KAPTAN. 1993. *Toprak Bilimi*. Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayın No:73, Ders Kitapları Yayın No:16, Adana.

ÖZGÜMÜŞ, A. 1988. Bursa Yöresindeki Şeftali Ağaçlarında Görülen Klorozun Bitki ve Toprak Analizleri ile İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi Yayınları No:7-016-0176 Bursa. S.21.

ÖZGÜVEN, N. 2000. Bursa İli Topraklarının Yarayımlı Çinko Durumu ve Bu topraklarda Çinko Miktarlarının Belirlenmesinde Kullanılacak Yöntemler. U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 100 s. Bursa.

PAPAFILIPPAKI, A., GASPARATOS, D., HAIDOUTI, C. and G. STAVROULAKIS. 2007. Total And Bioavailability Forms of Cu, Zn, Pb And Cr In Agricultural Soils: A Study from the Hydrological Basin of Keritis, Chania, Greece *Global NEST Journal*, Vol X, No X, pp XX-XX,

PÉREZ, L., MORENO, A.M., and J. GONZÁLEZ. 2000. Valoración de la calidad de un suelo en función del contenido y disponibilidad de metales pesados. *Edafología*, 7(3): 113-120.

PÉREZ, C., MARTÍNEZ, M.J., VIDAL, J. and C. NAVARRO. 2002. Proposed reference values for heavy metals in calcareous fluvisols of the Huerta de Murcia (SE Spain). In: *Sustainable use and management of soils in arid and semiarid regions* (Fáz A., Ortiz R., Mermut A.R., eds). Quaderna Editorial, Cartagena, Murcia, Spain, p. 495-496.

RHOADES, J.D. 1982. Cation exchange capacity. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. pp. 149-158.

RHOADES, J.D. 1982. Soluble salts. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 167-180.

QISHLAQI, A. and F. MOORE. 2007. Statistical Analysis of Accumulation and Sources of Heavy Metals Occurrence in Agricultural Soils of Khoshk River Banks, Shiraz, Iran. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 2 (5): 565-573.

SAATÇI, F., HAKERLERLER, H., TUNCAY, H. ve İ.B. OKUR. 1988. İzmir İli ve Civarındaki Bazı Önemli Endüstri Kuruluşlarının Tarım Arazileri ve Sulama Sularında Oluşturdukları Çevre Kirliliği Sorunu Üzerine Bir Araştırma, E.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu, Proje No:127.

SAHİBİN, A.R., ZULFAHMİ, A.R., LAİ, K.M., ERROL, P. and M.L. TALİB. 2002. Proceedings of the Regional Symposium on Environment and Natural Resources 10-11th April 2002, Hotel Renaissance Kuala Lumpur, Malaysia. Vol 1: 660-667.

SCHEFFER, F. and P. SCHACHTSCHABEL. 1989. *Lehburch der Bodenkunde*. 12. Aufl. Ferdinand Enke Verlag. Stuttgart. 442.

THOMAS, G.W. 1982. Exchangeable cations. In: A.L. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties*. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 159-166.

TLUSTOŠ, P., ŠICHOROVÁ, K., SZÁKOVÁ, J. and D. PAVLÍKOVÁ. 2006. Environmental Aspects of Trace Element Research – Water, Soil, Microorganisms, Plants. *Procs. Trace Elements in the Food Chain, Budapest*, 125 Contents Of Trace Elements In Grain Crops Planted At Contaminated Area.

TURAN, M.A. 2007. Bursa İli Tarım Topraklarının Kükürt Durumu. U.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 84 s. Bursa.

ZABUNOĞLU, S., A. R. BROHÍ, VE F. HATİPOĞLU, F. 1978. A Study of the major and trace elements in soil profiles using neubar seedling methods. *Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yıllığı*, 28, 3-4: 755-779.

ZANINI, E. and E. BANIFACIO. 1992. Heavy Metals Pollution in Agricultural Soils A Geostatistical Approach Near Turin (Italy). *Fresenius Envir. Bull.* 1:821-826. Birkhouser Verlag, Basel, Switzerland.

ZAUNER, G., PAPENFUSS, K.H., JAHN, R. und K. STAHR. 1993. Gesteine als Quelle von Schwermetallen in böden. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Geslisch*, 72:477-480.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Kütahya'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Kütahya'da tamamladı. 1998 yılında girdiği Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'nden 2002 yılında Ziraat Mühendisi unvanı ile mezun oldu. 2003 yılı Şubat ayında Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2006 yılında T.C.Ziraat Bankası A.Ş.'ye Ziraat Mühendisi olarak ataması yapıldı.

Halen aynı kurumda Ziraat Mühendisi (Servis Görevlisi) olarak görevine devam etmektedir.

TEŞEKKÜR

Bana bu konuda çalışma olanağı sağlayan ve çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, her konuda yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, değerli hocam Sayın Doç. Dr. Cumhuri AYDINALP'e, yüksek lisansımın her aşamasında desteğini esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. A. Vahap KATKAT'a, ilgi ve yardımlarını gördüğüm Araştırma Görevlisi Barış Bülent AŞIK'a teşekkür ederim.

Ayrıca büyük bir özveriyle bana destek veren, her zaman yanımda olan eşime ve aileme en içten duygularıyla teşekkür ederim.