

752614

T.C.
NİĞDE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ASİT ÖZELLİKTEKİ TOPRAKLARDA KİREÇLEMENİN TOPRAKTAKİ AĞIR
METAL (Cd, Cr, Ni, Pb, Cu) KONSANTRASYONUNA ve YULAF BİTKİSİNİN
VERİMİNE ETKİSİ

NİHAL ŞAHMETLİOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Emine Erman KARA

Mart, 2004

752614

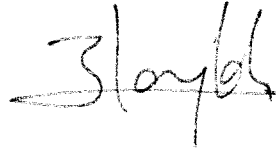
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Çevre Mühendisliği ANABİLİM DALI'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Emine Erman KARA
(Danışman , Niğde Üniversitesi Müh. Mim. Fak.)



Üye : Prof. Dr. Mustafa SOYLAK
(Erciyes Üniversitesi Fen Ed. Fak.)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Ali İhsan PEKACAR
(Niğde Üniversitesi Fen Ed. Fak.)



ONAY:

Bu tez ~~18/02~~ / 2004 tarihinde , Fen Bilimleri Enstitüsü , Yönetim Kurulu'nca belirlenmiş olan yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun ~~24/03~~ / 2004 tarih ve ~~06-08~~ sayılı kararla kabul edilmiştir.



24.03/2004

Doç. Dr. Aydın TOPÇU

Enstitü Müdürü

ÖZET

ASİT ÖZELLİKTEKİ TOPRAKLARDA KİREÇLEMENİN TOPRAKTAKİ AĞIR METAL (Cd, Cr, Ni, Pb, Cu) KONSANTRASYONUNA ve YULAF BİTKİSİNİN VERİMİNE ETKİSİ

ŞAHMETLİOĞLU, Nihal

Niğde Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman :Prof. Dr. Emine Erman KARA

Mart 2004, 86 sayfa

Bu çalışmada, Niğde İlinde patates üretimi yapılan asit özellikteki topraklardaki toplam Cd, Pb, Ni, Cr ve Cu içeriklerinin toprağın kireçlenmesi ile değişimi ve kireçlemenin yulaf bitkisinin verimine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Toprak örnekleri Nisan 2003 tarihinde 0-20 cm derinlikten Niğde ili; Misli Ovası'ndan 11 noktadan alınmıştır. Bu bölgelerden alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri (pH, tuz, kireç, fosfor, organik madde ve bünye) belirlenmiştir.

Toprak örneklerinin üzerindeki çalışmalar üç basamakta gerçekleştirilmiştir. İlk basamakta alınan toprak örneklerinde ağır metal içeriği belirlenmiştir. İkinci basamakta toprakların belirlenen kireç ihtiyaçlarına göre kireçleme yapılmış toprak tarla kapasitesine gelinceye kadar sulama yapılarak toprak pH'sı dengeye gelinceye kadar beklenmiştir (2 ay sonunda pH'lar dengeye gelmiştir). pH'ları dengeye gelen topraklarda ağır metal içeriği belirlenmiştir. Çalışmanın üçüncü basamağında, kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklarda yulaf bitkisi yetiştirilmiş ve yetiştirilen yulaflarda ağır metal içerikleri belirlenmiştir.

Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklar ile bu topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisindeki ağır metal içeriklerine göre kireçlenen topraklarda ve bu topraklarda yetiştirilen yulaflardaki ağır metal miktarlarında genel olarak bir azalma belirlenmiştir. Tüm toprak örneklerinde kireçleme ile Cd ve Cu içeriğinde azalma belirlenmiştir. Kireçleme ile Ni içeriği I

toprağında 58,60(\pm 0,2) mg/kg'dan 27,8(\pm 1,9) mg/kg'a düşerken, D toprağında 34,76(\pm 1,6) mg/kg'dan 55,5(\pm 1,7) mg/kg'a yükselmiştir. Pb içeriği K toprağında 14,5(\pm 3,5) mg/kg'dan 8,32(\pm 2,5) mg/kg'a düşmüştür. Yulaf bitkisinin Cr içeriği J topraklarında 109,1(\pm 0) mg/kg'dan 105,78(\pm 11,5) mg/kg'a düşmüştür. Ni içeriği I toprağında 54,7(\pm 0) mg/kg'dan 21,7(\pm 1,8) mg/kg'a düşmüştür. Cd içeriği K toprağında 3,55(\pm 0,3) mg/kg'dan 5,8(\pm 0,2) mg/kg'a yükselmiştir. Cu içeriği A toprağında 2,45(\pm 2,9) mg/kg'dan 6,48(\pm 0,4) mg/kg'a yükselmiştir.

Anahtar kelimeler: Asit toprak, Kireçleme, Toprak, Verim, Toplam ağır metaller (Cu,Ni, Cr, Pb,Cd)



SUMMARY

THE EFFECT OF LIMING ON HEAVY METAL (Cd, Cr, Ni, Pb, Cu) CONCENTRATION IN ACIDIC SOILS and OATS YIELD

ŞAHMETLİOĞLU Nihal

Niğde University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor : Prof. Dr.Emine Erman KARA

March 2004, 86 pages

In this study, the changing of total Cd, Pb, Ni, Cr and Cu contents by liming the acidic potato breeding soils in Niğde and effect of liming on the oats yields are determined.

Soil samples were taken "0-20 cm depth to surface" from 11 different areas of Misli Land, Niğde in April 2003. Some physical and chemical properties of soil samples (pH, total salt, lime, phosphorus, organic material and structure) were determined.

The soil samples have been determined in three-step procedure. In first step, heavy metal contents of taken soil samples were determined and irrigated until pH equilibrium. (pH was equilibrium after 2 months). Total heavy metal contents of the soils that reached pH equilibrium were determined. At last step the oats was breded both these limed and unlimed soils and their heavy metal contents were determined,

Results of heavy metal contents in limed and unlimed soil samples and oats which breded on these soils showed that there was a decreased heavy metal contents at limed soils and oats breded on these. The Cd and Cu contents decreased in all soil samples by liming. Ni content of D sample increased from 34,76 ($\pm 1,6$) mg/kg to 55,5($\pm 1,7$) mg/kg while I sample decreased from 58,60($\pm 0,2$) mg/kg to 27,8($\pm 1,9$) mg/kg . Pb content of K sample decreased from 14,5($\pm 3,5$) mg/kg to 8,32($\pm 2,5$) mg/kg. Cr content of oats decreased from 109,1(± 0) mg/kg to 105,78($\pm 11,5$) mg/kg at J sample Ni content of sample decreased from 54,7(± 0) mg/kg to 21,7($\pm 1,8$) mg/kg. Cd content of K sample increased from 3,55($\pm 0,3$)

mg/kg to 5,8(\pm 0,2) mg/kg Cu content of A sample increased from 2,45(\pm 2,9) mg/kg to 6,48(\pm 0,4) mg/kg.

Keywords : Acid Soil, Liming, Soil, oats yield, Total heavy metal content (Cu, Ni, Cr, Pb, Cd) in soil.



TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim süresince yardımlarını esirgemeyen ve bu çalışma konusunda beni yönlendiren danışmanım, Sn Prof. Dr. Emine Erman KARA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen Sn Yrd. Doç. Dr. İbrahim NARİN'e AAS ölçümlerindeki yardımlarından dolayı Erciyes Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Öğretim Üyesi Sn. Prof. Dr. Mustafa SOYLAK'a ve ölçümler sırasındaki yardımlarından dolayı Uzman Kimyager Yalçın AKKAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

İstatistiki hesaplamalarda yapmış olduğu yardımlardan dolayı Öğr.Gör. Derviş TOPUZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında bana göstermiş olduğu anlayış, destek ve yardımlarından dolayı eşim Uzman Kimyager Ertuğrul ŞAHMETLİOĞLU'na yürekten teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	III
SUMMARY.....	V
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIII
BÖLÜM 1.....	1
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.....	3
LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1 Toprak Reaksiyonunun Bitki Besin Maddeleri ile İlişkisi.....	3
2.2 Alüminyum, Demir ve Mikro Elementler.....	3
2.3 Potasyum ve Kükürt.....	4
2.4 Yarayışlı Fosfor.....	5
2.5 Yüksek Bitkilerin pH ile İlişkileri.....	6
2.6 Mineral Topraklardaki Bitki Besin Maddeleri.....	6
2.6.1 Mikro bitki besin elementleri.....	6
2.7 Toprak pH'sının Bitki Beslenmesi Yönünden Önemi.....	7
2.8 Ağır Metalin Tanımı.....	7
2.8.1 Topraktaki ağır metal kaynakları ve ekosistem içindeki hareketleri.....	8
2.8.2 Toprakta ağır metal birikimi ve bitkilere toksik etkileri.....	10
2.9 Kireçleme ve Kireçlemenin Nedenleri.....	16
2.9.1 Fazla kireçlemenin zararlı etkileri.....	17
2.9.2 Kireçleme materyali.....	18
2.9.3 Kirecin toprak pH'sına etkisi.....	18
2.10 Bazı Eser Elementler ve Biyokimyasal Özellikleri.....	19
2.10.1 Nikel.....	20
2.10.2 Kadmiyum.....	21
2.10.3 Kurşun.....	24
2.10.4 Krom.....	27
2.10.5 Bakır.....	29
BÖLÜM 3.....	31

MATERYAL VE METOT.....	31
3.1 Materyal.....	31
3.2 Toprak Örneklerinin Alındığı Yerlere Ait Özellikler	32
3.2.1 Coğrafi konum	32
3.2.2 İklim özellikleri ve bitki örtüsü	32
3.2.3 Tarımsal yapı	32
3.3 Metot	34
3.3.1 Toprak örneklerinin alınmaları ve analize hazırlanmaları.....	34
3.3.2 Toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler	34
3.3.3 Topraklarda toplam ağır metal içeriğini belirlemede kullanılan yöntemler	35
3.3.4 İstatistiksel analizler	38
BÖLÜM 4.....	39
BULGULAR VE TARTIŞMA	39
4.1 Deneme Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	39
4.2 Kireçlemenin Toprakların pH Değişimine Etkisi	39
4.3 Alınan Toprak Örneklerinin Ağır Metal İçerikleri.....	41
4.4 Kireç Uygulamasından Sonra Toprak Örneklerinin Ağır Metal İçerikleri.....	43
4.4.1 Kireçlemenin toprağın Cr içeriğine etkisi.....	45
4.4.2 Kireçlemenin toprağın Pb içeriğine etkisi	47
4.4.3 Kireçlemenin toprağın Ni içeriğine etkisi.....	48
4.4.4 Kireçlemenin toprağın Cd içeriğine etkisi.....	50
4.4.5 Kireçlemenin toprağın Cu içeriğine etkisi.....	52
4.5 Kireçlemenin Yetiştirilen Yulaf Bitkisinin Verimine Etkisi	55
4.6 Kireçlenen Toprakda Kireçlemenin Yulaf Bitkisinin Ağır Metal İçeriğine Etkisi. 56	
4.7 Duncan Testiyle Yapılan Sonuçlar.....	56
4.8 Kireçlemenin Yulaf Bitkisinin Ağır Metal İçeriğine Etkisi.....	57
4.8.1 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cr içerikleri.....	59
4.8.2 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Pb içerikleri	60
4.8.3 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Ni içerikleri	61
4.8.4 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cd içerikleri	61

4.8.5 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cu

İçerikleri	62
BÖLÜM 5	65
SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR	69



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Yağmur, kar ve sis suyundaki ağır metal oranları.....	9
Çizelge 2.2 Türkiye kömürlerinde ağır metal içerikleri.....	9
Çizelge 2.3 İçme suyu ile kumlu ve killi topraklarda kullanılan sulama sularındaki toksik elementlerin tolere edilebilir en yüksek konsantrasyonları.....	10
Çizelge 2.4 Toprakta ağır metal sınır değerleri.....	11
Çizelge 2.5 Toprak kirliliği sınır değerleri.....	13
Çizelge 2.6 Bazı ağır metallerin bitkilerdeki kritik konsantrasyonları.....	15
Çizelge 3.1 Toprak tampon çözelti pH'sına göre toprakların pH'larını 6,8'e getirmek için verilecek saf CaCO ₃ miktarları.....	37
Çizelge 4.1 Toprak örneklerine kireç uygulaması yapılmadan önceki ve kireç uygulaması yapıldıktan sonraki pH değerleri.....	39
Çizelge 4.2 Misli ovasından alınan toprak örneklerinin alındıkları yerler ve bazı özellikleri.....	40
Çizelge 4.3 Alınan toprak örneklerindeki ağır metal içerikleri.....	41
Çizelge 4.4 Kireçsiz Topraklardaki Ağır Metal İçerikleri İle Toprak Özellikleri Arasındaki İlişki.....	42
Çizelge 4.5 Kireç uygulaması yapılan toprakların ağır metal içerikleri.....	43
Çizelge 4.6 Kireçlenen topraklardaki ağır metal içerikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişki.....	44
Çizelge 4.7 Kireçleme yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra toprakların Cr içerikleri...	45
Çizelge 4.8 Varyans Analiz Tablosu (Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardan elde edilen krom miktarları arasındaki ilişki).....	46
Çizelge 4.9 Duncan Analiz Tablosu (Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Cr değerlerinin örnekleme yerlerine göre değişimi).....	46
Çizelge 4.10 Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Pb içeriği.....	47
Çizelge 4.11 Varyans Analiz Tablosu (Kireçleme yapılan ve yapılmayan toprakların Pb miktarları arasındaki ilişki).....	48
Çizelge 4.12 Duncan analiz tablosu (Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Pb değerlerinin örnekleme yerlerine göre değişimi).....	48
Çizelge. 4.13 Kireç uygulaması yapılan ve yapılmayan topraklardaki Ni içeriği.....	48
Çizelge 4.14 Varyasyon Analiz Tablosu (Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardan elde edilen nikel miktarları arasındaki ilişki).....	49
Çizelge 4.15 Duncan Analiz Tablosu (Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Ni içeriklerinin örnekleme yerlerine göre değişimi).....	50
Çizelge 4.16 Kireçleme uygulanan ve kireçleme uygulanmayan toprakların Cd içerikleri50	
Çizelge 4.17 Varyans Analiz Tablosu (Kireçlenen ve kireçlenmeyen toprakların kadmiyum miktarları arasındaki ilişki).....	52
Çizelge 4.18 Duncan Analiz Tablosu (Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Cd değerlerinin örnekleme yerlerine göre değişimi).....	52
Çizelge 4.19 Topraklara kireçleme uygulaması yapılmadan önce ve kireçleme yapıldıktan sonraki Cu içeriği.....	53
Çizelge 4.20 Varyans Analiz Tablosu (Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda Cu miktarları arasındaki ilişki).....	54
Çizelge 4.21 Duncan Analiz Tablosu (Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklardaki Cu değerlerinin örnekleme yerlerine göre değişimi).....	54
Çizelge 4.22 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisi verimi..	55
Çizelge 4.23 Varyans Analiz Tablosu (Kireçsiz topraklarda verimi etkileyen nedenler).	56
Çizelge 4.24 Varyans Analiz Tablosu.....	56

Çizelge 4.25 Duncan analiz tablosu (Bölgelerden elde edilen verimlerin birbiri ile ilişkisi).....	57
Çizelge 4.26 Kireçlenen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin ağır metal içeriklerine ait istatistikler.....	57
Çizelge 4.27 Varyans Analiz Tablosu (Kireçlenen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin ağır metal içerikleri).....	58
Çizelge 4.28 Kireçsiz topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin ağır metal içeriklerine ait istatistikler.....	58
Çizelge 4.29 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cr içerikleri.....	59
Çizelge 4.30 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Pb içerikleri.....	60
Çizelge 4.31 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Ni içerikleri.....	61
Çizelge 4.32 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cd içerikleri.....	62
Çizelge 4.33 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cu içerikleri.....	62



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Toprak pH'sı ile bitki besin elementlerinin yarayırlılıkları arasındaki ilişkiler... 4	
Şekil 2.2 20 cm'lik üst toprak katının pH'sını yükseltmek için gerekli kireç taşı miktarı..... 19	19
Şekil 3.1 Toprak örneklerinin alındığı yerler..... 31	31
Şekil 3.2 Niğde'de toprakların kullanım dağılışı 33	33
Şekil 3.3 Tarım arazilerinin kullanımı 33	33
Şekil 4.1 Toprak örneklerinin kireç uygulaması yapılmadan önceki ve kireç uygulaması yapıldıktan sonraki pH değerleri 41	41
Şekil 4.2 Topraklara kireç uygulaması yapılmadan önce ve yapıldıktan sonraki Cr içeriklerinin değişimi..... 46	46
Şekil 4.3 Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Pb içeriği 47	47
Şekil 4.4 Kireç uygulaması yapılan ve yapılmayan topraklardaki Ni içeriği 49	49
Şekil 4.5 Kireçlenen ve kireçlenmeyen toprakların Cd içerikleri..... 51	51
Şekil 4.6 Kireçlenen ve kireçlenmeyen toprakların Cu içeriği 53	53
Şekil 4.7 Kireç uygulaması yapılmadan önce ve kireç uygulandıktan sonra topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin verimi..... 55	55
Şekil 4.8 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cr içerikleri 59	59
Şekil 4.9 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Pb içerikleri 60	60
Şekil 4.10 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Ni içerikleri..... 61	61
Şekil 4.11 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cd içerikleri..... 62	62
Şekil 4.12 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cu içerikleri..... 63	63

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Toprak, yer yüzeyini ince bir tabaka halinde kaplayan, kayaların ve organik maddelerin türlü ayrışma ürünlerinin karışımından meydana gelen, içerisinde ve üzerinde çok sayıda canlılar alemi barındıran, bitkilere durak yeri ve besin kaynağı olan, belli oranlarda su ve hava içeren üç boyutlu bir varlıktır (Akalan, 1987).

Toprak kirliliği; farklı şekillerde tanımlanmaktadır.

- Toprağın üstüne ve içine bırakılan zararlı atık maddelerin toprak niteliğini bozmasıdır.
- Toprağın verim gücünü düşürecek, optimum toprak özelliklerini bozacak her türlü teknik ve ekolojik baskılar ve süreçlerdir
- Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde meydana gelen ve arzu edilmeyen değişimlerdir (Çepel, 1997).
- Toprak kirlenmesi ise; insan faaliyetleri sonucunda toprağın doğal yapısının bozulması, fiziksel, kimyasal ve biyolojik bileşiminin olumsuz yönde değişmesi ve toprağın özelliği gereği kullanılabilirliğinin azalması veya yerinde kullanılmaması şeklinde tarif edilebilir (Karpuzcu, 1994).

Toprağın zararlı maddelerle kirlenmesine neden olan süreçler birbirinden farklı iki grupta toplanabilir Bunlardan birincisi, toprak dışındaki ekosistemlerde meydana gelen kirlenmelerden meydana gelen süreçlerdir. Bu gruba hava ve suları kirleten maddeler ile radyoaktif kaynaklı kirleticiler girmektedir İkinci gruba giren kirleticiler insan eliyle toprağın üstüne ve içine getirilen zararlı maddelerdir. Tarımsal aktivite ile toprağa verilen mineral gübreler, hayvansal ve bitkisel zararlılarla mücadele için kullanılan biyosidler, hormonlar, tarımsal endüstri atık maddeleri, sıvı-katı gübreler, endüstriyel faaliyetler

sonucunda toprağa karıştırılan petrol, mineral yağlar, benzin, evsel ve endüstriyel katı atık maddeler vb.dir (Çepel,1997).

Topraktaki ağır metaller, düşük düzeyde bitkiler ve mikroorganizmalar için besin özelliği gösterirken, yüksek düzeylerde toksik etki gösterirler. Cd, Cr, Pb, Cu, Ni, Zn atıklarda büyük miktarlarda bulunur. Ağır metallerin çevredeki potansiyel kirliliği topraktaki konsantrasyonlarına ve onların hareketliliğine ve biyolojik alınabilirliğine bağlıdır. Topraktaki ağır metallerin ekolojik risklerini belirlemek için toplam metal miktarı ve toprak çözücü ekstraktında metal miktarının ölçümü gereklidir (Colombo ve diğ, 1998)

Ağır metaller; toprağın adsorpsiyonu, kimyasal reaksiyon ve iyon değişimi sonucu toprakta tutulurlar (Karpuzcu, 1994).

Sıvı haldeki ahır gübresinin toprakta meydana getirdiği olumsuz etkilerden biri toprağın baz doygunluk oranını bozmasıdır. Nitrat iyonu bakımından zengin topraklarda toprak çözeltilisi, iyon değişimini hızlandırır Böylece toprakta tutulmuş bazik katyonlar toprak çözeltilisine geçerek yıkanıp gider. Bu yolla toprağın asitlik derecesi artırılmış olur. Azotlu gübrelerin toprağa verdiği zarar, asit karakterli olanların toprağın asitlik derecesini yükseltmesidir. Bu ise, toprakta bazı besin maddelerinin alınmaması, asit katyonların zehir etkisi yapacak derecede artması, mikroorganizma faaliyet ve yaşamlarını sınırlaması gibi olumsuz etkiler ve zararlar meydana getirmektir (Çepel, 1997).

Bu çalışmada amaç olarak; Niğde'de patates üretimi yapılan topraklarda yoğun olarak kullanılan kimyasal gübrelemenin etkisiyle toprağın asitlik derecesinin yükselmesi ile çözünürlüğü artan ağır metal miktarlarının toprak pH'sını yükselterek azaltılmasıdır. Bu amaçla asit özellikteki topraklarda kireçleme yapıp kireçlemenin topraklarda ağır metal içeriklerine etkisi belirlenmiştir. Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yulaf bitkisi yetiştirilerek verime ve yulaf bitkisinin ağır metal içeriğine olan etkisinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Toprak reaksiyonunun bitki besin maddeleri ile ilişkisi

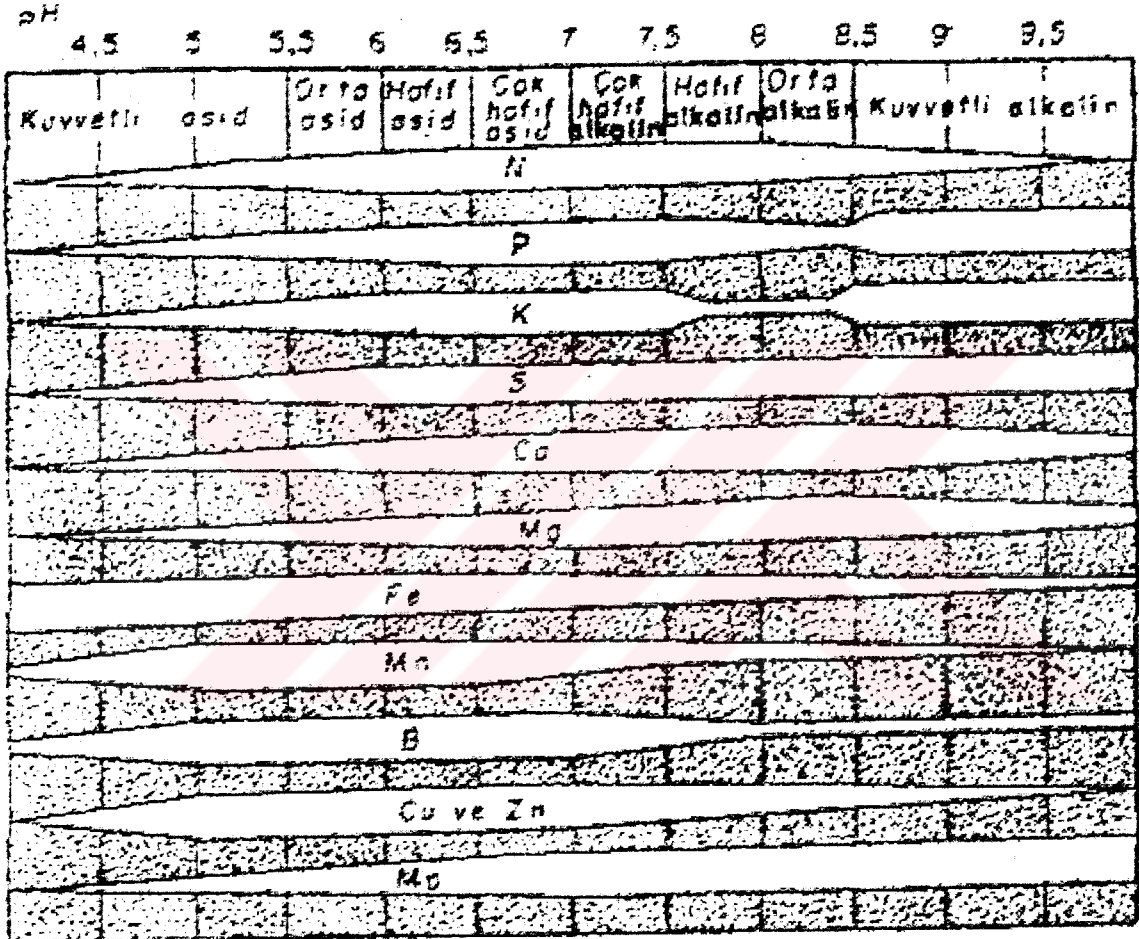
Toprak reaksiyonunun bir ölçü birimi olan pH ile 1) Kalsiyum ve magnezyumun değişebilirliği 2) Aluminyum, demir ve mikro elementlerin çözünürlüğü, 3) Fosfatların çözünürlüğü ve 4) Toprak mikroorganizmalarının faaliyetleri arasında önemli bilimsel ve pratik ilişkiler vardır.

2.2 Aluminyum, Demir ve Mikro Elementler

Toprak reaksiyonu ile aluminyum, demir ve manganez iyonlarının aktiflikleri arasındaki yakın ilişki Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Bir mineral toprağın pH'sı düşük olduğu takdirde, bu üç iyonun önemli miktarda çözülmüş oldukları görülür. Bazan bu çözülmüş miktarlar, toksik etki yapacak düzeye erişmektedirler. Ancak, pH yükseldikçe bunların çözünürlükleri azalarak çökürlür ve nötr noktada bazı bitkilerin manganez ve demir noksanlığı çekebileceği düzeye inerler .Bu, özellikle kumlu topraklar kireçlendiğinde, pH'nın aniden nötr noktaya çıkarıldığı durumlarda sık, sık karşılaşılan bir olaydır .Toprak reaksiyonu, belli pH derecelerinde, örneğin 6,0-7,0 arasında tutulduğunda, Fe, Al ve Mn'nun toksik etkileri kontrol altına alınır ve bunlardan Fe ve Mn iyonları toprakta bitkilere yetecek miktarda bulunurlar. Bakır ve çinko da, yükselen pH'dan aynı şekilde etkilenirler. Kritik nokta pH = 7'ye yakındır. Bunun üzerinde, yarayışlılık çok azalmaktadır. Bor için olan durum biraz farklı ve biraz da karışıktır. Kireçlenen topraklarda bor yarayışsız bir şekilde belirlenmektedir (Akalan., 1987).

2.3. Potasyum ve Kükürt

Potasyum, asit koşullarda çok fazla çözüldüğünden, asit reaksiyonlu topraklardan kolaylıkla yıkılıp gider. Bir toprağın pH'sı ne kadar düşük ise, o toprağa o kadar fazla potaslı gübre ilave etmek gerekir. Potasyum iyonlarının en yararlı olduğu pH sınırları 7,5-8,5 tur. Yararlı potasyum iyonları miktarı pH= 8,5'un üzerinde aniden artar. Ancak, bu yüksek pH derecelerinde, bitkiler normal gelişme yapamazlar(Şekil 2.1.) (Akalan., 1987).



Azami yararlılık bölgeğün en geniş olduğı kısımdadır

Şekil 2.1. Toprak pH'sı ile bitki besin elementlerinin yararlılıkları arasındaki ilişkiler

Topraklarda toplam potasyum miktarı genellikle yüksektir. Fakat, bunun bitkilere faydalı şekilleri fazla olmayabilir. Potasyuma genellikle ince tekstürlü topraklardan çok, kumlu topraklarda ve organik topraklarda ihtiyaç vardır. Potasyum bitkilerin hastalıklara dayanıklılıklarını artırmaktadır. Genel bir kural olarak, yeter derecede potasyum alamayan bitkinin hastalıklara daha uygun olduğu söylenilebilir. Kükürt topraklarda az

miktarda bulunur. Bitkilerin topraklardan aldığı kükürdün büyük bir kısmı toprakta ayrılan organik maddelerden açığa çıkar. Ayrıca, toprağa verilen gübrelerin bileşiminde doğal madde olarak bulunur. Yağmur suları ile de bir miktar kükürt toprağa geçer. Kükürt, proteinlerin bileşiminde bulunur, klorofil oluşması için lüzumludur. Kök büyümesini ve baklagillerde nodül oluşumunu hızlandırır (Ergene, 1982).

Topraklarda pH ile ilgili olarak, önemli bir kükürt sorunu yoktur. Kükürt taşıyan sülfat iyonları, geniş pH sınırları arasında yarayışlı durumlarını korurlar. Ancak, düşük pH derecelerinde sülfat yıkanmasının fazlalığı nedeni ile noksanlık belirtisi görülebilir (Akalan., 1987).

2.4 Yarayışlı Fosfor

Genel olarak, topraklarda toplam fosfor miktarı az olduğu gibi bitkilere faydalı şekilleri de azdır. Bu yüzden gübrelerde en çok kullanılan elementlerden biri de fosfordur. Fosforun bitki, hayvan ve insanların beslenmesindeki önemi gayet iyi bilinmektedir. Fosfor bitkilerde en fazla tohumlarda bulunur. Bitkilerde, kök sisteminin iyi gelişmesi ve yayılmasını sağlayarak bitkinin topraktan faydalanma hacmini artırır. Fosfor bitkinin olgunlaşmasını hızlandırır, hastalık ve zararlılara karşı direncini artırır (Ergene, 1982).

Ortamda yeterli düzeyde fosforun bulunması, hububat bitkilerinde sapın daha kuvvetli olmasını sağlar. Uygun düzeylerde fosfor uygulanmasıyla bazı meyvelerin, mera bitkilerinin, sebzelerin ve tane ürünlerinin kalite yönünden geliştiği ve hastalıklara karşı dayanıklılığın arttığı bilinmektedir (Tisdale ve diğ., 1982).

Alkali toprak reaksiyonlarında PO_4^{3-} iyonları hakimdir .Hafif ve orta asit koşullarda, sırası ile HPO_4^{2-} ve $H_2PO_4^-$ iyonları hakim duruma geçmektedir. Toprak pH'sı fosfat iyonlarının aktivitesini dolaylı yoldan da etkilemektedir. Toprak asitliği arttıkça Al, Fe ve Mn'in aktiviteleri de artar ve bunlar fosfat iyonları ile birleşerek kolay çözünemeyen fosfat bileşikleri oluştururlar. Bu durum özellikle pH sı 5,0 ten küçük olan topraklarda ortaya çıkmaktadır. Toprak pH'sı 7'nin üzerinde olduğu takdirde, toprakta fazla miktarda $CaCO_3$ var demektir. Bu nedenle kireçle kompleks kalsiyum fosfatlar oluşmaktadır. Bunlar; oksi-apatit' den $(3 Ca_3(PO_4)_2CaO)$ başlayarak ve çözünürlük gittikçe azalmak

suretiyle, flor bulunan topraklarda oluşan flor-apatit'e ($3 \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{CaF}_2$) kadar değişen bileşiklerdir. Buna göre, pH sı 7,5'in üzerinde olan topraklarda mevcut olan veya sonradan gübrelerle ilave edilen fosfatların çözünme yetenekleri azalarak, büyük ölçüde yarayışsız hale geçmektedirler (Akalan., 1987).

2.5 Yüksek bitkilerin pH ile ilişkileri

Tarım yapılan topraklarda asit, nötr ve alkalın reaksiyonlar, bitkiler üzerinde değişik fizyolojik etkilerde bulunurlar .Reaksiyonu çok kuvvetli asit (pH > 4,5) olan bir toprakta değişebilir Ca^{2+} ve Mg^{2+} miktarları çok azdır .Buna karşın demir ve alüminyum iyonları ve boratlar fazla miktarda bulunurlar .Bunlara ek olarak, organik orijinli toksik maddeler de vardır .Yarayışlı azot, fosfor ve potasyum miktarları ise yetersizdir . Alkalın reaksiyonlu tarım topraklarında (pH > 7,5), yüksek oranlarda aktif Ca^{2+} ve Mg^{2+} bulunur. Toksik etkiye sahip serbest alüminyum iyonu bulunmaz. Humus bazlarla doygun olup, aktiftir. Azotun yarayışlılığı yüksektir .Ancak pH nın 7,5'un üzerine çıkması halinde; demir, manganez, bakır, çinko ve özellikle fosfor ve bor'un yarayışlılıkları azalır . Orta ya da hafif asit; ve nötr reaksiyonlu topraklar, yonca gibi, baklagiller dışında kalan bir çok ürünler için uygundur .Kimyasal ve biyolojik olayların optimum gerçekleştiği bu topraklarda, besin maddesi sorunlarının çözümü kolaydır. Mikroorganizma faaliyetleri yüksektir (Akalan., 1987).

2.6 Mineral Topraklardaki Bitki Besin Maddeleri

2.6.1 Mikro bitki besin elementleri

Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo ve Cl yüksek bitkiler tarafından çok az miktarlarda kullanılır. Bu yüzden de mikro elementler veya minör elementler adını alırlar. Bunların yokluğu halinde bitki gelişmesi geriler veya durur. Mikro elementlerin genellikle bir problem olarak karşılaşılabilecekleri üç toprak durumu vardır: a) Kumlu topraklar, b) Organik topraklar, c) Alkali topraklar. Bu, kumlu toprakların veya organik toprakların minör elementleri nispeten az içermeleri ve fazla alkali toprak şartlarında bu elementlerin bitkilere faydalı formlarının düşük oluşundandır (Ergene, 1982).

2.7 Toprak pH'sının bitki beslenmesi yönünden önemi

Toprak pH'sı besin maddesi absorpsiyonu ve bitki gelişmesine; 1) Hidrojen iyonlarının direkt etkisi veya 2) Besin maddelerinin yayarışlılığına ve toksik elementlerin bulunup bulunmamasına olan dolaylı etkisi ile etken olabilmektedir .Bir çok topraklarda dolaylı etki daha fazladır . pH 5 ten 7,5 veya 8,0'e doğru yükselirken birçok besin elementlerinin yayarışlılıkları azalmaktadır. Demir, manganez ve çinko bu duruma uyan örneklerdir. Buna karşılık molibdenin yayarışlılığı, toprak pH'sının yükselmesine paralel olarak artmaktadır. Yayarışlı formları hiç bir zaman fazla olmayan fosfor'un en kolay alınabildiği pH dereceleri 6,5 civarındadır. pH 5,0-5,5'in altında; demir, alüminyum ve manganez, toksik etki yapacak kadar fazla çözünmektedirler .Çok yüksek pH derecelerinde bikarbonat iyonları, diğer iyonların normal olarak alınmasını önleyecek ve bu suretle optimum gelişmeyi durduracak kadar yüksek konsantrasyon kazanmaktadırlar. Bu örnekler, pH'nın indirekt etkilerinin, verimlilik sorunlarının teşhisinde ne kadar önemli bir role sahip olduğunu göstermektedir (Akalan., 1987).

Gelişme için gereksinilen birtakım besin elementlerinin yararlılığını etkilemesi nedeniyle toprak reaksiyonu (toprak asitliği pH), bitkilerin gelişmesini etkiler. Toprak reaksiyonunun bu yöndeki etkilerine örnek olarak, asit reaksiyonlu topraklarda fosfat iyonlarının yararlılığının azalması gösterilebilir. Topraklarda demir ve alüminyum iyonları fosfat iyonları ile reaksiyona girerek çözünmeyen bileşikler oluştururlar ve böylece fosfatların bitkilere yararlılığı azaltılmış olur. Benzer durum, organik madde içerikleri yönünden yüksek olan topraklarda mangan içinde görülür. Bu topraklarda pH yüksek olduğundan, Mn iyonları ile fosfat iyonları bileşerek çözünmeyen reaksiyon ürünleri oluşur. Toprakta pH'nın düşmesi ile de molibden'in bitkilere yararlılığında azalma olur. Öte yandan, azotun amonyum formunu içeren gübreler pH değerleri 7.0'nin üstünde bulunan toprakların yüzeylerine uygulandığı zaman, volatilizasyon yolu ile azot, amonyak (NH₃) şeklinde atmosfere geçerek yitime uğrar; bu sürecin sonucu olarak, uygulanan azotlu gübrelerden beklenen verim artışı sağlanamaz (Tisdale ve diğ., 1982).

2.8 Ağır metalin tanımı

Genel anlamda; canlı bünyesine girdiği zaman ona zararlı olan metallere toksik metaller veya ağır metaller denir (Gündüz,1998). Bu başlık altında toplanan ve özgül ağırlıkları 5

g/cm³'ten daha fazla olan elementler ve onların iyonları, periyodik cetvelin geçiş elementleri olarak tanınan geniş bir gruba aittir. Söz konusu elementlerden bazıları canlı dokularında iz element veya mikroelement olarak adlandırılmakta ve kültür bitkileri tarafından küçük çapta da olsa besin amacı ile absorbe edilmektedir. Metal ve metal olmayanlar arasındaki fark kesin olmamakla birlikte periyodik tablonun incelenmesi sonucunda 84 elementin metal olduğu kabul edilmiştir. Tanımlanan nitelikte çevre kirliliği dikkate alındığında ise 69 element bu kategoriye girmektedir (Gündüz, 1998).

2.8.1 Topraktaki ağır metal kaynakları ve ekosistem içindeki hareketleri

Çevre kirleticisi maddeler genelde bozunan ve bozunmayan kirleticiler olarak iki büyük gruba ayrılırlar. Bozunmayan çevre kirleticiler çevrede birikmekle kalmazlar, biyokimyasal çevrime ve gıda zincirine girerek toksik seviyelere ulaşırlar. Bunlar arasında Pb, Zn, Cu, Cd, Ni gibi ağır metaller geniş kullanım alanları nedeniyle en çok izlenen ve araştırılan kirleticiler arasında yer alırlar (Yaman,1995).

Çok çeşitli endüstriyel baca gazları, şehir içi ve şehirlerarası taşıt trafiği ağır metaller yönünden havanın kirlenmesine yol açmaktadır. Daha sonrada bu elementlerin yağışlarla toprağa iletilmesi, bazı yörelerde ağır metal içeriği zengin olan akarsuların sulama amacı ile kullanılması, yapay gübreler ve pestisitlerden bulaşmalar toprakta ağır metal birikimini artıran önemli uygulamalardır. Bunun dışında metalurjik işlemlerden kaynaklanan baca gazları ile toz veya partikül serpintileri çöp ve yığınlardan süzülerek taban suyuna ve akarsulara karışan artıklarda toprağın ağır metal içeriğinin yükselmesine neden olmaktadır. Örneğin Zn ve Cu madenlerinin işlendiği endüstriyel alanlardaki canlı dokularında ciddi sağlık sorunları ortaya çıkabilmektedir. Toprağın ağır metaller açısından kirlenmesinde kanalizasyon suları ile arıtma sıvı ve katı artıkları da son derece önemlidirler Bu tip maddelerin tarım arazisine boşaltılması toprakta ve bitkisel ürünlerde ağır metal kirlenmesine neden olmaktadır. Kanalizasyon artıklarının kimyasal yapısı zaman ve yere göre büyük farklılıklar göstermektedir. Bu atıkların kimyasal bileşimi kanalizasyona ulaşan akıntılarının cinsine bağlıdır (Tok,1997).

Hava kirliliğinin yarattığı asit yağmuru, kar , sis vb. yağış türleri topraklarda asitleşmeye neden olmaktadır. Topraklar ortamın asitleşmesi sonucunda; gerek asitleşen ölü örtü ve ayrışan organik madde, gerekse ayrışan mineral maddelerden dolayı iç dinamiklerinde bir

denge bozulması ile karşı karşıyadır. Bu nedenle toprak kirlenmesinde hava kirliliği konusu önemlidir. Hava kirliliğinde en önemli gazlar SO₂, NO_x, Cl⁻, F⁻ dur. Bu gazların bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri yanında toprağın asitleşmesine etkileri önemlidir. Ancak asit yağış suları asitleştirici etki yanında önemli ölçüde ağır metal kirliliğine de sebep olmaktadır. Çizelge 2.1’de kayın ormanında yağmur, kar ve sis suyundaki ağır metal oranları (%) gösterilmiştir.

Çizelge 2.1 Yağmur, kar ve sis suyundaki ağır metal oranları (%) (Kantarıcı, 1992)

1. Yağmur	Pb	Cd	Ni	Cu	Fe	Mn
1.1 Yaz Mevsiminde	22.2	11.0	38.4	41.2	28.2	47.7
1.2. Kış Mevsiminde	26.7	25.4	20.7	26.3	25.9	20.0
3.Kar	26.7	21.0	17.5	17.9	25.2	3.7
4.Sis	24.4	42.6	23.4	14.6	20.8	28.6
TOPLAM	100	100	100	100	100	100

Türkiye’de yağmur ve kar reaksiyonlarının şiddetli asit değerlere ulaştığı yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Asit yağışlar kuzeyden Karadeniz üzerinden gelen kirli hava kütleleri ile oluştuğu kadar, son zamanlarda artan kömür ve petrol kullanımından da kaynaklanmaktadır. Türkiye’de taş kömürü ve linyit kömürünün temizlenmeden, aşırı ve filtresiz kullanımı asit etkisi yanında önemli ağır metal kirliliğine sebep olmaktadır. Çizelge 2.2. ’de Türkiye kömürlerinde bulunan ağır metal içerikleri görülmektedir (Kantarıcı, 1992).

Çizelge 2.2 Türkiye kömürlerinde ağır metal içerikleri (Kantarıcı, 1992)

	Ag	Co	Cu	Cr	Mn	Ni	Pb	U
Taşkömür	8*	240	270	355	870	380	245	-
Linyit	3-5*	25-35	74-118	-	-	146-202	53-89	10-33

*Bulunan değerler (µg/g)

Ağır metaller yukarıda bahsedilen nedenlerle sulara da katılmaktadır. Bu yüzden metalik kirlenmelerin çoğu sularda toplanır. Ağır metal kirliliği içeren sular genellikle asidik, suda yaşayan ve diğer canlılar için çok zehirli, arıtımda etkin mikroorganizmaları öldürücü nitelikte sulardır (Özer ve diğ., 1996).

Sularda ağır metallerin toplanması şehir, endüstriyel ve zirai artıklardan ileri geldiği gibi herhangi bir yolla atmosfere verilen metalik maddelerden de gelebilir. Atmosfere verilen metalik maddeler sonunda yeryüzüne inerler ve inen toksik metal bileşikleri nehir,

Çizelge 2.3 İçme suyu ile kumlu ve killi topraklarda kullanılan sulama sularındaki toksik elementlerin tolere edilebilir en yüksek konsantrasyonları (Gündüz,1998).

Element	İçme suyu ($\mu\text{g/g}$)	Kumlu topraklarda kullanılan sulama suyu ($\mu\text{g/g}$)	Killi topraklarda kullanılan sulama suyu($\mu\text{g/g}$)
Arsenik	0.05	1.0	10.0
Bor	20.0	0.75	2.0
Kadmiyum	0.01	0.005	0.05
Krom	0.05	5.0	20.0
Kobalt	-	0.2	100
Bakır	10	2.0	50
Kurşun	0.05	50	20.0
Molibden	-	0.05	20.0
Nikel	-	0.5	2.0
Vanadyum	-	10.0	10.0
Çinko	5.0	5.0	10.0

yağmur ve kar sularıyla yeryüzü sularına (göl, deniz, gölet, baraj vb) ulaştırıldığı gibi topraktan sızma suretiyle içme ve sulama suyuna da karışabilmektedir. Bu durum ağır metal içeren suların tarımsal alanlarda kullanılması sonucunda bu alanlardaki ağır metal içeriği sürekli artmaktadır. Ancak bu elementlerin canlı sağlığı için tolere edilebilir konsantrasyonları vardır. İyi kalitedeki içme ve sulama sularındaki bazı ağır metallerin tolere edilebilen en yüksek konsantrasyonları Çizelge 2.3'te verilmiştir (Gündüz, 1998).

Çizelgeden de anlaşıldığı gibi özellikle Cd, Pb ve As'in insan ve bitkiler tarafından tolere edilebilen sınır değerleri çok düşüktür. Ancak bu elementleri içeren sulama suyunun ağır veya hafif bünyeli bir toprakta kullanılması da konsantrasyon sınır değerlerini değiştirmektedir. Killi topraklarda ağır metallerin bir kısmı kil minerallerince adsorbe edilerek pasif hale getirilmektedir. İnsan için güvenli kabul edilen konsantrasyon seviyeleri topraktaki canlı yaşam içinde güvenli kabul edilmektedir (Tok,1997).

2.8.2 Toprakta ağır metal birikimi ve bitkilere toksik etkileri

Toprakta ağır metal birikimi daha çok yüzeyde meydana gelmektedir. Suda çözünebilir veya değişebilir formları bitkiler için hazır ve kullanışlı halde bulunabilir. Ancak ağır metaller kil mineralleri üzerinde adsorbe olmakta, karbonat halinde çökebilme, Fe, Al ve Mn oksitleri içinde tutulmakta yada organik bileşiklerle organo metalik bileşikler (kleyt) oluşturarak kararlı konuma gelebilmektedirler. Birden çok ve merkezi etkin bağlar oluşturmaları suretiyle ağır metalleri adsorbe olmaları ve kleyt oluşturma özellikleri

artmaktadır. Oluşan bileşiklerin yeniden toprak çözeltisine geçmeleri yada bitkiler tarafından adsorbe edilmeleri toprakta sorpsiyon dinamiğini etkileyen unsurlara bağlıdır. Bu unsurların başında kil miktarı, kilin cinsi, topraktaki organik madde miktarı, topraktaki su miktarı ve diğer elementlerin derişimi gelmektedir. Toprakta organik madde ve kil mineralleri genelde yüzeyde daha fazla olduğu için ağır metal yoğunlaşmalarının tamamında yüzeye yakın olan yerlerde meydana gelmektedir. Toprak profilinin derinliklerine doğru gidildikçe ağır metal konsantrasyonu azalmaktadır. Genellikle doğal koşullar altında bitkilerin kullanabildiği formlar iz metallerin sadece küçük fraksiyonlarıdır. Bununla birlikte çoğu topraklarda ağır metal yönünden zengin ana materyal bu elementlerin içeriğini %30-60 artırabilir. Maden ve maden işleme endüstrisini bulunduğu alanların etrafındaki iz elementler bakımından yüksek kirlilik görülebilir. Ağır metal yağış veya sulama suları ile aşağı kısımlara doğru inebilmekte veya bitki köklerine absorbe edilebilmektedir. Söz konusu elementler değişik kaynaklardan toprağa ulaşmaktadır Ancak Cd, tarımsal topraklara fosforlu gübreler yoluyla ulaşmakta ve bu alanlarda birikmektedir Bu konularda yapılan araştırmalarda ; çözülebilir fosforlu gübreler MAP (monoammonyomfosfat) ve DAP (diammonyumfosfat) tarımsal alanlarda kullanıldığında Cd içeriğinin toprakta arttığı görülmüştür. Özellikle DAP uygulanan topraklara da Cd ve Zn yönünden artış gözlenmiştir (Tok, 1997;Kabala ve diğ., 2001; McGowen ve diğ., 2001).

Ülkemizde Çevre Bakanlığı tarafından çevre kanunu çerçevesinde hazırlanan“Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ” içerisinde topraktaki ağır metal sınır değerleri belirtilmiştir. 10.12.2001 tarihli ve 24609 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan bu yönetmeliğe göre toprakta bulunması gereken ağır metal içerikleri çizelge 2.4’te verilmiştir.

Çizelge 2.4 Toprakta ağır metal sınır değerleri(Anonim, 2001)

Ağır metal	pH ≤ 6 µg/g Fırın kuru toprak	pH > 6 µg/g Fırın kuru ağırlık
Kurşun	50**	300**
Kadmiyum	1**	3**
Krom	100**	100**
Bakır*	50**	140**
Nikel*	30**	75**
Çinko*	150**	300**
Civa	1**	1.5**

*pH değeri7’den büyük ise Bakanlık sınır değerleri %50’ye kadar artabilir.

**Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerinin aşılmasına izin verilir.

Ağır metallere Zn, Cd, Pb ve Hg bitkilere zehirleyici etkiler yapmaktadır. Hg'nin etkisi Zn'ya göre 100 defa daha fazladır. Çizelge 2.4'de toprak kalitesine ait metal sınır değerleri verilmiştir.

Kök büyümesinde zehirli metallere olumsuz etkileri vardır. Ağır metallere karşı bitkinin tolerans düzeyini bitkinin toleransı ve toprak kimyası belirler. Bazı bitkiler bir metale karşı yüksek tolerans gösterirken bazıları düşük tolerans gösterebilir. Örneğin; Kobalt çiçeği (*Crotalaria cobaltica*) bitkisi 1 kg kuru maddede 500-800 ppm Co içermektedir (Davies ve diğ., 1991).

Cd, Pb, Cu, Zn, Ni gibi ağır metallere yüksek konsantrasyonları toprakta yoğun kirliliğe neden olmaktadır. Bu beş element arasındaki etkileşimler ekosistemde toksik olarak kendini gösterir. Ağır metallere yüksek dozları bitki gelişiminde %10, hatta asit topraklarda %50'ye varan gerilemelere neden olur. Meyva ağaçlarında ve yonca (*Medicago sativa*)'da kayda değer ürün kayıplarına neden olmuştur (Wu Yan Yu ve diğ., 1997).

Bitkiler yoluyla ağır metal alımı aktif veya pasif olabilir. Hem kök-toprak hem de kök-sürgün ana birimleri bitkilerin ağır metal alımı bitki türlerine göre değişmektedir. Topraktaki ağır metal düzeyinin belirlenmesinde bitkiler indikatör görevi görürler. Topraktaki ağır metal bulaşmasına karşı bitkiler, kimyasal içeriklerinin değişimi veya biyokimyasal işlevlerinde ortaya çıkan bazı semptomlarla kendini gösterirler. Örneğin, Pb, Cd, Cr, Zn ve Al fitotoksitesi bitkilerde değişik semptomlarla kendini gösterir. Yosunlar, likenler, su bitkileri, yabancı otlar ve ağaçlar ağır metallere biyolojik olarak incelenmesinde kullanılabilirler (Singh ve diğ., 1993).

(Kraus ve diğ., 1997), Almanya Bavaria'da yazlık buğday, yazlık çavdar, yazlık arpa, mısır, şeker pancarı, kırmızı üçgül, turp, marul ve ıspanak bitkilerinin yetiştiği kumlu topraklara yüksek düzeyde ağır metal içeren kanalizasyon atıklarının 1978-1989 yılları arasında verilmesi sonucunda Zn ve Cd için (808 Pb $\mu\text{g/g}$, 40 Cd $\mu\text{g/g}$) yüksek değerler belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda toprak ve bitkideki ağır metal içeriklerinde logaritmik bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Topraktaki ağır metal içeriği arttıkça bitkide de logaritmik olarak artış olmaktadır. Bununla beraber topraktaki metal içeriği ile bitkideki

metal içeriği arasındaki ilişki bazı çevre ve toprak koşullarına da bağlıdır. Bunlar, bitkinin genetik yapısı, organik madde içeriği, tamponlama kapasitesi, pH ve metaller arasındaki ilişkilerdir. Ağır metal yönüyle kirlenmiş olan topraklarda yetişen bitkiler kirliliğin seviyesini belirtebilmektedirler.

Çizelge 2.5 Toprak kirliliği sınır değerleri(Kantarıcı,1992)

	Toprakta	Sulama suyunda toprak türüne göre sınır değerler	Aritılmış sulama suyundaki değerler
1.Arsenik(As)	20 µg/g*	İri taneli top. ≤0.10 mg/L ince taneli top. ≤10.0 mg/L	
2.Bakır(Cu)	Zehir etkisi 0.1-1.0mg/L 50 µg/g*	İri taneli top. ≤0.20 mg/L	1.Aritmada <0.10 mg/L 2. Aritmada <0.04 mg/L
3.Civa (Hg)	2 µg/g*	ince taneli top. ≤5 mg/L	1.Aritmada <0.0009 mg/L 2. Aritmada <0.005 mg/L
4.Çinko(Zn)	3µg/g*	İri taneli top. ≤2.0 mg/L ince taneli top. ≤10.0 mg/L	1.Aritmada <0.12 mg/L 2. Aritmada <0.04 mg/L
5.Kadmiyum(Cd)	Zehir etkisi 0.1-1.0 mg/L 3 µg/g* ≥50 µg/g bitkide birikir ve insanda hastalık etkisi	İri taneli top. ≤0.01 mg/L ince taneli top. ≤0.05 mg/L	
6.Krom(Cr)	Zehir etkisi 0.5-5.0 mg/L 100 µg/g*	İri taneli top. ≤0.10 mg/L ince taneli top. ≤.05 mg/L Sulama suyundaki üst sınır 1µg/g kısa süreli sulama	
7.Kurşun(Pb)	100 µg/g*	İri taneli top. ≤5.0 mg/L ince taneli top. ≤20.0 mg/L	1.Aritmada <0.02 mg/L 2. Aritmada <0.008 mg/L
8.Molibden(Mo)	Bitkiye geçen miktar ≥15 µg/g ise zehir etkisi (hayvan yeminde) 5 µg/g*	İri taneli top. ≤0.01 mg/L ince taneli top. ≤0.5 mg/L	1.Aritmada <0.007 mg/L 2. Aritmada <0.007 mg/L
9.Nikel(Ni)	Asitliğe bağlı olarak zehir etkisi 0.05ü1.0 mg/L 50 µg/g*	İri taneli top. ≤0.2 mg/L ince taneli top. ≤2.0 mg/L	1.Aritmada <0.10 mg/L 2. Aritmada <0.004 mg/L
10.Selenyum(Se)	Zhirketkışı ≤ 0.025 mg/L 3 µg/g*	İri taneli top. ≤0.02 mg/L ince taneli top. ≤0.5 mg/L	1.Aritmada <0.005 mg/L 2. Aritmada <0.005 mg/L
11.Titan(Ti)	500 µg/g*		
12.Vanadyum(V)	50 µg/g*		
13.Kobalt(Co)	50 µg/g*		
14.Uranyum(U)	5 µg/g*		
15.Brom(Br)	10 µg/g*		
16.Bor(B)		Toprak türüneve bitki hassasiyetine göre ≤1-3 µg/g	

(*) Toprakta kabul edilebilir sınır değerler (1 kg toprak içinde total madde)

(Eid ve diğ., 1997), yaptıkları çalışmada, topraklarda bulunan çeşitli toksik metallerin bitki gelişimi üzerine olumsuz etkilerini araştırmışlardır. Zn, Cu, Ni atıklarının eklendiği topraklarda baklanın gelişiminin yavaşladığını belirlemişlerdir. Zn'un 160 ppm, Cu'nun 80 ppm ve Ni'in 20 ppm'lik konsantrasyonlarının baklanın sürgünlerinde küçülmeye ve sürgünlerde gelişim noksanlığına yol açtığını bildirmektedirler.

Atmosferik asit yağmurlarının topraklar üzerinde önemli etkileri vardır. Bunlardan ilki zararlı metallerin mobilizasyonunu artırarak bunların yeraltı suyuna geçmesine neden olurlar. İkinci olarak çeşitli mineral ve kil minerallerine bağlı metalleri çözerek toprakta Fe, Al, Si oranını yükseltmektedir (Rehcegl ve diğ., 1985).

(Andrade ve diğ., 1985), toprağa asit içeren lağım artıklarının ilavesi (10-160 l/ha) sonucunda topraktaki asitlik ile elde edilebilir metal (Zn, Pb, Cd, Cr) içeriğinin arttığı ve arpa tarafından alınabilir Zn, Pb, Cr'un bitkideki konsantrasyonunun yükseldiği belirlenmiştir. Bu şekildeki artıkların fazla miktarda toprağa verilmesi yanında tekrar tekrar toprağa uygulanması da asitlik ve ağır metal içeriğini artırmada rol oynamaktadır.

Topraklar gerek asit artıklarının ilavesi gerekse asit yağış sularının asitleştirici etkisi ile asitleşmektedir. Toprak reaksiyonu asitleştiğinde, topraktaki alkali ve toprak alkali kationlar (K, Ca, Mg) yıkanmaktadır. Bunların yerine toprağın kation değişim kapasitesindeki (özellikle kil mineralleri) negatif yükler H^+ iyonu ile dengelenmektedir. Toprağın asitleşmesi minerallerin hızla ayrışmasına ve Mn ile Al'un fazla miktarda açığa çıkmasına neden olmaktadır. Gerek Mn gerekse Al, bitkiler için zehirleyici etkiler yapmaktadır. Toprakta çözülmüş Ca/Al oranının 1'den küçük olması halinde kılcal kökler zarar görmektedir. Öte yandan Ca/Al oranının 1'in altına düşmesi ağır metallerin çözünürlüklerini hızlandırmaktadır. Ağır metallere Zn, Pb, Cd, Ni ve Hg bitkilere zehirleyici etki yapmaktadır. Civanın zehirleyici etkisi çinkoya göre 100 kat daha fazladır. Ağır metallerin iyon olarak etkilerinin yanında organometal bileşikler halindeki zehirleyici etkilerinin daha fazla olduğu bildirilmektedir (Kantarıcı, 1992).

Ağır metaller; tarla bitkileri üzerinde, kök ve sürgün gelişimi yanında ürün azalması nedeniyle olurlar (Fodor, 1998). Macaristan'da 1995-1996 yılları arasında killi ve kahverengi orman toprakları parsellere ayrılarak topraklara As, Cr, Cu ve Zn ilave edilmiştir. İlk yıl buğdayda az miktarda ürün azalması görülmüştür. İkinci yılda ise büyük miktarda

mısırdaki ürün azalması, buğdayda da Zn ve Cd içeriklerinin sınır değerlere kadar arttığı görülmüştür. Ayrıca Cu, Zn ve Cd'un yulafın kök ve sürgün gelişimi üzerinde olumsuz etkisi olduğu belirlenmiştir. Kök gelişimindeki azalmaya, sırasıyla Cu<Cd<Zn'un neden olduğu, sürgün gelişimindeki azalmaya ise Cu<Zn<Cd 'un neden olduğu, kök uzunluğunu önemli derecede azaltan 100 ppm Cu, 20 ppm Zn ve 4 ppm Cd konsantrasyonları olduğu bildirilmektedir (Dinev, 1998).

Bitkilerde elementler genellikle kuru ağırlık esasına göre ifade edilmektedir. Bitki analizlerinin çoğunda konsantrasyonlar kritik düzey, standart değer yada yeterli düzey şeklinde ifade edilmektedir Bitki gelişiminde %10'luk azalmaya yol açan konsantrasyonlar kritik noksanlık düzeyi veya kritik toksiklik düzeyi şeklinde ifade edilmektedir. Çizelge 2.6'da bazı ağır metallerin değişik konsantrasyonlarda bitkilere etkileri görülmektedir (Brohi ve diğ., 1994).

Çizelge 2.6 Bazı ağır metallerin bitkilerdeki kritik konsantrasyonları (mg.kg⁻¹/kuru ağırlık) (Brohi ve diğ., 1984)

Ağır metal	Noksanlık	Yeterli	Aşırı veya Toksik
Fe	<50	100-500	>500
Mn	15-25	20-300	300-500
Zn	10-20	27-150	100-400
Cu	2-5	5-10	20-100
Mo	0.03-0.15	0.1-2.0	>100
B	5-30	10-200	50-200

2.8.3 Ağır metallerin toprak mikroorganizmalarına etkileri

Havadan çökme ve topraklar üzerindeki faaliyetler sonucunda oluşan toprak kirliliği, bu elementlerin, değişken organik maddenin içeriğini ve ferment aktivitesini azalttığı, selüloz ayrışmasını ve aminoasit bileşimlerinin serbest kalmasını engellediği belirlenmiştir. Cu ve Ni'in yaklaşık 40-70 ppm arasındaki konsantrasyonlarından yüksek içeriği, bir takım saprofit bakteri ve aktinomisetlerde azalmaya, spor formundaki bakterilerin bazı türleri ile alg ve fungusların yok olmasına sebep olmaktadır (Yevdokimova,1982).

Toprakta yaşayan mikroorganizmaların gelişimleri, morfolojilerini ve biyokimyasal aktivitelerini etkileyebilen bu metallerin toksisitesi veya yararışlılığı bazı çevre faktörlerinin etkisi altındadır. Bu faktörlerin pH, inorganik anyon ve kationlar, kil mineralleri, sulu metal oksitler, organik madde cinsi ve miktarıdır. Özellikle toprak pH'sı ağır metallerin mikroorganizmalara olan toksisitesinde;

1. Bu organizmaların fizyolojik durumları ve biyokimyasal aktivitelerini,
2. Ağır metallerin hareketliliğini ve hücre yüzeylerine bağlanma durumlarını değiştirmek suretiyle etkilenmektedir. Her metalin toksik etki yaptığı pH aralığı farklı olmaktadır. Yapılan çalışmalarda Cd'un pH 8 ve 9'da eubacteria, aktinomiset ve funguslara toksik etki yaptığı bildirilmektedir. Düşük Cd konsantrasyonu nötral ve hafif alkali toprak reaksiyonlarında dehidrogenaz aktivitesini daha fazla engellediği saptanmıştır. Pb ve Zn nötral pH'ya oranla pH 7.7'ye ayarlanmış bir toprakta nitrifikasyon üzerinde daha yüksek toksisiteye neden olduğu belirtilmektedir. pH' sı 6,9'dan 7,6'ya çıkarılan bir toprakta ise Ni'in nitrifikasyon ve toprak solunumu üzerinde daha az toksik etkiye neden olduğu bildirilmektedir (Okur ve diğ., 1996).

Ağır metallerin topraktaki biyokimyasal olayları etkilemeleri sonucunda organik madde mineralizasyonu, toprak solunumu, enzim aktiviteleri ve nitrifikasyon olayı engellenebilmektedir. Toprak verimliliğindeki önemleri nedeniyle mikroorganizmalar CO₂ çıkışı topraktaki enzim aktiviteleri ve nitrifikasyon olayı ağır metallerin etkilerini görebilmek için duyarlı indikatörler olarak tanımlanmaktadır. Ağır metallerin topraktaki mikroorganizmalar üzerine toksik etkisi onların mobiliteyi, topraktaki konsantrasyonları, ana materyalin kimyasal bileşimi toprak bileşimi ve çözünürlüğüne bağlıdır. Ağır metallerin topraktaki yüksek konsantrasyonları özellikle kültür topraklarında, gübreleme bitki gelişimi ve ürün üzerine olumsuz etki yapmaktadır. Yüksek konsantrasyonlardaki ağır metaller toprak mikroflorası üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Özellikle mikroorganizmalar etkilenmeye karşı daha çok hassastır (Karaca ve diğ., 1996).

2.9 Kireçleme ve kireçlemenin nedenleri

Kireçleme; toprak pH'sını yükseltmek amacıyla toprağa kireçleme materyalinin verilmesi işlemidir.

Kireçlemenin nedenleri çok olup, bunlar aşağıda liste halinde verilmişlerdir:

- Toprak asitliğini azaltmak, yani, toprak pH'sını yükseltmek,

- Asit topraklardaki yarayışlı fosfor miktarını artırmak,
- Fosforun seski oksitlere bağlanmasını azaltmak,
- Fazla olduğu zaman bitkilere toksik etki yapan çözünebilir manganez ve alüminyum iyonları miktarlarını azaltmak,
- Yarayışlı kalsiyum ve magnezyum iyonları miktarlarını artırmak,
- Organik maddelerin ayrışmasını, mikroorganizmaların gelişme koşullarını iyileştirmek suretiyle desteklemek,
- Bir çok yararlı mikroorganizmayı, aktif hale getirmek,
- Koşulları, kök nodül bakterileri için uygun hale sokarak, azot bağlanmasını artırmak,
- Ürünler için gerekli potasyumun bir kısmını Ca ve Mg iyonları ile karşılamak,
- Daha fazla organik madde oluşmasına, dolaylı olarak etki yapmak suretiyle toprak yapısını iyileştirmek,
- Bitki besin elementi olan molibdenin yarayışlılığını arttırmak,
- Topraktan azot kaybını azaltmak (Akalan, 1987).

2.9.1 Fazla kireçlemenin zararlı etkileri

Toprağa gereğinden fazla kireç verilerek pH'nın 7'nin çok üzerine çıkması ile sonuçlanan işleme aşırı kireçleme denir. Aşırı kireçleme özellikle, kirece az ve orta derecede gereksinme duyan bitkilerde, kireçlemenin ilk yılında yararlı olmaktadır. Özellikle tamponluk kapasitesi düşük olan kolloidlerce fakir topraklarda, aşırı kireçlemeden doğan zararlar şu şekilde özetlenebilir:

- Bitkilere yarayışlı demir, manganez, bakır ve çinko iyonları azalır,
- Kompleks ve çözülemeyen kalsiyum fosfatların oluşumu nedeni ile fosforun yarayışlılığı azalır,
- Fosfatların bitkiler tarafından absorpsiyonu ve özellikle bunun metabolizması zorlaşır,
- Bor'un bitkiler tarafından alınması ve kullanılması engellenir,
- Reaksiyonun ani olarak yükselmesi, bazı bitkiler için öldürücü etki yapar (Akalan, 1987).

2.9.2 Kireçleme materyali

Toprakların kireçlenmesinde kullanılan tarımsal kirecin % 90'ın dan fazlasını *kalsiyum karbonat* oluşturmaktadır. Geriye kalan kısım *kalsiyum -mağnezyum karbonat* (*dolomit*) ve daha az miktarlarda *kalsiyum oksit* ve *kalsiyum hidroksit'ten* ibarettir. Kimyagerlere göre kireç CaO 'tir, fakat bir çiftçi ya da agronoma göre kireç; *kalsiyum karbonat eşdeğeri* anlamı taşımaktadır .

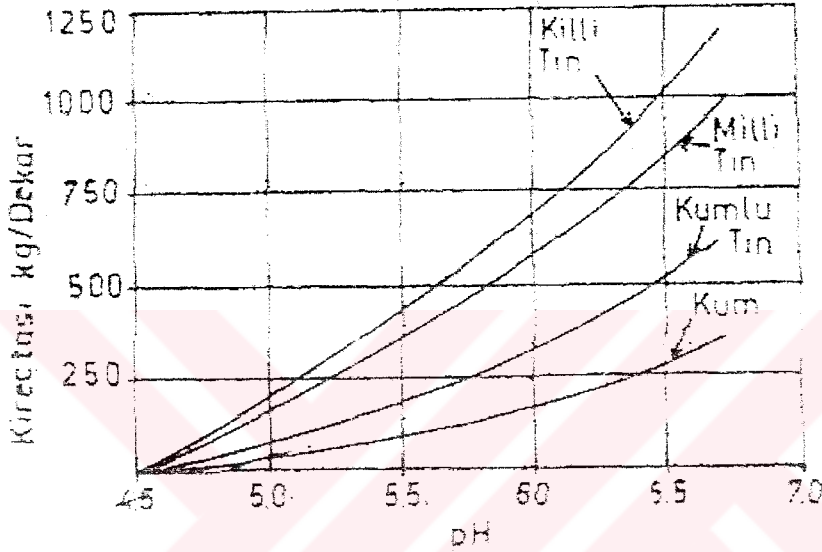
En çok kullanılan kireçleme materyali:

- Kalsik kireç taşı ($CaCO_3$),
- Dolomitik kireç taşı ($Ca Mg (CO_3)_2$),
- Yanmış kireç (CaO). Bu kireç; $CaCO_3$ in yakılması ile elde edilir,
- Sönmüş kireç ($Ca(OH)_2$). Bu kireç; CaO 'in su ile reaksiyona sokulması ile elde edilir,
- Marn ($CaCO_3 + kil$) .Tatlı su göllerinde çökelen kireççe zengin bir materyaldir,
- Tebeşir ($CaCO_3$). Yumuşak kireç taşıdır.
- Yüksek maden fırın artıkları ($Ca SiO_3$ ve Ca_2SiO_4), demir endüstrisinin yan ürünüdür. Bazı artıklarda fosfor ve CaO ile $Ca(OH)_2$ karışımı da bulunur .Bu materyal daha çok, içinde bulunan fosfordan yararlanılmak üzere kullanılmaktadır .
- Su hayvanlarının kabukları, odun külleri, kağıt, şeker, deri endüstrisi ve su yumuşatma tesislerinin artıklarından da kireçleme materyali olarak yararlanılmaktadır. Jips ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) de bazen toprağın Ca miktarını arttırmak üzere ilave edilmektedir. Fakat, toprak pH'sını düşürücü rol oynadığı için kireçleme materyalleri arasında sayılmamaktadır. Yukarıda açıklanan kireçleme materyalinin hepsi ya yalnız Ca veya hem Ca hem Mg iyonlarını temin etme, toprak pH'sını yükseltme ve alüminyum, demir ve manganez iyonlarının toksik etkisini azaltma yeteneğindedirler. Belirli bir kireçleme materyalinin seçimi; kimyasal saflık, kullanılma kolaylığı ve toprak ile reaksiyona girme hızı ile fiyat arasındaki ilişki göz önünde tutularak yapılır (Akalan, 1987).

2.9.3 Kirecin toprak pH'sına etkisi

Ürünlerin pH istekleri bilindikten sonra, toprağın pH derecesini ölçmek gerekmektedir. Nisbi tamponluk kapasitesini tahmin etmek için, toprağın bünyesi ve humus miktarı da bilinmelidir

Bir toprakta ne kadar fazla kil ve organik madde varsa, pH'yı değiştirmek için o kadar fazla kirece gereksinme duyulur .Eğer toprak organik maddece oldukça zengin ise, belli bir pH artışı için organik maddece fakir toprağa oranla daha fazla kireç gerektirir . pH'yı değiştirmek için gereksinilen kireç miktarı, kirecin tipine ve değiştirilmesi arzu edilen pH derecelerine de bağlı bulunmaktadır. Eğer değişiklik istekleri pH = 7 ye yakın düzeylerde ise, gereken kireç miktarları nispeten daha fazladır. Örneğin; Şekil 2.2 deki siltli-tın örneğinde pH'yı 5,5 tan 6,5 a çıkarmak için verilmesi gereken kireç miktarı pH'yı 4,5 den 5,5 e çıkarmak için verilmesi gerekenden yaklaşık % 30 daha fazladır (Akalan, 1987).



Şekil 2.2 20 cm'lik üst toprak katının pH'sını yükseltmek için gerekli kireç taşı miktarı(Kg/dekar)

Aguılar ve arkadaşları (2003), yaptıkları bir çalışmada madenden etkilenen bir alandaki topraklardaki Pb konsantrasyonu 35,8-3132,0 mg.kg⁻¹ aralığında değişmekte olduğunu, bunun ise toplam 385,8 mg.kg⁻¹ 'e karşılık geldiğini belirlemişlerdir Demir yönünden zengin topraklarla kirecin kombinasyonu ile yapılan kireçlemenin en etkili yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır (Aguılar ve diğ., 2003).

2.10 Bazı Eser Elementler ve Biyokimyasal Özellikleri

Biyokimyasal olarak, elementlerin eser düzeylerinin bile canlılarda çok büyük etkileri olduğu bilinmektedir. Aşağıda araştırmamıza konu olan elementlerin biyokimyasal açıdan kısa bir incelemesi verilmiştir.

2.10.1 Nikel

Nikel, toprakta demir ve alüminyum silikatların içinde eser olarak bulunur. Toprağın içerdiği kuvars yüzdesi arttıkça, nikel konsantrasyonu azalır. Tüm hayvanlar, yem bitkileri dahil bütün bitkiler nikel içerir. Ayrıca fındık, ceviz ve fasulyede nikel içeren yiyeceklerdendir. Deniz ve akarsularda 1-5 µg/L nikel bulunur. Diyetteki fital ve EDTA gibi yapılar nikel absorpsiyonunu azaltır. Hayvansal yiyecekler bitkilere göre daha az nikel içerir. Nikel, DNA ve RNA yapılarında da görülmüştür. Bu durum elementin DNA ve RNA yapısında rolü olabileceğine işaret etmektedir. Damar içi çalışmalar deoksiribonükleaz, fosfoglukomutaz, asetil KoA sentetaz gibi enzimler için nikelin kofaktör olabileceğini göstermiştir (Jackwerth ve diğ., 1989).

Nikel, ferrik iyonların intestinal absorpsiyonunu kolaylaştırır. Nikel eksikliğinde, karaciğer ultrayapısı bozukluğu, büyüme geriliği ve demir eksikliği gözlenmiştir. Bazı araştırmacılar, nikelin prolaktin düzenlenmesi üzerine önemli rolü olduğunu öne sürmektedirler. Bazılarına göre de, nikel eksikliğinde de, karaciğer glikojeni ve kolesterol ile plazma kolesterol değişimleri görülebilir. Ancak, bu durum hormonlara etkisi sonucu da olabilmektedir. İnsan organizması ve deri dışındaki dokularda nikel birikmez. Nikelin aşırısı nikel alerjisine, hatta daha yüksek dozları nikel kanserine neden olur. Bitkisel ve hayvansal gıdalarla alınan nikel tehlikesizdir ve alerjiye neden olmaz. Yiyeceklerle alınan yüksek nikel, körelmiş nikel egzamasını yeniden aktif hale getirebilir. Yiyeceklerde nikelin aşırısı, ancak nikelin çevre kirlenmesi sonucu yiyeceklere geçmesi ve yüksek derişimde nikel içeren suların içilmesinden kaynaklanabilir (Kaplan ve diğ., 1989) .

Normal koşullarda bitkilerin Ni kapsamları kuru madde üzerinden 1 ppm'i geçmemektedir. Özellikle atıkların depolanmaları sonucu topraklara bulaşan yüksek düzeydeki Ni, bitkilere şiddetli bir şekilde zehir etkisi yapmaktadır. Ni zehirlenmesi sonucu bitki kökleri tahrip olmakta, tahıllarda yapraklar üzerinde boydan boya solgun sarı çizgiler ortaya çıkmakta, daha sonra tüm yaprak beyazlaşmaktadır. Daha yüksek dozlarda ise yaprak uçlarında yanma başlamaktadır (Topbaş ve diğ., 1998).

2.10. 2 Kadmiyum

Kadmiyum elementi, çok zehirli ve organizmaya zararlı bir element olup, doku toksikolojisi açısından kurşun ve civadan ayrı olarak “aşırı toksik grupta” incelenir. Patates ve yapraklı sebzelerde daha çok bulunan kadmiyum, en yüksek seviye (0,2 µg/g) yapraklı sebzelerde görülür. FAO ve WHO tarafından haftalık diyetle alınan, 60 kg'lık bir insan için 400-500 µg olarak belirlenmiştir ki bu durum 30-60 µg günlük atılım sınırındadır (Tok,1997) .

Kolza tohumunun toprağa ekilmesiyle elde edilen ürünün kimyasal bileşimi üzerinde komposit ortamı, kahverengi kömür ve kireçlemenin Cd içeriğinin azaltıcı rolü belirlenmiştir (Toprağın 0,75'i ve 22,5 mg Cd içerdiği durumlarda). Kireçleme yapılmadan uygulanan bir seri deneyde, kolza ürününün veriminde azalma, kök ağırlığı, yeşil kütle ağırlığında bir düşüş görülmüş, bu düşüşün nedeninin toprağın kadmiyum ile kirlenmesi olduğu ortaya konmuştur. Toprağa kahverengi kömür ve özellikle de karışım eklendikten sonra kadmiyumun negatif etkilerini nötralize ettiği görülmüştür. Toprağın kadmiyum ile kirlenmesi tanelerde 26 kat, köklerde ise 10 kat fazla kadmiyum birikmesine neden olmuştur. Kahverengi kömüre çok az miktarda kireç eklenmesiyle elde edilen karışık ortamın uygulanmasıyla bitkinin adı geçen bölgelerindeki kadmiyum miktarında azalma belirlenmiştir. Toprağın kadmiyum ile kirlenmesinin, bitkideki azot, potasyum, magnezyum, kalsiyum ve sodyum içeriklerindeki önemli değişikliklere sebep olduğu belirlenmiştir. (Ciecko ve diğ., 2001).

Yapılan ölçümlerde, toplam etkenlerine bağlı olarak insan vücudundaki günlük kadmiyum oranı değişmekle birlikte tüm vücutta 30 µg kadar Cd'un olduğu belirlenmiştir. Alınan kadmiyumların bir kısmı karaciğer ve böbrekte depolanır. Kadmiyumun, Zn, Cu, Mn, Sc, Ca ve Fe gibi elementlerin sülfidril enzim sistemlerini inhibe ettiği belirlenmiştir. Ayrıca fosfolipidlere, nükleik asitlere bağlanarak oksidatif fosforilasyonu bozduğu anlaşılmıştır. Kanda Cd çok az miktarda bulunmaktadır. (Plantz ve diğ, 1989) .

Pek çok bitki türü Cd'u kolayca almaktadır Bu nedenle Cd'un sağlığa zararlı olarak ortaya çıkışı, sebzeler ve diğer tarımsal ürünler tarafından alınan Cd'un yoğun bir şekilde zenginleşmesi ile ilgilidir. Bitkiler tarafından alınan yüksek dozda Cd böbreklerde

birikerek vücutta fosfor kalsiyum dengesini bozduğu ve hayvan ve insanlarda kemik rahatsızlıklarına yol açtığı bildirilmektedir (Topbaş ve diğ., 1998).

Böbrek, Cd metabolizması bakımından kritik bir organdır. Oldukça fazla Cd içerir (200 µg taze doku). Kritik seviyeye gelince tubuler bozukluk meydana gelir. Böbrek korteksinde fazla miktarda Cd içeren serbest protein bulunmuştur. Molekül ağırlığı 7000 olan bu yapının içerdiği metal seviyeleri şöyledir; Cd % 6; Zn % 2,2; az miktarda Cu, Fe, Hg, ve % 8 kükürttür. Karaciğerde, böbrekte iki farklı amino asit yapılı Cd bağlayıcı protein bulunmuştur. Damar içi Cd verilmesi sonucu akut hemolitik anemi gözlenir. Düşük dozda kadmiyum ile endüstriyel zehirlenmeler de kronik anemi ortaya çıkar. Anemi kan seviyesi ile korelasyon gösterir. Laboratuar hayvanları üzerinde yapılan deneylerde, subletal doz Cd verilmesi ile duodenumda Fe absorpsiyonunun kompetitif biçimde inhibe edildiği gözlenmiştir. Ayrıca, mekanizma açık olmamakla beraber, kadmiyumun Cu, Zn ve Cr'un incebağırsak tarafından absorpsiyonunu etkilemektedir (WHO, 1973)

İdrarda Cd yükselmesi (15 µg/24 saat) hipertansiyonda ve Cd dumanına maruz kalan endüstri çalışanlarında gözlenir. Kronik Cd zehirlenmesinin en şiddetli şekli "itai-itai" hastalığıdır. Bu durum ilk kez Japon kadınlarda gözlenmiştir. Cd zehirlenmesi, pirinç yetiştirme alanlarını sulayan nehrin kirlenmesi ile meydana gelmiştir. Pirinçteki Cd derişimi 1µg/g kadar olduğu için, yıllarca günlük Cd alımı 300 µg veya daha yukarı olmuştur. Vücutta Cd artmasıyla protein glukoz, aminoasit ve fosfat atılımı görülür. Ayrıca karaciğerde Cd derişimi yüksektir. Düşük D vitamini alımı, tekrarlanan gebelik ve laktasyon peryotları, duruma zemin hazırlayıcı olmaktadır. Kadmiyum tehlikesi, erime noktasının altında bile uçucu olmasından ve kolaylıkla oksitlenerek CdO dumanı oluşturmasından kaynaklanır. Zehirlenme belirtileri gece terlemesi ve ateş yükselmesidir. Akut Cd zehirlenmesi şiddetli bulantı, kusma, tükürük salgılanmasında artma, ishal, karın ağrısı ve nevralsi ile karakterizedir. Letal doz bilinmekle birlikte, gastro intestinal semptomlara dayanılarak 10 mg'dan daha az olduğu tahmin edilmektedir. Akut zehirlenme olayında mide yıkanmasına ek olarak şelat yapıcı ajanların kullanılmasıyla (Ca-EDTA gibi) etkiler giderilmeye çalışılmaktadır (Tok , 1997, Plantz ve diğ., 1989, Davidson ve diğ., 1979).

Kanda Cd seviyesinin yükselmesi, endüstriyel zehirlenmelerde ve Cd kaplar içerisinde hazırlanmış besinlerin yenilmeleri durumunda söz konusudur. Kanda Cd yükselmesiyle birlikte sırasıyla hipertansiyon oluşabilir. Havada 1 mg/m³'ü bile hayatı tehdit edici zehirlenmeye neden olur. Havada 40-50 mg/m³ duman ile 1 saat temas ölüme neden olur. Yerden gelen kadmiyum metali tozunun, yanan sigaraya geçişi nedeni ile 23 ağır kadmiyum oksit zehirlenmesi olayı görülmüştür. Özellikle kadmiyum kaplamanın metal tozu püskürtmesiyle yapılmasında toplu ölüm tehlikesi olabilir. Böyle bir işlem, kapalı bir mekanda, insansız otomatik olarak yapılmalıdır. Dikkat edilecek diğer bir tehlike ise gümüş kaynak lehimlerinin % 18 kadar kadmiyum içermesidir. Bu tür kaynak yapımında mutlaka toz maskesi kullanılmalıdır (Plantz ve diğ., 1989)

Topraklardaki Cd düzeyleri ağır killi topraklarda 1,1 µg/g, kumlu tınlı topraklarda 0,8 µg/g, kumlu topraklarda ise 0,4 µg/g düzeyleri civarındadır Yeryüzündeki ortalama düzeyi ise 1 µg/g'dır (Haktanır ve diğ., 1995; Soylak ve diğ., 1999)

Cd'un bitkilerdeki konsantrasyonu genellikle 0,1-1,0 ppm aralığında seyretmektedir. Bitkiler için gerekli olmayan bu elementin zehir biçimi daha çok enzim inhibisyonu şeklindedir (Tok,1997). Bitkiler hayvanlara göre daha yüksek dozda Cd'u zarar görmeden alabilirler. Sadece çok aşırı alınması halinde bitkileri etkiler Topraktaki aşırı kireç miktarı, toprak pH'sı ve yüksek kil oranı bitkinin Cd alımını yavaşlatan faktörlerdir. Fazla humuslu topraklarda Cd'un bitki tarafından alınmasını zorlaştırır Bu nedenle genel bir kritik düzey belirlenmesi güç olmakla beraber ağır metaller için Almanya'da belirlenen değerler şöyledir:

Kurşun.....	100*
Kadmiyum.....	3
Krom.....	100
Bakır.....	100
Nikel.....	50
Civa.....	2
Çinko.....	100

(* Hava şartlarında kurutulan 1kg toprakta mg ağır metal) (Günay,1992).

Cd'un sadece 0,1 ppm dozuna devamlı maruz kalınması halinde böbrekler harap olmaktadır. Yeni doğan bir bebekte Cd miktarı ancak gramın milyonda biri kadardır. 3 ppm'den fazla Cd içeren bitkilerle beslenen insan ve hayvanlarda anfiyem, nefes darlığı ve hipertansiyona maruz kalmaktadır. Tütün dumanının ciğerlere çekilmesi insanda Cd birikimine neden olur. Günde bir paket sigara içen insanlar karaciğer ve böbreklerinde içmeyenlere oranla %150 nispetinde daha fazla Cd taşırlar Yediğimiz ve içtiğimiz Cd'un % 2'si vücutta tutulurken, nefesle çekilen Cd'un % 10-50'si vücutta tutulur. Cd'un biyolojik yarılanma ömrü(10-25 yıl) uzun olduğundan yavaş yavaş birikerek yıllar sonra tehlikeli olma noktasına gelmektedir (Muslu., 1985),

Bazik sodyumlu ve asidik topraklardaki Cd, Cu ve Zn gibi ağır metal katyonları kimyasına önemli katyonların ve iyonik şiddetin etkisinin incelendiği bir çalışmada; iyonik şiddet ve indeks katyonların ikisi de toprağın sıvı fazı içindeki Zn, Cu, Cd ve çözülmüş organik karbon konsantrasyonları üzerinde belirgin etkilere neden olduğu belirlenmiştir. Tüm toprak örneklerinde, iyonik şiddet arttıkça Cd konsantrasyonu artarken Zn konsantrasyonu asidik topraklarda artmış, bazik topraklarda ise belirgin bir biçimde azalmıştır. Sodyumlu topraklarda, iyonik şiddetin artmasıyla Cu konsantrasyonu azalmıştır. Asidik topraklarda çözelti fazındaki Cu ve Zn konsantrasyonu $Ca < Mg < Na$ sırasıyla artmıştır. Diğer yandan bazik sodyumlu topraklardaki Cu konsantrasyonuna indeks katyonların belirgin bir etkisi görülmemiştir. Bu sonuçlar çözülmüş organik karbonun Zn konsantrasyonunu kontrol etmede önemli bir faktör olduğunu söylemişlerdir (Fotovat ve diğ., 1998)

2.10.3 Kurşun

Kurşunlu malzemeler, güç çözünmesi ve güç emilmesi nedeniyle çok ender olarak akut zehirlenmeler yaparlar. Ancak "kurşun şekeri" olarak bilinen kurşun asetatın yüksek çözünürlüğe sahip olması ve organizma tarafından kolay absorplanması nedeniyle 10-20g'ı insanı öldürebilir. Düşük derişimlerde ve az miktarda bile uzun süre alındığı zaman kronik zehirlenme yapar. Avrupa'da kurşun zehirlenmeleri, meslek hastalıkları içinde ilk sırada yer almaktadır (Plantz ve diğ., 1989),

Son yıllarda kurşunun gerçek tehlikesinin buhar, toz ve duman şeklindeki kurşun ve bileşikleriyle çevre kirlenmesi olduğu, kurşunlu benzinlerin de bunda büyük paya sahip

olduğu anlaşılmıştır. Benzin katkı maddesi olarak kullanılan tetra etil ve tetra metil kurşun en toksik kurşun bileşikleridir. Bunlar, yağda çözünerek kolaylıkla deri ve kana geçtikleri için çok tehlikelidir. Tetra bileşikleri karaciğerde tri bileşiklerine dönüşerek beyne geçer ve beyne etkiler. Otoyol ve ana caddeler boyunca havaya geçen, çayır ve otlarda kalan kurşun, zararlı etki yapar. Otoyolun 1-10 m kenarındaki çayırlarda 80-60 ppm, orta refüjde ise 260 ppm kurşun ölçülmüştür (Petrucci, 1985, Chang, 1994).

Tetra etil kurşun zehirlenmesi, merkezi sinir sistemini etkileyerek yorgunluk, uykusuzluk ve ileri safhada görme ve işitme bozukluğu, kramp ve komaya, hatta ölüme neden olurlar. Ölüm olmayan ağır zehirlenmede iyileşme haftalar, aylar alabilir. Bazı hallerde ise topallama ve benzeri sakatlıklar yıllarca sürebilir. Ürpertici rüya, uykusuzluk, ağırlık kaybı ve düşük kan basıncı en tipik kronik kurşun zehirlenmesi belirtileridir (Davidson ve diğ., 1979).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO), içme sularında kurşunun sınır değerini 0,05 mg Pb/L olarak belirlemiştir. Sert ve kireçli suların kurşun boru ile taşınmasında hiçbir sakınca yoktur. Asidik ve yumuşak sular için ise sakıncalıdır. Havada sınır değer olarak 0,2 mg/m³ olarak kabul edilmiştir (Doğan ve Soylak, 2000).

Kurşun retikülositlerin transferinde demir yakalanmasını ve aynı zamanda henüz bilinmeyen bir mekanizmayla globulin sentezini de inhibe eder. Bunlara ek olarak eritrositlerin ömrünü azaltır (Plantz ve diğ., 1989).

Normal olarak alınan kurşunun % 1-10 arası absorbe edilir. Emilme miktarı kurşunun, organik bağlı çözünmeyen oksit gibi kimyasal yapısına bağlıdır. Çözünebilen yapıları çözünemeyenlere göre daha kolay absorbe olurlar. Bu olay çocuklarda daha fazladır. Bu oran % 50'lere kadar varır. Düşük kalsiyumlu diyet, kurşun emilimini artırmakta kurşun atılımını azaltmaktadır. Solunum yoluyla alınan kurşunun % 30-50'si vücutta tutulur. Solunumla alınan kurşunun partikülleri küçüldükçe vücutta tutunmaları artmaktadır. Demir eksikliği de, kurşun absorpsiyonunu artırmaktadır. Bu etki, demir eksikliği olan çocuklarda kurşun etkisinin ağırlaşmasının bir nedeni olabilir (Tok, 1997; Davidson ve diğ., 1979).

Avustralya'da en önemli kirleticiler endüstriyel atıklardan, madencilikten ve zirai uygulamalardan ortaya çıkan Cd, Cu, Zn, As, ve Pb metallere dir. Düzenleyici kriterlerin o çevre ve insan sağlığı açısından limitlerde olmasına rağmen fitotoksik başlatıcılar liste edilmemiştir. Bunun nedeni toprak ve bitki tipiyle konsantrasyon etkisinin çok fazla olduğunun belirlenmesi olabilir (Langley, 2003).

Yapılan çalışmalarda kurşun absorpsiyonunu kalsiyumun da etkilediği gösterilmiştir. Düşük kalsiyum bulunması, yüksek kalsiyuma göre kurşun absorpsiyonunu artırmaktadır. Bu bulgular, kurşun absorpsiyonunda +2 iyonlu atomların yarışmalı şekilde etkili olduğunu gösterir. Ayrıca düşük proteinli diyet de kurşun absorpsiyonunu artırmaktadır. Diyetle plazma bakır miktarının düşmesi eritrosit kurşun miktarının artmasına sebep olmuştur (Plantz ve diğ., 1989; WHO 1973) .

Kurşun zehirlenmelerinde de anemi, baş ağrısı ve uykusuzluk söz konusudur. Araştırmalarda günlük 55 µg düzeyinde alınan kurşun, demir yeterli alındığında emilmemektedir. Ayrıca diyetin kalsiyum ve D vitamininden yeterli olmasının zehirlenme etkisini azalttığı belirtilmiştir (Baysal, 1979).

Toprakta kation değişim kapasitesi, yüksek kil içeriği ve kalsiyum karbonat bitkilerce Pb alımını etkiler. Yüksek pH'da Pb çözünürlüğü azalırken, düşük pH değerleri Pb'nun iyonik halde bulunmasına neden olur ve bitkilerce absorpsiyonunun daha hızlı olmasına sebep olabilir (Juwakar ve diğ., 1986).

Türkdoğan ve arkadaşları (2002), yaptıkları çalışmada, Türkiye'nin doğusunda yer alan ve kendine has (endemik) bir mide kanseri olan Van bölgesindeki toprak, sebze ve meyve örneklerindeki yedi farklı ağır metal (Cd, Co, Pb, Zn, Mn, Ni ve Cu) kationunun seviyelerini araştırmışlardır. Örneklerde dört ağır metal kationunun konsantrasyonu (Cd, Pb, Cu ve Co) 2 ile 50 kat daha fazla iken çinko seviyesi, normal topraktakine oranla 40 kat daha düşük belirlenmiştir. Analizi yapılan sebze ve meyve örneklerinde altı ağır metalin seviyelerinin (Cd, Co, Pb, Mn, Ni ve Cu) 3,5 ile 340 kat daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu araştırmada ayrıca, volkanik toprakta yetişen sebze ve meyvelerin ayrıca toprağın kendisinin çok yüksek miktarlarda potansiyel kanserojen ağır metaller içerdiği ve bunu Van bölgesindeki mide kanserleri ile ilişkisi olduğu belirlenmiştir.

2.10.4 Krom

Krom dünya kabuğunda en çok bulunan altıncı elementtir. Krom daima diğer elementlerle birleşmiş halde çeşitli renklerde bulunur. Sadece göktaşı serbest halde krom içerir ve krom cevherlerinin çoğu demir ve oksijen içerir.(Bencko, 1985) Krom bileşiklerinin açığa çıktığı ve en çok kullanılan üç temel endüstri; kimyasal, meteorolojik ve refraktör (ısıya dayanıklı) endüstrileridir. Altı değerlikli krom bileşiklerinin kanserojenliği, ilk kez 19.yüzyılın sonlarında İskoç krom pigmenti işçilerinde gırtlak tümörlerinin görülmesiyle ortaya çıkmıştır (Cohen ve diğ, 1993). Kromat işçilerinde akciğer kanserlerinin oranındaki artışa 1930'larda ilgi artmış ve Almanyada çalışan kromat işçilerinde görülen akciğer kanseri, 1936'da işe bağlı hastalık olarak kabul edilmiştir (Teleky, 1936).

ABD'de kırsal alanlarda havadaki krom derişimleri $0,01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'den küçük iken, yerleşim birimlerinde ise bu değer ortalama $0,01-0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 'tür. 1976-1980 yılları arasında yapılan bir çalışmada Los Angeles'ta havadaki krom miktarının yarısının yakıtların yanmasından, % 26-45 arasındaki miktarı ise metal endüstrisinin atıklarından oluştuğu rapor edilmiştir. US-EPA'nın tahminine göre, toplam atmosferik kromun % 64'ü fosil yakıtların yanması ve çelik üretiminden, % 32'si ise kimyasal üretim, krom kaplama soğutma kuleleri ve metal üretiminden kaynaklanmaktadır. Topraktaki krom düzeyinin değişimi, ana kayaların bileşimine bağlıdır. Topraktaki kromun esas kaynağı, krom içeren ticari ürünlerin toprakta birikmesindedir. Topraktaki kromun çoğu krom (III) oksit ve krom karbonat gibi üç değerlikli çözünmez Cr (III) tuzlarından oluşmaktadır (Barceloux, 1999).

Altı değerlikli krom ürünleri mukos membranı ve burun deliği tahrişine ve deri ile temasında deri tahrişine neden olur. Üç değerlikli krom, glikoz tolerans faktörün oluşumu ve insulin metabolizması için zorunlu olan eser bir metaldir (Tok,1997).

Havada bulunan krom parçacıklarının yarıçapı yaklaşık $1 \mu\text{m}$ 'dir. Atmosferden gelen kromun taşınması öncelikle kuru çökme ve daha az etkili olarak ıslak çökmeyle olur. Kromun havada kalış süresi, krom partiküllerinin boyutuna bağlı olarak 10 günden daha azdır. Krom bileşikleri sulu fazdan gaz fazına geçmez (Barceloux, 1999).

Kromun oksidasyon basamağı +2'den +6' aralığında değişmesine rağmen, önemli değerlikleri 0, +2, +3 ve +6'dır. Elementel krom (0) yeryüzünde doğal olarak bulunmaz. Çoğu krom bileşikleri, halojenleri, oksitleri ve sülfürleri olarak bulunurlar. İki değerlikli krom güçlü indirgendir ve bu değerlikli krom, havada yada suda hızla parçalanarak daha az inert olan üç değerlikli kroma dönüşür. Altı değerlikli krom (kromat), en kararlı ikinci krom bileşimidir ve özellikle asidik ortamda güçlü bir yükseltgenme vasıtasıdır. Altı değerli bileşikler genellikle oksitleri ve oksihalojenleri şeklinde bulunur. Dikromatların Cr(III)'e indirgenmesi pH'ın azalmasıyla artar. Kromat (Cr(VI)) $PbCrO_4$ 'ta ve mineral olarak doğada nadiren bulunur. Bu yüzden kromatın çoğu insan yapımı ürünlerdir. Cr (IV) ve Cr (V) bileşikleri daha kararsızdır ve doğada hemen hemen hiç bulunmaz (Davidson ve diğ., 1975)

Topraktaki kromun durumu toprağın pH'sına ve redoks potansiyeline bağlıdır. Örneğin organik maddeler, oksijen, mangan dioksit, nem miktarının düşük olduğu durumlarda krom(III), krom(VI)'ya dönüşür. Toprakların çoğunda krom, Cr^{+3} yükseltgenme basamağında bulunur. Krom(III)'ün çoğu toprakta çözünmez ve krom bileşikleri ($Cr_2O_3 \cdot xH_2O$) halinde bulunduğu için toprakta hareketi çok azdır. Çözünür krom (VI) ve Cr(III) bileşikleri toprakta daha hareketlidir. Fakat organik maddeler Cr(VI)'yı suda çözünmeyen krom (III) oksite indirger. Bitkiler topraktaki kromu, bünyelerine kolaylıkla alamaz (Barceloux, 1999). Bitkiler topraktaki krom'u Cr^{+2} formunda topraktan alırlar (Aktaş, 1994),

Altı değerlikli krom ürünleri çok duyarlı reaksiyonlarla deri tahrişine neden olurken, üç değerlikli krom deri tahrişine neden olmaz. Altı değerlikli kroma derinin duyarlılığı, krom(VI)'nın miktarına ve deri ile olan temas süresine bağlıdır. Krom (VI)'nın biyolojik sistemde zehir etkisi vardır ve klinik olarak mesleki zehirlenmelere neden olduğu bulunmuştur. Cr(VI) içeren materyallerin teneffüs edilmesi karaciğer ve gırtlak iltihaplarına, zatürre, bronşit, gırtlak rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Cr (VI) bileşiklerinin deri ile temasında, deri alerjisi, dermatit (deri yanması), deri aşınması gibi rahatsızlıklar oluşmaktadır. Krom (VI) bileşikleri toprak-su sisteminde hareketlidir (Barceloux, 1999).

2.10.5 Bakır

Çok çeşitli kullanım alanları olan Cu çevreye endüstri tozları, fungusitler, maden zenginleştirme ve atık suları ile bırakılmaktadır. Tarımsal amaçlar ile CuSO_4 patates ve meyvelerde fungusid olarak kullanılmaktadır. Cu katkılı yemlerle beslenen hayvanların dışkılarının toprağa verilmesinde Cu birikimine yol açar. Cu'nun yüksek düzeyleri mikroorganizmalar için toksiktir. Bu özelliğe dayanarak mikrobiyal kökenli hastalıkların kontrolünde 1882 yılından itibaren 'Bordo Bulamacı' CuSO_4 fungusid olarak kullanılmaktadır. CuSO_4 mikroorganizmaları etkilediğinden toprakta humus oluşumunu kısıtlayarak organik bakımdan toprağın fakirleşmesine neden olur (Haktanır ve diğ., 1998).

Kültür topraklarının Cu kapsamı genellikle 2-100 ppm arasında değişmektedir. Cu'nun toprakta bulunuşu Cu^{+2} formunda olup, kil minerallerince adsorbe olmuş veya organik maddeye bağlanmış durumdadır (Ünal ve diğ., 1981). Topraklardaki ortalama değer ise 20 $\mu\text{g/g}$ civarındadır (Soylak ve diğ., 1999).

Toprak parçacıklarına kuvvetli bir şekilde bağlanan Cu oldukça immobildir. Toprak üstü horizonlarındaki Cu kirliliği alt horizonlara oranla daha fazladır. Bu nedenle Cu içeriği alt horizonlarda daha azdır. Yapılan araştırmalarda Cu maden endüstrisinin bulunduğu alanların civarındaki toprakların üst horizonlarındaki Cu içeriği 97-426 $\mu\text{g/g}$ iken alt horizonlarda 3,7-28,3 $\mu\text{g/g}$ olarak bulunmuştur. Ayrıca bu fabrikaların bulunduğu alanların civarındaki topraklarda uzaklığa bağlı olarak Cu içeriği rüzgarın estiği istikamette daha fazladır. Cu'nun killi ve siltli topraklarda içeriği daha fazladır. Toprağın kil kapsamı yüksek olduğunda bakırda kil ile birlikte taşındığından böyle topraklarda fazla miktarda bulunabilir. Buna karşın kumlu topraklarda daha düşük Cu içeriği bulunmaktadır. Bununla birlikte pH 5-7'de absorpsiyonu artmaktadır. pH 7'deki Cu absorpsiyonu pH 5'den 2-6 misli daha yüksektir. Ayrıca Cu organik maddeye güçlü bir şekilde bağlanmakta ve Cu-organik kompleksler topraktaki Cu hareketini kısıtlamaktadır (Kabala ve diğ., 2001).

Bitki dokularında normal Cu konsantrasyonu 5-30 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir. Bir kısım bitki türlerinde < 10 $\mu\text{g/g}$ düzeyi toksik kabul edilirken, bazı türlerde 20 $\mu\text{g/g}$ fazla Cu konsantrasyonu toksik etki yapmaktadır (Brohi ve diğ., 1994).

Toprakta Cu ve Zn aynı mekanizma ile absorbe edildiğinden birbirleriyle rekabete girmeleri sonucu topraktaki Cu fazlası Zn alınımını, Zn fazlası Cu alınımını etkiler. Ayrıca topraktaki yüksek fosfor düzeyi bitkideki Cu konsantrasyonunu azaltmaktadır (Günay,1992). Topraklarda Cu'ın fazlası Fe'in alınmasını güçleştirir ve bitkilere toksik etki yapar (Ergene, 1972),

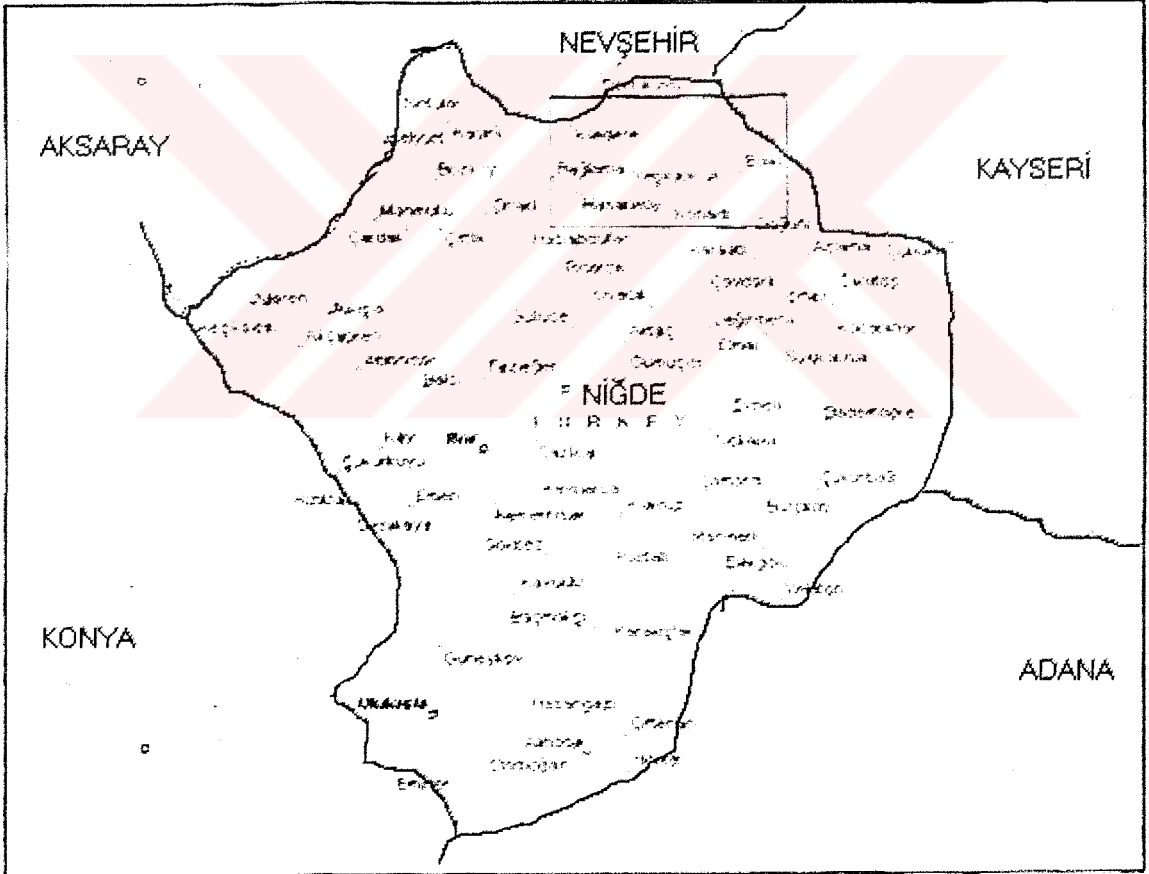
Çoğu bitki türleri için besin ortamında bulunan fazla miktardaki Cu büyümeyi geriletmektedir Bu tür olumsuz etki bakırın diğer metal iyonlarla ve özellikle fizyolojik olarak önemli bölgelerdeki Fe'in yerine geçme yeteneği ile ilgili görölmektedir. Dolayısıyla kloroz, Cu zehirlenmesinin yaygın olarak gözlenen belirtisi olup görünüş olarak Fe noksanlığını andırmaktadır. Cu zehirlenmesinden ilk olarak kök büyümesi olumsuz yönde etkilenir. (Topbaş ve diğ, 1998).

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan toprak örnekleri Niğde ilinde patates üretiminin en çok yapıldığı Misli Ovasından Pırlak (2002) tarafından yapılan çalışmada belirlenen düşük pH'lı yerlerden alınmıştır. Misli Ovasında Konaklı, Edikli, Orhanlı , Ağcaşar, Kiledere, Alay, Hasaköy, Tırhan ve İnli kasabalarının patates tarımının yapıldığı topraklardan örnekleme yapılmıştır. Misli Ovasından alınan örnekler bu alanı temsil edecek şekilde 11 noktadan alınmıştır.(Şekil 3.1)



Şekil 3.1. Toprak örneklerinin alındığı yerler

3.2 Toprak Örneklerinin Alındığı Yerlere Ait Özellikler

3.2.1 Coğrafi konum

İç Anadolu Bölgesinin Orta Kızılırmak Bölümünde ve bölgenin güneydoğusunda yer alan Niğde İli, 37° 51' ve 38° 58' kuzey enlemleri ile 33° 10' ve 35° 25' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Niğde İli 7.312 km²'lik yüzölçümü ile ülke topraklarının binde 94'ünü kapsamaktadır. İl topraklarının %28,8' ini dağlar, %41,2'sini dalgalı arazi ve yaylalar ve %30'unu da ovalar oluşturmaktadır. İlin kuzeydoğusunda yer kaplayan Misli Ovası ile güneybatıda yer alan Bor Ovası iki büyük alan oluştururlar. Kuzeybatıda Melendiz Dağı ve Göllük Dağı ile çevrili olan Melendiz Ovası ve güneyde Tabur Dağı önlerinde bulunan Kılan Ovası, doğuda Hanağzı Deresi boyunca uzanan ova ile Kemerhisar güneyindeki Ovacık Ovası başlıcalarıdır (Ertuğrul,1998). Hasan Dağı ve Melendiz Dağı en önemli volkanlar olup 50 km. uzunlukta, 20 km. genişlikte bir sahayı kaplamaktadır. Bu sahalar bazalt, andezito-bazalt, andezit, tuf, volkanik bres, aglomera ve piroklastik maddeler ile kaplıdır(Anonim,1993).

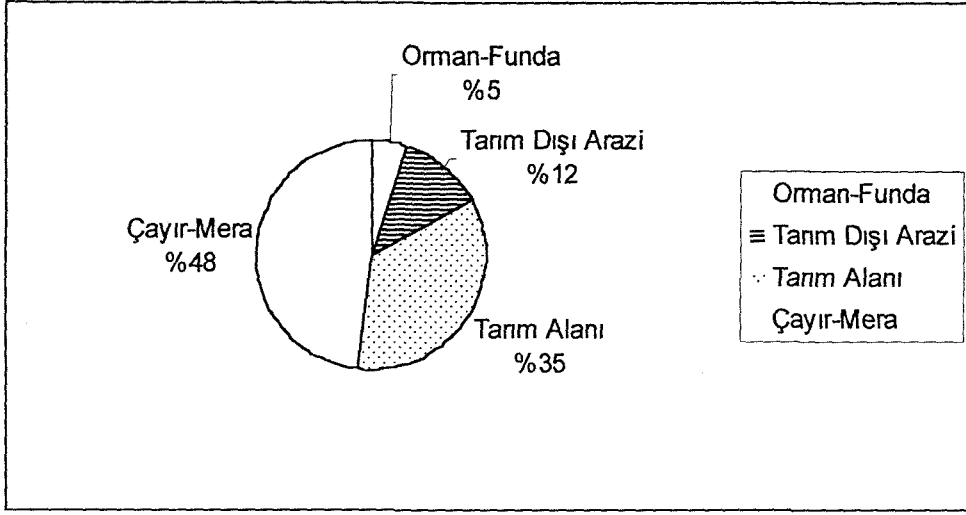
3.2.2 İklim özellikleri ve bitki örtüsü

Niğde İli, Türkiye genelinde iç kesimlerin karasal iklim şartları içinde değerlendirilmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve genellikle karlı geçmektedir. Niğde Meteoroloji İstasyonundan alınan uzun yıllar ortalamasına göre yıllık ortalama sıcaklık 10,9 °C'dir. En soğuk ay Ocak ayı ortalaması -0,5 °C , en sıcak ay Temmuz ayı ortalaması 22,3 °C'dir. Niğde'de yıllık ortalama yağış miktarı 343,8 mm'dir. İlde en yağışlı aylar Mayıs (52,2 mm)ve Aralık(41.4mm) aylarıdır. Bölgede yağışlı günler sayısı 95,4 gündür. Bölgede kar yağışlı günler sayısı 18 olup, karın yerde kalma süresi 30 gündür. İlde ortalama nisbi nem ise %57 dir. Ortalama basınç 32 yıllık gözlemlere göre 879,9 mb (milibar)'dır (Anonim,1997).

3.2.3 Tarımsal yapı

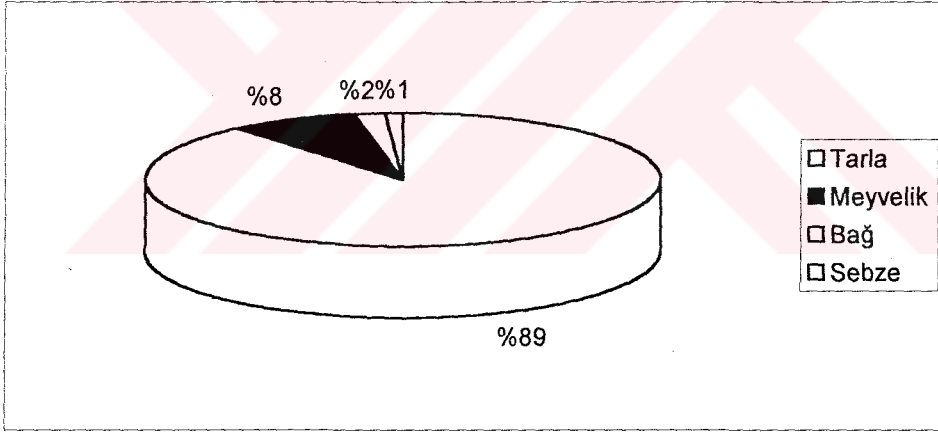
Niğde İlinde iktisadi faaliyetlerin başında tarım gelmektedir. Nüfusun % 32'si tarım sektöründe çalışmaktadır. Yaklaşık 779,522 hektarlık bir alana sahip olan Niğde ilinin

topraklarının % 35,4'ünü tarım alanı, % 46,9'unu çayır ve mer'a, % 5,3'ünü orman ve fidanlık, %12,4'ünü ise tarım dışı arazi oluşturmaktadır. (Şekil 3.2)



Şekil 3.2 Niğde'de toprakların kullanım dağılışı (Anonim, 1997)

İl tarım arazisinin % 89,2'sini tarla alanı olarak kullanılmakta olup, bu oranın % 60'ı ekilmekte, büyük bir kısmı olan %40'ı ise nadasa bırakılmaktadır.(Şekil 3.3)



Şekil 3.3 Tarım arazilerinin kullanımı (Anonim, 1997)

Tarım çalışmaları kuru ve sulamalı tarım olarak gerçekleştirilmektedir Tarımın % 26'sı sulamalı tarıma dayanmaktadır. Tarla ürünlerinin 147.987 hektar ekiliş alanı bulunmaktadır. En geniş ekim alanı olarak 101.646 hektarla hububat birinci sırayı almaktadır. Sanayi bitkileri ise, 30.674 hektarlık ekim alanıyla ikinci sırayı almaktadır. Sanayi bitkileri içinde ekim alanı ve üretim yönünden birinci sırayı patates almaktadır. Patates üretimi aynı zamanda Türkiye üretiminin %25'ini oluşturmaktadır. Yemelik üretimi yanında cips ve ispirto sanayi kollarında da değerlendirilen patates üretiminin en çok gerçekleştirildiği alan kuzey kesimde Misli Ovası'dır (Ertuğrul,1998).

3.3 Metot

3.3.1 Toprak örneklerinin alınmaları ve analize hazırlanmaları

Araştırmada kullanılan toprak örnekleri Jakson 1962, tarafından bildirilen şekilde 20 cm derinlikten, örnek alınarak tarlanın büyüklüğüne göre, aynı tarlanın farklı noktalarından plastik kürekle alınan toprak örnekleri karıştırılmış ve içinden 1 kg alınan toprak örneği bez torbalara konularak etiketlenmiştir. Laboratuara getirilen örnekler temiz beton üzerine serilerek içindeki bitki parçaları ve taşlar ayıklandıktan sonra temizlenmiş ve kurumaya bırakılmıştır. Havada kurutulmuş toprak örnekleri 2 mm.'lik elekten geçirildikten sonra plastik torbalara konularak saklanmıştır. Toprak örnekleri Nisan 2003 tarihinde Şekil 3.1'de belirtilen yerlerden usulüne uygun olarak alınmıştır. Ağır metal çalışması yapan (Cr,Pb, Ni, Cd,Cu) birçok araştırmacının bildirdiği üzere örnekler tarımsal toprakların 0-20 cm derinliğinden alınmıştır (Kartal ve diğ., 1993; Terelak ve diğ., 1997; Mellum ve diğ., 1998; McGowen ve diğ., 2001).

3.3.2 Toprak örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler

Alınan toprak örneklerindeki fiziksel ve kimyasal analizler Köy Hizmetleri Niğde İl Müdürlüğü Toprak-Su Laboratuvarında yapılmıştır.

Toprak Reaksiyonu(pH): Saturasyon ekstraktında potansiyometrik olarak cam elektrotlu pH metre ile saptanmıştır(Jackson,1962).

Total Tuz(%):Toprak kurallarına göre doygun hale getirildikten sonra, suyla doygun toprağın elektriği geçirmeye olan direnci ölçülüp bu dirence göre tuzluluk belirlenmiştir.(Richards, 1954).

Kireç (CaCO₃) (%): Kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir(Çağlar, 1954).

Yarayışlı Fosfor(%): Toprak 0,5 M NaHCO₃ (pH=8,5) çözeltisi ile ekstrakte edilerek kalorimetrik olarak fosfor belirlenmiştir.

Organik Madde: Modifiye edilmiş Walkley Black yöntemine göre belirlenmiştir (Chapman ve Pratt,1961).

Bünye (Tekstür): Toprağı belli kurallar çerçevesinde su ile doyurarak bu topraktan kabaca toprağın bünye sınıfı belirlenmiştir.

3.3.3 Topraklarda toplam ağır metal içeriğini belirlemede kullanılan yöntemler

3.3.3.1 Kireçlemeden önce topraktaki toplam ağır metal içeriğinin belirlenmesi

(Narin ve diğ., 1997)' nin bildirdiğine göre (Avila ve diğ., 1994), toprakta bulunan birçok ağır metalin (Cr, Pb, Ni, Cd, Cu) toplam içeriğini belirlemede kral suyu yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde göre toprak örnekleri etüvde 110⁰C'de üç saat kurutulmuştur. Kurutulan toprak örnekleri 200 mesh elekten elenerek analiz için homojen hale getirilmiştir. Her bir toprak örneğinden 1,000 g tartılmıştır. Parçalama için toprak örneklerinin üzerlerine önceden 3:1 oranında hazırlanmış olan kral suyundan (15 mL derişik HCl, 5mL HNO₃) oda sıcaklığında 20 mL eklenmiş ve çeker ocak içerisindeki tablalı ısıtıcı üzerine konarak 95⁰C'de ısıtılmıştır. Parçalama sırasında NO₂ gazlarının çıkışı görülmüş, gaz çıkışı bitiminde karışım kuruluğa yakın duruma gelinceye kadar buharlaştırılmıştır. Daha sonra elde edilen kalıntının üzerine %1 (v/v) HCl ve %1 (v/v) HNO₃ çözeltisinden 10 mL ilave edildikten sonra karışım Whatman-41 filtre kağıdından süzölmüştür. Son olarak toplam hacim 25 mL'ye saf su ile tamamlanmıştır.

Aynı işlem tekrar toprak örneği kullanılmadan bir de tanık (kör) numunesi için yapılmıştır. Hesaplama sırasında okunan değerden tanık okuması çıkarılarak hesaplama yapılmıştır. Elde edilen ekstraktta (Cu, Cd, Pb, Cr, Ni) elementleri Perkin Elmer model 3110 alevli marka atomik absorpsiyon spektrometresinde Cd 228,8 nm, Cr 357,9 nm, Cu 324,8 nm, Ni 232,0 nm ve Pb 283,3 nm dalga boyunda ölçölmüştür .

3.3.3.2 Toprakların kireç ihtiyacının belirlenmesi ve kireçleme

Asit özellikteki toprakları pH'sını yükseltmek amacıyla topraklara kireçleme yapılmıştır. Kireç ihtiyacını belirlemek için kireç ihtiyacını belirlemede kullanılan yöntemlerden SMP (Shoemaker ve ark., 1961) yöntemi kullanılmıştır. SMP Yöntemi; SMP yönteminde , 5 g toprak örneği 5 mL saf su ve 10 mL tampon çözeltisi ile 10 dk. devamlı olarak

karıştırıldıktan sonra pH ölçülmesi yapılmakta ve okunan pH değerlerine göre Çizelge 3.2'de toprağın pH'sını 6,8'e getirmek için gerekli kireç ihtiyacı belirlenmektedir. Bu yöntemde kullanılan tampon çözeltinin 1 litresinde 1,8 g paranitrofenol, 2,5 mL trietanolamin, 3g potasyum kromat (K_2CrO_4), 2 g kalsiyum asetat ($Ca(CO_2CH_3)_2$) ve 53,1 g $CaCl_2.HO_2$ bulunmakta olup, çözeltinin pH'sı NaOH ile 7,5'e ayarlanmıştır.

Kireç ihtiyacı belirlendikten sonra; laboratuvar şartlarında yürütülen 3 yinelemeli olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiştir. Bu amaçla her bir toprak örneğinden kuru ağırlık üzerinden birer kg toprak örneği tartılıp gereken miktarlardaki kireç $CaCO_3$ olarak toprağa iyice karıştırıldıktan sonra saksılara yerleştirilmiştir.

Kireç ilavesinden sonra toprak örneklerine tarla kapasitesine getirilinceye kadar su ilave edilmiştir.

Tarla Kapasitesi: Bir huninin içerisine süzgeç kağıdı yerleştirilip içerisine 10 g toprak tartılıp konmuş, üzerine 10 mL saf su dökülmüş, su huninin altından damlamayana kadar beklenmiş ve alta geçen su miktarı ölçülmüştür.

$$\% \text{Toprağın Maksimum Su Kapasitesi} = \frac{\text{Verilen Su(mL)} - \text{Süzülen Su(mL)}}{\text{Tartılan Toprak Miktarı(g)}} \times 100$$

Toprağın maksimum su kapasitesinin % 60'ı kadar su toprağa ilave edilerek toprak tarla kapasitesine getirilmiştir. Tarla kapasitesine getirilen toprakların toplam ağırlıkları alınmıştır. Topraklar oda sıcaklığında bekletilmiştir. Haftada bir yapılan tartımlarda buharlaşan su miktarı belirlenmiş ve su ilave edilmiştir. Her hafta saksıların yeri düzenli bir şekilde değiştirilmiştir. Kireçleme işleminden sonra haftalık periyotlarda topraklarda pH ölçümleri yapılmıştır. Topraktan 10 g örnek alıp 25 mL saf su ilave edilip 24 saat sonra pH metre ile pH ölçülmüştür. Her hafta bu ölçümler yapılarak toprak pH'ının dengeye ulaşmasından sonra toprakların ağır metal içerikleri belirlenmiştir.

Çizelge 3.1 Toprak tampon çözelti pH'sına göre toprakların pH'larını 6,8'e getirmek için verilecek saf CaCO₃ miktarları (kg/da).

Toprak tampon çözelti pH'sı	Toprağı pH 6.8'e getirecek kireç ihtiyacı (kgCaCO ₃ /da)
6,7	350
6,6	475
6,5	625
6,4	775
6,3	925
6,2	1050
6,1	1200
6,0	1350
5,9	1500
5,8	1625
5,7	1775
5,6	1925
5,5	2075
5,4	2225
5,3	2350
5,2	2500
5,1	2650
5,0	2800
4,9	2950
4,8	3100

3.3.3.3 Kireçlenmiş topraklardaki toplam ağır metal miktarının belirlenmesi

Toprakların pH değerleri dengeye geldiğinde kireçlemenin ağır metal konsantrasyonundaki etkisini ortaya koymak amacıyla toprak örneklerinde (Narin ve diğ.,1997)' nin bildirdiğine göre (Avila ve diğ., 1994) yöntemine göre toplam ağır metal konsantrasyonu belirlenmiştir.

3.3.3.4 Yulaf ekimi ve yulafalarda ağır metal tayini

Kireçleme ile pH'sı dengeye gelen topraklarda ve kireçleme yapılmayan tanık her bir toprağa 30'ar tane yulaf tohumu ekilmiştir(17-07-2003). Bitki çıkışından sonra seyreltme

işlemi yapılarak her saksıda 20 bitki bırakılmıştır. Gerekli bakım işleri uygulanmıştır. İki aylık yetiştirme döneminden sonra bitkiler köklerinden kesilerek hasat edilmiştir. Hasatları sonrasında 65°C'deki etüvde kurutma işlemine tabi tutularak kurutulmuşlardır. Kurutulan yulaf bitkileri porselen havanda öğütülmüş ve (Kacar,1976; Jones, 1991) ağır metal içerikleri belirlenmiştir.

Yulaf bitkisinde ağır metallerin belirlenmesinde yaş yakma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde göre 1:3 oranında HClO₄: HNO₃ kullanılmıştır. Öğütülen yulaf bitkilerinden 50 mL'lik beherlere 0,5'er g tartılmıştır. Üzerine 3 mL derişik HClO₄ ve 9 mL derişik HNO₃ çözeltisi ilave edilerek beherler saat camı kapatılıp 90°C ısıtılmıştır. Isıtma işlemine, HNO₃ 'ün yoğun kahverengi dumanları kaybolduktan sonra HClO₄'ün beyaz dumanları çıkmaya başlayıp, renksiz bir ekstrakt oluşup yaklaşık 1 mL çözelti kalıncaya kadar devam edilmiştir. Yakma işlemine son verilip çözeltiler soğuyuncaya kadar beklenmiş ve daha sonra 10 mL'lik hacime saf su ile seyreltilmiştir (Kacar, 1976).

3.3.4 İstatistiksel analizler

Toprak örneklerine uygulanan kireçlemenin toprakların ağır metal içeriklerine (Cd, Pb, Ni, Cr, Cu) etkisini, yulaf bitkisinin verimine ve ağır metal içeriğine (Cd, Pb, Ni, Cr, Cu) etkisini; toprak özellikleri ile toprakların ağır metal içerikleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla istatistik analizlerinde SPSS 10.5 versiyonlu bilgisayar paket programı kullanılmıştır.

$$Y_{ij} = \mu + a_i + e_{ij}$$

Burada Y_{ij} = i. Bölgenin j. Örneği, μ =bölge ortalaması, a_i = i. Bölgenin etkisi, e_{ij} = tesadüfi hata

BÖLÜM 4

BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Deneme Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Bu araştırmada kullanılan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. Toprak analiz sonuçlarından da görüldüğü gibi; toprak örneklerin %63,6'sı kuvvetli asit, %18,2'si orta asit, %9,1'ü hafif asit ve %9,1'i çok kuvvetli asit özellik göstermektedir. Toprakların özelliklerinin %100'ü tuzsuz, %100'ü çok az kireçlidir. Fosfor bakımından %54,5'i orta, %27,3'ü çok yüksek ve %18,2'si çok az bulunmuştur. Toprak örneklerinin hepsinde organik madde çok az bulunmuştur. Ayrıca toprakların %54,5'i tınlı, %18,2 'si kumlu ve %27,3'ü killi-tınlıdır.

4.2 Kireçlemenin toprakların pH değişimine etkisi

Asidik özellik gösteren 11 bölgeden alınan toprak örneklerine (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K) sırasıyla 4,4; 5,7; 4,6; 3,0; 4,6; 2,9; 6,6; 3,8; 4,4; 4,1; 4,6 g kireç/kg.toprak hesabıyla CaCO₃ cinsinden kireç hesaplanarak toprağa verilmiştir. Toprakların pH değerleri dengeye gelinceye kadar bekletilmiştir (8 hafta). Kireçleme sonunda toprak örneklerinin dengeye gelen pH değerleri Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1'de verilmiştir.

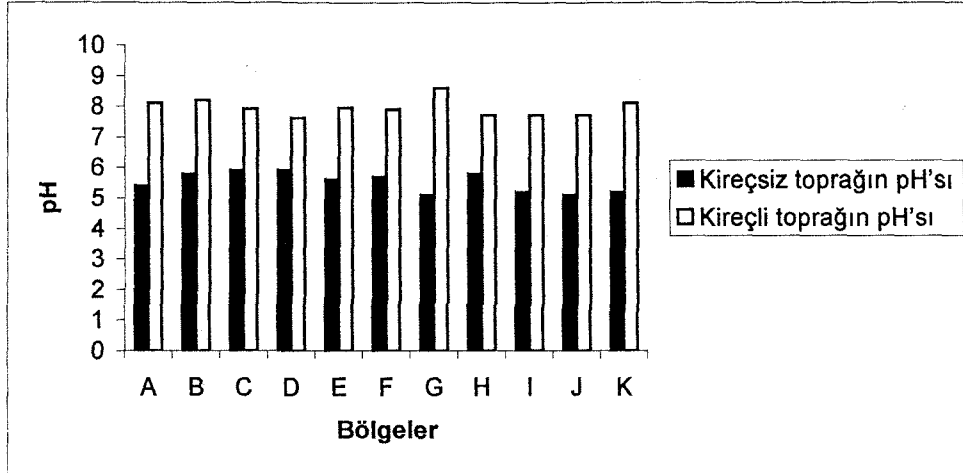
Çizelge 4.1 Toprak örneklerine kireç uygulaması yapılmadan önceki ve kireç uygulaması yapıldıktan sonraki pH değerleri

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	4,5	5,0	5,1	5,5	5,3	5,7	4,2	5,9	5,0	4,4	4,5
Kireç uygulanan toprak	8,1	8,2	7,9	7,6	7,9	7,9	8,6	7,7	7,7	7,7	8,1

Çizelge 4.2 Misli ovasından alınan toprak örneklerinin alındıkları yerler ve bazı özellikleri

Köyü	Numunenin alındığı yer		Uygulamalar												
	Mevkii	PH	Derecesi	Total Tuz(%)	Derece si	Kireç CaCO ₃ (%)	Derecesi	Fosfat P ₂ O ₅ (kg/dm ³)	Derecesi	Organik Madde (%)	Derecesi	Bünye (doyg.)	Derecesi	Kuru ve sulu şart.	
A. Ağcaşar	Derinkuyu yolu üzeri	4,4	Kuvvetli asit	H.eseri	Tuzsuz	0,83	Çok az	0,46	Çok az	0,21	Çok az	31	Çok az	Kumlu Sulu	
B. Kiledere	Alay yolu	4,7	"	0,048	"	1,66	"	5,04	Orta	0,72	"	44	"	"	
C. Alay	Yalvaç yolu	4,8	"	0,089	"	0,83	"	6,41	"	1,10	az	53	az	Killi-Tınlı	
D. Hasaköy	Nigde yolu	5,0	Orta asitli	0,043	"	"	"	"	"	1,05	"	42	"	Tınlı	
E. Tırhan	Gülhanım	4,9	Kuvvetli asit	0,068	"	1,66	"	"	"	0,99	Çok az	53	Çok az	"	
F. Hasaköy	İnce yol	5,2	Orta asitli	0,043	"	0,83	"	"	"	1,05	az	40	az	"	
G. Orhanlı	Belen	3,8	Çok kuvvetli asit	H.eseri	"	"	"	5,04	"	0,21	Çok az	40	Çok az	"	
H. Bağlama	Uluyol	6,0	Hafif asitli	0,093	"	"	"	21,07	Çok yük.	1,10	"	58	"	Killi-Tınlı	
I. Tırhan	Gühanım	4,6	Kuvvetli asit	0,097	"	"	"	1,37	Çok az	0,63	"	57	"	"	
J. Konaklı	Bağlar	4,1	Kuvvetli asit	0,050	"	"	"	13,28	Çok. Yük.	0,68	"	45	"	Tınlı	
K. Ağcaşar	Derinkuyu yolu üzeri	4,1	"	H.eseri	"	"	"	21,07	"	0,37	"	28	"	Kumlu	

Kireç ihtiyacının belirlenmesinde kullanılan SMP yönteminde (Shoemaker ve ark., 1961) hedeflenen pH:6,8 olmasına rağmen kireçleme sonrası toprak örneklerinin pH'ları 7,63 ile 8,6 arasında değişmektedir. Hedeflenen pH'ya ulaşılmamasının nedeni toprakların kil tiplerinin farklı olmasından kaynaklanabilir (Akalan, 1987).



Şekil 4.1 Toprak örneklerinin kireç uygulaması yapılmadan önceki ve kireç uygulaması yapıldıktan sonraki pH değerleri

Kireçlemeden önce 6 dan düşük olan pH değerleri kireç uygulamasından sonra tüm toprak örneklerinde nötr ve hafif alkaliye kadar (7,63-8,6) yükselmiştir.

4.3 Alınan toprak örneklerinin ağır metal içerikleri

Alınan toprak örneklerine ait ağır metal içerikleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Alınan toprak örneklerindeki ağır metal içerikleri ($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Cr	30,4 ($\pm 1,7$)	27,0 ($\pm 1,7$)	44,5 ($\pm 1,3$)	26,7 ($\pm 4,7$)	55 ($\pm 2,6$)	35,5 (± 0)	18,6 ($\pm 1,4$)	56,5 (± 0)	58,8 (± 0)	25,6 ($\pm 2,9$)	27,6 (± 5)
Pb	11,9 ($\pm 2,8$)	15,1 ($\pm 2,8$)	20,1 ($\pm 2,95$)	18,4 (± 0)	24,5 (± 0)	18,4 (± 0)	18,4 ($\pm 1,4$)	24,5 (± 0)	24,5 (± 0)	8,7 (± 0)	14,5 ($\pm 3,5$)
Ni	27,7 ($\pm 0,9$)	37,1 ($\pm 2,8$)	59,1 ($\pm 2,3$)	34,7 ($\pm 1,6$)	54,7 ($\pm 0,8$)	39,4 ($\pm 3,2$)	22,2 ($\pm 1,6$)	71,9 ($\pm 7,3$)	58,6 ($\pm 0,2$)	19,5 ($\pm 0,9$)	26,4 ($\pm 2,8$)
Cd	GSA (± 0)	GSA (± 0)	GSA (± 0)	GSA (± 0)	GSA (± 0)	0,8 (± 0)	0,2 (± 0)	GSA (± 0)	0,6 ($\pm 0,1$)	0,5 (± 0)	12,3 ($\pm 0,3$)
Cu	10,6 ($\pm 0,6$)	16,3 (± 0)	30 ($\pm 0,5$)	31,1 ($\pm 4,1$)	33,8 ($\pm 1,2$)	35,5 (± 0)	16,4 ($\pm 0,1$)	29,8 ($\pm 1,2$)	29,8 ($\pm 1,2$)	10,3 (± 0)	12,3 (± 0)

Alınan 11 bölgedeki toprağın Cr içeriği, kireçlemeden önce belirlendiğinde 18,6 ($\pm 1,4$) ile 58,8(± 0) $\mu\text{g/g}$ arasında değişim göstermiştir. Resmi gazetede (Anonim,2001); pH \leq 6.0 olan toprakta Cr'un sınır konsantrasyonu 100 $\mu\text{g/g}$ 'dır (Çizelge 2.5). Kireçleme

yapılmayan toprakların tamamında Cr içeriğinin sınır konsantrasyonunun altında olduğu görülmektedir. Topraktaki Pb'nun sınır konsantrasyonunu $pH \leq 6$ iken $50 \mu\text{g/g}$ dır (Çizelge 2.5). Alınan 11 bölgenin topraktaki Pb içeriği kireçleme yapılmadan incelendiğinde $24.5(\pm 0)$ ile $8.7(\pm 0) \mu\text{g/g}$ arasında değiştiği buna göre toprak örneklerindeki toplam Pb içeriğinin sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir. Toprakların Ni içeriği $19,5(\pm 0.9)$ ile $71.9(\pm 7,3) \mu\text{g/g}$ arasında değişim göstermektedir. Çizelge 2.4 'de Ni 'in sınır konsantrasyonu $pH \leq 6$ olduğunda $30 \mu\text{g/g}$ dır. Buna göre B,C,D, E,F, H ve I bölgelerindeki toplam Ni düzeyinin sınır değerlerinin üzerinde olduğu A,G,J, ve K bölgelerinin sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir. Alınan toplam 11 bölgedeki toprağın Cd içeriği $GSA(\pm 0)$ ile $12,3(\pm 0.3) \mu\text{g/g}$ arasında değişim göstermektedir. Cd'un sınır konsantrasyonu $pH \leq 6$ olduğunda $1.0 \mu\text{g/g}$ 'dır. Buna göre sadece K toprağında toplam Cd düzeyinin sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Alınan 11 bölgedeki toprağın Cu içeriği $10,3(\pm 0)$ ile $35,5 (\pm 0) \mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir. Cu'm sınır konsantrasyonu $pH \leq 6$ olduğunda $50 \mu\text{g/g}$ 'dır. Buna göre örnekleme yerlerinden alınan topraklarda Cu düzeyinin sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3)

Çizelge 4.4 Kireçsiz Topraklardaki Ağır Metal İçerikleri İle Toprak Özellikleri Arasındaki İlişki

	Cr	Pb	Ni	Cd	Cu	pH	TUZ	KİREÇ	Fosfor	Organik madde
Cr	1									
Pb	0,758*	1								
Ni	0,883*	0,798*	1							
Cd	-0,155	-,209	-,314	1						
Cu	0,512*	0,638*	0,613*	- 0,281	1					
Ph	- 0,257	- 0,107	- 0,063	0,159	-0,269	1				
Tuz	0,124	0,098	0,014	0,275	0,063	-0,723*	1			
Kireç	0,002	-0,006	-0,070	0,210	-0,145	0,255	-0,101	1		
Fosfor	0,049	0,209	-0,009	-0,034	0,249	-0,445	-0,383*	-0,256	1	
Organik madde	0,152	0,125	0,024	0,256	0,044	0,911*	0,985*	-110	-0,396*	1

*: $\alpha = 0,05$

Alınan toprak örneklerindeki toplam ağır metal içerikleri ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkileri değerlendirildiğinde; toprakların seçilen özelliklerinden biri olan organik madde içeriği ile pH arasında ($r = 0,911$) $p < 0,005$, organik madde içeriği ile tuz arasında ($r = 0,985$) $p < 0,05$ düzeyinde çok önemli bir pozitif yönlü ilişki bulunmuştur. Ayrıca toplam tuz ile pH arasında ($r = -0,723$) $p < 0,05$ ve fosfor-tuz arasında ($r = -0,383$) $p < 0,05$, organik madde -fosfor arasında ($r = -0,396$) $p < 0,05$ düzeyinde negatif yönlü önemli bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Ayrıca toprak örneklerindeki toplam ağır metallerinin birbiri ile olan ilişkileri açısından değerlendirildiğinde; Pb-Cr arasında ($r=0,758$), Ni-Cr arasında ($r=0,883$), Ni-Pb arasında ($r=0,798$), Cu-Cr arasında ($r=0,512$), Cu-Pb arasında ($r=0,638$), Cu- Ni arasında ($r=0,613$) $p<0,05$ düzeyinde önemli düzeyde pozitif ilişkiler hesaplanmıştır(Çizelge 4.4).

(Brohi ve diğ., 1994), Ni'in volkanik kökenli topraklarda (bazalt, gabro, serpantin) 20-40 kat daha fazla olduğunu ve bu tür topraklarda Ni'in yüksek düzeyde bulunduğunu belirtmektedir Toprak örneklerinden B, C, D, E, F, H ve I bölgelerinde Ni içeriğinin yüksek çıkması bu alandaki toprakların volkanik karakterli olmasından dolayı olabilir Bu yüzden toprak özelliklerinin miktarlar üzerinde önemli etkisi olduğu gözden uzak tutulmamalıdır.

4.4 Kireç uygulamasından sonra toprak örneklerinin ağır metal içerikleri

Alınan toprak örneklerine kireç uygulaması yapıldıktan sonraki ağır metal içerikleri çizelge 4.5'te verilmiştir

Çizelge 4.5 Kireç uygulaması yapılan toprakların ağır metal içerikleri($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Cr	19,6 ($\pm 1,8$)	27,6 ($\pm 4,9$)	55,9 ($\pm 8,6$)	31,5 ($\pm 2,5$)	43,8 ($\pm 3,3$)	32,2 ($\pm 1,2$)	17,6 ($\pm 2,9$)	50,3 (± 3)	54,3 ($\pm 1,4$)	22,2 ($\pm 2,5$)	21,1 ($\pm 1,9$)
Pb	8,5 (± 3)	17,8 (± 2)	21,1 ($\pm 3,2$)	17,8 (± 2)	20,6 ($\pm 2,9$)	13,8 ($\pm 2,6$)	12,5 ($\pm 2,8$)	20,4 (± 3)	20,5 ($\pm 3,5$)	7,1 (± 2)	8,3 ($\pm 2,5$)
Ni	16,3 ($\pm 3,3$)	37,9 ($\pm 1,9$)	55,6 ($\pm 1,6$)	55,5 ($\pm 1,7$)	50,2 ($\pm 1,6$)	32,4 ($\pm 1,1$)	20,2 (± 1)	55,5 ($\pm 2,3$)	27,8 ($\pm 1,9$)	14,2 ($\pm 1,2$)	27,8 ($\pm 2,2$)
Cd	GSA (± 0)	0,3 ($\pm 0,2$)	GSA (± 0)	0,04 ($\pm 0,1$)	GSA (± 0)	0,08 ($\pm 0,1$)	0,06 ($\pm 0,1$)	GSA (± 0)	0,3 ($\pm 0,1$)	0,2 (± 0)	9,3 ($\pm 0,3$)
Cu	9,3 ($\pm 0,9$)	15,4 ($\pm 1,1$)	29,8 ($\pm 1,2$)	29,8 ($\pm 1,1$)	31,1 ($\pm 0,7$)	31,8 ($\pm 0,5$)	14,5 ($\pm 0,9$)	25,1 ($\pm 1,8$)	29,1 ($\pm 0,6$)	7,8 ($\pm 0,7$)	9,3 ($\pm 1,2$)

Resmi gazetede (Anonim, 2001), $\text{pH}>6$ olan topraklardaki ağır metallerin sınır konsantrasyonları şu şekildedir. Cr'un $100 \mu\text{g/g}$, Pb'nun $300 \mu\text{g/g}$, Ni'in $75 \mu\text{g/g}$, Cd'un $3 \mu\text{g/g}$, Cu'nun $140 \mu\text{g/g}$ 'dir. Kireçleme yapıldıktan sonraki toprakların Cr içeriği, $17,6(\pm 2,9)$ ile $55,9 (\pm 8,6)\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir(Çizelge4.5). Toprak örneklerinin Cr içeriği sınır değerlerinin altında olduğu görülmektedir(Çizelge 2.5). Toprakların Pb içeriği, $8,3(\pm 2,5)$ ile $21,1(\pm 3,2) \mu\text{g/g}$ arasında değiştiği (Çizelge4.3) ve bu değerlerin sınır konsantrasyonunun altında olduğu görülmektedir. Toprakların Ni içeriği, $14,2(\pm 1,2)$ ile $55,6(\pm 1,6) \mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir (Çizelge4.5) Toprak örneklerinin Ni içeriği sınır değerlerinin altındadır. Toprakların Cd içeriğinin GSA (± 0) ile $9,3 (\pm 0,3) \mu\text{g/g}$ arasında

değiştirdiği (Çizelge 4.5), Toprak örneklerinden K bölgesi hariç hepsinde Cd içeriğinin sınır konsantrasyonunun altında olduğu belirlenmiştir. Ancak kireçleme ile toprak pH'sının yükselmesine bağlı olarak K toprağında Cd konsantrasyonu azalmıştır.

(Andrade ve diğ., 1985), toprağa asit içeren lağım artıklarının ilavesi (10-160 l/ha) sonucunda topraktaki asitlik ile elde edilebilir metal (Zn, Pb, Cd, Cr) içeriğinin arttığı ve arpa tarafından alınabilir Zn, Pb, Cr'un bitkideki konsantrasyonunun yükseldiği belirlenmiştir. Bu şekildeki artıkların fazla miktarda toprağa verilmesi yanında tekrar tekrar toprağa uygulanması da asitlik ve ağır metal içeriğini artırmada rol oynamaktadır. Yapılan çalışmada kireçleme işlemi ile toprağın pH'sı yükseltilmiş ve sonuçta ağır metallerin (Cr, Cd, Ni, Pb, Cu) konsantrasyonlarında azalmıştır.

Kireçleme yapıldıktan sonraki toprakların Cu içeriği, 9,3(±0,9) ile 31,8 (±0,5)µg/g arasında değişmektedir (Çizelge 4.5). Toprak örneklerinin Cu içeriği sınır değerlerinin altında belirlenmiştir.

Çizelge 4.6 Kireçlenen topraklardaki ağır metal içerikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişki

	Cr	Pb	Ni	Cd	Cu	pH	Tuz	kireç	fosfor	Organik madde
Cr	1									
Pb	0,754*	1								
Ni	0,835*	0,847*	1							
Cd	-0,219*	-0,199*	-0,217*	1						
Cu	0,758*	0,743*	0,836*	-0,327*	1					
pH	-0,201	-0,413*	-0,344	-0,106	-0,240	1				
Tuz	0,332	0,478*	0,428*	0,295	0,394*	-0,086	1			
Kireç	0,383*	0,299	0,478*	-0,014	0,469*	-0,119	-0,101	1		
Fosfor	-0,055	0,00	0,043	0,048	-0,040	-0,290	-0,383*	-0,256	1	
Organik madde	0,302	0,470*	0,427*	0,254	0,391*	-0,022	0,985*	-0,110	-0,396*	1

* : $\alpha = 0,05$

Toprak örneklerinde yapılan kireçleme işlemi sonrasında toprakların toplam ağır metal içerikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; toprakların seçilen özelliklerinden biri organik madde ile tuz arasında ($r=0,985$) $p<0,05$, organik madde ile Cu arasında ($r= 0,391$) $p<0,05$, organik madde ile Pb arasında ($r= 0,470$) $p<0,05$, organik madde ile Ni arasında ($r= 0,427$) $p<0,05$, kireç ile Cr arasında ($r= 0,383$) $p<0,05$, kireç ile Ni arasında ($r= 0,478$) $p<0,05$, kireç ile Cu arasında ($r= 0,469$) $p<0,05$, tuz ile Pb arasında ($r= 0,478$) $p<0,05$, tuz ile Ni arasında ($r= 0,428$) $p<0,05$, tuz ile Cu arasında ($r= 0,394$) $p<0,05$ düzeyinde çok önemli bir pozitif yönlü ilişki , pH ile Pb arasında ($r= -$

0,413) $p < 0,05$, olan alınabilir fosfor (P_2O_5) değerleri ile tuz arasında ($r = -0,383$) $p < 0,005$, organik madde ile fosfor arasında ($r = -0,396$) $p < 0,05$ düzeyinde çok önemli bir negatif yönlü ilişki bulunmuştur (Çizelge 4.6). Toprak organik maddesi Pb ve Ni'i bünyesine bağlayabilmektedir.

Ayrıca toprak örneklerinde yapılan kireçleme işlemi sonrasında toplam ağır metallerin bir biri ile olan ilişkileri açısından değerlendirildiğinde; Pb-Cr arasında ($r = 0,754$) $p < 0,05$, Ni-Cr arasında ($r = 0,835$) $p < 0,05$, Ni-Pb arasında ($r = 0,847$) $p < 0,05$, Cd-Pb arasında ($r = -0,199$) $p < 0,05$, Ni-Cd arasında ($r = -0,217$) $p < 0,05$, Cu-Cr arasında ($r = 0,758$) $p < 0,05$, Cu-Pb arasında ($r = 0,743$) $p < 0,05$, Cu-Ni arasında ($r = 0,836$) $p < 0,05$ düzeyinde çok önemli bir pozitif yönlü ilişki, Cu-Cd arasında ($r = -0,327$) $p < 0,05$ Cd-Cr arasında ($r = -0,219$) $p < 0,05$ düzeyinde çok önemli düzeyde negatif ilişkiler hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

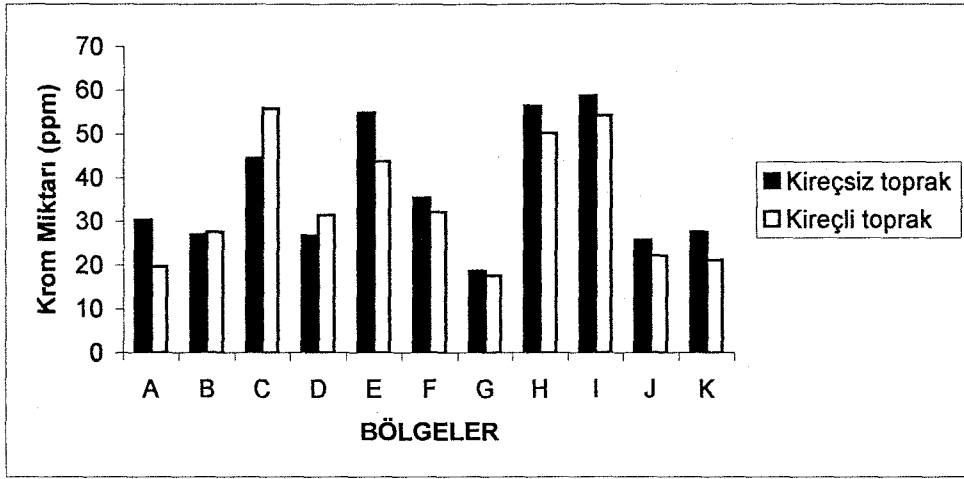
4.4.1 Kireçlemenin toprağın Cr içeriğine etkisi

Kireç uygulaması yapıldıktan sonra B, C ve D topraklarının Cr içeriklerinden de bir artış belirlenmiş, diğer bölgelerde ise Cr içeriklerinde azalma meydana gelmiştir (Çizelge 4.7 ve Şekil 4.2). Meydana gelen artış sınır değerlerin altında bulunmaktadır (Anonim, 2001). Meydana gelen artış ve azalmalar toprak özelliklerinin değişmesi ile ilgili olabilir.

Çizelge 4.7 Kireçleme yapılmadan önce ve yapıldıktan sonra toprakların Cr içerikleri ($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	30,4 ($\pm 1,7$)	27,0 ($\pm 1,7$)	44,5 ($\pm 1,3$)	26,7 ($\pm 4,7$)	55 ($\pm 2,6$)	35,5 (± 0)	18,6 ($\pm 1,4$)	56,5 (± 0)	58,8 (± 0)	25,6 ($\pm 2,9$)	27,6 (± 5)
Kireç uygulanan toprak	19,6 ($\pm 1,8$)	27,6 ($\pm 4,9$)	55,9 ($\pm 8,6$)	31,5 ($\pm 2,5$)	43,8 ($\pm 3,3$)	32,2 ($\pm 1,2$)	17,6 ($\pm 2,9$)	50,3 (± 3)	54,3 ($\pm 1,4$)	22,2 ($\pm 2,5$)	21,1 ($\pm 1,9$)

Kireçlemenin toprak örneklerinin toplam ağır metal içeriklerine olan etkisini belirlemek için yapılan istatistik (varyans) tablosu Çizelge 4.8'de verilmiştir. Çizelge 4.8'de kireç uygulamasının toprak örneklerine göre ve kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklara göre topraktaki krom miktarları arasındaki farklılığın nedenleri araştırıldığında; farklılıkta (varyasyonda) bölgelerin ve kireçleme işlemlerinin önemli olduğu belirlenmiştir ($f = 146.1$) $p = 0.00$, Kireçleme işlemi için ($f = 15.1$) dir,



Şekil 4.2 Topraklara kireç uygulaması yapılmadan önce ve yapıldıktan sonraki Cr içeriklerinin değişimi

Çizelge 4.8 Varyans Analiz Tablosu (Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardan elde edilen krom miktarları arasındaki ilişki)

Varyasyon kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Bölgeler	10	17874,3	1787,4	146,1	0,00
Bloklar	1	184,9	184,9	15,1	0,00
Bölge*Blok	10	1076,7	107,7	8,8	0,00
Hata	109	1334,0	12,2		

Korelasyon: 0,950 Çoklu Belirtme katsayısı=0,941

Çizelge 4.9 Duncan Analiz Tablosu(Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Cr değerlerinin örnekleme yerlerine göre değişimi)

Bölgeler	N	Uygulamalar							Ort. D	Stand. Hata	Güven Aralıkları	Sig.
		1-Grup	2-Grup	3-Grup	4-Grup	5-Grup	6-Grup	7-Grup				
G	12	17,87							-4,875	1,4282	(-,82)-(0,93)	0,964
A	12		21,46						-1,286	1,4603	(-5,32)-(2,75)	0,026
K	12		22,75									0,000
J	12		23,10						0,350	1,4282	(-3,59)-(4,30)	0,000
B	12			27,05					4,300*	1,4282	(0,35)-(8,25)	0,000
D	12				30,34				7,952*	1,4282	(3,65)-(11,54)	0,000
F	12				33,07				10,325*	1,4282	(6,38)-(14,27)	0,000
E	12					47,40			24,650*	1,4282	(20,70)-(28,59)	0,008
H	12						51,84		29,092*	1,4282	(25,14)-(33,03)	0,000
C	12						53,06		30,317*	1,4282	(26,37)-(34,26)	0,000
I	12							55,43	32,683*	1,4282	(28,74)-(36,63)	0,000
Sig.		1,000	0,287	1,000	0,059	1,000	0,395	,102				1,000

$\alpha = 0,05$

Çizelge 4.8'da toprak örneklerinin alındığı bölgelerin ve kireçlemenin önemli olup olmadığı belirlendikten sonra bu farklılığın hangi bölge ve/veya bölgelerden kaynaklandığını belirlemek için Duncan testi uygulanarak çizelge 4.9 oluşturulmuştur.

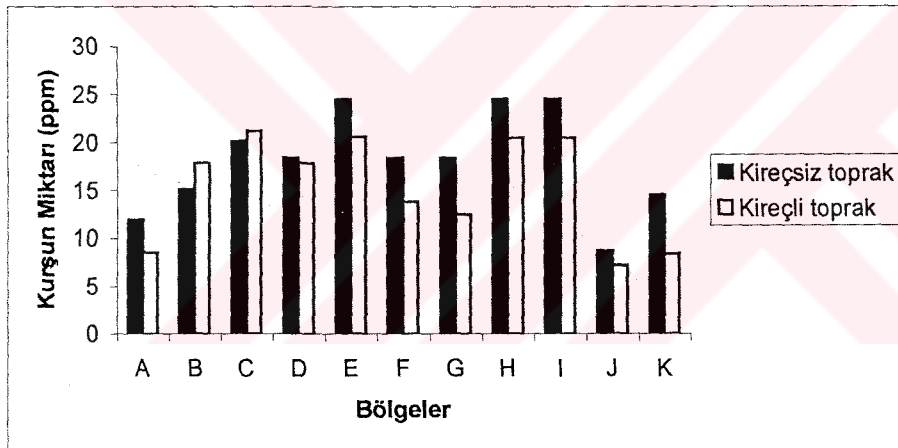
Kireçlemenin toprak örneklerinden B, D, F, E, H, C ve I'nın Cr içeriğini istatistiki olarak etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

4.4.2 Kireçlemenin toprağın Pb içeriğine etkisi

Kireç uygulaması yapılmadan önceki ve kireç uygulaması yapıldıktan sonraki toprakların Pb içeriklerine bakıldığında B ve C topraklarında artış görülürken diğer topraklarda azalma belirlenmiştir. Ancak artış gösteren topraklarda sınır değerlere ulaşılmamıştır (Çizelge 4.10 ve Şekil 4.3).

Çizelge 4.10 Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Pb içeriği($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	11,9 ($\pm 2,8$)	15,1 ($\pm 2,8$)	20,1 ($\pm 2,95$)	18,4 (± 0)	24,5 (± 0)	18,4 (± 0)	18,4 ($\pm 1,4$)	24,5 (± 0)	24,5 (± 0)	8,7 (± 0)	14,5 ($\pm 3,5$)
Kireç uygulanan toprak	8,5 (± 3)	17,8 (± 2)	21,1 ($\pm 3,2$)	17,8 (± 2)	20,6 ($\pm 2,9$)	13,8 ($\pm 2,6$)	12,5 ($\pm 2,8$)	20,4 (± 3)	20,5 ($\pm 3,5$)	7,1 (± 2)	8,3 ($\pm 2,5$)



Şekil 4.3 Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Pb içeriği

Kireçlemenin toprak örneklerinin toplam ağır metal içeriklerine olan etkisini belirlemek için yapılan istatistik (varyans) tablosu Çizelge 4.11'de verilmiştir

Çizelge 4.11'de kireç uygulamasının toprak örneklerine göre ve kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklara göre topraktaki kurşun miktarları arasındaki farklılığın nedenleri araştırıldığında; farklılıkta (varyasyonda) toprakların alındıkları yerlerin ve kireçleme işlemlerinin önemli olduğu belirlenmiştir ($f=36.13$) $p=0.00$, kireçleme işlemi için ($f=28.27$) dir.

Çizelge 4.11 Varyans Analiz Tablosu(Kireçleme yapılanve yapılmayan toprakların Pb miktarları arasındaki ilişki)

Varyasyon kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Bölgeler	10	2305,47	230,5	36,13	0,00
Bloklar	1	180,4	180,4	28,27	0,00
Bölge*Blok	10	185,2	18,5	2,9	0,03
Hata	109	695,5	6,38		
Korelasyon: 0,840, Çoklu Belirtme katsayısı=0,810					

Çizelge 4.12 Duncan analiz tablosu(Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Pb değerlerinin örnekleme yerlerine göre değişimi)

		Uygulamalar									
Bölge	N	1-Grup	2-Grup	3-Grup	4-Grup	5-Grup	Ortalama D	Standart Hata	Güven Aralıkları	Sig.	
J	12	7,550					-2,317	1,031	(-5,166)-(0,533)	0,169	
A	12	8,973					-0,894	1,054	(-3,808)-(2,02)	0,972	
K	12		9,867							0,000	
G	12			13,975			4,108*	1,031	(1,259)-(6,958)	0,000	
F	12			14,975			5,108*	1,031	(2,259)-(7,958)	0,000	
B	12				17,158		7,292*	1,031	(4,442)-(10,141)	0,000	
D	12				17,975		8,108*	1,031	(5,259)-(10,958)	0,000	
C	12					20,900	11,033*	1,031	(8,184)-(13,883)	0,000	
I	12					20,958	11,092*	1,031	(8,242)-(13,941)	0,000	
H	12					21,492	11,625*	1,031	(8,775)-(14,475)	0,000	
E	12					21,583	11,717*	1,031	(8,867)-(14,566)	0,000	
Sig.		0,172	0,390	0,336	0,432	0,555					

$\alpha = 0,05$

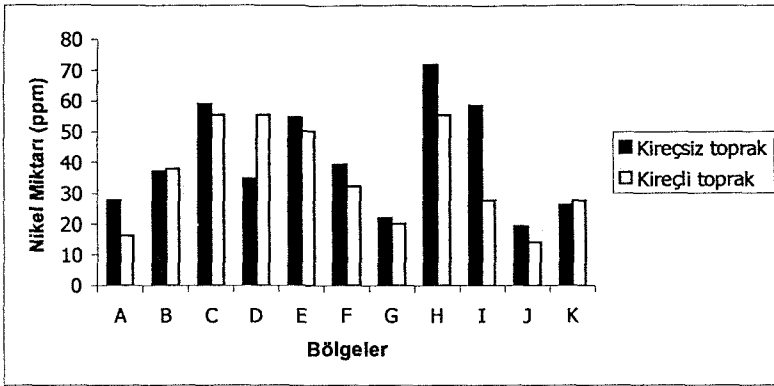
Kireçlemenin toprak örneklerinden G, F, B, D,C, I, H ve E'nin Pb içeriğini istatistiki olarak etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

4.4.3 Kireçlemenin toprağın Ni içeriğine etkisi

Topraklara kireç uygulaması yapıldıktan sonra A, C, E, F, G, H, I ve J bölgelerinin Ni içeriklerinde azalma görülmüş, diğer bölgelerde artış görülmüştür. D bölgesinde ise toprağa kireçleme yapıldıktan sonra büyük oranda artış olduğu görülmüştür(Çizelge 4.13). Ancak bu değerler sınır değerlere ulaşamamıştır (Anonim, 2001).

Çizelge. 4.13 Kireç uygulaması yapılan ve yapılmayan topraklardaki Ni içeriği($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	27,7 ($\pm 0,9$)	37,1 ($\pm 2,8$)	59,1 ($\pm 2,3$)	34,7 ($\pm 1,6$)	54,7 ($\pm 0,8$)	39,4 ($\pm 3,2$)	22,2 ($\pm 1,6$)	71,9 ($\pm 7,3$)	58,6 ($\pm 0,2$)	19,5 ($\pm 0,9$)	26,4 ($\pm 2,8$)
Kireç uygulanan toprak	16,3 ($\pm 3,3$)	37,9 ($\pm 1,9$)	55,6 ($\pm 1,6$)	55,5 ($\pm 1,7$)	50,2 ($\pm 1,6$)	32,4 ($\pm 1,1$)	20,2 (± 1)	55,5 ($\pm 2,3$)	27, ($\pm 1,9$)	14,2 ($\pm 1,2$)	27,8 ($\pm 2,2$)



Şekil 4.4 Kireç uygulaması yapılan ve yapılmayan topraklardaki Ni içeriği

(Kartal ve diğ., 1993), Kayseri’de Çinkur fabrikası etrafındaki topraklarda Zn, Cu, Pb, Ni, Cd ve Mn’nın topraktaki kirlilik seviyelerinin ortaya konulmasına yönelik yaptıkları çalışmaları sonucunda fabrikadan 50 ile 2000 m. uzaklıklarda toplam Ni içeriğini 17 ile 57 $\mu\text{g/g}$, kontrol toprak örneklerinde ise 17-21 $\mu\text{g/g}$ olarak saptamışlardır. Bu çalışmada toplam Ni içeriği ortalama 41,0 $\mu\text{g/g}$ olup, (Kartal ve diğ., 1993)’nin çalışmalarında buldukları değerler arasında çıkmıştır.

Kireçlemenin toprak örneklerinin toplam ağır metal içeriklerine olan etkisini belirlemek için yapılan istatistik (varyans tablosu) Çizelge 4.14’te verilmiştir.Çizelge 4.14’te kireç uygulamasının topraklar göre ve kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklara göre topraktaki kurşun miktarları arasındaki farklılığın nedenleri araştırıldığında; farklılıkta (varyasyonda) toprakların alındığı yerler ve kireçleme işlemlerinin önemli olduğu belirlenmiştir ($f=357.45$) $p=0.00$, Kireçleme işlemi için ($f=43,9$) olurken burada nikel miktarına bölge ve kireçlemenin interaksiyon etkisinin de önemli farklılığa neden olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4.14 Varyasyon Analiz Tablosu(Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardan elde edilen nikel miktarları arasındaki ilişki)

Varyasyon kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Bölgeler	10	24066,5	2406,65	357,45	0,00
Bloklar	1	295,566	295,56	43,9	0,00
Bölge*Blok	10	1900,94	190,09	28,23	0,00
Hata	109	733,871	6,73		

Korelasyon: 0,950, Çoklu Belirtme katsayısı=0,941

Çizelge 4.15 Duncan Analiz Tablosu(Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Ni içeriklerinin örnekleme yerlerine göre değişimi)

Bölge	N	Uygulamalar							Ortalama D	Standart Hata	Güven Aralıkları	Sig.
		1-Grup	2-Grup	3-Grup	4-Grup	5-Grup	6-Grup	7-Grup				
J	12	15,55							-7,825*	1,0593	(-10,752)-(-4,898)	0,000
A	12		18,45						-4,929*	1,0831	(-7,922)-(-1,936)	0,000
G	12			20,71					-2,667	1,0593	(-5,594)-(0,261)	0,092
K	12				23,38							0,000
F	12					34,20			10,817	1,0593	(7,889)-(13,744)	0,000
B	12						37,71		14,333*	1,0593	(11,406)-(17,261)	0,000
D	12							50,31	26,933*	1,0593	(24,006)-(29,861)	0,000
E	12							51,36	27,983*	1,0593	(25,056)-(30,911)	0,000
I	12								30,767*	1,0593	(27,839)-(33,694)	0,000
C	12								33,133*	1,0593	(30,206)-(36,061)	0,000
H	12								36,217*	1,0593	(33,289)-(39,144)	0,000
Sig.		1,00	1,000	1,000	1,00	1,000	1,000	0,326				

$\alpha = 0,05$

Çizelge 4.14'te toprak örneklerinin alındığı yerlerin ve kireçlemenin önemli olup olmadığı belirlendikten sonra bu farklılığın hangi yer ve/veya yerlerden kaynaklandığını belirlemek için Çizelge 4.15 oluşturulmuştur. Kireçlemenin toprak örneklerinden J, A, B, D, E, I, C ve H'nin Ni içeriğini istatistiki olarak etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 4.15).

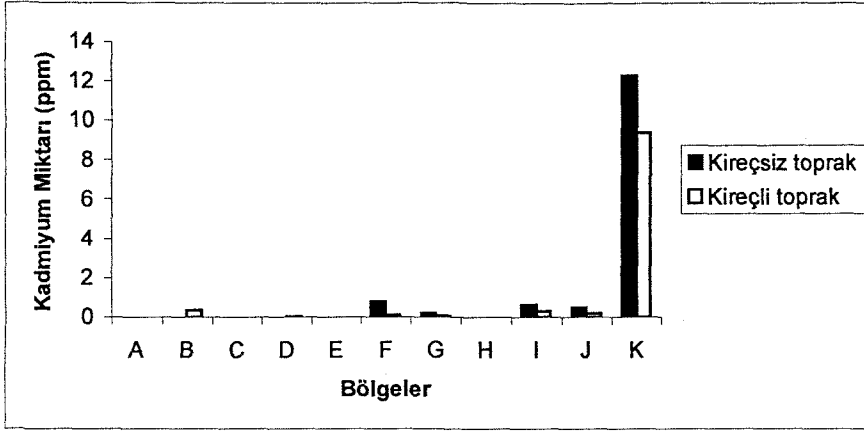
4.4.4 Kireçlemenin toprağın Cd içeriğine etkisi

Kireçlenen ve kireçlenmeyen toprakların Cd içerikleri Çizelge 4.16 ve Şekil 4.5 verilmiştir.

Çizelge 4.16 Kireçleme uygulanan ve kireçleme uygulanmayan toprakların Cd içerikleri($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	GSA (± 0)	GSA (± 0)	GSA (± 0)	GSA (± 0)	GSA (± 0)	0,8 (± 0)	0,2 (± 0)	GSA (± 0)	0,63 ($\pm 0,1$)	0,5 (± 0)	12,3 ($\pm 0,3$)
Kireç uygulanan toprak	GSA (± 0)	0,35 ($\pm 0,2$)	GSA (± 0)	0,04 ($\pm 0,1$)	GSA (± 0)	0,08 ($\pm 0,1$)	0,06 ($\pm 0,1$)	GSA (± 0)	0,3 ($\pm 0,1$)	0,2 (± 0)	9,3 ($\pm 0,3$)

Topraklarda kireçleme işleminden sonra B ve D bölgelerinde azda olsa artış görülmüştür. Diğer bölgelerde ise azalma belirlenmiştir. Ancak kireçleme yapılan topraklardaki Cd içeriği de K bölgesi hariç sınır değerlerin altında belirlenmiştir (Çizelge 4.16 ve Şekil 4.5).



Şekil 4.5 Kireçlenen ve kireçlenmeyen toprakların Cd içerikleri

(Haktanır ve diğ., 1995), yol kenarlarındaki topraklarda trafikten kaynaklanan ağır metallerin birikimini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada; trafik yoğunluğunun fazla olduğu (ODTÜ, Beytepe Kavşağı, Etimesgut) yerler ile tarım arazilerinden (Tarla Bitkileri Araştırma Enstitüsü ve Çiftçi arazisi) farklı derinlik, uzaklık ve mevsimlerde alınan toprak örneklerindeki Cd içeriğini belirlemişlerdir. Buna göre toplam Cd içeriğinin tarım arazilerinde (farklı derinlik, yola uzaklık ve mevsime bağlı olarak) 0,9 $\mu\text{g/g}$ ile 3,2 $\mu\text{g/g}$ arasında olduğunu saptamışlardır. Bu değerlere göre sadece K bölgesi izin verilebilir sınır değerden (3,2 –9,3) yüksek olması (Anonim, 2001) nedeniyle benzerlik göstermektedir.

Cd, tarımsal topraklara fosforlu gübreler yoluyla ulaşmakta ve bu alanlarda birikmektedir. Bu konularda yapılan araştırmalarda; çözülebilir fosforlu gübreler MAP (monoammonyomfosfat) ve DAP (diammonyumfosfat) tarımsal alanlarda kullanıldığında Cd içeriğinin toprakta arttığı görülmüştür. Özellikle DAP uygulanan topraklara da Cd ve Zn yönünden artış gözlenmiştir (Tok, 1997;Kabala ve diğ., 2001; McGowen ve diğ., 2001).Cd'un K bölgesinde yüksek çıkmasının nedeni yoğun ve aşırı kullanılan fosforlu gübrelerden kaynaklanabilir.

Kireçlemenin toprak örneklerinin toplam ağır metal içeriklerine olan etkisini belirlemek için yapılan istatistik (varyans) tablosu Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Varyans Analiz Tablosu(Kireçlenen ve kireçlenmeyen toprakların kadmiyum miktarları arasındaki ilişki)

Varyasyon kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Bölgeler	10	9,883	0,988	68,663	0,00
Bloklar	1	1,360	1,360	94,494	0,00
Bölge*Blok	10	5,501	,550	38,216	0,00
Hata	109	1,569	0,014		

Korelasyon: 0,980, Çoklu Belirtme katsayısı=0,976

Çizelge 4.18 Duncan Analiz Tablosu(Kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklardaki Cd değerlerinin örnekleme yerlerine göre değişimi)

Bölgeler	N	Uygulamalar						Sig.
		1-Grup	2-Grup	3-Grup	Ortalama D	Standart Hata	Güven Aralıkları	
A	12	0,00			-0,73*	0,050	(-0,86)-(-0,59)	0,000
C	12	0,00			-0,73*	0,049	(-0,86)-(-0,59)	0,000
E	12	0,00			-0,73*	0,049	(-0,86)-(-0,59)	0,000
H	12	0,00			-,073*	0,049	(-0,86)-(-0,59)	0,000
D	12	0,03			-0,69*	0,049	(-0,83)-(-0,56)	0,000
G	12	0,10			-0,63*	0,049	(-0,76)-(-0,49)	0,000
B	12		0,27		-0,46*	0,049	(-0,59)-(-0,32)	0,000
F	12		0,27		-0,46*	0,049	(-0,59)-(-0,32)	0,000
J	12		0,28		-0,45*	0,049	(-0,59)-(-0,31)	0,000
I	12		0,33		-0,39*	0,049	(-0,59)-(-0,31)	0,000
K	12			0,73				
Sig.		0,077	0,222	1,000				

$$\alpha = 0,05$$

Çizelge 4.17'de kireç uygulamasının topraklara göre ve kireçlemeye göre topraktaki kurşun miktarları arasındaki farklılığın nedenleri araştırıldığında; farklılıkta (varyasyonda) toprak örneklerinin yerleri ve kireçleme işlemlerinin önemli olduğu belirlenmiştir ($f=68,66$) $p=0,00$, Kireçleme işlemi için ($f=94,49$) olurken burada Cd miktarına örnekleme yeri ve kireçlemenin interaksiyon etkisinin de önemli farklılığa neden olduğu hesaplanmıştır ($f=38,21$).

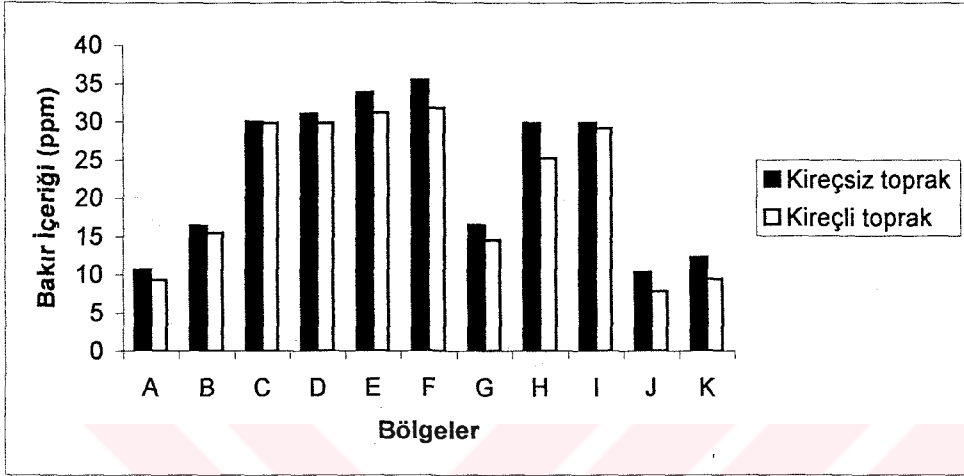
Çizelge 4.17'de toprak örneklerinin alındığı bölgelerin ve kireçlemenin önemli olup olmadığı belirlendikten sonra bu farklılığın hangi örnekleme yeri ve/veya yerlerinden kaynaklandığını belirlemek için Çizelge 4.18 oluşturulmuştur. Kireçlemenin toprak örneklerinden A,B, C, D,E,F,G, H, I,J,K veL'nin Cd içeriğini istatistiki olarak etkilediği (azalttığı) belirlenmiştir (Çizelge 4.16),

4.4.5 Kireçlemenin toprağın Cu içeriğine etkisi

Topraklara uygulanan kirecin toprağın Cu içeriğine etkisi Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Topraklara kireçleme uygulaması yapılmadan önce ve kireçleme yapıldıktan sonraki Cu içeriği($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	10,6 ($\pm 0,6$)	16,3 (± 0)	30,0 ($\pm 0,5$)	31,1 ($\pm 4,1$)	33,8 ($\pm 1,2$)	35,5 (± 0)	16,4 ($\pm 0,1$)	29,8 ($\pm 1,2$)	29,8 ($\pm 1,2$)	10,3 ($\pm 0,0$)	12,3 ($\pm 0,0$)
Kireç uygulanan toprak	9,3 ($\pm 0,9$)	15,4 ($\pm 1,1$)	29,8 ($\pm 1,2$)	29,8 ($\pm 1,1$)	31,1 ($\pm 0,7$)	31,8 ($\pm 0,5$)	14,5 ($\pm 0,9$)	25,1 ($\pm 1,8$)	29,1 ($\pm 0,6$)	7,8 ($\pm 0,7$)	9,3 ($\pm 1,2$)



Şekil 4.6 Kireçlenen ve kireçlenmeyen toprakların Cu içeriği

Bu topraklarda kireçleme ile Cu içeriklerinin azaldığı görülmektedir(Çizelge 4.19 ve Şekil 4.6). Kültür topraklarının Cu içerikleri genellikle 2-100 $\mu\text{g/g}$ arasında değişmekte olup ortalama değer 20 $\mu\text{g/g}$ düzeyindedir(Başkaya, 1981). Bu çalışmada bulunan Cu içeriği ortalaması; toprağı kireçlemeden önce 23,3 $\mu\text{g/g}$, toprağı kireçledikten sonra 21,2 $\mu\text{g/g}$ olup yukarıda verilen değere yakındır.

Alınan 11 bölgedeki toprağın Cu içeriği 10,3(± 0) ile 35,5 (± 0) $\mu\text{g/g}$ arasında değerler almıştır. Cu'nın sınır konsantrasyonu $\text{pH} \leq 6$ olduğunda 50 $\mu\text{g/g}$ 'dır. Buna göre örnekleme yerlerinden alınan topraklarda Cu düzeyinin sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir. Kireçleme yapıldıktan sonraki toprakların Cu içeriği,9,3($\pm 0,9$) ile 31,8($\pm 0,5$) $\mu\text{g/g}$ arasında değişmektedir (Çizelge 4.19) Toprak örneklerinin Cu içeriği sınır değerlerinin altında belirlenmiştir(Anonim, 2001)

(Çanlı,1999)'nın bildirdiğine göre (Eken,1996), toplam Cu içeriğini belirlemek için aldığı 27 adet toprak örneğinde toplam Cu kapsamını 13-68 ppm arasında bulmuştur. (Soylakve diğ., 1999), yol kenarından 500 m uzaklıktaki tarım arazilerinde toplam Cu'ı

12,0-27,5 kg/mg arasında belirlemişlerdir (Haktanır ve diğ, 1995), yol kenarındaki tarım topraklarında trafikten kaynaklanan ağır metal birikimini belirlemek amacıyla çiftçi arazisinde yapmış oldukları çalışmada toplam Cu'ı 10,8-27,0 µg/g arasında belirlemişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen veriler literatürlerdeki değerler ile uyum içindedir.

Kireçlemenin toprak örneklerinin toplam ağır metal içeriklerine olan etkisini belirlemek için yapılan istatistik (varyans)tablosu çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.20'de kireçlemenin örnekleme yerlerine göre ve kireçleme yapılan ve yapılmayan topraklara göre topraktaki kurşun miktarları arasındaki farklılığın nedenleri araştırıldığında; farklılıkta (varyasyonda) örnekleme yerlerinin ve kireçleme işlemlerinin önemli olduğu belirlenmiştir ($f=141,75$) $p=0,00$, Kireçleme işlemi için $f=7,49$ olurken burada Cu miktarına örnekleme yeri ve kireçlemenin interaksiyon etkisinin de önemli farklılığa neden olduğu hesaplanmıştır ($f=4,73$),

Çizelge 4.20 Varyans Analiz Tablosu(Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda Cu miktarları arasındaki ilişki)

Varyasyon kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Bölgeler	10	8172,7	817,27	141,75	0,00
Bloklar	1	43,19	43,197	7,492	0,07
Bölge*Blok	10	272,9	27,29	4,733	0,00
Hata	109	628,46	5,766		

Korelasyon: 0,949, Çoklu Belirtme katsayısı=0,939

Çizelge 4.21 Duncan Analiz Tablosu(Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklardaki Cu değerlerinin örnekleme yerlerine göre değişimi)

Bölge	N	Uygulamalar					Ortalama D	Standart Hata	Güven Aralıkları	Sig.
		1-Grup	2-Grup	3-Grup	4-Grup	5-Grup				
J	12	8,450					-1,650	0,9803	(-4,359)-(1,059)	0,468
A	12	10,009					-0,091	1,0023	(-2,861)-(2,679)	1,000
K	12	10,100								
G	12		14,650				4,550*	0,9803	(1,841)-(7,259)	0,000
B	12		15,683				5,583*	0,9803	(2,874)-(8,292)	0,000
H	12			26,333			16,233*	0,9803	(13,524)-(18,942)	0,000
I	12			27,917			17,817*	0,9803	(15,108)-(20,526)	0,000
D	12				30,158		20,058*	0,9803	(17,349)-(22,767)	0,000
C	12				30,167		20,067*	0,9803	(17,358)-(22,776)	0,000
E	12				31,833		21,733*	0,9803	(19,024)-(24,442)	0,000
F	12					32,750	22,650*	0,9803	(19,941)-(25,359)	0,000
Sig.		0,116	0,296	0,111	0,111	0,354				

$\alpha = 0,05$

Çizelge 4.20'de toprak örneklerinin alındığı bölgelerin ve kireçlemenin önemli olup olmadığı belirlendikten sonra bu farklılığın hangi örnekleme yeri ve/veya yerlerinden kaynaklandığını belirlemek için Çizelge 4.21 oluşturulmuştur. Kireçlemenin toprak örneklerinden G, B, H, I, D, C, E ve F'nin Cu içeriğini istatistiki olarak etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 4.21) .

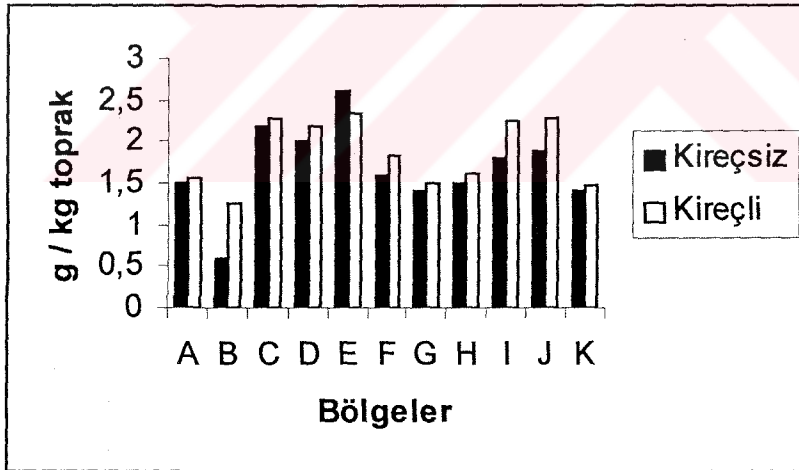
4.5 Kireçlemenin yetiştirilen yulaf bitkisinin verimine etkisi

Kireç uygulaması yapılan ve yapılmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin verimi Çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin verimi(g/kg saksı)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprakta Yulaf verim	1,5	0,6	2,2	2,0	2,6	1,6	1,4	1,5	1,8	1,9	1,4
Kireç uygulanan toprakta Yulaf verim	1,5	1,2	2,2	2,2	2,3	1,8	1,5	1,6	2,2	2,2	1,5

*Değerler üç paralelin ortalamasıdır.



Şekil 4.7 Kireç uygulaması yapılmadan önce ve kireç uygulandıktan sonra topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin verimi

Kireçlenmiş ve kireçlenmemiş topraklarda kireçlemenin verime olan etkisini belirlemek amacıyla yulaf bitkisi yetiştirilmiştir. Yetiştirilen yulaf bitkisine ait verim değerleri incelendiğinde E bölgesi dışında kireçlemenin verim artışına neden olduğu görülmektedir (Çizelge 4.22 ve Şekil 4.7)

Özüygür ve ark. (1974), sera şartlarında yaptıkları denemede uygulanan kireç miktarına bağlı olarak yoncada mahsul miktarında önemli artışlar tespit etmişlerdir. Yapılan bu araştırmada da kireçleme ile yulaf bitkisinin veriminde artış tesbit edilmiştir.

Ülgen ve Rasheed (1975) tarafından yapılan çalışmada toprağa ilave edilen kirecin yoncada verim artışı üzerine etkisi %1 düzeyinde önemli bulunurken, Sahu ve Pal (1987) başka bir araştırmayla toprağa kireç uygulaması ile kolza, ince darı, fasulye ve buğdayda önemli miktarda ürün artışı sağlandığını tespit etmişlerdir.

Aynı şekilde asit özellikteki toprağa uygulanan kirecin yulaf bitkisinde verim artışına neden olduğu yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Amarasiri ve Olsen, 1973; Kacar ve ark., 1973;1977)

4.6 Kireçlenen topraklarda kireçlemenin yulaf bitkisinin ağır metal içeriğine etkisi

Topraklara kireç uygulaması yapıldıktan sonra yetiştirilen yulaf bitkisinin ağır metal içerikleri Çizelge 4.23'te verilmiştir.

Çizelge 4.23 Varyans Analiz Tablosu (Kireçsiz topraklarda verimi etkileyen nedenler)

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	Önem düzeyi
Kireçsiz Toprak	0.336	5	0.0671	0.281	0.917*
Hata	3.819	16	0.239		
Genel	4.155	21			

Korelasyon:0.862 Modelin uyum iyiliği:0.7447

Bağımlı değişken: Kireçsiz topraklardan elde edilen yulaf verimi

4.7 Duncun Testiyle Yapılan Sonuçlar

Bölgelere göre dekara verim ortalamaları arasında istatistiki bir fark varmı yokmu varsa hangi faktörlerden kaynaklandığını belirlemek için Çizelge 4.24 oluşturulmuştur.

Çizelge 4.24 Varyans Analiz Tablosu

Varyasyon kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Sig.
Bölgeler	4.776	10	0.478	8.613	0.000
Bloklar	0.732	1	0.732	13.201	0.001
Bölge*Blok	0.479	10	0.0479	0.864	0.577
Hata	1.220	22	0.0554		

Korelasyon: 0.930, Çoklu Belirtme katsayısı=0,85

Bağımlı değişken: verimler

Çizelge 4.24' deki analiz sonuçlarına bakıldığında varyasyonda topraklara kireç uygulanan bölgelerin ve kireçlemenin önemli bir etkiye sahip olduğu hesaplanmıştır. Bölgelerin ve uygulanan muamelenin birlikteki etkisi önemli bulunmamıştır ($p>0,05$).

Çizelge 4.25 Duncan analiz tablosu(Bölgelerden elde edilen verimlerin birbiri ile ilişkisi)

Bölge	N	Uygulamalar				Ortalama D	Standart Hata	Güven Aralıkları	Sig.
		I-GRUP	II-GRUP	III-GRUP	VI-GRUP				
B	4	1.100				-0.35	0.16	(-0.84)-(0.14)	0,25
K	4	1.450					0.16	()	
G	4	1.475				0.025	0.16	(-0.46)-(0.52)	1
A	4		1.550			0.1	0.16	(-0.39)-(0.59)	0.99
H	4		1.600			0.15	0.16	(-0.34)-(0.64)	0.95
F	4		1.775			0.325	0.16	(-0.16)-(0.81)	0.32
I	4			2.125		0.675*	0.16	(0.18)-(1.16)	0.00
D	4			2.150		0.7	0.16	(0.20)-(1.19)	0.00
E	4			2.152		0.7025*	0.16	(0.21)-(1.19)	0.00
C	4				2.226	0.795*	0.16	(0.30)-(1.28)	0.00
J	4				2.325	0.875*	0.16	(0.38)-(1.36)	0.00
Sig.		0.051	0.105	0.057	0.311				
Hata Kareler Ortalaması						0.0580			

$\alpha = 0,05$

Çizelge 4.24 ve 4.te Duncun testi ve varyans analiz tablosuna göre yulaf veriminin kireç uygulanması halinde en yüksek seviyeye ulaştığı görülmektedir Çizelge 4.25 incelendiğinde I-E-J-C bölgelerinden elde edilen verimler arasındaki farkın önemli olduğu görülmektedir.

4.8 Kireçlemenin Yulaf Bitkisinin Ağır Metal İçeriğine Etkisi

Çizelge 4.26'de güven aralıkları ve önem düzeyleri de hesaplanarak verime etki eden faktörlerin önemli bir etkiye sahip olmadıkları hesaplanmıştır.

Çizelge 4.26 Kireçlenen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin ağır metal içeriklerine ait istatistikler

Değişkenler	β	Standart Hata	t	Güven aralıkları	Önem düzeyi	
Kireçli Topraklarda Yetiştirilen Yulafdaki	Cr	0.0011	0.050	0.2216	(-0.01)-(0.01)	0.8263
	Pb	-0.0235	0.0203	-1.1554	(-0.06)-(0.02)	0.2580
	Ni	0.0250	0.251	0.9980	(-0.03)-(0.08)	0.3272
	Cd	0.0196	0.0226	0.8641	(-0.03)-(0.07)	0.3951
	Cu	0.0274	0.0239	1.1471	(-0.02)-(0.08)	0.2614
	Genel	1.8882	0.9031	2.0908	(0.03)-(3.74)	0.0461

$\alpha: 0.05$ (Önem düzeyi)

Çizelge 4.27 Varyans Analiz Tablosu(Kireçlenen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin ağır metal içerikleri)

Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Varyasyonoranı (F)	Önem düzeyi
Cr	1	0.14518	0.14518	1.64769	0.25554
Pb	1	0.59800	0.59800	6.78686	0.04794*
Ni	1	0.40244	0.40244	4.56741	0.08562
Cd	1	0.08061	0.08061	0.91493	0.38273
Cu	1	0.05859	0.05859	0.66495	0.45189
Hata	5	0.44056	0.08811		

Çizelge 4.27 incelendiğinde varyasyonun büyük bir kısmının hatadan kaynaklandığı hesaplanmıştır. Kireçlenmeyen topraklarda yulaf bitkisi yetiştirilmiştir ve yetiştirilen yulaf bitkisindeki ağır metal miktarlarının varyasyondaki oranlarına bakıldığında Cr, Pb ve Cd'un oranlarının önemli bir paya sahip olduğu görülmüştür. Bu değişkenler arasında %86'lık bir ilişki bulunurken yulaftaki ağır metal oranlarının %74,4'ünü bu değişkenler açıklamaktadır.

Kireçlenmeyen topraklardan elde edilen yulaf bitkisine ait verim değerleri verilen bölgelere ait değerler kullanılarak en küçük kareler regresyon analizi yapıldığında,

$$Y = 2.3327 + 0.0025Cr - 0.0034Pb - 0.1609Ni + 0.6663Cd + 0.2949Cu \quad (2)$$

eşitliği elde edilir. Bu eşitlik için yapılan varyans analizinde kireç uygulanmadığı zaman kurşun ve nikel yüksek düzeyde verimi olumsuz yönde etkilemektedir. Kireçleme yapıldığı takdirde eşitlik 1'e bakılırsa nikelin olumsuz etkisinin ortadan kalktığı kurşunun olumsuz etkisinin ise azaldığı görülmektedir. Bu sonuçtan da bitki verimi bakımından kireç uygulamasının önemli olduğu anlaşılmaktadır $F(5,16=0.917)$ ($p<0.01$).

Çizelge 4.28 Kireçsiz topraklara yetiştirilen yulaf bitkisinin ağır metal içeriklerine ait istatistikler

Değişkenler	β	Standart Hata	t	Güven aralıkları	Önem düzeyi	
Kireçsiz Topraklarda Yetiştirilen	Cr	0.0025	0.0074	0.3394	(-0.016)-(0.021)	0.7481
	Pb	-0.0034	0.0483	-0.0711	(-0.13)-(0.12)	0.9461
	Ni	-0.1609	0.0715	-2.2523	(-0.34)-(0.002)	0.0741
	Cd	0.6663	0.9666	0.9565	(-1.12)-(2.46)	0.3827
	Cu	0.2949	0.0842	3.5030	(0.078)-(0.51)	0.0172
	Sabit	2.3327	0.6073	3.8412	(0.77)-(3.89)	0.0121

Bağımlı değişken : Kireçsiz topraklardan elde edilen yulaf verimi

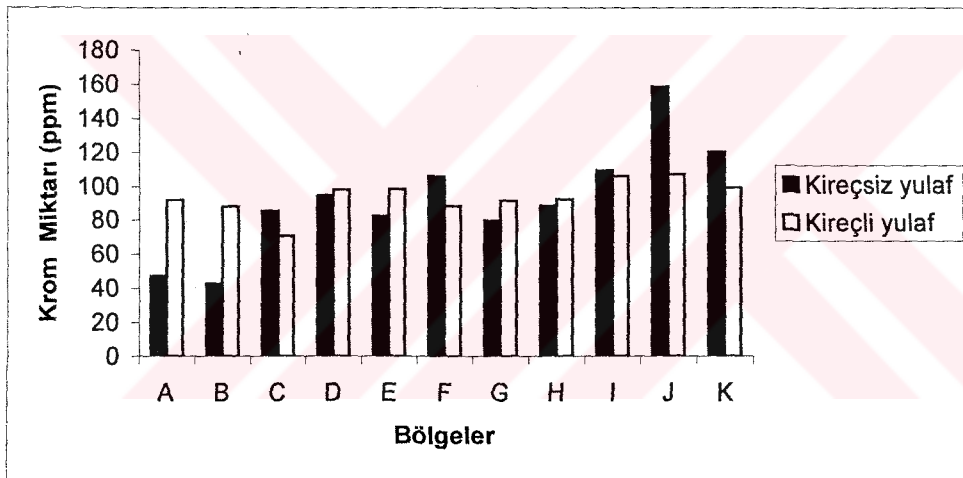
α : 0.05 (Önem düzeyi)

4.8.1 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cr içerikleri

Çizelge 4.29’de kireç uygulaması yapılan ve yapılmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cr içeriği verilmiştir.

Çizelge 4.29 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cr içerikleri($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	47,3 ($\pm 3,8$)	42,6 ($\pm 2,8$)	85,6 ($\pm 8,2$)	94,4 ($\pm 4,2$)	82,6 ($\pm 12,4$)	105,9 ($\pm 4,3$)	79,8 (± 0)	88,5 ($\pm 4,2$)	109,1 (± 0)	158,3 ($\pm 4,5$)	120,3 (± 0)
Kireç uygulanan toprak	91,9 (± 11)	88,0 ($\pm 26,2$)	70,6 ($\pm 15,1$)	98,1 ($\pm 8,4$)	98,1 ($\pm 21,8$)	88,5 ($\pm 9,6$)	91,4 ($\pm 7,4$)	92,2 ($\pm 6,9$)	105,8 ($\pm 11,5$)	106,92 ($\pm 11,4$)	99 ($\pm 8,5$)



Şekil 4.8 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cr içerikleri

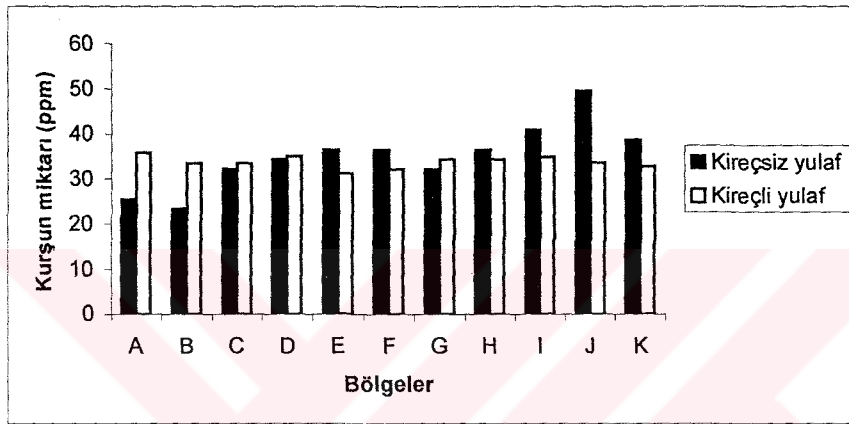
Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cr içeriği C,F,I,J ve K topraklarında azalırken, diğer topraklarda kireçleme sonrasında Cr içeriğinde artış meydana gelmiştir. Bu artış oranlarının A ve B bölgelerinde maksimum düzeyde olduğu Çizelge 4.29 ve Şekil 4.8’de görülmektedir.

4.8.2 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Pb içerikleri

Çizelge 4.30'da kireç uygulaması yapılan ve yapılmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Pb içeriği verilmiştir.

Çizelge 4.30 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Pb içerikleri($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	25,5 ($\pm 9,4$)	23,3 (± 0)	32,1 (± 0)	34,3 ($\pm 3,11$)	36,5 (± 0)	36,5 (± 0)	32,1 (± 0)	36,5 (± 0)	40,9 (± 0)	49,7 (± 0)	38,6 ($\pm 9,2$)
Kireç uygulanan toprak	35,7 ($\pm 1,8$)	33,5 ($\pm 3,6$)	33,5 ($\pm 9,92$)	35, ($\pm 2,3$)	31,2 ($\pm 1,8$)	32,1 ($\pm 2,9$)	34,3 ($\pm 7,4$)	34,4 ($\pm 2,3$)	34,9 ($\pm 2,3$)	33,6 ($\pm 2,3$)	32,8 ($\pm 1,8$)



Şekil 4.9 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Pb içerikleri

Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Pb içeriği E,F,H,I,J ve K topraklarında azalırken , diğer bölgelerde kireçleme sonrasında Pb içeriğinde artış meydana gelmiştir. Bu artış oranlarının A ve B bölgelerinde maksimum düzeyde olduğu Çizelge 2.30 ve Şekil 4.9.'de görülmektedir. Bu yönü ile yulaf bitkisinin Cr içeriğine benzerlik göstermektedir.

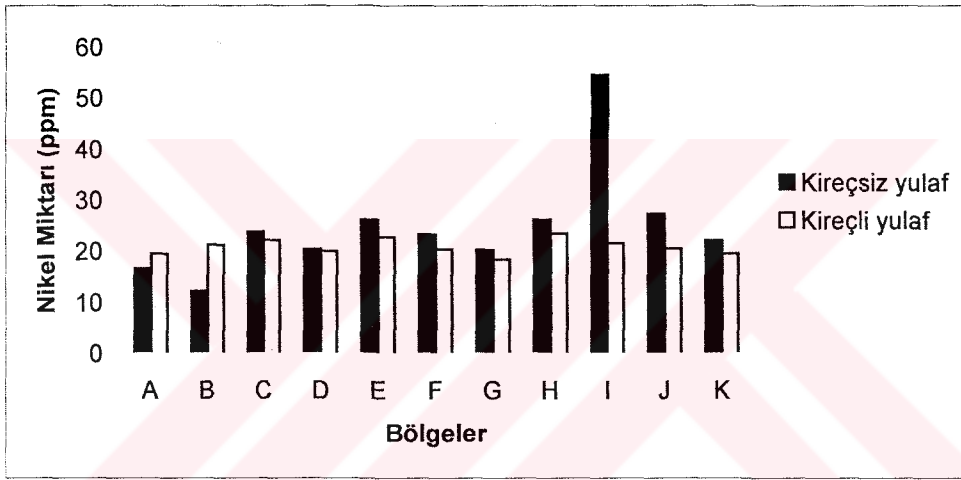
Düşük pH değerleri Pb'nun iyonik halde bulunmasına neden olur ve bitkilerce absorpsiyonunun daha hızlı olmasına sebep olabilir (Juwakar ve diğ., 1986). Toprak örneklerimizde kireçleme ile genelde azalma olmuştur. Buda literatür. ile uyum göstermektedir. Juwakar ve diğ.(1986), göre düşük pH değerlerinde Pb'nin alınabilirliğinin fazla olması nedeni ile bitkideki Pb içeriğinin de yüksek olması beklenmektedir. Bu araştırmada topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin ağır metal içeriği kireç uygulanmayanlarda daha yüksek bulunmuştur. Bu yönü ile literatür ile uyum içindedir.

4.8.3 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Ni içerikleri

Çizelge 4.31’de kireç uygulaması yapılan ve yapılmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Ni içeriği verilmiştir.

Çizelge 4.31 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Ni içerikleri($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	16,7 ($\pm 7,3$)	12,3 ($\pm 1,1$)	23,9 ($\pm 0,8$)	20,5 ($\pm 1,9$)	26,4 (± 0)	23,4 (± 0)	20,4 (± 0)	26,3 (± 0)	54,7 (± 0)	27,5 ($\pm 0,4$)	22,3 (± 0)
Kireç uygulanan toprak	19,6 ($\pm 2,9$)	21,4 ($\pm 4,7$)	22,3 ($\pm 4,1$)	20,2 ($\pm 2,5$)	22,9 ($\pm 0,8$)	20,5 ($\pm 1,9$)	18,5 ($\pm 2,54$)	23,5 ($\pm 1,4$)	21,7 ($\pm 1,8$)	20,6 ($\pm 2,2$)	19,6 ($\pm 1,8$)



Şekil 4.10 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Ni içerikleri

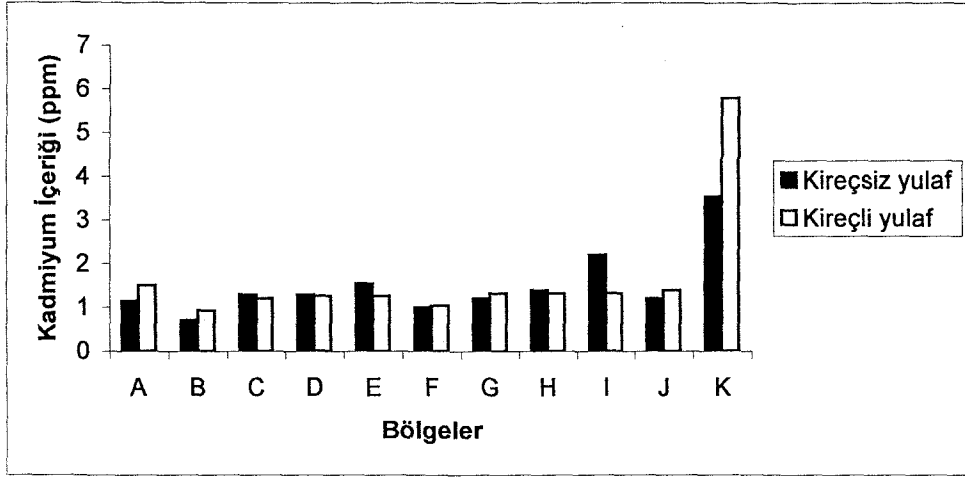
Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Ni içeriğinde C,D, E, F, G, H, I, J ve K topraklarında azalma belirlenmiş sadece A ve B topraklarında kireçleme işlemi sonrasında yetiştirilen yulaf bitkisinin Ni içeriğinde artış meydana gelmiştir. Azalma gösteren bölgelerden I bölgesindeki azalmanın en fazla olduğu Çizelge 4.31 ve Şekil 4.10.’da görülmektedir.

4.8.4 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cd içerikleri

Kireç uygulaması yapılan ve yapılmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cd içeriği Çizelge 4.32’de verilmiştir.

Çizelge 4.32 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cd içerikleri($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	1,2 ($\pm 0,1$)	0,7 ($\pm 0,1$)	1,3 ($\pm 0,1$)	1,3 ($\pm 0,1$)	1,5 ($\pm 0,2$)	1,4 (± 0)	1,2 (± 0)	1,4 (± 0)	2,2 (± 0)	1,2 (± 0)	3,5 ($\pm 0,3$)
Kireç uygulanan toprak	1,5 ($\pm 0,2$)	0,9 ($\pm 0,2$)	1,2 ($\pm 0,2$)	1, ($\pm 0,2$)	1,2 ($\pm 0,1$)	1,1 ($\pm 0,2$)	1,3 ($\pm 0,2$)	1,3 ($\pm 0,2$)	1,3 ($\pm 0,2$)	1,4 ($\pm 0,15$)	5,8 ($\pm 0,2$)



Şekil 4.11 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cd içerikleri

Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cd içeriği C, D, E, F, G, H, I ve J topraklarında azalma belirlenmiş ,diğer bölgelerde ise kireçleme işlemi sonrasında Cd içeriğinde artış olmuştur (çizelge 4.32 ve Şekil 4.11).

Topraktaki aşırı kireç miktarı, toprak pH'sı ve yüksek kil oranı bitkinin Cd alımını yavaşlatan faktörlerdir (Günay, 1992). Bu nedenle azalma olmuş olabilir.

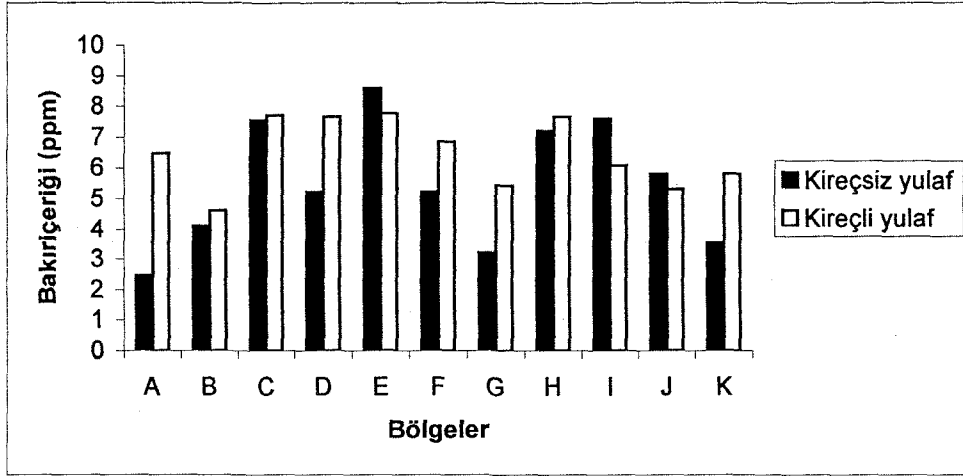
4.8.5 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cu içerikleri

Kireç uygulaması yapılan ve yapılmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cd içeriği Çizelge 4.33'da verilmiştir.

Çizelge 4.33 Kireç uygulanan ve uygulanmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cu içerikleri($\mu\text{g/g}$)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
Kireç uygulanmayan toprak	2,4 ($\pm 2,9$)	4,1 (± 0)	7,5 ($\pm 0,5$)	5,2 (± 0)	8,6 (± 0)	5,2 (± 0)	3,2 (± 0)	7,2 ($\pm 0,9$)	7,6 (± 0)	5,8 (± 0)	3,5 ($\pm 2,3$)
Kireç uygulanan toprak	6,4 ($\pm 0,4$)	4,6 ($\pm 1,6$)	7,7 ($\pm 0,5$)	7,6 ($\pm 0,4$)	7,7 ($\pm 0,9$)	6,8 ($\pm 0,6$)	5,42 ($\pm 1,1$)	7,6 ($\pm 1,1$)	6,1 ($\pm 1,6$)	5,3 ($\pm 0,3$)	5,8 (± 0)

Şekil 4.12 Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cu



İçerikleri

Kireçlenen ve kireçlenmeyen topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cu içeriği incelendiğinde E, I ve J topraklarında kireçleme sonrasındaki toprakta yetiştirilen yulaf bitkisinin Cu içeriğinde azalma belirlenmiş diğerlerinde kireçleme işlemi sonrasında Cu miktarında artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.33 ve Şekil 4.12).

Brohi ve arkadaşları., (1994)'na göre, bitkilerde elementler genellikle kuru ağırlık esasına göre ifade edilmektedir. Bitki analizlerinin çoğunda konsantrasyonlar kritik düzey, standart değer yada yeterli düzey şeklinde ifade edilmektedir Bitki gelişiminde %10'luk azalmaya yol açan konsantrasyonlar kritik noksanlık düzeyi veya kritik toksiklik düzeyi şeklinde ifade edilmiştir. Çizelge2.6'deki değerlere göre; topraklara kireç uygulaması yapılmadan önceki değerlere göre, A, B, G ve K bölgelerinin Cu içeriği kritik noksanlık düzeyi arasında, C, D, E, F, H, I ve J bölgeleri ise yeterli düzeyler arasında bulunmaktadır. Bu değerlerin, toprağa kireç uygulaması yapıldıktan sonra A, G, ve K topraklarında yeterli düzey arasına gelmektedir. Bu topraklarda verim değerlerine bakıldığında verimde bir artışın olduğu görülmektedir.

Kabala ve arkadaşları (2001)'na göre; toprak parçacıklarına kuvvetli bir şekilde bağlanan Cu oldukça immobildir. Toprak üstü horizonlarında ki Cu kirliliği alt horizonlara oranla daha fazladır. Bu nedenle Cu içeriği alt horizonlarda daha azdır. Yapılan araştırmalarda Cu maden endüstrisinin bulunduğu alanların civarındaki toprakların üst horizonlarındaki Cu içeriği 97-426 µg/g iken alt horizonlarda 3,7-28,3 µg/g olarak bulunmuştur. Ayrıca

bu fabrikaların bulunduğu alanların civarındaki topraklarda uzaklığa bağı olarak Cu içeriği rüzgarın estiği istikamette daha fazladır. Cu'nun killi ve siltli topraklarda içeriği daha fazladır. Toprağın kil kapsamı yüksek olduğunda bakırda kil ile birlikte taşındığından böyle topraklarda fazla miktarda bulunabilir. Buna karşın kumlu topraklarda daha düşük Cu içeriği bulunmaktadır. Bununla birlikte pH 5-7'de absorpsiyonu artmaktadır. pH 7'deki Cu absorpsiyonu pH 5'den 2-6 misli daha yüksektir. Ayrıca Cu organik maddeye güçlü bir şekilde bağlanmakta ve Cu-organik kompleksler topraktaki Cu hareketini kısıtlamaktadır . Bu çalışmalara göre; C, H ve I topraklarının bünyeleri killi-tınlıdır (Çizelge 4.2) , bunların Cu içeriklerine bakıldığında yüksek görülmektedir. A ve K topraklarının bünyeleri kumludur (Çizelge 4.2) , toprakların Cu içeriklerine bakıldığında kritik noksanlık düzeyinde olduğu görülmektedir.

Kireçlemenin Kahverengi Orman topraklarında yetiştirilen yulaf bitkisinin Cu içeriğinde kireçleme ile kontrole göre artış belirlenmiştir (Kara ve diğ., 1992). Gri-Kahverengi Podzolik topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin Cu içeriği ilk kireç dozunda kontrole göre artmış, sonraki dozlardaki artış ilk doza göre az olmuştur. Bu farklılık, istatistiki bakımdan %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kireçleme ile bitkinin Cu içeriğinde artış sağlandığı değişik araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Melsted ve ark.,1969, Turan ve Korkmaz, 1984). Şekil 4.12'ye bakıldığında Cu içerikleri literatürlerle uyum göstermektedir

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Niğde İli Misli Ovası'nda bulunan asit özellikteki topraklarda kireçlemenin toprağın ağır metal konsantrasyonuna ve yulaf bitkisinin verimine etkisinin araştırıldığı çalışma sonucuna göre;

- Asit özellik gösteren 11 bölgeden alınan toprak örneklerinin pH değerleri; A bölgesinin pH=5,4, B bölgesinin pH=5,8, C bölgesinin pH=5,9, D bölgesinin pH=5,9, E bölgesinin pH=5,6, F bölgesinin pH=5,7, G bölgesinin pH=5,1, H bölgesinin pH=5,8, I bölgesinin pH=5,2, J bölgesinin pH=5,1, K bölgesinin pH=5,2 olarak belirlenmiştir.
- Asit özellik gösteren 11 bölgeden alınan topraklara kireç uygulaması yapıldıktan sonra pH değerleri; A bölgesinin pH=8,1, B bölgesinin pH=8,2, C bölgesinin pH=7,9, D bölgesinin pH=7,6, E bölgesinin pH=7,9, F bölgesinin pH=7,9, G bölgesinin pH=8,6, H bölgesinin pH=7,7, I bölgesinin pH=7,7, J bölgesinin pH=7,7, K bölgesinin pH=8,1 değerlerine yükselmiştir.
- Alınan toprakların toplam ağır metal içeriği; Cr için 18,6 ($\pm 1,4$) ile 58,8(± 0) $\mu\text{g/g}$, Pb için 24,5(± 0) ile 8,7(± 0) $\mu\text{g/g}$, Ni için 19,5($\pm 0,9$) ile 71,9($\pm 7,3$) $\mu\text{g/g}$, Cd için GSA (± 0) ile 12,3($\pm 0,3$) $\mu\text{g/g}$, Cu için 10,3(± 0) ile 35,5 (± 0) $\mu\text{g/g}$ arasında olup Ni içeriğinde 7 tane toprak örneği (B,C,D,E,F,H ve I), Cd içeriğinde 1 tane toprak örneği (K) sınır değerlerin üzerinde olup diğer toprak örneklerinin ağır metal içerikleri sınır değerler altında belirlenmiştir.
- Alınan toprakların kireçleme işleminden sonraki toplam ağır metal içerikleri ; Cr için 17,6($\pm 2,9$) ile 55,9 ($\pm 8,6$) $\mu\text{g/g}$, Pb için 8,3 ($\pm 2,5$) ile 21,1($\pm 3,2$) $\mu\text{g/g}$, Ni için 14,2($\pm 1,2$) ile 55,6($\pm 1,6$) $\mu\text{g/g}$, Cd için GSA (± 0) ile 9,3 ($\pm 0,3$) $\mu\text{g/g}$, Cu için 9,3($\pm 0,9$) ile 31,8 ($\pm 0,5$) $\mu\text{g/g}$ arasında olup Cd içeriğinde 1 tane toprak örneği (K)

sınır değerlerin üzerinde olup diğer toprak örneklerinin ağır metal içerikleri sınır değerler altında belirlenmiştir.

- Kireçlenmiş ve kireçlenmemiş topraklarda kireçlemenin verime olan etkisini belirlemek amacıyla yulaf bitkisi yetiştirilmiştir. Yetiştirilen yulaf bitkisine ait verim değerleri incelendiğinde E bölgesi dışında kireçlemenin verim artışına neden olduğu belirlenmiştir,
- Kireçleme yapılmayan topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin ağır metal içeriği; Cr için $42,6(\pm 2,8)$ ile $158,3(\pm 4,5)$ $\mu\text{g/g}$, Pb için $23,3(\pm 0)$ ile $49,7(\pm 0)$ $\mu\text{g/g}$, Ni için $12,3(\pm 1,1)$ ile $54,7(\pm 0)$ $\mu\text{g/g}$, Cd için $0,7(\pm 0,1)$ ile $3,5(\pm 0,3)$ $\mu\text{g/g}$, Cu için $2,4(\pm 2,9)$ ile $8,6(\pm 0)$ $\mu\text{g/g}$ arasında belirlenmiştir,
- Kireçleme yapıldıktan sonra topraklarda yetiştirilen yulaf bitkisinin ağır metal içeriği; Cr için $70,6(\pm 15,1)$ ile $106,9(\pm 11,4)$ $\mu\text{g/g}$, Pb için $31,2(\pm 0)$ ile $35,7(\pm 1,8)$ $\mu\text{g/g}$, Ni için $18,5(\pm 2,5)$ ile $23,5(\pm 1,4)$ $\mu\text{g/g}$, Cd için $0,9(\pm 0,2)$ ile $5,8(\pm 0,2)$ $\mu\text{g/g}$, Cu için $4,6(\pm 1,6)$ ile $7,7(\pm 0,9)$ $\mu\text{g/g}$ arasında belirlenmiştir,
- Alınan toprak örneklerindeki toplam ağır metal içerikleri ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizinde; organik madde içeriği ile pH arasında ($r= 0,911$) $p < 0,005$, organik madde içeriği ile tuz arasında ($r= 0,985$) $p < 0,05$ düzeyinde çok önemli bir pozitif yönlü ilişki bulunmuştur,
- Alınan toprak örneklerindeki toplam ağır metal içerikleri ile toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizinde; toplam tuz ile pH arasında ($r= -0,723$) $p < 0,05$ ve fosfor-tuz arasında ($r= -0,383$) $p < 0,05$, organik madde -fosfor arasında ($r= -0,396$) $p < 0,05$ düzeyinde negatif yönlü önemli bir ilişki bulunmuştur,
- Toprak örneklerindeki toplam ağır metallerin birbiri ile ilişkileri arasında; Pb-Cr arasında ($r=0,758$), Ni-Cr arasında ($r=0,883$), Ni-Pb arasında ($r=0,798$), Cu-Cr arasında ($r=0,512$), Cu-Pb arasında ($r= 0,638$), Cu- Ni arasında ($r= 0,613$) $p < 0,05$ düzeyinde önemli düzeyde pozitif yönlü bir ilişki bulunmuştur,

- Toprak örneklerinde yapılan kireçleme işlemi sonrasında toprakların toplam ağır metal içerikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde; toprakların seçilen özelliklerinden biri olan organik madde ile tuz arasında ($r=0,985$) $p<0,05$, organik madde ile Cu arasında ($r= 0,391$) $p<0,05$, organik madde ile Pb arasında ($r= 0,470$) $p<0,05$, organik madde ile Ni arasında ($r= 0,427$) $p<0,05$, kireç ile Cr arasında ($r= 0,383$) $p<0,05$, kireç ile Ni arasında ($r= 0,478$) $p<0,05$, kireç ile Cu arasında ($r= 0,469$) $p<0,05$, tuz ile Pb arasında ($r= 0,478$) $p<0,05$, tuz ile Ni arasında ($r= 0,428$) $p<0,05$, tuz ile Cu arasında ($r= 0,394$) $p<0,05$ düzeyinde çok önemli bir pozitif yönlü ilişki , pH ile Pb arasında ($r= -0,413$) $p<0,05$, olan alınabilir fosfor (P_2O_5) değerleri ile tuz arasında ($r= -0,383$) $p < 0,005$, organik madde ile fosfor arasında ($r= - 0,396$) $p<0,05$ düzeyinde çok önemli bir negatif yönlü ilişki bulunmuştur.
- Toprak örneklerinde yapılan kireçleme işlemi sonrasında toplam ağır metallerin bir biri ile olan ilişkileri açısından değerlendirildiğinde; Pb-Cr arasında ($r= 0,754$) $p<0,05$, Ni-Cr arasında ($r= 0,835$) $p<0,05$, Ni-Pb arasında ($r = 0,847$) $p<0,05$, Cd-Pb arasında ($r=-0,199$) $p<0,05$, Ni-Cd arasında ($r=-0,217$) $p<0,05$, Cu-Cr arasında ($r=0,758$) $p<0,05$, Cu- Pb arasında ($r= 0,743$) $p<0,05$, Cu-Ni arasında ($r = 0,836$) $p<0,05$ düzeyinde çok önemli bir pozitif yönlü ilişki , Cu-Cd arasında ($r = -0,327$) $p<0,05$ Cd-Cr arasında ($r= - 0,219$) $p<0,05$ düzeyinde çok önemli düzeyde negatif ilişkiler hesaplanmıştır.
- Toprak örneklerinin B, C, D, E, F, H ve I bölgelerindeki toplam Ni içeriğinin sınır değerlerin üzerinde olduğu A, G, J ve K bölgelerinin sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir.
- Toprak örneklerinden K toprağının toplam Cd düzeyi sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir.
- Toprak örneklerine kireç uygulaması yapıldıktan sonra toprağın Cd içeriğinde azalma olmuş ancak, K bölgesi sınır konsantrasyonunun üzerinde belirlenmiştir.
- Asit özellikteki topraklara uygulanan kireçlemenin toprakların ağır metal (Cd, Ni, Cr, Pb, Cu) içeriklerine etkisinin araştırıldığı bu çalışma sunucunda; kireçleme ile toprakların tamamında Cd ve Cu içeriğinde bir azalma belirlenirken Cr'da B, C ve D

topraklarında artış, diğerlerinde azalma, Pb'da B ve C topraklarında artış diğerlerinde azalma, Ni'de B, D ve K topraklarında artış diğer topraklarda azalma belirlenmiştir.

- Sonuç olarak; asit topraklarda yapılan kireçlemenin toprakların ağır metal içeriklerini azaltmada etkili olduğu, bu etkinin ise toprak özelliklerine göre değiştiği ve yulaf bitkisinde verim artışına neden olduğu söylenebilir. Araştırmaya konu olan yerlerde belirlenen ağır metallerin konsantrasyonunu azaltmak amacıyla asit topraklara kireç uygulaması önerilebilir.



KAYNAKLAR

- Aguilar, J., Dorronsoro, C., Fernandez, E., Fernandez, J., Garcia, I, Martin, F., Simon, M.,2003. Remediation of Pb-Contaminated Soils in the Guadiana River Basin (Sw Spain), *Water, Air and soil Pollution* 10: 1-11
- Akalan İ., 1987. "Toprak Bilgisi". Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. sayfa 1-200
- Aktaş, M., 1994. Bitki Beslenme ve Toprak Verimliliği, A.Ü., Zir., Yayınları: 1322, Ankara
- Amarasiri, S. L., Olsen,S. P., 1973. Liming as Related to Solubility of P and Plant Growth in an Acid Tropical Soil., *Soil Sci. Soc. Amer.proc* 37. 716-721
- Andrade Couce, M.L., Bao Iglesias, M., Guitian Ojea, F., 1985. Application Sewage Sludges to an Acid Rain Soil: Effect on the Total Concent, Availability and Absorption by the Crop of Zn, Pb, Cr, and Cd., *Analas de Edafologia Agrobiologia*. 44: 7-8, 1141-1156.
- Anonim, 2001., Resmi Gazete 10.12.2001 / 24609
- Barceloux, D., 1999. Clinical toxicology. *J. of Tox.*37,1-22
- Baysal,A., 1990, Beslenme Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara,A/61, 112-119
- Brohi, A.R., Aydeniz, A., Karaman M.R., Erşahin, S., 1994. Bitki Beslenme. GOP Üniversitesi, Ziraat Fak., Yayınları: 4, Kitaplar serisi: 4, Tokat.
- Chapman, H.D., Partt, P.F., 1961. Meth. of Anal. For Soils, Plant and Waters. *Universty of California, Division of Agricultural Sciences, USA*.
- Ciecko, Z., Wyzkowski, M., Krajewski, W., Zabielska., 2001. Effect of Organic Matter and Liming on the Reduction of Cadmium Uptake From Soil By Triticale and Spring Oilseed Rape. *The Sci. of the Tot. Environ.* 281,37-45.
- Colombo, C, Constant, M.G., Denberk, V., 1998. Determination of Trace Metals (Cu, Pb, Zn and Ni) in Soil Extracts By Flow Analysis With Voltometric Dedection. *Intern. J. Env. Chem.* Vol 71(1) p,1-17
- Çağlar, K.Ö., 1949. Toprak Biyolojisi. A.Ü., Zir., Fak., Yayınları: 10, Ankara.
- Çanlı, T., 1999. Farklı Bünye ve pH'ya sahip topraklarda Ağır Metal Kirliliğinin Saptanmasında Kullanılabilir. Uygun Metot/Metotların seçimi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Toprak Anabilim Dalı*, Ankara.
- Çepel, N, 1997. Toprak Kirliliği, Erozyon ve Çevreye verdiği Zararlar. TEMA (Türkiye Erozyonla Mücadele, Ağaçlandırma ve Doğal Varlıkları Koruma Vakfı)Yayınları No: 14, İstanbul.

- Dvidson, S., Passmore, R., Brock, J.F., Truswel, A.S., 1979. Human Nutrition and Dietetics Longman Group Limited, Edinburgh London and New York, 111-144
- Dinev, N., 1998. Effects of HeavyMetals (Cu, Zn, Cd) on the Growth of Oat Plants. Jubilee Scientific Conference "50 years Intstituen for Soil Degradation". Pochvoznanie,Agrokimiya, *Ekologia*. 33:4, 3-5.
- Doğan, M., Soylak, M., 2000. Su Kimyası Erciyes Üniversitesi Yayınları, Kayseri, 80-151.
- Eid, M. A., Metwally, A.A., 1997. Effect of Sludge on the Availability of Heavy Metals in Sandy Soil. 2. Plant Uptake in Relation to Extracted Soil Zn, Cu and Ni Fractions. Arab Univ., *J. Of Agricultural Sciences*. 5:2, 449-466.
- Ergene, A., 1982. Toprak Biliminin Esasları. A.Ü., Zir., Fak., *Toprak Bölümü Yayınları*. Erzurum.
- Ertuğrul, E., 1998. Niğde'ye Uygun Yatırım Alanlarının Araştırılması. *Türkiye kalkınma Bankası AŞ.*, Ankara.
- Fodor, L., 1998. Effect of Heavy Metals on Wheat and Maize Crop on Brown Forest Soil. *Agrokemia es Talajtan*. 47:1-4, 197-206.
- Ginocchio R, Rodriguez PH, Badilla-Ohlbaum R, Allen HE, Lagos GE "Effect of soil copper content and pH on copper uptake of selected vegetables grown under controlled conditions" *Env. Tox. and Chem*. 21 (8): 1736-1744 AUG 2002
- Günay, K., Bitkisel Üretimde Besin Ürün Dengesi. T.C. *Merkez Bankası Yayını.*, Ankara.
- Gündüz, T., 1998. Çevre Sorunları. *Gazi Kitabevi*, 2. Baskı, Ankara.
- Haktanır, K., Arcak, S., Erpul, G., Tan, A., 1995. Yol Kenarındaki Topraklarda Trafikten Kaynaklanan Ağır Metallerin Birikimi. *Tr., J., of Eng. and Env. Sci.*. 19, 423-431.
- Haktanır, K., Arcak, S.,1998. Çevre Kirliliği. Ankara Üniv., *Zir., Fak., Yayınları* No: 1503, Ders Kitabı No 457, Ankara,
- Jackwerth E., Yang X.G., Xu C., 1989. Untersuchungen zur Adsorptiven Anreicherung von Elementspuren on Adsorberharzen, Fresenius Z. *Anal Chem*, 334, 514-520.
- Juwarkar, A.S., Shende, G.B., 1986. Interaction of Cadmium, Lead: Effect on Growth, Yield andContent of Cadmium, Lead in Barley, *Hordeum vulgare*. *Indian J. of Env., Health*. 28/3, 235-243.
- Jackson, M.L., 1962. Soil Chem. Anal. *Pretice-Hall Inc.*, Cliff., USA.
- Kabala, C., Singh, B. R., 2001. Fractionation and Mobility of Copper, Lead and Zinc in Soil Profiles in the Vicinity of a Copper Smelter. Published in *J.,Env., Qual.*, 30, 485-492.

- Kacar, B., 1972. Bitki Analizleri. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları.453. *Uygulama Kılavuzu. A. Ü. Basımevi.* Ankara.(155)
- Kantarıcı, M. D., 1992. Zararlı Maddelerin Orman Topraklarına Etkileri. *Katı Atık ve Çevre.* 8, 14-27.
- Kaplan, L. A., Pesce, A. J., 1989. *Clin. Chem.* The C. V. Mosby Company. 2 th. Ed., St. Louis. 96-148.
- Kara, E.E., Kaya, Z., Çolak, A.K., 1992, Değişik Dozlarda Uygulanan Kirecin Yulaf Bitkisinin Kuru Madde Miktarı ve Besin Elementleri İçeriğine Etkisi Üzerine Bir Araştırma, Ondokuzmayıs Üniversitesi, *Zir., Fak, Dergisi*, Samsun., 1/7.,99-110
- Karaca, A., Turgay, O.C., Kızılkaya, R., Haktanır, K., 1996. Topraklara Ağır Metal (Cd ve Pb) İlavasının Bazı Biyolojik Olaylara Etkisi Tarım- Çevre İlişkileri Sempozyumu (Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı) *Bildiri Kitabı. Mersin Üniv., Müh., Fak.,* 111-120.
- Karpuzcu, M., 1994. Çevre Kirlenmesi ve Kontrolü. Kubbealtı Nesriyatı Yayınları No:8 4. Baskı
- Kartal, Ş., Elçi, L., Kılıçel, F., 1993. Investigation of soil pollution levels for zinc, Copper, Lead, Nickel, Cadmium and Manganase at Around of Çinkur Plant in Kayseri. *Fresenius Envir., Bull* 2:614-619.
- Langley, A., Gilbey, M., Kennedy, B.,2003. Heavy Metal Phytotoxicity in Soils. *Proceedings ofthe Fifth National Workshop on the Assessment of Site Contamination.*,235-241
- McGowen, S. L, Basta. N T., Brown, G. O.,2001 Use of Diammonium Phosphate to Reduce Heavy Metal Solubility and Transport in Smelter-Contaminated Soil. *Published in J., Environ., Qual.*, 30, 493-500.
- Mellum, H.K., Arnesen, A.K.M., Singh, B.R., 1998. Extractability and Plant Uptake of Heavy Metals in Alum Shale Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis.* 29/9-10, 1183-1198.
- Melsted, S. W., Matta, H. L., Pock, T. R., 1969. Critical Plant Nutrient Composition Values Useful İn Interpreting Plant Analysis Data. *Agron. J.* 61:17-20.
- Muslu, Y., 1985. Su Temini Ve Çevre Sağlığı. İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fak., Çevre Müh. Böl., *İTÜ Matbaası.* Cilt III, İstanbul.
- Narin, İ., Soylak, M., Doğan, M., 1997 Traffic Pollution in Niğde-Türkiye: Investigation of Trace Element Contents of Soil Samples, *Fresenius Envir. Bull.*, 6, 749-752.
- Narin İ., 2002 “ Bazı eser metal iyonlarının atomik absorpsiyon spektrofotometrik tayinleri öncesi katı faz ekstraksiyonları” *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi sayfa* 1-67

- Okur, N., Çengel, M., 1996 Toprak Mikroorganizmalarına Ağır Metal Toksisitesinde Ortam Reaksiyonunun Etkisi Tarım-Çevre İlişkileri Sempozyumu (Doğal Kaynakların Sürdürülebilir Kullanımı) *Bildiri Kitabı. Mersin Üniv., Müh.,Fak.*233-238.
- Özer, A., Özer, D., Ekiz, H. I., Kutsal, T., Çağlar, A., 1996. Kurşun (II), Demir (III) ve Kadmiyum (II) İyonlarının Hava Karıştırmalı Kolonda S. *Leibienii* ve R. *Arrhizus*'a Absorbsiyonu. Tr., *J. of Eng. and Env. Sci.* 20, 217-223.
- Özuygur, M., Ateşalp, M., Börekci, M, 1974. Doğu Karadeniz Topraklarının Kireç İhtiyaçlarını Tayinde Uygulanacak Metotlar ve Kireçleme Malzemeleri Üzerinde Bir Araştırma *TÜBİTAK Yayınları* No:283, Toag Seri No:48
- Parkpian P, Leong ST, Laortanakul P, Torotoro JL "Influence of salinity and acidity on bioavailability of sludge-borne heavy metals. A case study of Bangkok municipal sludge" *Water Air And Soil Poll.* 139 (1-4): 43-60 SEP 2002
- Petrucci, R.H., 1985. *General Chem.* Macmillan Pupliching Company. USA, 700-701.
- Plantz M.R., Fritz J.S., Simith F.G. and Houk R.S., 1989. Separation of Trace Metal Coplexes for Analysis of Samples of High Salt Content byInductively Coupled *Plasma Mass Spect.* *Anal.Chem.*, 61, 149-153.
- Pırlak U., 2002 " Niğde İli Patates Ekim Alanlarında Metal (Cd, Pb, Ni, Cu, Zn) Kirliliğinin Belirlenmesi" *Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi sayfa* 1-45
- Rehceigl, J.E., Sparks, D.L., 1985. Effeect of Acid Rain On the Soil Environment. *Communications in Soil Sci. and Plant Anal.* 16:7, 653-680.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. *USDA Hanbook* 60: 105-106.
- Sahu, S. K., Pal, S. S., 1987. Direct and Residual Effect of Paper Mill Sludge and İimstone on Corn Yield Under Three Different Crop Rotations on an Acid Red Soil. *J. of the Indian Society of Soil Sci.* Vol:35 N.1
- Sing, N., Farooqui, A., Pandey, V., Misra, J., Kulshresta, K., Srivastava, K., Singh, S. N., Yunus, M., Ahmad, K. J., 1993 *Applied-Botany-Abstracts.* 13:1, 41-56
- Soylak, M., Narin, İ., Elçi, L., Doğan, M., Investigation of Some Trace Element Pollution in Karasu, Sarmısaklı Çayı and Kızılırmak Rivers, Kayseri-Turkey, *Fresen. Env. Bull.*, 8, 14-17 (1999).
- Soylak, M., Narin, İ., Elçi, L., Doğan, M., Lead Concentrations of Dust Samples from Niğde City-Turkey, *Fresenius Envir. Bull.*, 9, 36-39 (2000).
- Tok, H. H. "Çevre Kirliliği"Trakya Üniversitesi Tekirdağ ziraat fakültesi Toprak bölümü yayınları 1997 sayfa 266.

- Topbaş, M. T., Brohi, A R., Karaman, M. R., 1998. evre Kirliliği, evre Bakanlığı Yayınları, 82,86.
- Türkdoğan, M. K, Kilicel, f., Kazim, k., Tuncer, İ., Uygan, İ., 2002. Heavy Metals in Soil, Vegetables and Fruits inthe Endemic Upper Gastrointestinal Cancer Region of Turkey. *Envir. Toxic. and Pharm.*13,175-179.
- Teleky L, 1936, Krebs bei chromarbeitern, *Dtsch Med Wochenschr*, 62, 1353.
- Terelak,H., Stuczynski, T., Piotrowska, M., 1997. Heavy Metals in Agricultural Soil in Poland. *Polish J. of Soil Sci.* 30/2,35-42,
- Tistale, S.L., Nelson, W.L.,1982. Toprak Verimliliği ve Gübreler. ukurova Üniversitesi,Ziraat Fakültesi Yayınları No:168.61,90-102.
- Turan, C., Korkmaz, A., 1984. Kireç ve Demir Uygulamasının Asit Reaksiyonlu Toprakta Mısır Bitkisinin Mn, Zn, Cu ve K Kapsamları Üzerine Etkileri *A. Ü. Zir. Fak. Yıllığı*. Cilt 34.
- Topbaş, T.M., Brohi, R., Kahraman, R., 1998, evre Kirliliği, Ankara 63-86
- Ülgen, N., Rasheed, M. A., 1975. Kireçlemenin Asit Topraklar ve çeşitli Enzim Aktiviteleri Üzerindeki Etkileri. *Ankara Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları* No:62
- Whatmuff MS “Applying biosolids to acid soils in New South Wales: are guideline soil metal limits from other countries appropriate”*Australian J. of Soil Research* 40 (6): 1041-1056 2002
- WHO, 1973, Organisation Mondiale de la Santé, Série de Rapports Techniques, No532, les OligoEléments en Nutrion Humaine, *Rapport d’un Comité d’Experts de l’OMS, Genève*, 16-51.
- Wu, Y. Y., Wang, X, Liang, R. L., Wu, T Z., 1997. Ecological Effect of Compound pollution of Heavy Metals in Soil-Plant System I. Effect on Crop, Soil Microorganism, Alfa Alfa and Tree. *Chinese-J. of Appl. Ecology.* 8:2,n 207-212
- Yaman, S., 1995. Karayolu Kenar Topraklarında Kurşun Kirlenmesi (Ceyhan-ADANA). *Tr., J. of Engin. and Envir. Sci.*. 19. 303-306.
- Yevdokima, G.A., 1982. Microbiological Activity of Soils Polluted by Heavy Metals. *Soviet Soil Sci.* 14/3,31-38. Translatedfrom *Pochvovedenie*, No:6,125-132