

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ATABEY OVASINDAKİ TOPRAK SERİLERİNDE ÇİNKO
FRAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ**

Burhan DURGUN

**Danışman
Doç. Dr. Veli UYGUR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
ISPARTA - 2016**

© 2016 [Burhan DURGUN]

TEZ ONAYI

Burhan DURGUN tarafından hazırlanan "**Atabey Ovasındaki Toprak Serilerinde Çinko Fraksiyonlarının Belirlenmesi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Doç. Dr. Veli UYGUR
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Metin MÜJDECI
Süleyman Demirel Üniversitesi

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Ayhan HORUZ
Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Enstitü Müdürü

Doç.Dr.Yasin TUNCER

TAAHHÜTNAME

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Burhan DURGUN



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE METOT	20
3.1. Çalışma Alanının Tanımı.....	20
3.2. Toprak Örneklerinin Alınması	20
3.3. Tanımlayıcı Analizler	20
3.4. Kademeli Ekstraksiyon Yöntemi	25
3.4.1. Suda çözünabilir ve değişebilir fraksiyon (WS-EX).....	25
3.4.2. Karbonatlara bağlı fraksiyon (Car-Zn)	25
3.4.3. Mn oksitlere bağlı fraksiyon (MnOx-Zn).....	26
3.4.4. Amorf Fe/Al oksitlere bağlı fraksiyon (AFex-Zn).....	26
3.4.5. Kristalin Fe oksitlere bağlı fraksiyon (KFeOx-Zn)	26
3.4.6. Organik ve sülfidlere bağlı fraksiyon (OS-Zn)	26
3.4.7. Bakiye fraksiyon (R-Zn)	27
3.5. İstatistiksel Analizler	27
4. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	28
4.1 Tanımlayıcı Toprak Özellikleri.....	28
4.2. Topraklarda Çinko Fraksiyonları.....	35
4.2.1. Suda çözünabilir ve değişebilir fraksiyon (WS-EX)	35
4.2.1.2. WS-EX fraksiyonunun oransal dağılımı	38
4.2.2. Karbonatlara Bağlı Zn Fraksiyonu (Car-Zn).....	40
4.2.2.1. Car-Zn fraksiyonunun kantitatif miktarları	40
4.2.3. Mn oksitlere bağlı Zn fraksiyonu (MnOx-Zn).....	41
4.2.4. Amorf Fe oksitlere bağlı fraksiyon (AFex-Zn)	43
4.2.5. Kristalin Fe oksitlere bağlı fraksiyon (KFeOx-Zn)	45
4.2.6. Organik madde ve sülfidlere bağlı fraksiyon (OS-Zn)	46
4.2.7. Rezidual veya bakiye fraksiyon (R-Zn).....	48
4.2.8. Toplam Zn fraksiyonu (T-Zn).....	50
4.3. Çinko Fraksiyonlarının Toprak Özellikleri ile İlişkileri.....	50
4.3.1. WS-EX fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	51
4.3.1. Car-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	51
4.3.3. MnOx-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	54
4.3.4. AFex-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	54
4.3.5. KFeOx-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	54
4.3.6. OS-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	55
4.3.7. R-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	55
4.3.8. Zn fraksiyonlar toplamı ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler	56

4.3.9. DTPA-Zn ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler.....	56
4.4. Topraklardaki Kemometrik İlişkiler.....	56
5.1. Tartışma.....	62
5.1.1. WS-EX fraksiyonu.....	62
5.1.2. Car-Zn fraksiyonu.....	64
5.1.3. MnOx-Zn fraksiyonu.....	66
5.1.4. AFeOx-Zn fraksiyonu.....	68
5.1.5. KFeOx-Zn fraksiyonu.....	69
5.1.6. OS-Zn fraksiyonu.....	70
5.1.7. R-Zn fraksiyonu.....	71
5.1.7. DTPA-Zn fraksiyonu.....	72
5.2 Sonuçlar.....	74
KAYNAKLAR.....	76
EK A. 2. Toprak örneklerinin kademeli ekstraksiyonun farklı aşamalarında içerdiği Zn konsantrasyonları.....	88
EK A. 3. Toprak örneklerinin kademeli ekstraksiyonun farklı aşamalarında içerdiği Zn'nin oransal dağılımı.....	90
Özgeçmiş.....	91

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ATABEY OVASINDAKİ TOPRAK SERİLERİNDE ÇİNKO FRAKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

Burhan DURGUN

Süleyman Demirel Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Veli UYGUR

Atabey Ovası toprakları yüksek tepelikler ve sırt araziler, koluviyal etekler, alüviyal yelpazeler, yaşlı dere yatakları, bajadalar, taban araziler ve genç dere yatakları fizyografik üniteleri üzerinde oluşmuşlardır. Bu değişkenlik ovada 20 farklı toprak serisinin oluşmasına, çinkonun yarayışlılığı ve jeokimyasal fraksiyonların da değişime neden olmaktadır. Bunun sonucunda ovada değişen derecelerde çinko noksanlığı ve tarımsak uygulamalardan kaynaklanan çinko toksikliği ortaya çıkmaktadır. Çinko yarayışlığında ve jeokimyasal fraksiyonlardaki değişimin belirlenmesi için her bir serinin 3 farklı noktasından alınan yüzey toprak örnekleri (0-20 cm derinlik) alınarak toplamda 70 ovayı temsil eden 70 örnekleme yapılmıştır. Daha sonra bu topraklarda tanımlayıcı fizikokimyasal analizler ve kademeli Zn fraksiyon analizler yapılmıştır. Ekstraksiyon sırası; suda çözünebilir ve değişebilir fraksiyon (WS-EX), karbonatlara bağlı (Car-Zn), Mn oksitlere bağlı (MnOX-Zn), amorf Fe oksitlere bağlı (AFeOx-Zn), kristalin Fe oksitlere (KFeOx-Zn), organik ve sülfidlere bağlı (OS-Zn) ve bakiye fraksiyon (R-Zn) şeklindedir. Çinko fraksiyonlarının toprak toprak özellikleri ile olan ilişkileri varyans analizi, korrelasyon analizi ve kemometrik analizlerle ortaya konulmaya çalışılmıştır. Ova topraklarında bu fraksiyonların ortalama dağılım sırası küçükten büyüğe doğru WS-EX (%0.304)<MnOx-Zn (%0.555)<Car-Zn (%3.096)<OS-Zn (%3.723)<KFeOx-Zn (%14.97)<AFeOx-Zn (19.61)<R-Zn (%57.74) şeklinde gerçekleşmiştir. Bu fraksiyonlardan WS-EX, Car-Zn, OS-Zn MnOx-Zn ve AFeOx-Zn fraksiyonlarının Zn'nin yarayışlı miktarlarıyla yakından ilişkili olduğu özellikle gübreleme ve ziraai mücadele gibi tarımsal uygulamalarla artan Zn konsantrasyonu bu fraksiyonların oransal değerlerinde artışlar olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler ovada Zn eksiklik/toksiklik mekanizmasının kullanışlı olacaktır. Elde edilen veriler tarımsal ürünlerin miktarını ve kalitesini arttırabilmek için ekonomik ve çevreye duyarlı gübreleme programlarının geliştirilmesine katkı sağlayabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Çinko, Atabey Ovası, kademeli ekstraksiyon, toprak serileri.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF ZINC FRACTIONS IN SOIL SERIES OF ATABEY PLAIN

Burhan DURGUN

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Soil Science and Plant Nutrition**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Veli UYGUR

Soil of Atabey Plain have formed different physiographic units such as hills and slopes, colluvium, alluvium, old stream beds, bajadas, lowlands, and young stream beds. Such variation resulted in the formation of 20 soil series and this in fact led to changes in the availability and geochemical fractions of soil zinc. Thus differing degrees of zinc deficiency and possible toxicity in some location are observed in the Plain. Total of 70 surface soil samples were collected from at least three different locations of each soil series. Descriptive physico-chemical parameters and sequential extraction of Zn were determined in the soils. The extraction sequence of the Zn fractions were: water soluble and exchangeable fraction (WS-EX), carbonate related fraction (Car-Zn), manganese oxide fraction (MnOx-Zn), amorphous Fe oxides fraction (AFeOx-Zn), crystalline Fe oxide fraction (KFeOx-Zn), fraction bound to sulphites and organic compounds (OS-Zn), and residual fraction (R-Zn). Relationships between zinc fraction and soil components and soil properties were revealed by means of Pearson correlation and chemometric analysis. The chemical fractions of soil Zn in acidic soils were found to be in the following descending order of Zn percentages: WS-EX (0.304%) < MnOx-Zn (0.555%) < Car-Zn (3.096%) < OS-Zn (3.723%) < KFeOx-Zn (14.97%) < AFeOx-Zn (19.61%) < R-Zn (57.74%). The occurrence of WS-EX, Car-Zn, OS-Zn, MnOx-Zn, and AFeOx-Zn fractions which are potentially plant available found to be related to increased Zn input induced by agricultural practices such as fertilization and pest management. The results of this study will be useful data-base for understanding the mechanisms of zinc deficiency/toxicity of Atabey Plain's soils. These information may enable to develop economically feasible and environmentally friendly fertilization strategies towards enhancing the yield and yield quality of agricultural products in the region.

Keywords: Zinc, Atabey Plain, sequential extraction, soil series.

2016, 92 pages

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman Hocam Doç. Dr. Veli UYGUR'a teşekkürlerimi sunarım. Arş. Grv. Ziraat Yüksek Mühendisi Enise SUKUŞU ve Tuba İNCE'ye, toprak örneklerinin alınmasında göstermiş oldukları özverili yardımları; Ziraat Yüksek Mühendisi Burak DURGUN'a toprak analizlerinin gerçekleştirilmesinde yaptığı yardımlar nedeniyle teşekkür ederim.

4532-YL2-15No`lu proje ile tezimi maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

Tezimin her aşamasında beni maddi ve manevi destekleri ile yalnız bırakmayan babam Tahir DURGUN, annem Safiye DURGUN ve kardeşlerim Burak DURGUN ve Baturhan DURGUN' a sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Burhan DURGUN
ISPARTA, 2016

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 4. 1. Temel bileşenlere ait özdeğer grafiği	57
Şekil 4. 2. PC1 ve PC2 nin dağılım grafiği	61
Şekil 5. 1. Topraklarda besin elementleriyle ilgili dinamik denge.....	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1. Toprak örneklerinin alındığı koordinatlar ve bazı genetik ve sınıflama özellikleri.....	21
Çizelge 4. 1. Araştırma topraklarının rutin özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri.....	29
Çizelge 4. 2. Çinko fraksiyonlarına transformasyon uygulanmadığı durumdaki tanımlayıcı istatistikler.....	36
Çizelge 4. 3. Yüksek çarpıklığa sahip fraksiyonlara log transformasyon uygulandıktan sonraki tanımlayıcı istatistikler.....	37
Çizelge 4. 4. Çinko fraksiyonlarının oransal dağılımına ait tanımlayıcı istatistikler.....	39
Çizelge 4. 5. Zn fraksiyonları ve bazı toprak özellikleri arasındaki Pearson korelasyon matrisi (N:70).....	52
Çizelge 4. 6. Zn fraksiyonlarının yarıyışlı besin elementleri ile bazı oksit fraksiyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (N:70).....	53
Çizelge 4. 7. Temel bileşenlerle açıklanan varyanslar.....	58
Çizelge 4. 8. Temel bileşenlerle toprak özellikleri arasındaki korelasyon matrisi.....	60

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	Santigratderece
Al	Alüminyum
As	Arsenik
BCR	Community Bureau of Reference
C	Karbon
Ca	Kalsiyum
Cd	Kadmiyum
Cl	Klor
cm	Santimetre
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
EC	Elektriksel iletkenlik
EDTA	Etilendiamintetraasetikasit
EXAFS	İnce Strüktürlü
F1	Fraksiyon 1
F2	Fraksiyon 2
F3	Fraksiyon 3
F4	Fraksiyon 4
F5	Fraksiyon 5
F6	Fraksiyon 6
F7	Fraksiyon 7
Fe	Demir
g	Gram
H	Hidrojen
ICP-OES	Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry
In	İndium
Kd	Dağılım katsayısı
KDK	Katyon değişim kapasitesi
kg	Kilogram
L	Litre
M	Molar
mg	Miligram
mL	Mililitre
mm	Milimetre
Mn	Mangan
N	Azot
n	Çalışılan numune sayısı
Na	Sodyum
Ni	Nikel
O	Oksijen
Pb	Kurşun
TEA	Trietanolamin
V/V	Hacim esaslı oran
Zn	Çinko
Zn-HIM	Çinko tabakalar arası hidroksi mineralleri
Zn-LDH	Çinko tabakalı çift hidroksit

1. GİRİŞ

Bitkiler ihtiyaç duydukları mikro besin elementlerini topraktan alırlar. Toprakların fiziko kimyasal özellikleri mikro besin elementi alımını etkiler. Bitkiler tarafından alımı toprak özellikleri tarafından etkilenen bitki besin elementlerinden birisi de çinko (Zn) dur. Topraklarda Zn noksanlığı, genelde yüksek pH, kireç (Çakmak vd., 1996), metal oksitler, düşük organik madde, kil tipi ve kil miktarından kaynaklanmaktadır (Marschner, 1995). Diğer taraftan gelişen tarımsal teknoloji ve gübreleme gibi birim alandan daha fazla ürün elde edilmesine imkan sağlamaktadır. Bu da topraklarda depo besin elementi fraksiyonları üzerine önemli etkilerde bulunmaktadır. Bu bağlamda artan gübreleme ise topraklara mikrobeyin elementlerinin de önemli miktarda ilavesine neden olmakta bu da toprakta yeni dinamik dengeleri ortaya çıkarmaktadır.

Bitkiler tarafından çinko alımını etkileyen en önemli faktörlerden birisi de toprak pH'sıdır. Bitkiler, çinkodan en fazla nötr ve hafif asit şartlarda faydalanabilmektedir. pH' nın yükselmesiyle Zn çözünürlüğü azalarak çözünmesi güç çinko oksit bileşikler ve çinko hidroksitler $Zn(OH)_2$ şeklinde çökelmeler gözlenir. Kireçli topraklarda ise; çok düşük çözünürlüğü olan çinko karbonat ($ZnCO_3$) halinde çökelirler (Mengel ve Kirkby, 2001). Toprakta Zn için verilen kritik sınır değeri Anonymous (1990)'a göre $0.7 \text{ mg Zn kg}^{-1}$, Lindsay ve Norwell (1978)'e göre $0.5 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ olarak kabul edilmektedir. Jones et al. (1991)'e göre ise bitkiler için ortalama $20-200 \text{ mg kg}^{-1}$ çinko kapsamı yeterli olmakla beraber çeltik bitkisi sınır değeri $18-50 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında yer almaktadır. Ülkemiz topraklarının yaklaşık yarısının yarayışlı Zn yönünden fakir olması, bitkilerde Zn noksanlığına neden olmakta ve buna bağlı olarak da bitkisel üretimdeki düşüş yanında temelde tahıla dayalı beslenmenin hakim olduğu bölgelerimizde (Orta ve Doğu Anadolu Bölgeleri) bir dizi sağlık sorunu da ortaya çıkmaktadır. Büyüme geriliği, hipogonadizm (testis fonksiyonlarındaki yetersizlik), cilt bozukluklar, iştahsızlık, boy kısalığı, cinsel olgunlaşmanın gerilemesi, bağışıklık yeteneğinde azalma, yara iyileşmesinde

gecikme, tat duyusu azalması, karanlığa adaptasyon mekanizmasının bozulması vb. gibi belirtilerin Zn yetersizliğinden kaynaklandığı ve bunun da beslenme ile ilgili olduğu bildirilmiştir (Baysal, 1998).

Fosfor immobil bir besin elementi olduğundan toprakta birikmektedir. Nitekim bu durum toprak analizi sonuçlarına da yansımaktadır. Toprakta biriken fazla fosfor başta Zn olmak üzere birçok besin elementinin bitkilerce alınmasını engellemekte ve bitkiler söz konusu bu elementlerin eksikliği hissetmektedirler. Dolayısıyla toprakta özellikle Zn'nun yayayışlı miktarının korunması ve geliştirilmesi son derece önemlidir.

Çinkonun yayayışlılığı üzerine, kullanılan fosforlu gübrelerin miktarının yanında çeşidi de büyük önem taşımaktadır. Genelde topraklar toplam çinko (Zn) miktarı yönünden çok zengin olmasına rağmen sorun, toprakta mevcut çinkonun bitki köklerince alınmasını etkileyen faktörlerin mevcut olmasıdır. Çinkonun bitkiler tarafından alınabilmesi üzerine pek çok faktör etkili olmaktadır. Bu faktörler arasında toprağın sıcaklığı, toprağın asit ve alkali oluşu, topraktaki kireç miktarı, topraktaki fosfor miktarı ve topraktaki organik madde miktarları gelmektedir. Torun ve Çakmak (2004) Orta Anadolu Bölgesinde çinko noksanlığı ile ilgili yaptıkları survey çalışmasında, pH ve kireç içeriklerinin yüksek, organik madde içeriklerinin düşük ve yıllık yağışın az olduğu topraklarda çinko noksanlığı riskinin olduğunu belirtmişlerdir. Çinkonun protein ve karbonhidrat metabolizmasında önemli fonksiyonları yanında, fizyolojik membran stabilitesinde etkenliği, enzim aktive etme yeteneği ve oksin sentezi gibi fonksiyonları nedeni ile doğrudan verimi ve kaliteyi etkileyen önemli bir mikro element olduğu bilinmektedir (Marschner, 1997; Oktay, 1999).

Tuzlu alanlarda yetiştiricilikte uygulanan bir diğer koruyucu veya yardımcı uygulama yetiştiricilik esnasında toprağa çinko uygulamasıdır (Khoogar vd., 1999; AbdEl-Hady, 2007; Saleh vd., 2009).

Atabey Ovası Isparta ilinin tarımsal potansiyeli yüksek olan bir ovasıdır. Ova toprakları birbirinden oldukça farklı anamateryaller üzerinde oluşmuştur. Bu

da gerek toplam gerekse herhangi bir jeokimyasal fraksiyonda önemli değişimlere neden olmaktadır. Kurak ve yarı kurak iklimlerde oluşan toprakların çoğunluğunda görülen Zn eksikliği bu ovada da yaygındır. Zn noksanlığının nedeninin anlaşılabilmesi ve bu şekilde tarımsal üretimde kalite ve kantitenin arttırılması kritik öneme sahiptir. Bu nedenle bu çalışmada Atabey Ovası'ndaki farklı toprak serilerinde çinko elementinin fraksiyonları incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen bulgular ile ova toprak serilerinde çinko noksanlığının ve toksikliğinin jeokimyasal fraksiyonlarla olan ilişkileri ortaya konulmuştur. Bu şekilde yeni Zn li gübreleme stratejisinin geliştirilmesiyle ilgili temel veriler sağlanmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bingham vd. (1964) ve Ellis ve Knezek (1972) toprakta bulunan killerin çinkoyu adsorbe ettiğini ve bu adsorpsiyonun da KDK ve pH tarafından kontrol edildiğini bildirmişlerdir.

Hodgson vd. (1966) toprak organik maddesinin mikro elementleri (Fe, Zn, Mn vb.) şelat formunda tuttuğunu, metallerin organik moleküllerle bağlanması ve kısaca alınması olarak ifade edilen şelat oluşumunun, toprakta bulunan çinkonun bitkiler tarafından alınamaz forma dönüşmesini engellediğini rapor etmiştir.

Topraklarda bulunan oksit bileşiklerinin Zn'nin sorpsiyonunda önemli rol oynadığı (Jenne, 1968), yapılan bir çok araştırmada Zn'nin mangan oksitler, demir oksitler ve alüminyum oksitlerce tutulduğunu tespit edilmiştir (Forbes vd., 1976; McKenzie, 1972; Shuman, 1977).

Topraklarda Zn'nin yayılabilirliğinin ve hareketliliğinin belirlenmesinde kademeli ekstraksiyon teknikleri oldukça sık kullanılmaktadır. Bu maksatla birçok ekstraksiyon sırası farklı araştırmacılar tarafından önerilmiştir (Tessier vd., 1979, Shuman, 1985; Leleyter ve Probst, 1999; Parat vd., 2003). Bu çalışmalarda temel prensip çözünürlüğü ya da yayılabilirliği en yüksek olandan en düşük olana doğru bir ekstraksiyon sırasının takip edilmesine dayanmaktadır. Bu nedenle miktarı çok az olan suda çözünebilir ve değişebilir formda tutulan fraksiyonların tek bir fraksiyon olarak değerlendirilebileceği bildirilmiştir.

Kuo ve Barker (1980), KDK ile çinko sorpsiyonu arasında doğrusal bir ilişki olduğunu, KDK' nın çinko sorpsiyonunda organik maddeden daha önemli rol oynadığını vurgulamıştır.

Emmerich vd. (1982), Berthet vd. (1984) ve Hickey ve Kittrick (1984) Topraklardaki Zn'nin büyük bir bölümünün bitkiye yayılabilir formlarda bulunduğunu; suda çözünebilir, organik ve değişebilir formlar gibi bitkiye

yarayışlı Zn formlarının, daha az yarayışlı oksit ve bakiye formlardan daha düşük olduğunu bulmuşlardır.

Uygur (1998) ortamda mevcut olan CaCO_3 ile çinko arasındaki ilişkileri araştırmak için yaptığı çalışmalarda; bitkilerde Zn noksanlığının özellikle kireçli ve alkali topraklarda görüldüğü, kireçli toprakların toplam Zn içeriğinin normal gelişimi desteklemeye yeterli olabilmesine rağmen CaCO_3 'ün ağır metalleri absorbe ederek ve Zn'yi ZnCO_3 'a dönüştürerek bitkilere Zn'nun yarayışlılığını sınırladığını bildirmiştir.

Güneş vd. (2000) Konya Kapalı Havzası topraklarında bitkiye yarayışlı Zn miktarının $0.11\text{-}3.67 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değiştiğini ve bölge topraklarının % 86.5'inde çok az veya az düzeyde Zn kapsadığını rapor etmiştir.

Uygur ve Rimmer (2000) yapmış olduğu çalışmalarda ilave edilen Zn nin kireçli topraklarda ya da modifiye edilmiş kireçli model sistemlerde genellikle Zn hidroksi karbonatlar halinde çökeltiğini göstermiştir.

Toprakların tuzlulaşması, toprak çözeltisindeki yarayışlı çinko fraksiyonlarının konsantrasyonunun azalmasına neden olmaktadır (Khoshgoftar vd., 2004; Khoshgoftarmanesh vd., 2006). Bu durum kök bölgesinde tuz iyonlarının kök yüzeyinde Zn^{+2} ile güçlü rekabete neden olarak çinkonun alımını azaltmaktadır (AbdEl-Hady, 2007).

Kabata-Pendias ve Mukherjee (2007), topraklarda Zn dağılımının yaklaşık % 60'nı kil fraksiyonun kontrol ettiğini; alkalın pH koşullarında Zn' nun kimyasal bağlanmaya maruz kaldığını; Al, Fe ve Mn oksit ve hidroksitlerin, karbonatların ve fosfat bileşiklerinin ise Zn'nun bitkiler tarafından alınamaz konuma dönüştürülmesinde etkili olduğunu vurgulamıştır.

Adhikari ve Rattan (2007) fizikokimyasal özellikleri farklı beş toprak örneğinde kademeli ekstraksiyonla belirledikleri Zn fraksiyonları (suda çözünebilir, değişebilir, spesifik adsorbe edilmiş, asitte çözünebilir, mangan oksitlerle fikse

olmuş, organik madde ile fikse olmuş, amorf oksitlere bağlı, kristalin demir oksitlere bağlı ve bakiye) ile Zn'nin çeltik tarafından alınabilirliğini incelemişlerdir. Fraksiyonlardaki çinko miktarları oldukça değişkenlik göstermiştir. Toprakların çinko içeriğinin %90'dan fazlasının killerin kristal strüktüründe ve mineral yapılara bağlı olduğu, buna karşılık Zn'nin çok az bir kısmının suda çözünebilir, değişebilir, organik madde, amorf Fe ve kristalin Fe ye bağlı fraksiyonlarda yer aldığını belirlemişlerdir. Bu fraksiyonların çeltiğin topraktan kaldırdığı Zn ile ilişkili olduğunu bulmuşlardır.

Finzgar vd. (2007) kademeli ekstraksiyon yöntemiyle Pb ve Zn nin kontamine olmuş topraklarda risk değerlendirmesi yapmak ve toprak özellikleri ile ağır metallerin fraksiyonları biyoyararışlılıkları ve yıkanabilirliği arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Doğrusal ve 2. dereceden polinom ile tanımlanmış regresyon analizleri toprak özellikleri ile ağır metal kontaminasyonu arasında ilişkinin önemsiz olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık çoklu regresyon analizleri Pb'de önemli korelasyonlar elde edilirken; çinkoda çok önemli ilişkiler bulunmamıştır.

Hernandez-Moreno vd. (2007) volkanik referans toprakta (COST-922) yine referans kademeli ekstraksiyon yöntemi olan BCR (Community Bureau of Reference) yöntemiyle bakır ve çinkonun çeşitli katı faz bileşenlerini ve Al, Fe ve Mn mojar elemetlerini incelemişlerdir. Toplam ekstrakte edilebilir Al asit amonyum oksalat ile ilişkili bulunurken; total Fe' nin amorf fraksiyonla ilişkili olmadığı belirlenmiştir. Toprakların Zn ve Cu içeriği yüksek olmasına rağmen potansiyel mobil fraksiyonların miktarı özellikle Zn için çok küçük bulunmuştur. Bakırın hareketli formlarının göreceli olarak Zn'den daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bakırın okside olabilir fraksiyonda önemli oranda birikim gösterdiği gözlenmiştir. Biyolojik döngünün yüzey topraklarındaki mobil Zn ve Mn fraksiyonlarının artışında önemli bir rol aldığı tespit edilmiştir.

Iwegbue (2007) otomobil tamir atıklarıyla kirletilmiş 5 toprakta Cd, Cu, Pb, Zn, Cr ve Ni ağır metallerinin yersel dağılımını, kimyasal türlemesini ve hareketliliğini toprak özelliklerinin fonksiyonu olarak incelemiştir. Çalışmada altı aşamalı bir sıralı ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. Kadmiyum yüzey altı

horizonlarda bakiye fraksiyonda yoğunluk gösterirken yüzey horizonlarında diğer bakiye-fraksiyon dışındaki fraksiyonlarda birikim göstermiştir. Bakır ve Cr organik fraksiyonda; Pb ise Fe, Mn oksit ve bakiye fraksiyonlarında dağılmıştır. Çinko, yüzey topraklarında Fe, Mn oksit ile karbonat fraksiyonunda yüzey altı horizonunda ise genellikle bakiye fraksiyonda bulunduğu belirlenmiştir. Nikel derinlikten bağımsız olarak bakiye fraksiyonda yer almıştır. Ağır metallerin genelde yüzey horizonlarında daha fazla hareketli fraksiyonlarda bulunduğu belirlenmiştir. Metallerin hareketli fraksiyonlarda bulunuş miktarları açısından $Cd > Zn > Pb > Cu > Cr > Ni$ sırasını takip ettiği bildirilmiştir.

Lair vd. (2007) çiftlik gübresi, mineral gübreleme yapılan ve nadasa bırakılan topraklarda Cu, Cd ve Zn nin doğal ve ilave edilen miktarlarının jeokimyasal fraksiyonlardaki dağılımını ve toprakların adsorpsiyon/desorpsiyon özelliklerini incelemişlerdir. Metallerin adsorpsiyonunda toprakların mineralojik bileşimi ile Fe ve Mn oksit içerikleri kritik öneme sahip iken ilave edilen metallerin farklı jeokimyasal fraksiyonlara dağılımında organik maddenin ve pH nin önemli olduğunu belirlemişlerdir. Yeni ilave edilen metal iyonlarının hareketliliği yüksek fraksiyonlarda; toprakta var olan ağır metallerin ise daha çok hareketsiz/çözünürlüğü düşük fraksiyonlarda bulunduğu tespit edilmiştir.

Obrador vd. (2007) asitten nötrale değişen pH'ya sahip topraklarda Mn ve Zn'nin ekstrakte edilebilirliğini yaygın analiz metotlarıyla (0.43 M HOAc, DTPA and Mehlich-3) ve katı faz fraksiyonlarını kademeli ekstraksiyonla (değişebilir, organik maddeye bağlı, Mn oksitlere bağlı, amorf Fe oksitlere, kristalin Fe oksitlere bağlı ve bakiye fraksiyon) incelemişlerdir. Çalışmada elementlerin farklı metotlarla belirlenen yarıyışlı miktarları arasında önemli korelasyonlar tespit edilmiştir. Mangan genellikle Mn oksit fraksiyonunda bulunurken Zn nin bakiye fraksiyonda bulunduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar, Mn ve Zn nin fraksiyonlar arasındaki dağılımını etkileyen toprak özelliklerinin organik madde ve pH olduğu bildirmişlerdir. Çinkonun fraksiyonlar arasında dağılım sırası $değişebilir \leq \text{organik maddeye bağlı} \leq \text{amorf Fe oksitlere bağlı} < \text{Mn oksitlere}$

bağlı < kristalin Fe oksitlere bağlı < bakiye fraksiyon şeklinde olduğu rapor edilmiştir.

Özdemir vd. (2007) mera topraklarında mikroelement konsantrasyonlarını ve elementlerin jeokimyasal fraksiyonlarını, toprak özellikleri ve katenasal ilişkiler çerçevesinde incelemişlerdir. Hareketliliği yüksek olan değişebilir ve organik maddeye bağlı mikroelement fraksiyonlarının toprak derinliğine paralel olarak azalma gösterdiği belirlenmiştir. Tüm değişen eğim noktalarında ve horizonlarda yarıyışlı fraksiyonlar çok küçük değerler gösterirken; bakiye fraksiyonun oransal değerinin en yüksek olduğu tespit edilmiştir. Taban arazideki topraklarda ise hem toplam hem de yarıyışlı element konsantrasyonlarının anamateryal ile kıyaslandığında çok daha yüksek olduğu ve elementlerin fraksiyonları anamateryale doğru, anamateryal hariç, bir azalma göstermiştir.

Sanchez-Martin vd. (2007) iki farklı toprağa iki farklı dozda (20 ve 200 g kg⁻¹) atık çamur ekledikten sonra 18 ay inkübasyonda bırakıp Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn fraksiyonlarındaki değişimleri incelemişlerdir. Topraklarda değişebilir, karbonatlara bağlı, Fe-Mn oksitlere bağlı, organik bağlı ve bakiye element konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yapılan uygulamalara göre topraklarda her bir elementin fraksiyonlardaki dağılımında değişiklikler olduğu tespit edilmiştir. Başlangıçta topraklardaki ağır metallerin büyük çoğunluğu bakiye fraksiyonda yer alırken inkübasyon süresine göre değişimler ortaya çıkmıştır. Uygulama yapılmayan topraklarda Cd, Pb ve Zn' nin değişebilir, karbonat, Fe-Mn oksit ve organik fraksiyonlarında inkübasyonla artışlar gözlenmiştir. Metallerin inkübasyon süresindeki hareketlilik indeksleri metallerin fraksiyonlar arasındaki geçişine bağlı olarak değişim göstermiştir. Hareketlilik indeksi en yüksek olan element Zn olup bunu benzer değere sahip Cd, Cu ve Ni takip etmiş, Cr ve Pb ise daha düşük değerler göstermiştir.

Diesing vd. (2008) Zn ile kirlenmiş topraklarda toprak/ çözelti fazlarında ve toprak bitki sisteminde izotopik değişebilirliği 6 kademeli fraksiyonlama ile incelemişlerdir. Oluşan Zn minerallerini, ince strüktürlü X-ray absorpsiyon

(EXAFS) tekniği ile belirlemişlerdir. Değişebilirlik açısından i) hemen değişebilir (1 dakika içinde), ii) orta derecede değişebilir ve iii) değişmeyen Zn havuzları olmak üzere üç farklı havuzun varlığından bahsetmişlerdir. Kademeli ekstraksiyondak ilk üç fraksiyonun büyük oranda birinci havuzdaki ve kısmen de ikinci havuzdaki Zn yi zdğn; ikinci havuzun geri kalanı ile üçüncü havuzun kademli ekstraksiyonun 4. aşamasından sonraki aşamalarla ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. EXAFS ile yapılan alışmalar, Zn nin yarısının organik madde tarafından zayıf bir şekilde bağlanmış olarak ve/veya organik ve inorganik toprak bileşenleri üzerinde fiziksel adsorpsiyon mekanizmalarıyla bağlandığını göstermiştir. Kuvvetli şekilde adsorbe edilmiş Zn'nin ise kristalin minerallerin yapısında bulunduğunu bildirmişlerdir.

Jacquat vd. (2008) Zn ile kirletilmiş ($1322 - 30090 \text{ mg Zn kg}^{-1}$) 6 kireçli toprakta (pH 6.2-7.5) Zn trlemesini EXAFS tekniğiyle çalışmışlar ve Zn nin tr sayısı, tipi ve oranını temel bileşen analizi, hedef testi (targeting test) ve doğrusal kombinasyon uygunluğu (linear combination fitting) gibi istatistiksel yöntemlerle ortaya koymuşlardır. Toprak örneğinin farklı noktalarında saf inkoca zengin fillosilikat ve tabakalı çift hidroksit tipi (Zn-LDH) varlığını göstermişlerdir. Kireç üzerinde ise hidrozinkit kelteleri gözlenmiştir. Orta ve aşırı kirlenmiş topraklarda hidrozinkit kelteleri başat iken; daha az kirlenmiş topraklarda fillosilikat-Zn ve Zn-LDH nin dominant çökelti olduğunu bildirmişlerdir.

Mico vd. (2008) 18 toprakta dokuz elementin (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn) toplam ve EDTA ile ektrate edilebilen konsantrasyonlarını belirlemişlerdir. Yarayışlı miktarların toplama ormaları sırasıyla Cd, Pb, Cu, Zn Mn, Co, Ni, Cr ve Fe şeklinde olduğu bildirilmiştir. Cd, Cu, Pb ve Zn nin yarayışlı ve toplam konsantrasyonlarının toprak özellikleri ile ilişkilerinin zayıf olması, bu elementlerin antropojenik etkiler sonucunda arttığı şeklinde yorumlanmıştır. Diğer elementlerin ise ana materyal ile ilişkili olduğu bildirilmiştir.

Stephan vd. (2008), 66 toprağın çözeltisindeki çinkonun iyonik trlemesini toprak çözeltisinin pH'sı, toplam Zn, znmş organik madde (dissolved

organic matter), toprak organik maddesi ve inorganik iyonların fonksiyonu olarak nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Toprakların Zn için katı-çözelti fazı oranı (Kd) 17-13 100L kg⁻¹ toprak arasında değişmiştir. Toprak çözeltisinde çözülmüş organik maddeye bağlı Zn miktarı %60-98 arasında iken; çözeltideki serbest Zn⁺² iyonu %40-60 arasında değişim göstermiştir. Kd faktörünün çinkonun çevresel riskinin değerlendirilmesinde ve çevrede davranışının modellenmesinde kullanılabileceği bildirilmiştir.

Voegelin vd. (2008) çinko kirliliği olan (3.8-460 mmol kg⁻¹) 49 farklı toprakta Zn fraksiyonlarını 7 aşamalı (F1: NH₄NO₃; F2: NH₄-acetate, pH 6; F3: NH₃OHCl, pH 6; F-4: NH₄-EDTA, pH 4.6; F5: NH₄-oksalat, pH 3; F6: NH₄-oksalat/askorbik asit, pH 3; F7: bakiye) kademeli ekstraksiyon tekniği ile çalışmışlardır. Asit topraklarda (n=24, pH < 6.0) Zn genellikle F1 fraksiyonu ile F6 ve F7 fraksiyonlarında bulunduğunu; nötral topraklarda (n=25, pH≥6) ise hareketli fraksiyon F2 de bulunurken gerikalan Zn'nin büyük çoğunluğu F4 ve F5 fraksiyonlarında bulunduğu tespit edilmiştir. F1 ve F2 fraksiyonlarının toplamının pH'dan bağımsız olduğu; F1/(F1+F2) nin pH ya karşı çizilen grafiği ise tipik olarak sorpsiyon eğrisi özelliğinde olup pH 6 dan 5 e doğru azaldığında artış göstermiştir. Bu durum pH daki azalma ile çözünebilir çinko fraksiyonun hareketli fraksiyona geçtiğini işaret ettiği bildirilmiştir.

He vd. (2009), atık çamur ve domuz gübresinin kompostlaşma sürecinde Cu ve Zn metallerinin fraksiyonlarının nasıl değiştiğini incelemişlerdir. Cu ve Zn'nin değişebilir ve karbonat fraksiyonları, atık çamurun olgunlaşmasıyla birlikte artarken, domuz gübresinde ise azalmıştır. Biyoyrayışlılık faktörleri ise atık çamurun kompostlaşmasıyla artarken domuz gübresinde azalmıştır. Atık çamurda indirgenebilir Fe ve Mn oksitlerin yapısında bulunan Zn ve Cu; domuz gübresinde Fe/Mn oksitlere bağlı Cu kompostlaşma ile azalmış fakat Zn'nin bu fraksiyondaki miktarı domuz gübresinde dereceli olarak artmıştır.

Jacquat vd. (2009) değişen oranda kirlenmiş (251-30090 mg kg⁻¹) geniş bir pH varyansına sahip (4.1-7.7) 49 toprakta katı faz Zn türlerini EXAFS spektroskopisi ile çalışmışlardır. Topraklarda tabakalar arası hidroksi

mineralleri (Zn-HIM), Zn'ce zengin fillosilikatler, Zn-tabakalı çift hidroksit (Zn-LDH), hidrozinkit ve tetrahedral veya oktahedral olarak koordine olmuş adsorbe veya Zn kompleksleri gibi pedojenik Zn türleri belirlenmiştir. Zn-HIM genellikle 2000 mg Zn kg⁻¹ den daha az içeriğe sahip asit topraklarda gözlenmiştir. Zn-LDH ve Zn içeriği yüksek trioktahedral fillosilikatler, artan pH ve toplam Zn konsantrasyonu ile dominant hale geldiği bildirilmiştir. Zn-LDH en yoğun olarak pH>5.2 olan topraklarda gözlenmiştir. Zn'ce zengin fillosilikatler ise düşük pH larda bile gözlenmiş ancak her zaman Zn-LDH den daha az miktarlarda bulunduğu bildirilmiştir. Hidrozinkit ise yüksek miktarlarda Zn ile kirlenmiş ve kireçli topraklarda belirlenmiştir. Aşırı kirlenmiş topraklarda Zn'nin, Zn-LDH ye ek olarak yüksek miktarlarda tetrahedral koordinasyonlu sorbe edilmiş ya da kompleksleşmiş Zn formunda bulunduğu bildirilmiştir.

Jordan vd. (2009) uzun yıllar defalarca 5 farklı biyokatinin uygulandığı tarım topraklarında Cd, Ni, Cr ve Pb' nin kimyasal formlarını (çözünabilir-değişebilir, spesifik adsorbe edilmiş-karbonatlara bağlı, okside edilebilir, indirgenebilir, ve bakiye) incelemişlerdir. Biyokatı uygulamasıyla ağır metallerin konsantrasyonunu arttırmıştır. Topraklarda bakiye, indirgenebilir ve sorbe olmuş-karbonatlara bağlı fraksiyonların dominant olduğu bildirilmiştir.

Li vd. (2009) alüvyal depozitler üzerinde oluşmuş sahil topraklarında Cu, Zn ve Cd ağır metallerinin kimyasal formlarını beş aşamalı (F1 değişebilir, F2 karbonatlara bağlı, F3 Fe/Mn oksitlere bağlı, F4 organik maddeye bağlı, F5 bakiye) kademeli ekstraksiyon ile çalışmışlardır. Sırasıyla Cu, Zn ve Cd nin F1 fraksiyonunun toplama fraksiyona oranı %9.11, 2.74 ve 30.4; F5 fraksiyonun oranı ise %39.5, 45.2 ve 32.4 olduğunu ve yarıyışlılıklarının Cd > Cu > Zn sırasıyla değiştiğini bildirmişlerdir. F2, F3 ve F4 fraksiyonlarının ağır metallerin davranışlarında önemli olduğu ifade edilmiştir. Ağır metal fraksiyonları ile toprak özellikleri arasında pozitif ve/veya negatif korelasyonlar tespit edilmiştir.

Romkens vd. (2009) 19 çeltik toprağında iki farklı örnekleme zamanında (Mayıs ve Kasım) Cd, Cu, Cr, Ni, Zn ve Pb nin toplam (kral suyu), reaktif (0.43 M HNO₃, 0.1 M HCl ve 0.05 M EDTA) ve yarıyışlı (0.01 M CaCl₂) miktarlarını çözelti-katı

faz dağılımı modeliyle incelemişlerdir. Toprakların değişen redoks koşullarının Cd, Ni ve Zn'nin jeokimyasal fraksiyonları üzerine sınırlı derecede etkili olduğu belirlenmiştir. 0.01 M CaCl₂ ile ekstrakte edilebilen yarayırlı fraksiyon, redoks potansiyeli, sıcaklık ve yağış gibi faktörler tarafından etkilendiği tespit edilmiştir. Padi topraklarının Cd, Zn ve Ni'nin yarayırlı fraksiyonları uzatılmış (extended) Freundlich modeliyle tanımlanmıştır.

Wang vd. (2009) vejetasyon süresinin ve toprakların fiziko-kimyasal özelliklerinin ağır metallerin fraksiyonları ve yarayırlılığı üzerine etkisini incelemişlerdir. Artan vejetasyon süresiyle toprakların fiziko kimyasal özelliklerinin ve toplam ağır metal içeriklerinin arttığı belirlenmiştir. Karbonatlara, Fe-Mn oksitlere ve organik maddeye bağlı fraksiyonların oranı rizosfer toprağında rizosfer dışı toprağa göre daha yüksek olduğu; buna karşılık değişebilir ve bakiye fraksiyonların tam tersi davranış gösterdiği tespit edilmiştir. Fraksiyonlar arası dağılımda pH, EC ve organik maddenin etkili toprak özellikleri olduğunu göstermişlerdir. Paulownia fortunei bitkisi için değişebilir ve organik bağlı metallerin kolayca alınabildiği fakat karbonatlara, Fe-Mn oksitlere bağlı ve bakiye fraksiyondaki elementlerin ise alınamadığı tespit edilmiştir.

Akkajit ve Tongcumpou (2010) Cu, Fe, Mn, Pb ve Zn metalleri ile toprak pH'sı, organik madde ve oksidasyon redüksiyon potansiyelinin Cd'nin biyoyarayırlılığını Zn madeni civarındaki topraklarda incelemişlerdir. Ağır metallerin zayıf bir enerji ile bağlı BCR fraksiyonlamasının ilk iki aşamasındaki ve toplam konsantrasyonları çalışmada belirlenmiştir. Çalışılan elementler içerisinde Cd değişebilir fraksiyonda en fazla bulunduğu için en fazla hareketliliği sahip olan element olarak bulunmuş bunu Mn, Zn, Pb, Cu ve Fe takip etmiştir. Korelasyon analizleri Cd ile diğer ağırmetallerin yarayırlı ve/veya toplam konsantrasyonları arasında önemli pozitif ilişkiler bulunduğunu göstermiştir.

Majewska vd. (2011), 100 yıldır biriktirilen kalamın yığınının 0-15 cm derinliğinde bulunan Zn, Pb ve Cd elementlerinin toplam ve operasyonel

fraksiyonlarını belirlemişlerdir. Kademeli ekstraksiyon aşamalarından değişebilir fraksiyonun toplam fraksiyona oranının %0.5 ten daha küçük olduğu tespit edilmiştir.

Stietiya ve Wang (2011), atık çamur içerisindeki organik maddenin ayrışmasına bağlı atık çamurdaki ve atık çamur uygulanmış topraklardaki Cu, Zn, Pb ve As elementlerinin oransal dağılımını araştırmışlardır. Farklı oranlarda ayrılmış atık çamur iki farklı toprağa ilave edilerek ve direk olarak H_2O_2 ilave edilerek inkübasyona bırakılmış daha sonra ortaya çıkan değişimler kademeli ekstraksiyonla incelenmiştir. Cu, Pb ve As nin büyük çoğunluğu organik maddeye bağlı iken Zn ise tüm uygulamalarda Fe/Mn oksitlere bağlı olarak tutulduğu belirlenmiştir. Direk H_2O_2 ilavesi organik maddeye bağlı Cu miktarını azaltırken değişebilir, karbonatlara bağlı ve Fe/Mn oksitlere bağlı fraksiyonları arttırmıştır. Oksidasyon Zn nin organik fraksiyonunu çok az etkilemiş ancak yarayışlı değişebilir Zn fraksiyonunu önemli oranda arttırmıştır.

Zhao vd. (2011) çeltik topraklarında Cd, Ni, Cu, Pb ve Zn nin fraksiyonlarının mesafeye bağlı değişimleri ile çeltik bitkisi tarafından alınabilirliğini araştırmışlardır. Cd nin farklı fraksiyonlardaki miktarları değişebilir > Fe-Mn oksitlere bağlı > bakiye > organik yapılara bağlı fraksiyon şeklinde olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık Cu, Ni, Pb ve Zn'nin büyük oranda bakiye fraksiyonda bulunduğu belirlenmiştir. Zn nin jeokimyasal fraksiyonlardaki miktarı sırası ile bakiye > Fe-Mn oksitlere bağlı > organik bağlı > değişebilir fraksiyon şeklinde bulunmuştur. Dane metal içeriği ile en yüksek mesafeye bağlı korelasyonu değişebilir fraksiyon vermiş, bunu organik bağlı, fraksiyon takip etmiştir. Danenin Cd ve Zn konsantrasyonu değişebilir, Fe-Mn oksitlere bağlı ve organik bağlı fraksiyonlar ile mesafeye bağlı önemli korelasyonlar verdiği bildirilmiştir.

Sepahvand ve Forghani (2012 a), 20 farklı kireçli toprağın Zn içeriğini DTPA ve kademeli ekstraksiyon yöntemleriyle incelemişlerdir. DTPA ile ekstrakte edilebilen Zn nin düşük olduğu (%3.34) bildirilmiştir. DTPA ile ekstrakte edilen Zn ile amorf ve kristalin Fe oksitlere bağlı ve bakiye Zn fraksiyonları arasında

önemli korelasyonlar belirlemişlerdir. Fakat mısır bitkisinin Zn konsantrasyonu herhangi bir jeokimyasal fraksiyonla önemli bir korelasyon vermediği rapor edilmiştir.

Sepahvand ve Forghani (2012 b), 20 tane kirlenmemiş kireçli tarım toprağında DTPA ekstraksiyonu ve iki farklı kademeli ekstraksiyon yöntemini (7 aşamalı Singh ve 3 aşamalı BCR) kullanarak Zn nin fraksiyonlarını incelemişlerdir. DTPA ile ekstrakte edilebilir fraksiyonun topraklarda genellikle düşük olduğu; bakiye fraksiyonun ise topraklarda oldukça yüksek oranlarda (Singh yönteminde %91.4, BCR de %72.3) bulunduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar Singh yöntemiyle daha fazla bilgi edinilebileceğini bildirmişlerdir.

De Santiago-Martin vd. (2013) kireçli topraklara ilave edilen Cd, Cu, Pb ve Zn metallerinin, 12 ay inkübasyon sonrasında NaNO_3 -düşük molekül ağırlıklı organik asitler-DTPA ile ekstrakte edilebilirliğini incelemişlerdir. Bakırın en yüksek değerleri, inkübasyon başlangıcında organik maddesi en düşük olan topraklarda; inkübasyon sonunda en düşük değeri karbonat ve dirençli organik madde içeriğine sahip topraklarda gözlenmiştir. Zn' nin ekstrakte edilebilirliği tanecik boyutuyla ilişkili bulunmuştur.

Rozanski (2013), model ve kirlenmiş topraklarda Pb ve Cr elementlerinin 6 aşamalı (Suda çözünabilir, değişebilir, karbonatlara bağlı, metallere bağlı, organik maddeye bağlı ve bakiye fraksiyonlar) kademli ekstraksiyon yöntemiyle çalışmışlardır. Kirlenmiş topraklarda çalışılan elementlerin önemli bir kısmı karbonatlara bağlı fraksiyonda bulunurken; model toprakta ise suda çözünabilir ve Fe/Mn oksitlere bağlı fraksiyonlarda bulunmuştur. Yöntemin elementlerle ilgili geri kazanımının elemente bağlı olarak değişim gösterdiği, Pb için %66 Cr için ise %84 olduğu, belirlenmiştir.

Samourgiannidis ve Matsi (2013), 29 asit toprakta iki farklı sıralı ekstraksiyon yöntemini Cu, Z, Fe ve Mn elementleri için karşılaştırmıştır. Ayrıca, bu elementlerin yararlılıklarını (DTPA yöntemi ile ekstrakte edilebilen) ve toprak özellikleri ile olan ilişkilerini de incelemişlerdir. Kullanılan kademeli

ekstaksiyon yöntemlerinin herbirisinin, benzer fraksiyonlarda değişen miktarlarda element ekstrakte ettiği belirlenmiştir. Ancak elementlerin fraksiyonlardaki dağılım sırasının aynı olduğu gözlenmiştir. Orijinal Tessier metodunda kil ile Fe/Mn oksitlere bağlı Fe, KDK ve organik maddeye bağlı Fe arasında önemli korelasyonlar belirlenirken; BCR yönteminde, organik maddeye bağlı Fe ve Zn KDK ile önemli pozitif korelasyonlar göstermiştir. Zn nin yarayırlı miktarı Tessier metodundaki Fe/Mn oksit ve organik maddeye bağlı fraksiyonlarla önemli pozitif korelasyon verirken; Fe aynı yöntemdeki Fe/Mn oksit fraksiyonu ile; Mn ise her iki metodun ilk üç fraksiyonu ile önemli korelasyonlar vermiştir.

Waterlot vd. (2013), terkedilmiş Pb ve Zn işleme fabrikası civarındaki 27 toprakta Cd, Pb, Zn, Cu ve indium (In) elementlerinin bitkilere yarayırlılığını 4 aşamalı ekstraksiyon yöntemiyle incelemişlerdir. Araştırma sonuçları Pb ve Zn nin asit ile ekstrakte edilebilen ve indirgenebilen fraksiyonlarda bulunduğunu göstermiştir. Pb ve In nin büyük çoğunluğunun indirgenebilen fraksiyonda bulunduğu gözlenmiştir. Bazı örneklerde In nin yarayırlı miktarlarının indirgenebilen fraksiyondan daha fazla olduğu belirlenmiştir. Cu'nun ise daha çok indirgenebilen ve bakiye fraksiyonlarda bulunduğu bildirilmiştir. Çalışılan metallerin biyokonsantrasyon sırası; marul bitkisi için $Cd \gg Cu > In > Zn \gg Pb$, çim için (rygrass) pH, KDK, karbonat ve organik madde gibi fiziko-kimyasal özelliklere bağlı olarak $Cd > Zn > Cu \gg In > Pb$, $Cd \geq In > Zn > Cu \gg Pb$ veya $Zn > Cd > Cu > In > Pb$ şeklinde olduğu tespit edilmiştir.

Glinska-Lewczuk vd. (2014), Lyna Nehrinin post glasiyel vadisinde 3 farklı katenada toplam Zn ve yarayırlı Zn formlarının toprakların fizikokimyasal özellikleri ile olan ilişkilerini incelemişlerdir. Toplam Zn içeriğinin toprakların organik madde ve kil içeriğiyle pozitif, kum içeriğiyle negatif korelasyon gösterdiği tespit edilmiştir. Zn dağılımının topografya, toprak heterojenliği ve taşkın ovasındaki fülüviyal olayların bir fonksiyonu olduğunu bildirmişlerdir. Yarayırlı fraksiyonun toplam Zn kapsamına oranının organik madde içeriğiyle ilgili olduğu ve bu değerin %51.4 e kadar ulaşabildiği gözlenmiştir.

Joshi vd. (2014), asit karakterli 20 yüzey toprağı örneğinde 8 aşamalı (suda çözünebilir WS, değişebilir EX, Pb ile değişebilir Pb-Disp, asit ile çözünebilir AS, Mn oksitlere bağı MnOX, organik bağı OB, kristalin Fe oksitlere bağı CFeOX, bakiye RES) kademeli ekstraksiyon yöntemi ile Zn nin jeokimyasal fraksiyonlarını incelemişlerdir. Topraklardaki fraksiyonların bolluk sırası RES > CFeOX > Pb-Disp. > AFeOX > MnOX > AS > OB > EX > WS şeklinde bulunmuştur. Kimyasal fraksiyonlardan Pb-Disp ve AS fraksiyonları, mısırın Zn alımı ile önemli ve pozitif korelasyonlar vermiştir.

Shaheen ve Rinklebe (2014), 7 taşkınoavası toprağında Cr, Cu, ve Zn nin toprak profilindeki jeokimyasal fraksiyonlarındaki (F1 çözünebilir + değişebilir, F2 kolayca mobil hale getirilebilen, F3 Mn oksitlere bağı, F4 organik maddeye bağı, F5 amorf Fe oksitlere ağı, F6 kristalin oksitlere bağı, F7 bakiye) değişimlerini araştırmışlardır. Toprakların toplam ağır metal içerikleri organik madde, toplam kükürt, KDK ve kristalin ve amorf Fe/Mn oksitlerle yüksek korelasyonlar vermiştir. Cr, Cu ve Zn için potansiyel mobil fraksiyonların (F1-F6) oranı sırasıyla %38.4-71,4, 63.9-85.1 ve 51.5-83.3 iken; mobil fraksiyonun (F1 ve F2) oranları ise %0.96-1.84, 2.1-4.1 ve 9.1-28.7 olarak bulunmuştur. Potansiyel mobil fraksiyonların profildeki miktarları Cu>Zn>Cr; mobil fraksiyonun miktarları ise Zn>Cu>Cr şeklinde gözlenmiştir. Potansiyel mobil fraksiyon, KDK (Cr, Zn), toplam kükürt (Cr) ve Fe oksitler (Zn) ile pozitif; kil miktarı (Cu, Zn) ile negatif korelasyonlar vermiştir. Her üç elementin mobil fraksiyonu ile pH arasında negatif korelasyon bulunmuştur.

Wiater ve Lukowski (2014), Podlasie yöresinin 81 tarım toprağı örneğinde Zn'nin toplam ve jeokimyasal fraksiyonlarını 4 aşamalı BCR yöntemi (değişebilir, oksitlere bağı, organik maddeye bağı, bakiye) incelemişlerdir. Zn nin fraksiyonlardaki dağılım sırası, hafif bünyeli topraklarda: organik maddeye bağı> oksitlere bağı > değişebilir > bakiye; orta-ağır bünyeli topraklarda: organik maddeye bağı > değişebilir > oksitlere bağı > bakiye şeklinde gözlenmiştir. Fraksiyonlardaki Zn dağılımının pH, organik madde içeriğı ve tekstürle ilişkili olduğı bildirilmiştir.

Zu vd. (2014), Pb, Cd, Cu ve Zn nin profildeki dağılımını ve kademeli ekstraksiyondaki fraksiyonların (değişebilir, Mn oksitlere bağlı, organik maddeye bağlı) toprak özellikleriyle olan ilişkilerini incelemişlerdir. Toplam Pb ve Zn nin toprak derinliğine bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Pb ve Zn nin farklı fraksiyonlardaki birikimin toprağın Fe/Mn oksit ve organik madde içeriğine bağlı olarak değişim gösterdiği bildirilmiştir. Toplam Cd miktarının derinliğe bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Organik fraksiyondaki Cd konsantrasyonlarının toprakların organik madde içeriğiyle uyumlu olduğu gözlenmiştir. Ağır metallerin toprak profilindeki hareketlilikleri ve dağılımlarının kil, organik madde ve Fe/Mn oksit içeriği tarafından etkilendiği rapor edilmiştir.

Couto vd. (2015), bağ toprağının profilinde uygulanan pestisitlerden kaynaklanan Cu ve Zn'nin topraktaki birikimi ve jeokimyasal fraksiyonlardaki değişimine olan etilerini incelemişlerdir. Hem kontrol hem de bağ arazisinde elementlerin toprak yüzeyinde birikme eğilimi gösterdiği; 90 yıldır Bordo bulamacı uygulanan arazide elementlerin daha yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu belirlenmiştir. Kontrol arazisinde elementler büyük ölçüde bakiye fraksiyonda yer alırken; suda çözünabilir, değişebilir ve organik maddeye bağlı fraksiyonların miktarında bağ arazisinin özellikle üst horizonunda bir artış gözlenmiştir. Bağ toprağında Zn nin büyük çoğunluğunun bakiye fraksiyonda yer aldığı belirtilirken, potansiyel olarak bitkilere toksik olabileceği bildirilmiştir.

De Santiago-Martin vd. (2015), Cd, Cu, Pb ve Zn'nin iki farklı dozunun uygulandığı kireçli topraklarda bu ağır metallerin mobil (NaNO_3 ile ekstrakte edilebilir) ve potansiyel mobil (DTPA ile ekstrakte edilebilir) miktarlarını zamanın bir fonksiyonu (1 gün, 1, 3, 6 12 ay) olarak incelemişlerdir. Her iki dozda da elementler inkübasyon süresinde dengeye ulaşmışlardır. Cd ve Cu nun mobil fraksiyonlarının zamana bağlı değişimi karbonat fraksiyonuyla; Zn'ninki ise aktif kireç ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Potansiyel mobil fraksiyonun inkübasyon süresince gerçek dengeye ulaşmadığı bildirilmiştir. Araştırmacılar bu

nedenle karbonat, organik, Fe/Mn oksit ve kil fraksiyonlarındaki zamana bağlı değişimlerin aldatıcı olduğu kanaatine ulaşmışlardır.

Shaheen vd. (2015), Nil, Elbe ve Pinios Nehirlerinin takınovalarından alınan toprak örneklerinde Cd, Cu, Ni, Pb ve Zn nin hareketliliği ve yarayılını karşılaştırmışlardır. Elbe toprağının Ni dışındaki (Pinios toprağı) tüm ağır metallerde en yüksek toplam miktarlara sahip olduğu bildirilmiştir. Potansiyel olarak hareketli fraksiyonlarının Elbe toprağında %55-94, Pinios toprağında %9-39, Nil toprağında ise %9-34 arasında değiştiği belirlenmiştir. Elbe toprağında bakiye olmayan fraksiyondaki Ni, Pb ve Zn'nin Fe/Mn oksit fraksiyonunda; Cd çözünebilir + değişebilir fraksiyonda ve Cu organik fraksiyonda bulunduğu tespit edilmiştir. Nil ve Pinios topraklarında Cu, Ni, Pb ve Zn Fe/Mn oksit fraksiyonunda; Cd ise çözünebilir + değişebilir fraksiyonla karbonat fraksiyonunda bulunduğu gözlenmiştir.

Soltani vd. (2015), Zn eksikliği olan padi topraklarda (iki ordo, 6 toprak serisi) Zn fraksiyonlarını ve yarayışlılığını incelemişleridir. Çeltik bitkisinde kardeşlenmenin en fazla olduğu dönemde alınan toprak örneklerinde fraksiyonların büyüklük sırası, çözünebilir + değişebilir (WE) < kristalin seskioksitler (Cry) < Mn oksitler (MN) < organik (Org) < amorf seskioksitler (Amor) < bakiye (Res) şeklinde; çiçeklenme döneminde WE < MN < Cry < Org < Amor < Res bulunmuştur. KDK, kil ve organik madde içeriği topraklardaki Zn fraksiyonlarının dağılımında en önemli bileşenler olduğu ortaya konulmuştur.

Kumar (2016), 5 cm lik segmentlerden oluşan 50 cm uzunluğundaki toprak kolonu 2 hafta boyunca karayolu drenaj suyu ile yıkandıktan sonra 18 ay süreyle inkübasyona bırakılmış daha sonra derinliğe bağlı olarak jeokimyasal fraksiyonlardaki değişimi incelemişlerdir. Metal hareketliliğine neden olan mekanizmanın zaman içerisinde organik maddenin ayrışmasına bağlı olarak fonksiyonel gruplardaki değişim olduğu bildirilmiştir. En üst segment zamanla en fazla değişim meydana gelmiştir. İnkübasyon sonrasında Zn dramatik bir şekilde artış göstermiş ve Cu ve Pb nin değişebilir fraksiyonlardaki miktarını

baskılamış organik bağılı fraksiyonlarını arttırmıştır. Zaman Cd ve Zn nin izotopik değişebilirliği üzerine dikkate değer bir etki göstermiştir.

Qayyum vd. (2016), Pb ve Cr ile kirlenmiş ve kirletilmiş toprakları 6 aşamalı (çözünebilir WS, değişebilir EF, karbonatlara bağılı, metal oksitlere bağılı, organik maddeye bağılı OBF ve bakiye RF) kademli ekstraksiyon yöntemiyle incelemişlerdir. Kirlenmiş toprakta Pb ve Cr karbonat fraksiyonunda baskın olarak bulunurken; kirletilmiş toprakta Pb WS fraksiyonunda, Cr ise Fe/Mn oksit fraksiyonunda bulunmuştur. Kademeli ekstraksiyon yönteminde geri kazanım kirletilmiş ve kirlenmiş toprak örneklerinde sırasıyla Pb'de %5 ve 34 Cr'de ise %66 ve 84 olarak belirlenmiştir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Çalışma Alanının Tanımı

Atabey ovası yüksek tepelikler ve sırt araziler, koluviyal etekler, alüviyal yelpazeler, yaşlı dere yatakları vb. oldukça farklı fizyografik üniteler üzerinde meydana gelmiştir (Akgül vd., 2001). Ova toprakları genelde hafif alkaline-alkali arasında bir toprak pH'sına sahip Akdeniz ikliminin yayla tipi etkisinde meydana gelmiş topraklardır. Ovada Entisol, İnceptisol, Mollisol ve Vertisol ordolarında sınıflandırılan toplam 20 adet toprak serisi belirlenmiştir.

Bölgede Akdeniz iklimi içerisinde yer alan ancak yükseklik nedeniyle farklılıklar gösteren yayla tipi bir iklim hakimdir. Uzun yıllar yağış ortalaması 581.0 mm/yıl, ortalama sıcaklık 12°C, buharlaşma 1221.9 mm/yıl, ortalama oransal nem % 61 dir. Akdeniz ikliminin etkisi nedeniyle çalışma alanında toprak nem rejimi xeric, toprak sıcaklık rejimi ise mesic olarak tanımlanmıştır (Akgül vd., 2001).

3.2. Toprak Örneklerinin Alınması

Atabey Ovasında yer alan 20 toprak serisinden kompozit yüzey örneği (0-20 cm) alınmıştır. Toplamda 70 adet farklı toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinin alındığı yerlerin koordinatları ve bazı genetik sınıflama özellikleri Çizelge 3.1 de verilmiştir. Topraklar, hava-kuru durumuna geldikten sonra aşağıda belirtilen rutin özelliklerinin belirlenmesi için 2 mm lik elekten geçirilerek plastik torbalarda analize kadar muhafaza edilmiştir.

3.3. Tanımlayıcı Analizler

Toprakların pH, EC, bünye, organik madde, kireç, katyon değişim kapasitesi, yarayırlı mikroeletler, değişebilir katyonlar, yarayırlı fosfor gibi özellikler

Çizelge 3. 1. Toprak örneklerinin alındığı koordinatlar ve bazı genetik ve sınıflama özellikleri

Örnek No	Seri adı*	Toprak Serisi*	Enlem	Boylam	Ana materyal*	Büyük Toprak Grubu*	Alt Grup*
1	Serenli	M4Ad1	292942,132	4193982,189	Koluviyal depo	Mollisol	Typic Haploxeroll
2	Serenli	M2Bd2	293007,617	4193800,949	Koluviyal depo	Mollisol	Typic Haploxeroll
3	Serenli	M3Bd1	294960,775	4193872,651	Koluviyal depo	Mollisol	Typic Haploxeroll
4	Serenli	M1Bd2c2	295231,974	4193746,974	Koluviyal depo	Mollisol	Typic Haploxeroll
5	Büyükgökçeli	G3Bd2	298660,826	4195131,618	Koluviyal depo	Inceptisol	Fluventic Haploxereprept
6	Büyükgökçeli	G2Bd1	299199,916	4195631,020	Koluviyal depo	Inceptisol	Fluventic Haploxereprept
7	Büyükgökçeli	G3Ad1	299153,613	4195789,771	Koluviyal depo	Inceptisol	Fluventic Haploxereprept
8	Büyükgökçeli	G2Cd3	299688,982	4196210,459	Koluviyal depo	Inceptisol	Fluventic Haploxereprept
9	Kırlar	A2Bd1	302591,004	4196381,904	Koluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
10	Kırlar	A1Cd2c3	302333,035	4196577,034	Koluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
11	Kırlar	A1Cd2c3	301403,287	4197631,533	Koluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
12	Yeşilova	E3Ad1	302463,475	4196299,001	Aluviyal depo	Inceptisol	Fluventic Haploxereprept
13	Yeşilova	E3Bd1	301967,380	4196195,284	Aluviyal depo	Inceptisol	Fluventic Haploxereprept
14	Kuştepe	T2Bd1	296267,274	4194550,190	Kireçli	Inceptisol	Calcic Haploxereprept
15	Kuştepe	T2Ad1	297203,901	4195341,295	Kireçli	Inceptisol	Calcic Haploxereprept
16	Kuştepe	T2Bd2	297275,338	4195349,233	Kireçli	Inceptisol	Calcic Haploxereprept
17	Orkav	V4Aod1	295343,876	4194686,874	Aluviyal dolgu	Mollisol	Vertic Haploxeroll
18	Kuleönü	U3Ad1	292415,409	4194064,109	Aluviyal depo	Inceptisol	Typic Haploxereprept
19	Orkav	V4Aod1	292997,493	4195207,112	Aluviyal dolgu	Mollisol	Vertic Haploxeroll
20	Bayat	B4Aod1	293435,418	4196055,401	İnce bünyeli dolgu	Inceptisol	Vertic Haploxereprept
21	Bayat	B4Ad1	293326,542	4196089,003	İnce bünyeli dolgu	Inceptisol	Vertic Haploxereprept
22	Bayat	B4Ad1c2	292310,000	4198300,000	İnce bünyeli dolgu	Inceptisol	Vertic Haploxereprept
23	Bayat	B3Ad1	291942,098	4198092,829	İnce bünyeli dolgu	Inceptisol	Vertic Haploxereprept
24	İslamköy	I2Ad1	293490,734	4200502,209	Aluviyal depo	Inceptisol	Typic Calcixereprept

Çizelge 3.1 devam

Örnek No	Seri adı*	Toprak Serisi*	Enlem	Boylam	Ana materyal*	Büyük Toprak Grubu*	Alt Grup*
25	İslamköy	I1Ad1c1	294103,369	4199507,973	Aluviyal depo	Inceptisol	Typic Calcixerept
26	İslamköy	I3Ad1	294104,956	4199171,422	Aluviyal depo	Inceptisol	Typic Calcixerept
27	Dikilitaş	D4Aod1	296967,873	4198132,322	Aluviyal depo	Vertisol	Udic Haploxerept
28	Dikilitaş	D4Ad1	296814,414	4198465,698	Aluviyal depo	Vertisol	Udic Haploxerept
29	Dikilitaş	D4Ad1	296708,581	4198889,032	Aluviyal depo	Vertisol	Udic Haploxerept
30	Pembeli	P1D4t1e2	298703,543	4200074,368	Kireçli aluviyal dolgu	Entisol	Typic Zerofluvent
31	Pembeli	P4Ad1	298296,084	4199524,033	Kireçli aluviyal dolgu	Entisol	Typic Zerofluvent
32	Pembeli	P2Ad1	299089,000	4198722,000	Kireçli aluviyal dolgu	Entisol	Typic Zerofluvent
33	Pembeli	P2Bd1	299151,000	4198152,000	Kireçli aluviyal dolgu	Entisol	Typic Zerofluvent
34	Yakabağları	Y1Cd3c1e2	293671,793	4204006,163	Kireçli Koluviyal	Inceptisol	Petrocalcic Calcixerept
35	Yakabağları	Y2Ad3	293798,793	4203892,392	Kireçli Koluviyal	Inceptisol	Petrocalcic Calcixerept
36	Yakabağları	Y4Cd3t2e4	294412,628	4203802,434	Kireçli Koluviyal	Inceptisol	Petrocalcic Calcixerept
37	Yakabağları	Y3Ad3	295261,942	4202585,348	Kireçli Koluviyal	Inceptisol	Petrocalcic Calcixerept
38	Hıdırlık	H3Ad1	294071,315	4202744,098	Aluviyal depo	Inceptisol	Petrocalcic Calcixerept
39	Serenli	S3Cd2e2	289383,497	4202649,060	Koluviyal depo	Mollisol	Typic Haploxeroll
40	Serenli	S3Ad1	291586,158	4202728,435	Koluviyal depo	Mollisol	Typic Haploxeroll
41	Serenli	S3Bd1	291589,465	4202821,039	Koluviyal depo	Mollisol	Typic Haploxeroll
42	Kırlar	ÅA1	290514,262	4202377,729	Koluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
43	Kırlar	ÅA3	289887,199	4202806,355	Koluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
44	Kırlar	ÅA2	290752,388	4202195,166	Koluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
45	Yenibağlar	N1Bd1	291234,812	4200823,189	Koluviyal depo	Inceptisol	Typic Haploxerept
46	Yenibağlar	N3Bd2	290673,895	4200468,646	Koluviyal depo	Inceptisol	Typic Haploxerept
47	Yenibağlar	N4Ad1	291459,819	4200014,113	Koluviyal depo	Inceptisol	Typic Haploxerept
48	Akçay	Z1Ad2	293019,376	4201505,953	Aluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent

Çizelge 3.1 devam

Örnek No	Seri adı*	Toprak Serisi*	Enlem	Boylam	Ana materyal*	Büyük Toprak Grubu*	Alt Grup*
49	Akçay	Z3Ad2	293011,438	4201172,577	Aluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
50	Akçay	Z1Ad2c1	293007,469	4200541,545	Aluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
51	Pembeli	P2Bd2	291850,312	4198457,682	Kireçli aluviyal dolgu	Entisol	Typic Zerofluvent
52	Kırlar	ÅA4	292040,812	4198414,026	Koluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
53	Onaç	O2Ad1	292087,749	4200380,977	Aluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
54	Kırlar	ÅA5	299375,001	4198775,731	Koluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
55	Serenli	M1Ct3d3	294193,104	4192548,683	Koluviyal depo	Mollisol	Typic Haploxeroll
56	Karaağaç	K4Ad1	296797,124	4200987,991	İnce bünyeli dolgu	Vertisol	Udic Haploxerept
57	Karaağaç	K3Ad1	297082,874	4200511,740	İnce bünyeli dolgu	Vertisol	Udic Haploxerept
58	Çayakıntısı	C4Aod1	298011,564	4197777,266	Aluviyal depo	Inceptisol	Typic Haploxerept
59	Çayakıntısı	C3Aod1	298130,626	4197761,391	Aluviyal depo	Inceptisol	Typic Haploxerept
60	Kuleönü	U3Ad1	292130,896	4195220,342	Aluviyal depo	Inceptisol	Typic Haploxerept
61	Kuleönü	U3Ad1	291600,670	4195658,229	Aluviyal depo	Inceptisol	Typic Haploxerept
62	Yeşilova	E3Ad1	300910,847	4196861,821	Aluviyal depo	Inceptisol	Fluventic Haploxerept
63	Orkav	V4Aod1	296466,738	4195385,326	Aluviyal dolgu	Mollisol	Vertic Haploxeroll
64	Hıdırlık	H2Ad2	294058,768	4202811,686	Aluviyal depo	Inceptisol	Petrocalcic Calcixerept
65	Hıdırlık	H2Ad2	293713,199	4202789,946	Aluviyal depo	Inceptisol	Petrocalcic Calcixerept
66	Onaç	O2Ad1	292244,867	4200701,239	Aluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
67	Onaç	O2Ad1	292355,992	4201092,823	Aluviyal depo	Entisol	Typic Zerofluvent
68	Kırbağları	R2Bd1	299228,469	4198700,280	Kireçli-Koluviyal	Inceptisol	Petrocalcic Calcixerept
69	Kırbağları	R2Bd1	299765,575	4199025,718	Kireçli-Koluviyal	Inceptisol	Petrocalcic Calcixerept
70	Çayakıntısı	C3Aod1	300122,763	4198303,404	Aluviyal depo	Inceptisol	Typic Haploxerept
71	Karaağaç	K4Ad1	296735,000	4200550,000	İnce bünyeli dolgu	Vertisol	Udic Haploxerept

*Akgül vd. (2001) e göre yapılan sınıflama

yoğun olarak kullanılan yöntemlerle belirlenmiştir. Yapılan analizlerin kısa detayı aşağıda verilmiştir.

Toprak tekstürü: Topraklar kalgon ile disperse edildikten sonra mekanik dispersiyon sağlanmış ve toprak su süspansiyonunda 40. saniye ve 2. saatte hidrometre okuması yapılarak askıdaki toprak taneciklerinin miktarı belirlenmiştir (Gee ve Hortage, 1986).

Toprak reaksiyonu (pH): 1:2.5" lik toprak su süspansiyonunda pH"sı belirli bir standart çözelti yardımıyla kalibre edilmiş cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (McLean, 1982).

Kasyon değişim kapasitesi (KDK): Topraklar önce pH sı 8.2 ye ayarlanmış molar Na-asetat ile doyurulmuş; daha sonra koloidal yüzeylerde tutulan Na, pH'sı 7'ye ayarlanmış molar NH₄-asetat çözeltisiyle ekstrakte edilmiştir. Elde edilen süzüğün Na konsantrasyonu alev fotometresi ile belirlenmiştir (Rhoades, 1982a).

Kireç tayini (CaCO₃): Toprakların kireç eşdeğerleri karbonat minerallerinin %10 luk HCl ile muamelesinden açığa çıkan CO₂ nun volümetrik olarak Scheibler kalsimetresi ile ölçülmesi ile belirlenmiştir (Nelson, 1982).

Organik madde: Toprakların organik madde içerikleri; modifiye edilmiş Wakley-Black yöntemiyle belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1982).

Yarayışlı fosfor: Toprakların yarayışlı fosfor miktarları; 0.5 M pH sı 8.5 ayarlı NaHCO₃ çözeltisiyle (1:20 oranında toprak: çözelti karışımı) ekstrakte edilmiş ve askorbik asit yöntemiyle renklendirilerek (Murhy ve Riley, 1961) 880 nm dalga boyunda spektrofotometrede belirlenmiştir (Olsen ve Sommers, 1982).

Elektriksel iletkenlik: Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri; 1:2.5 toprak su karışımında elektriki iletkenlik aletiyle Whestone köprüsü prensibiyle belirlenmiştir (Demiralay, 1993).

Ekstrakte edilebilir katyonlar: Toprak örneklerinde değişim yüzeylerinde tutulmuş katyonlar (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} ve K^{+}), pH sı 7.0 a ayarlanmış molar amonyum asetat ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen süzüğün katyon konsantrasyonları ICP-OES ile belirlenmiştir (Rhoades, 1982).

Yarayışlı katyonik mikroelementler: pH sı 7.3'e ayarlanmış 0.005 M DTPA + TEA + 0.01 M CaCl_2 çözeltisiyle (1:2 toprak: çözelti karışımı) ekstrakte edilen süzüklerde Fe, Cu, Mn ve Zn konsantrasyonları ICP-OES' de belirlenmiştir (Lindsay ve Norwel, 1972).

3.4. Kademeli Ekstraksiyon Yöntemi

Parat vd. (2003), Leleyter ve Probst (1999), Shuman (1983, 1985) ve Tessier vd. (1979)'nın önerileri göz önünde bulundurularak toprakta 7 farklı jeokimyasal fraksiyon belirlenmiştir. Bu fraksiyonlar ve ekstraksiyon yöntemleri aşağıda verilmiştir.

3.4.1. Suda çözünebilir ve değişebilir fraksiyon (WS-EX)

2 mm'lik elekten elenmiş 1 g toprak, pH sı 5 ayarlanmış 10 ml 1 M $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ile 2 saat çalkalandıktan sonra santrifüjlenerek sıvı faz ayrılmıştır. 40 ml saf su eklenerek yıkama yapılmış elde edilen iki süzük karıştırılmış ve çözeltinin Zn konsantrasyonu belirlenmiştir.

3.4.2. Karbonatlara bağlı fraksiyon(Car-Zn)

pH sı 4.5 e ayarlanmış molar Na asetatın 10 mL si 5 saat çalkalaıp sıvı faz santrifüjlenerek ve mavibant filtre kağıdından süzülerek ayrılmıştır. Toprak örneği 25ml 1 M 'lık NaCl ile çalkalanarak bakiye iyonlar çözelti fazına geçirilmiş ve önceki süzük ile birleştirilerek Zn konsantrasyonu belirlenmiştir.

3.4.3. Mn oksitlere bağlı fraksiyon (MnOx-Zn)

Önceki aşamadan kalan toprak örneği üzerine 50 ml pH sı 3.5 e ayarlanmış 10 ml 0.1 M hidroksil amonyum klorit (NH_3OHCl) eklenerek 30 dakika çalkalanmıştır. Santrfüjleme ve sonrasında mavibant filtre kağıdından süzülerek ekstrakt ayrılmıştır. Daha sonra 25 ml NaCl ile yıkama yapılmış ve önceki süzük ile birleştirilip Zn konsantrasyonu belirlenmiştir.

3.4.4. Amorf Fe/Al oksitlere bağlı fraksiyon (AFeOx-Zn)

Önceki aşamadan kalan toprak örneği üzerine 10 mL 0.2 M'lık oksalat tamponu eklenip 4 saat karanlıkta çalkalanarak sıvı faz santrfüjleme ve filtreleme ile ayrılmıştır. Daha sonra 25 mL 1 M 'lık NaCl ile yıkama yapılmış ve elde edilen süzükler birleştirilerek Zn konsantrasyonu belirlenmiştir.

3.4.5. Kristalin Fe oksitlere bağlı fraksiyon (KFeOx-Zn)

Bir önceki aşamadan kalan toprak örneği üzerine 4. Aşamada belirtilen tampon çözelti içerisinde hazırlanmış ve pH sı 2.25' e ayarlanmış 0.1 molarlık askorbik asit çözeltisinin 10 mL si ile 80°C su banyosunda kapakları kapalı halde 30 dakika bekletilerek kristalin oksitler çözülmüş ve sıvı faz santrfüjleme ve filtreleme ile ayrılmıştır. Daha sonra 1 M 25 ml NaCl ile yıkama yapılmış ve elde edilen süzükler karıştırılıp Zn konsantrasyonu belirlenmiştir.

3.4.6. Organik ve süfitlere bağlı fraksiyon (OS-Zn)

Önceki aşamadan kalan toprak örneği üzerine 3 mL 0.02 M HNO_3 + 8 ml H_2O_2 (karışım çözeltisinin pH sı 2 ye ayarlanmıştır) ekleyip 85°C de su banyosuna kapaklar gevşek şekilde ara sıra karıştırarak 5 saat bekletilmiştir. Açığa çıkan Zn 5 mL 3.2 M amonyum asetat eklenip 30 dakika daha 85°C su banyosunda bekletilerek ekstrakte edilmiştir. Toprak çözelti karışımı soğuduktan sonra sıvı faz santrfüjlenip süzölmüş ve süzüğün Zn konsantrasyonu belirlenmiştir.

3.4.7. Bakiye fraksiyon (R-Zn)

Bu aşama için bir önceki aşamadan elde edilen toprak bakiyesi 40°C de etüvde kurutulmuştur. Etüvde kurutulan örnekler erlenlere aktarılmış ve üzerlerine 10'ar ml kral suyu (3:1 HNO₃: HCl, V/V) eklenip yaş yakma işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen süzüklerin Zn içeriği ICP-OES (Perkin Elmer, Optima 2100- DV) ile belirlenmiştir.

İkinci aşamadan itibaren her fraksiyonlamada bir önceki aşamadan kalan toprak bakiyesi kullanılmıştır. Fraksiyonlama sonunda toprak saf su ile yıkanmış ve bakiye element uzaklaştırıldıktan sonra 40°C kurutulmuş ve takip eden fraksiyonlama işlemi gerçekleştirilmiştir.

3.5. İstatistiksel Analizler

Farklı topraklardaki çinko fraksiyonların konsantrasyonlarına SPSS paket programında tanımlayıcı temel istatistikler uygulanmıştır. Fraksiyonların toprak özellikleri ile olan ilişkileri konvansiyonel korrelasyon analizi ile incelenmiştir. Yapılan temel tanımlayıcı istatistikler sonucunda normal dağılım göstermeyen yani çarpıklık değeri $\geq 2 \times$ çarpıklığın standart sapması olan özelliklerde log transformasyonu yapılarak veri setinin normal dağılıma sahip olması ya da normal dağılıma yaklaştırılması sağlanmıştır (Berkman ve Reise, 2012).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Tanımlayıcı Toprak Özellikleri

Araştırmada kullanılan toprakların tanımlayıcı özelliklerine ait tanımlayıcı istatistiksel analizler Çizelge 4.1' de detaylı analizler ise EK A.1' de verilmiştir.

Çizelge incelendiğinde toprakların organik madde içeriklerinin % 6.94 ile 0.51 arasında değişim gösterdiği ortalamasının ise %2.052 olduğu belirlenmiştir. Verilerin frekans dağılımının göstergesi olan çarpıklık faktörünün bu özellik için oldukça yüksek olduğu gözlenmektedir. Bu da alınan toprak örneklerinin organik madde içeriği açısından normal dağılım göstermediği anlamına gelmektedir. Genelde $+1 > \text{çarpıklık katsayısı} > -1$ olduğu durumda seçilen örneklerin normal dağılım gösterdiği söylenebilir. Bir başka görüşe göre çarpıklık katsayısı $< 2^*$ çarpıklığın standart hatası ise normal dağılımdan bahsedilebilir. Aynı yaklaşım basıklık için de geçerlidir (Berkman ve Resise, 2012). Buradaki çarpıklık değerinin pozitif yönde 2.211 olması toprakların organik madde içeriklerinin genelde düşük olmasına ve bazı örneklerin yüksek organik madde içeriğine de işaret etmektedir. Organik madde açısından dağılım aralığı da oldukça yüksek bulunmuş bu da toprakların bu özellik açısından oldukça heterojen bir yapıda olduğunu göstermektedir. Basıklık değeri büyük olduğu için organik madde içeriği açısından belirli değer etrafında toplanma eğilimi fazladır ve sivri bir dağılım olarak ifade edilebilir. Basıklık katsayısı $< 2^*$ çarpıklığın standart hatası olduğunda normal dağılım olarak kabul edilmekte pozitif değerler sivri bir dağılımı negatif değerler ise basık bir dağılımı ifade etmektedir (Berkman ve Reise, 2012).

Toprakların kireç içeriği % 41.53 ile 0.66 arasında değişmekte olup ortalama %11.21 olarak bulunmuştur. Bu durum araştırma topraklarının genelde orta derecede kireçli toprak grubunda yer aldığını göstermektedir (FAO, 1990). Çarpıklık katsayısı 1.15 olup normal dağılıma oldukça yakın olduğu

Çizelge 4. 1. Araştırma topraklarının rutin özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikleri

İstatistiksel Parametre	OM (%)	Kireç (%)	KDK (cmol kg ⁻¹)	Kum		Silt g kg ⁻¹	Kil	pH	EC (µS cm ⁻¹)	Ca		K cmol kg ⁻¹	Mg cmol kg ⁻¹	Na	P	mg kg ⁻¹			
Ortalama	2.052	11.21	33.68	388.3	241.5	370.3	7.69	294.6	25.32	1.59	5.48	0.61	43.19	6.53	6.68	11.54	1.82		
Ort Std Hatası	0.115	1.27	1.25	19.37	9.81	14.86	0.03	14.27	0.95	0.09	0.37	0.03	6.29	0.93	0.46	0.60	0.24		
Medyan	1.985	7.85	32.80	379.5	223.5	354.5	7.79	276.0	27.00	1.35	4.92	0.61	27.75	3.20	5.74	11.23	1.07		
Mod	2.04 ^a	10.93	27.50 ^a	333	161.0 ^a	207.0 ^a	7.84	210.0 ^a	28.10	0.76	5.68	0.53 ^a	13.67 ^a	1.63 ^a	3.16 ^a	9.50 ^a	0.22 ^a		
Std Sapma	0.975	10.73	10.51	162.0	82.1	124.3	0.29	120.2	8.04	0.80	3.10	0.27	52.99	7.82	3.89	5.08	2.04		
Varyans	0.951	115.1	110.5	26254.8	6736.8	15459.7	0.08	14450	64.65	0.63	9.63	0.07	2808	61.13	15.12	25.85	4.15		
Çarpıklık	2.211	1.15	0.57	-0.206	0.577	0.590	-1.56	1.03	-0.38	0.86	1.14	2.31	4.00	2.32	1.85	0.11	2.45		
Çar Std Hatası	0.283	0.28	0.28	0.287	0.287	0.287	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28	0.28		
Basıklık	8.552	0.52	0.34	-0.349	-0.441	0.197	1.69	2.06	-0.16	-0.09	1.11	16.10	20.95	5.23	3.92	-0.89	6.94		
Bas Std Hatası	0.559	0.56	0.56	0.566	0.566	0.566	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56		
Dağılım Aralığı	6.43	40.87	51.70	689	352	557	1.25	656.80	35.10	3.19	14.64	2.10	365.50	36.46	19.29	19.42	10.64		
Minimum	0.51	0.66	11.20	6	118	147	6.78	105.20	6.90	0.41	1.20	0.05	2.50	0.92	1.68	2.12	0.20		
Maksimum	6.94	41.53	62.90	695	470	704	8.03	762.00	42.00	3.60	15.84	2.15	368.00	37.38	20.97	21.54	10.84		

a birden fazla mod bulunmaktadır

değerlendirilmiştir. Ancak bu değer frekans dağılımının sağa doğru kuyruklandığının ya da sağdan çarpık bir dağılımın göstergesidir. Bu da özellikle sınırlı sayıda bulunan yüksek kireç içeriği değerleriyle ilişkilidir. Basıklık değerinin pozitif olması (0.52) belirli bir kireç içeriğine sahip çok sayıda toprak örneğinin bulunmasından kaynaklanmaktadır.

Toprakların KDK değerleri 11.2 ile 62.9 cmol kg⁻¹ arasında değişim göstermiş olup ortalama 33.7 cmol kg⁻¹ dir (Çizelge 4.1). 0.57 olan çarpıklık katsayısı bu özellik açısından toprakların normal bir dağılım gösterdiğine ve mod (27.5 cmol kg⁻¹), medyan (32.8 cmol kg⁻¹) ve ortalama (33.7 cmol kg⁻¹) değerlerinin birbirine yakın olduğunu işaret etmektedir. 0.34 olan basıklık katsayısı ise mod değeri, 27.5 cmol/kg⁻¹ civarında KDK ya sahip çok sayıda toprak numunesinin bulunduğu göstergesi olan sivri bir dağılımı ifade etmektedir.

Toprakların kum içeriği 6-695 g kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 388.3 g kg⁻¹ dir (Çizelge 4.1). Toprakların kum içeriği normal dağılım göstermektedir. Ancak -0.206 gibi küçük bir solda çarpıklık söz konusudur. Bu da normalde beklenen bir durumdur. Zira toprak oluşumu ilerledikçe tanecik boyutunda küçülme meydana gelir. Basıklık değeri de normal dağılım için gerekli şartı sağlamaktadır.

Toprakların silt içeriği 118-470 g kg⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama silt içeriği 241.5 g kg⁻¹ dir (Çizelge 4.1). 0.577 çarpıklık katsayısı sağdan hafif kuyruklanma olsa da normal dağılım olduğuna işaret etmektedir. -0.441 basıklık değeri de normal dağılım sınırlarında kalmaktadır.

Toprakların kil içeriği 147-704 g kg⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama kil miktarı 370.3 g kg⁻¹ dir (Çizelge 4.1). 0.590 olan çarpıklık çarpıklığa ait standart sapmanın iki katından çok az yüksektir. Bu durumda normal dağılım gösterdiği kabul edilebilir. Diğer tekstür fraksiyonlarıyla kıyaslandığında en yüksek çarpıklık kil miktarındadır. Bu durum toprak oluşum süreci düşünüldüğünde son derecede normaldir. Zira toprak oluşumu ile kum fraksiyonu sürekli olarak azalmakta nihayetinde kil fraksiyonda artışa neden olmaktadır. Bu da toprak

oluşumu ilerledikçe sağdan kuyruklanmanın artması anlamına gelmektedir. Bu yaklaşım elde edilen çarpıklık değerleriyle doğrulanmaktadır. Basıklık değeri de 0.197 ile normal dağılım göstermektedir. Tekstür sınıflarından sadece kil kapsamı pozitif basıklık değeri göstermiştir.

Çalışma topraklarının pH sı 6.78-8.03 arasında değişmekte olup ortalama 7.69 dur. Burada gözlenen negatif çarpıklık değeri, ki sadece bu özellikte ve ekstrakte edilebilir Ca parametresinde elde edilmiştir, toprak oluşum faktörlerinden özellikle iklimin etkisiyle yeterli yıkanmanın olmadığı şartlarda topraklarda biriken kireç nedeniyle toprakların genelde hafif asit-nötral karakter göstermesiyle (Doran ve Jones, 1996) ilişkili olduğu düşünülmektedir. Düşük pH ya sahip yerler genelde yıkanmanın daha fazla gerçekleştiği alanlarda olduğu öngörülmektedir. 1.69 olan basıklık değeri de toprakların bu özellik bakımından benzerliğinin yüksek olmasıyla ilişkilidir.

Toprakların elektriksel iletkenlikleri 105.2 ile 765.0 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişmiş olup ortalama 294.6 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bu değerler toprakların tuzluluk problemine sahip olmadığını göstermektedir (Doran ve Jones, 1996). Bu parametrenin çarpıklık değeri 1.03 olup normal sayılabilecek bir dağılımı ifade etmektedir. Genelde 1 in üzerinde çarpıklık katsayısı gösteren örnek grubunda mod ($210 \mu\text{S cm}^{-1}$) < medyan ($276 \mu\text{S cm}^{-1}$) < ortalama ($294 \mu\text{S cm}^{-1}$) durumu sökonusudur (Çizelge 3.2). 2.06 olan basıklık değeri sivri bir dağılıma işaret etmektedir ki bu da toprakların bu özellik açısından oldukça benzer olduğunu göstermektedir.

Toprakların amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Ca konsatrasyonu 6.90- 42.0 cmol kg^{-1} arasında değişmekte olup ortalama değer 25.35 cmol kg^{-1} dir. Bu değerler genelde toprakların değişim komplekslerinde baskın katyonun Ca olduğunu ve toprakların Ca açısından zengin olduğunu göstermektedir. Ancak özellikle nötre yakın hafif bünyeli topraklarda Ca miktarının düşük olduğu gözlenmiştir. Burada da pH da olduğu gibi negatif bir çarpıklık değeri elde edilmiştir (-0.38) ancak frekans dağılımı açısından, pH nın aksine, bu özellik normal dağılım göstermektedir. Negatif olan basıklık değeri ise basık bir

dağılımı ya da bu özellik açısından toprakların değişkenliğine işaret etmektedir. Ancak -0.16 değeri 0' a yakın olduğundan normal dağılım olarak kabul edilebilir.

Toprakların yarayışlı K içerikleri 0.41-3.60 cmol kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama değeri 1.59 cmol kg⁻¹ dir. Bu değerler toprakların genelde yüksek miktarda ya da bitkiye yeterli miktarlarda potasyum içerdiğini göstermektedir. Topraklarda bitkiye yarayışlı K içeriği > 0.36 cmol kg⁻¹ (140 mg kg⁻¹) olduğu için tüm topraklar bu açıdan yeterli olarak değerlendirilebilir (Doran ve Jones, 1996). Çarpıklık katsayısı 1 den küçük olduğu için K içeriğinin frekans dağılımı normal olarak değerlendirilebilir. Basıklık değeri de son derece küçük olduğundan normal dağılım göstermektedir.

Toprakların nötr amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Mg içerikleri 1.20 ile 15.84 cmol kg⁻¹ arasına değişmekte olup ortalaması 5.48 cmol kg⁻¹ dir. Toraklarda 0.67 cmol kg⁻¹ üzerindeki yarayışlı Mg yeterli olarak kabul edildiğinden yetersizlik problemi bulunmamaktadır (Alpaslan vd., 2005). Ancak, 5.48 ortalaması toprakların önemli bir kısmının çok fazla miktarda (6.25 cmol kg⁻¹ < Mg konsantrasyonu) Mg içerdiğini göstermektedir ki bu durum kurak ve yarıkurak bölge topraklarında tipiktir. Genel itibarıyla frekans dağılımı 1.14 çarpıklık değeri nedeniyle normal olarak kabul edilebilir. 1.11 basıklık değeri ise bir miktar sivri bir dağılımın ya da mod civarındaki değerlerin yaygınlığına işaret etmektedir.

Toprakların ekstrakte edilebilir Na içeriğinin 0.05-2.15 cmol kg⁻¹ arasında değişim göstermekte olup, ortalma ise 0.61 cmol kg⁻¹ olarak bulunmuştur. 2.31 gibi oldukça yüksek bir çarpıklık değeri bulunmuştur ki bu durum Na iyonunun hareketliliği ile ilişkili olabilir. Gerek sulamanın etkisi ile gerek se eğimin etkisi ile Na arazide belirli alanlarda birikme eğilimi gösterebilmektedir. Bu da frekans dağılım grafiğinde yüksek değerlerin bulunduğu sağ tarafta kuyruklanmaya neden olmaktadır. Basıklık değeri 16.1 olarak bulunmuştur ki bu durum aşırı sivri bir dağılımın göstergesi olup benzer özellikte oldukça fazla sayıda toprak örneğinin bulunduğu göstergesidir.

Toprakların Olsen yöntemi ile belirlenen fosfor içerikleri 2.50 ile 368 mg kg⁻¹ arasında değişmekte oluğ ortalama değ er 43.19 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu durum ovanın bazı kesimlerinde fosfor eksikliğini gösterirken önemli bir kısmında fazla (25 mg kg⁻¹ < yarayı ş lı P) ve çok fazla miktarlarda (80 mg kg⁻¹ < yarayı ş lı P) fosforun bulunduğunu göstermektedir. Nitekim benzer sonuçlar Akgül vd. (2001) tarafından da bildirilmiştir. Ancak zaman içerisinde P seviyesinin tehlikeli boyutta yükseldiğ i düşünölmektedir. Bu durumun temel nedeni araştırma alanındaki meyve bahçelerinde aş ırı miktarda gübre kullanımıdır. Zira genelde tahıl tarımı yapılan alanlarda yarayı ş lı P miktarları düşük bulunmuştur. Nitekim bu arazi yönetiminden kaynaklanan değ işkenlik çarpıklık katsayısının da 4 gibi yüksek bir değ er vermesine neden olmuştur. Yani yüksek değ erlerden kaynaklanan sağ a kuyruklanma belirgin şekilde ortaya çıkmıştır. Nitekim mod < medyan < ortalama durumu tipik olarak gözlenmiştir (Çizelge 4. 1). Basıklık değ eri 20.95 ile en yüksek değ ere ulaş mış ve ekstrem derecede sivri bir frekans dağılımı ortaya çıkmıştır.

Toprakların yarayı ş lı Cu içeriğ i 0.92 ile 37.38 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olu, ortalama 6.53 mg kg⁻¹ dir. Genelde toprakların tamamı kritik değ er olan 0.2 mg kg⁻¹ nin üzerinde olduğ unda eksiklik problemi söz konusu değildir (Doran ve Jones, 1996). Ancak 37.38 mg kg⁻¹ maksimum değ eri toksik olabilecek seviyeye yakındır ve genel ortalama da yüksek sayılabilir. Bu durumun meyvecilikte yaygın olarak kullanılan Bordo bulamacı uygulamasından kaynaklandığ ı düşünölmektedir. Nitekim bu arazi yönetimindeki farklılıklar frekans dağılımında yüksek sayılabilecek (2.32) bir çarpıklık değ erine neden olmuştur. Basıklı değ eri 5.23 gibi oldukça yüksek bir basıklık değ eri ortaya çıkmıştır ki sivri bir dağılımın dışında problemin ciddiyetine ve yaygınlığına işaret etmektedir.

Toprakaların DTPA ile ekstrakte edilebilen yarayı ş lı Fe içeriğ i 1.68 ile 20.97 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama 6.68 mg kg⁻¹ dir. Genelde toprakların büyük çoğunluğ u kritik değ er olan 4.5 mg kg⁻¹ nin üzerinde olduğ undan eksiklik problemi çok yaygın değildir. Ancak 20.97 mg kg⁻¹ maksimum değ eri bazı meyve bahçelerinde yapılan aş ırı sulama ve aş ırı Fe gübrelemesine işaret

etmektedir. Nitekim bu arazi yönetimindeki farklılıklar frekans dağılımında yüksek sayılabilecek (1.85) bir çarpıklık katsayısına neden olmuştur. 3.92 gibi oldukça yüksek bir basıklık değeri ortaya çıkmıştır ki sivri bir dağılımın dışında sulama ve gübrelemede yapılan hatanın yaygınlığına işaret etmektedir.

Toprakaların DTPA ile ekstrakte edilebilen yarayırlı Mn konsantrasyonu 2.12 ile 21.54 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama 11.54 mg kg⁻¹ dir. Genelde toprakların büyük çoğunluğu kritik değer olan 4-14 mg kg⁻¹ nin aralığında (Doran ve Jones, 1996) olduğundan eksiklik problemi çok yaygın değildir. Ancak 21.54 mg kg⁻¹ maksimum değeri bazı meyve bahçelerinde yapılan aşırı sulama ve kısmen mikroelement gübrelemesine işaret etmektedir. Diğer taraftan kuru tarımın yapıldığı alanlarda yüksek oksidasyon şartları nedeniyle Mn eksikliği durumları da sözkonusudur. Nitekim bu arazi yönetimindeki iki uç farklılık frekans dağılımının normal dağılıma yaklaşmasına neden olmuş ve 0.11 gibi bir çarpıklık katsayısı ortaya çıkmıştır. Negatif basıklık katsayısı ise frekans dağılımının basık olduğunu ve topraklardaki Mn içeriğinin oldukça değişken olduğunu göstermektedir.

Toprakaların DTPA ile ekstrakte edilebilen yarayırlı Zn konsantrasyonu 0.20 ile 10.84 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama 1.82 mg kg⁻¹ dir. Genelde toprakların büyük çoğunluğu yeterlilik seviyesi olan 0.5-2.4 mg kg⁻¹ aralığında (Doran ve Jones, 1996) olduğundan eksiklik problemi çok yaygın değildir. Ancak 10.84 mg kg⁻¹ maksimum değeri bazı meyve bahçelerinde yapılan aşırı Zn gübrelemesine işaret etmektedir. Diğer taraftan kuru tarımın yapıldığı alanlarda yüksek kireç, kil içeriği ve pH nedeniyle Zn eksikliği sözkonusudur. Nitekim bu arazi yönetimindeki tek yönlü uygulama frekans dağılımının normal dağılımdan uzaklaşmasına neden olmuş ve 2.45 gibi sağa kuyruklanmayı gösteren bir çarpıklık katsayısı ortaya çıkmıştır. Pozitif basıklık katsayısı ise frekans dağılımının sivri olduğunu ve topraklardaki gübreleme uygulamasının yaygın olduğuna işaret etmektedir.

4.2. Topraklarda Çinko Fraksiyonları

4.2.1. Suda çözünebilir ve değişebilir fraksiyon (WS-EX)

Araştırma topraklarına yedi aşamalı kademeli ekstraksiyon yöntemi uygulanarak Zn nin jeokimyasal fraksiyonlardaki konsantrasyonları EK A.2 de verilmiştir. Verilerin daha özet şekli Çizelge 4.2 ve 4.3 de sırasıyla transforme edilmeden ve transformasyon sonrası yapılan tanımlayıcı istatistiklerde verilmiştir.

4.2.1.1 WS-EX fraksiyonunun kantitatif miktarları

Toprak çözeltisinde ve değişebilir formda bulunan molar $Mg(NO_3)_2$ ile ekstrakte edilebilen bulunan hareketli ve bitkiye yararışlı fraksiyon $0.001-7.81 \text{ mg kg}^{-1}$ arasında değişim göstermekte olup ortalaması 0.213 mg kg^{-1} dir. Burada verilen minimum değer aslında ICP-OES cihazı tarafından pozitif değer vermeyen toprak örneklerine aittir. Bu değer, cihazın Zn için minimum belirleyebildiği konsantrasyon ile seyreltme faktörleriyle çarpılarak elde edilmiştir. Aslında bu topraklar burada verilen değer daha altında bu fraksiyonda Zn içermektedir. Bu durum normal şartlarda beklenmektedir. Zira araştırma topraklarının büyük çoğunluğu yüksek pH, kireç içeriği ve düşük organik madde içeriğine sahiptir. Bu da toprak örneklerinde mobil fraksiyonun çok düşük olmasını gerektirmektedir. Diğer taraftan 7.811 mg kg^{-1} değeri de oldukça yüksek bir değer olup bu toprak örneğinde Zn toksikliği durumu söz konusu olabilir. Üç toprak örneğinde WS-EX fraksiyondaki çinko miktarı belirgin şekilde yüksektir. Bu topraklar 55 (2.203 mg kg^{-1}), 62 (2.724 mg kg^{-1}) ve 63 (7.811 mg kg^{-1}) nolu topraklardır (EK A. 2). Bu toprakların dışında WS-EX fraksiyonunda 14, 39, 43, 54 ve 61 topraklar $0.1-1 \text{ mg kg}^{-1}$ aralığında WS-EX fraksiyonunda çinko içermektedirler. Diğer topraklar genellikle ICP-OES cihazının belirleme sınırına yakın konsantrasyonlarda Zn içermektedirler.

Çizelge 4. 2. Çinko fraksiyonlarına transformasyon uygulanmadığı durumdaki tanımlayıcı istatistikler

Fraksiyonlar	N	Değişim aralığı	Minimum	Maksimum	Ortalama		Std. Sapma		Çarpıklık		Basıklık	
					İstatistik	Std. Hata	Varyans		İstatistik		Std. Hata	Std. Hata
WS-EX	70	7.810	0.001*	7.811	0.213	0.120	1.011	1.022	6.576	0.287	47.35	0.566
Car-Zn	70	11.37	0.156	11.53	1.871	0.248	2.087	4.357	2.925	0.287	10.20	0.566
MnOx-Zn	70	1.338	0.071	1.409	0.334	0.029	0.243	0.059	2.088	0.287	5.552	0.566
AFex-Zn	70	32.68	2.444	35.12	12.15	0.641	5.403	29.19	1.401	0.287	3.606	0.566
KFeOX-Zn	70	16.39	5.557	21.95	8.930	0.292	2.462	6.062	2.605	0.287	10.48	0.566
OS-Zn	70	14.14	0.458	14.60	2.205	0.229	1.928	3.717	4.321	0.287	24.76	0.566
R-Zn	70	56.47	11.85	62.73	35.57	1.120	9.435	89.02	0.198	0.287	0.802	0.566

* ICP-OES te negatif değerler okunduğu için cihazın deteksiyon limiti ile seyreltme faktörü çarpılarak elde edilen teorik değerdir.

Çizelge 4. 3. Yüksek çarpıklığa sahip fraksiyonlara log transformasyon uygulandıktan sonraki tanımlayıcı istatistikler

	WS-EX	Car-Zn	MnOx-Zn	AFeOx-Zn	KFeOx-Zn	OS-Zn	R-Zn*	Toplam Zn*
Ortalama	-2.339	0.097	-0.563	1.043	0.938	0.254	35.09	60.79
Ortalamanın Std. Hatası	0.105	0.046	0.033	0.023	0.012	0.030	1.032	10.89
Medyan	-2.699	0.093	-0.570	1.028	0.916	0.215	34.81	61.29
Mod	-2.699	-0.504	-0.803	0.388 ^a	0.745 ^a	-0.340 ^a	39.41	60.78
Std. Sapma	0.878	0.389	0.273	0.194	0.101	0.254	8.634	1.30
Varyans	0.771	0.151	0.075	0.038	0.010	0.065	74.55	118.7
Çarpıklık	2.409	0.208	0.334	-0.427	1.287	0.760	0.198	-0.130
Çarpıklığın Std. Hatası	0.287	0.287	0.287	0.287	0.287	0.287	0.287	0.287
Basıklık	4.706	-0.094	-0.273	1.539	2.981	1.640	0.802	1.755
Basıklığın Std. Hatası	0.566	0.566	0.566	0.566	0.566	0.566	0.566	0.566
Değişim aralığı	3.592	1.869	1.298	1.157	0.597	1.504	50.88	63.23
Minimum	-2.699	-0.807	-1.149	0.388	0.745	-0.339	11.85	27.28
Maksimum	0.893	1.062	0.149	1.546	1.342	1.164	62.73	90.51

a. birden çok mod vardır

*log transformasyon uygulanmamıştır.

Bu fraksiyonda sadece sınırlı sayıda toprağın anormal derecede yüksek değerler göstermesi ve birçok toprak örneğinde belirlenemeyecek kadar düşük konsantrasyonların olması verilerin çarpıklık ve basıklık katsayılarının anormal derecede yükselmesine neden olmuştur. Bu bağlamda 6.576 gibi bir çarpıklık sayısı yukarıda belirtilen anormal konsantrasyonlara işaret etmekte ve veriler normal dağılım göstermemektedir. Pozitif çarpıklık katsayısı frekans dağılım diyagramının sağdan aşırı şekilde kuyruklandığına işaret etmektedir. Yine çok yüksek olan basıklık katsayısı (47.35) cihazın ölçüm alt sınırına yakın WS-EX çinko fraksiyonu içeren toprakların çok fazla sayıda olması ile ilişkilidir. Dolayısıyla daha sonraki korelasyon analizlerinde normal dağılım göstermeyen veri setinin kullanılması uygun olmadığından veri setine logaritma transformasyonu uygulanmış ve bu şekilde veriler normal dağılıma yaklaştırılmıştır. Transformasyon sonrasında çarpıklık değeri 2.409'a; basıklık değeri ise 4.706 kadar düşürülmüştür.

4.2.1.2. WS-EX fraksiyonunun oransal dağılımı

WS-EX fraksiyondaki Zn oransal olarak %0.0022-%10.34 aralığında değişim göstermiş olup ortalaması %0.304 tür (Çizelge 4.4). Veri seti oldukça yüksek bir çarpıklık göstermekte olup (6.319) frekans dağılımında sağtarafтан kuyruklanma göstermektedir. Basıklık değeri de 44.103 olduğu için toprakların büyük çoğunluğunun mod etrafında bir değere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu fraksiyon toprakların büyük çoğunluğunda çok küçük oranlarda bulunmaktadır. EK A.3 incelendiğinde bu fraksiyonda %1 den daha fazla Zn bulunduran toprakların 14 (%1.643), 55 (%3.841), 61 (%1.089), 62 (3.010) ve 63 (%10.34) olduğu görülmektedir. En yüksek mobil fraksiyona sahip olan 63 nolu toprak aynı zamanda en yüksek organik madde içeriğine, en yüksek yarıyışlı P içeriğine ve en yüksek DTPA ile ekstrakte edilebilen Zn içeriğine sahip olan topraktır. Mobil fraksiyonda yüksek Zn içeren diğer topraklarda da genelde yarıyışlı fosfor miktarının yüksek olduğu (55 nolu toprak 93.1, 62 nolu toprak 38.58 mg P kg⁻¹) gözlenmektedir (EK A.1). Bu durum topraklara aşırı gübrelemeden kaynaklanan bir Zn ilavesinin olabileceğini işaret etmektedir. Tabii ki diğer toprak şartları da bu fraksiyonda değişen miktarlar üzerinde etkili

Çizelge 4. 4. Çinko fraksiyonlarının oransal dağılımına ait tanımlayıcı istatistikler

Fraksiyonlar	Değişim aralığı	Minimum	Maksimum	Ortalamanın		Std. sapma	Varyans	Çarpıklığın		Basıklığın	
				Ortalama	std. hatası			Çarpıklık	std. hatası	Basıklık	std. hatası
WS-EX	10.34	0.0022	10.34	0.304	0.163	1.364	1.862	6.319	0.287	44.103	0.566
Car-Zn	16.65	0.268	16.91	3.096	0.369	3.083	9.506	2.245	0.287	6.099	0.566
MnOx-Zn	2.24	0.15	2.39	0.555	0.049	0.406	0.165	2.243	0.287	6.310	0.566
AFexOx-Zn	32.47	6.34	38.81	19.61	0.816	6.829	46.649	0.797	0.287	0.595	0.566
KFeOX-Zn	19.80	7.30	27.10	14.97	0.464	3.886	15.099	0.912	0.287	0.533	0.566
OS-Zn	20.41	1.14	21.55	3.723	0.372	3.114	9.697	3.243	0.287	14.987	0.566
R-Zn	44.80	28.40	73.20	57.74	1.136	9.507	90.396	-0.768	0.287	0.296	0.566

olabilecektir. Ancak bu durum sonraki bölümde (bkz. Başlık 4.3) daha detaylı tartışılacaktır.

4.2.2. Karbonatlara Bağlı Zn Fraksiyonu (Car-Zn)

pH sı 4.5'e ayarlanmış molar Na asetat karbonat minerallerini çözmekte yaygın olarak kullanılan bir çözeltilidir. Bu çözelti ile muamele neticesinde çözünen karbonat mineralleri ile birlikte karbonat minerallerinin yapısındaki Zn dahil diğer mikroelementler de çözelti fazına geçmektedir. Yüksek iyonik güç açığa çıkan iyonların ikincil reaksiyonlarını büyük ölçüde engellemektedir. Diğer taraftan Na-asetat değişim kompleksleri yüzeyinde tutulan iyonların çözelti fazına geçirilmesinde kullanılan bir çözeltilidir. Bu çalışmada bir önceki fraksiyonlama aşamasında değişim kompleksleri üzerindeki Zn, Mg ile ekstrakte edildiğinden, bu aşamada sadece karbonat mineralleri tarafından inersfer (inner-sphere complexes) kompleksler şeklinde ya da kovalent bağlarla tutulan veya karbonat mineralleriyle birlikte çökelen kısım belirlenmiştir. Toprakların bu fraksiyonundaki Zn miktarları EK A.2'de oransal miktarları ise EK A.3' te verilmiştir.

4.2.2.1. Car-Zn fraksiyonunun kantitatif miktarları

Atabey Ovası topraklarında karbonatlara bağlı Zn fraksiyonu 0.156-11.53 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama 1.871 mg kg⁻¹ dir. Düşük ortalama değeri aslında toprakların kireç içerikleri yüksek olduğu göz önüne alındığında oldukça ilginçtir. Frekans dağılımından elde edilen çarpıklık değerine bakıldığında mobil fraksiyondan daha düşük bir değer sözkonusudur (Çizelge 4.2). 2.925 olan çarpıklık değeri bu fraksiyonda Zn nin genelde düşük miktarlarda bulunduğunun göstergesi olup az sayıda örneğin yüksek değerlere sahip olduğunu yani sağa kuyruklanmayı ifade etmektedir. Basıklık değerinin 10.20 olması mod çevresinde önemli derecede bir yığılma olduğuna işaret etmektedir. Frekans dağılımını normalleştirmek için log transformasyonu yapıldığında hem çarpıklık (0.287) hem de basıklık değeri (-0.094) normal dağılım şartını sağlayacak şekilde azalmıştır (Çizelge 4.3).

Toprakların teke tek bu fraksiyondaki Zn konsantrasyonları incelendiğinde 5 mg kg⁻¹ in üzerinde 14 (5.548), 33 (5.753), 62 (11.53), 67 (10.84), 69 (6.490 mg kg⁻¹) nolu topraklar olduğu görülmektedir (EK A.2). 0.5 mg kg⁻¹ in altında olan topraklar ise 42 (0.462), 45 (0.268), 46 (0.495 mg kg⁻¹) nolu topraklardır. Bu fraksiyonda yüksek konsantrasyonda Zn içeren toprakların hepsinde karbonat miktarının yüksek olmadığı belirlenmiştir. Buna karşılık bu toprakların hepsinde yarıyışlı fosforun 25.3 mg kg⁻¹ in üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Örneğin 14 ve 62 nolu toprakların kireç içerikleri %2 den daha azdır. Buna karşılık Car-Zn fraksiyonu 0.5 mg kg⁻¹ in altında olan topraklar %2 den daha az kireç içermekte ve pH ları da 7.55 den daha küçüktür.

4.2.2.1 Car-Zn fraksiyonunun oransal dağılımı

Toprakların geneli kireçli olmasına rağmen bu fraksiyondaki Zn' nin oransal miktarı 0.268-16.91 arasında değişim göstermiştir. Ortalama değer ise %3.096 gübû oldukça küçük bir orandır. Bu durum topraklarda genelde sonradan fazla miktarda Zn ilavesi olmadığının, karbonatların Zn için stabil bir faz olmadığının bir belirtisi olarak değerlendirilebilir.

Frekans dağılım parametreleri incelendiğinde kantitatif miktarlara ait parametrelerden daha iyi yani normal bir dağılım gösterdiği gözlenmektedir. Ancak yine de 2.245 çarpıklık ve 6.099 basıklık katsayısı normal bir dağılımdan uzaklığın ifadesidir.

Bu fraksiyonda %9 un üzerinde Zn içeren toprakların 14 (9.404), 33 (9.437), 62 (12.743), 67 (16.914), 69 (%10.100) nolu topraklar olduğu görülmektedir (EK A.3). %0.5 in altında olan topraklar ise 42 (0.462), 45 (0.268), 46 (%0.495) nolu topraklardır.

4.2.3. Mn oksitlere bağlı Zn fraksiyonu (MnOx-Zn)

Mangan oksitler toprakların değişen redoks koşullarında çözünürlüğü artan ve oksidayon koşullarında yeniden çöken önemli mikroelement tamponlayıcılardandır. Mn oksitler Zn dahil birçok mikroelementleri

topraklarda küçük miktarlarda bulunmalarına rağmen kovalent bağlarla tutma eğilimindedirler. Bu bağlamda araştırma topraklarının bu fraksiyonundaki Zn miktarları EK A.2’de oransal miktarları ise EK A.3’ te verilmiştir.

4.2.3.1. MnOx-Zn fraksiyonunun kantitatif miktarları

Atabey Ovası topraklarının Mn oksitlere bağlı Zn konsantrasyonları 0.071-1.409 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 0.334 mg kg⁻¹ dir. Bu fraksiyonun frakans dağılımına ait çarpıklık değeri 2.088 olup normal dağılım göstermemektedir. Hareketliliği yüksek önceki fraksiyonlarda olduğu gibi sağdan çarpık özellik göstermektedir. Bu da bazı alanlarda yapılan uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Zira Mn oksitler Zn ye karşı oldukça yüksek bir affinite göstermektedir. Topraktaki dinamik denge neticesinde ilk iki aşamada dengelenemeyen ya da tamponlanamayan ağır metaller bu fraksiyonda toplanma eğilimi içerisinde. Nitekim Zn adsorpsiyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda yapılan korelasyon analizleri Mn oksit içeriği ile yüksek korelasyonlar vermektedir (Uygur, 1998). Basıklık değeri ise 5.52 olup sivri bir dağılımı göstermektedir. Bu da mod etrafında fazla sayıda toprak örneğinin bulunduğunu göstermektedir. Bu durum diğer taraftan Ovada yapılan ekstrem uygulamaların çok fazla yaygın olmadığı ve benzer toprak oluşum süreçlerinin bir belirtisidir.

Bu fraksiyonun topraklardaki konsantrasyonları dikkate alındığında 4 (1.051), 14 (1.409), 61 (0.948) ve 67 (0.934 mg kg⁻¹) nolu topraklar yüksek değerlerle ön plana çıkmaktadır. 25 (0.091) ve 48 (0.071 mg kg⁻¹) nolu topraklar ise en küçük değerlere sahip topraklardır.

4.2.3.2. MnOx-Zn fraksiyonunun oransal miktarları

MnOx-Zn fraksiyonlarının topraklardaki oransal dağılımına ait tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.4 te verilmiştir. Toprakların bu fraksiyondaki oransal Zn miktarı %0.150-2.39 arasında değişim göstermiştir. Ortalama değer ise %0.304 gibi oldukça küçük bir orandır (Çizelge 4.3). Bu durum, topraklarda genelde

MnOx-Zn fraksiyonun toprakların toplam Zn bütçesi içerisinde önemli bir paya sahip olmadığının bir belirtisi olarak değerlendirilebilir.

Frekans dağılım parametreleri incelendiğinde bu fraksiyonun oransal ifadesi kantitatif miktarlarla kıyaslandığında çarpıklık ve basıklık değerlerini arttırdığını göstermektedir.

Bu fraksiyonun topraklardaki oranları dikkate alındığında 4 (1.825), 14 (2.3880), 16 (1.067), 17 (1.159), 26 (1.003), 61 (1.588) ve 67 (%1.458) nolu topraklar, %1 den yüksek değerlerle ön plana çıkmaktadır. 25 (%0.210), 48 (%0.175) ve 59 (%0.145) nolu topraklar ise en küçük değerlere sahip topraklardır (EK A.3).

4.2.4. Amorf Fe oksitlere bağlı fraksiyon (AFeOx-Zn)

Amorf Fe oksitler toprak oluşum sürecinde son zamanlarda çökelmiş olan ve kristallenme ve daha stabil yapılara geçme fırsatı bulamamış olan Fe fraksiyonudur. Amorf olarak çökme küçük tanecik boyu ve geniş yüzey alanı ile gerçekleştiği için yüksek miktarlarda Zn dahil ağır metalleri gerek kemisorpsiyon mekanizmaları ile gerekse birlikte çökme (co-precipitation) reaksiyonları ile çözelti fazından uzaklaştırabilmektedir. Bu fraksiyon genelde bitki yarayışlılığı düşük olan bir fraksiyondur.

4.2.4.1. AFeOx-Zn fraksiyonunun kantitatif miktarları

Atabey Ovası topraklarının amorf Fe oksitlere bağlı Zn konsantrasyonları 2.444-35.12 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 12.15 mg kg⁻¹ dir. Bu değerler topraklarda Zn'nin davranışı açısından bu fraksiyonun önemini ortaya koymaktadır. Bu fraksiyonun frekans dağılımına ait çarpıklık değeri 1.401 olup normal dağılım göstermemektedir. Hareketliliği yüksek önceki fraksiyonlarda olduğu gibi sağdan çarpık özellik göstermektedir. Ancak burada aşırı çarpıklık katsayısı daha küçüktür. Bu da kademeli olarak düşünüldüğünde değişen Zn konsantrasyonlarına karşı etkili olan 4. tampon sistemdir ki değişimler bu aşamaya bu çerçevede daha az yansımaktadır. Topraktaki dinamik denge

neticesinde ilk üç aşamada dengelenemeyen ya da tamponlanamayan ağır metaller bu fraksiyonda toplanma eğilimi içerisindedir. Nitekim Zn adsorpsiyonu ile ilgili yapılan çalışmalarda korelasyon analizleri amorf Fe oksit içeriği ile yüksek korelasyonlar vermektedir (Uygur, 1998). Basıklık değeri ise 3.606 olup sivri bir dağılımı göstermektedir. Genelde sol tarafta yer alan bir kuyruklanma çoğu zaman toprak oluşum sürecinde meydana gelen kayıplara işaret ederken sağ taraftaki kuyruklanma elementin gerek toprak oluşumu sırasında gerekse tarımsal uygulamalar çerçevesinde konsantrasyonunun artması ile ilgilidir.

Bu fraksiyonun topraklardaki konsantrasyonları dikkate alındığında 16 (18.16 mg kg⁻¹), 18 (19.13 mg kg⁻¹), 31 (23.52 mg kg⁻¹) ve 32 (21.55 mg kg⁻¹), 37 (18.62 mg kg⁻¹), 38 (23.77 mg kg⁻¹), 54 (18.43 mg kg⁻¹), 62 (35.12 mg kg⁻¹) ve 63 (21.19 mg kg⁻¹) nolu topraklar yüksek değerlerle ön plana çıkmaktadır. 26 (3.354 mg kg⁻¹), 35 (5.491 mg kg⁻¹), 42 (5.764 mg kg⁻¹), 48 (5.314 mg kg⁻¹), 50 (2.444 mg kg⁻¹) nolu topraklar ise en küçük değerlere sahip topraklardır (EK A.2).

4.2.4.2. AFeOx-Zn fraksiyonunun oransal miktarları

AFeOx-Zn fraksiyonlarının topraklardaki oransal dağılımına ait tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.4 te verilmiştir. Toprakların bu fraksiyondaki oransal Zn miktarı %6.34-38.81 arasında değişim göstermiştir. Ortalama değer ise %19.61 gibi oldukça önemli bir orandır (Çizelge 4.3). Bu durum, topraklarda genelde AFeOx-Zn fraksiyonundaki toprakların toplam Zn bütçesi içerisinde önemli bir paya sahip olduğunun belirtisi olarak değerlendirilebilir.

Frekans dağılım parametreleri incelendiğinde bu fraksiyonun oransal ifadesi kantitatif miktarlarla kıyaslandığında çarpıklık ve basıklık değerlerini önemli oranda düşürdüğünü göstermektedir. Çarpıklık açısından normal bir dağılım sözkonusu değil iken basıklık açısından ise normal bir dağılım ortaya çıkmıştır. Bu da toprakların toprak amenajmanı ile ilgili uygulanan pratiklerden

kaynaklanmış olabilir. Zira çarpıklık değeri sonradan yapılan uygulamaların Zn oranına pozitif bir etki yaptığını işaret etmektedir.

Bu fraksiyonun topraklardaki oranları dikkate alındığında 16 (%29.24), 17(%28.78) 31(%36.90), 32 (%37.39), 38 (%32.66), 54 (%30.22), 62 (%38.81) ve 67 (%29.41) nolu topraklar, yüksek değerlerle ön plana çıkmaktadır. 26 (%8.89), 42 (%8.50) ve 50 (%6.34) nolu topraklar ise en küçük değerlere sahip topraklardır (EK A.3).

4.2.5. Kristalin Fe oksitlere bağlı fraksiyon (KFeOx-Zn)

Amorf olarak çökelen Fe oksitler toprak oluşum sürecinde zamana ve çevre şartlarına bağlı olarak termodinamik açıdan daha stabil olan kristalin oksitlere dönüşürler. Bu bağlamda bu fraksiyon nispeten daha uzun süreçte toprağa ilave olan Zn miktarıyla ilgilidir ve genelde bitki yarayışlılığı düşük olan bir fraksiyondur.

4.2.5.1. KFeOx-Zn fraksiyonunun kantitatif miktarları

Araştırma topraklarının kristalin Fe oksitlere bağlı Zn konsantrasyonları 5.557-21.95 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 8.930 mg kg⁻¹ dir. Bu değerler topraklarda amorf Fe oksit fraksiyonu ile birlikte düşünüldüğünde Fe oksitlerin Zn nin topraktaki davranışını kontrol etmedeki önemini ortaya koymaktadır. Bu fraksiyonun frekans dağılımına ait çarpıklık değeri 1.401 olup normal dağılım göstermemektedir. Bu fraksiyonda önceki fraksiyonların aksine çarpıklık değerinde pozitif bir artış gözlenmektedir. Bu da kademeli olarak düşünüldüğünde değişen Zn konsantrasyonların uzun zaman içerisinde bu fraksiyonda birikme eğiliminden kaynaklanmaktadır. Zira Fe oksitler toprak oluşum sürecinde sürekli olarak toprakta artan bir bileşendir (Usta, 1995, Şenol vd., 2014). Bu ise toprak oluşumu sürecinde toprağa ilave olan Zn' nin önce AFeOx-Fe daha sonra ise KFeOx-Zn fraksiyonuna geçişin işareti olabilir. Nitekim basıklık katsayısındaki (10.48) anormal artış benzer toprak oluşum sürecinin işlediğini, bu çerçevede mod civarında Zn içeren çok sayıda örnek bulunduğuna işaret eder.

Bu fraksiyonun topraklardaki konsantrasyonları dikkate alındığında 9 (14.50 mg kg⁻¹), 12 (13.84 mg kg⁻¹), 19 (21.95 mg kg⁻¹) ve 42 (13.85 mg kg⁻¹) nolu topraklar yüksek değerlerle ön plana çıkmaktadır. 35 (5.557 mg kg⁻¹), 70 (5.888 mg kg⁻¹) nolu topraklar ise en küçük değerlere sahip topraklardır (EK A.2).

4.2.5.2. KFeOx-Zn fraksiyonunun oransal miktarları

KFeOx-Zn fraksiyonlarının topraklardaki oransal dağılımına ait tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.4 te verilmiştir. Toprakların bu fraksiyondaki oransal Zn miktarı %7.30-27.10 arasında değişim göstermiştir. Ortalama değer ise %14.97 gibi oldukça önemli bir orandır (Çizelge 4.4).

Frekans dağılım parametreleri incelendiğinde bu fraksiyonun oransal ifadesi, kantitatif miktarlarla kıyaslandığında, çarpıklık ve basıklık değerlerini önemli oranda düşürdüğünü göstermektedir. Çarpıklık açısından normal bir dağılım söz konusu değil iken basıklık açısından ise ekstrem derecede anormal bir dağılım ortaya çıkmıştır. Bu da toprakların oluşum sürecindeki benzerlikler nedeniyle oldukça fazla sayıda toprağın mod değeri civarında bu fraksiyonda Zn konsantrasyonuna sahip olduğunun göstergesidir.

Bu fraksiyonun topraklardaki oranları dikkate alındığında 4 (%20.1), 9(%24.7), 12 (%20.4), 14 (%21.2), 19 (%27.1), 30 (%21.6), 35 (%20.4), 40 (%22.3), 42 (%20.4), 43 (21.3) ve 45 (%20.0), 50 (%21.4) nolu topraklar, %20'den yüksek değerlerle ön plana çıkmaktadır. 27 (%9.80), 37 (%9.70) ve 70 (%7.30) nolu topraklar ise en küçük değerlere sahip topraklardır (EK A.3).

4.2.6. Organik madde ve sülfidlere bağlı fraksiyon (OS-Zn)

Organik madde gerek şelatlatıcı ajan gerekse yapısal bileşenlerin parçası olarak önemli miktarlarda Zn'yi bağlayabilmektedir. Diğer taraftan toprakların indirgen koşullarda önemli bir tamon mekanizması sülfid mineralleridir ki, belirli süre su altında kalan topraklarda artan ağır metal konsantrasyonları sülfidler eşeklinde stabil hale getirilebilmektedir (Lindsay, 1979; 2001). Bu

açından bakıldığında tarım topraklarında herhangi bir zamanda özellikle yüzey altı horizonlarında indirgen koşullar mümkün olabilir. Ya da yüzey topraklarında organik maddece zengin horizonlar bulunabilir. Bu bileşenler ilave olunan ağır metalleri bünyelerinde farklı mekanizmalarla tutarak toprakların bitki yetiştiriciliği açısından sürekliliğini korumaya çalışırlar. Genellikle bu fraksiyon yakın geçmişteki durumun anlaşılmasında yardımcı olabilmektedir.

4.2.6.1. OS-Zn fraksiyonunun kantitatif miktarları

Ova topraklarının OS fraksiyonuna bağlı Zn konsantrasyonları 0.458-14.60 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 2.205 mg kg⁻¹ dir. Bu değerler topraklarda OS fraksiyonunda genelde düşük miktarlarda Zn nin bulunduğunu göstermektedir. Bu fraksiyonun frekans dağılımına ait çarpıklık değeri 4.321 olup normal dağılım göstermemektedir. Bu fraksiyon WS-EX fraksiyonu ile birlikte en yüksek çarpıklık değerine sahip fraksiyon olup toprakların son zamanlarda görmüş olduğu idare şeklinin nasıl olduğu hakkında bilgi vermektedir. Sağa doğru meydana gelen aşırı kuyruklanma toprakların bir kısmının son zamanlarda yüksek miktarlarda Zn yüklemesiyle karşı karşıya kaldığına işaret etmektedir. Bu ise toprak oluşumu sürecinde toprağa ilave olan Zn'nin önce AFeOx-Fe daha sonra ise KFeOx-Zn fraksiyonuna geçişin işareti olabilir. Nitekim basıklık katsayısındaki (24.76) anormal artış benzer toprak oluşum sürecinin işlediğini, yani iklim ve düşük girdi yönetiminden kaynaklanan düşük organik madde içeriğiyle ilgili olabilir. Bu bağlamda da mod civarında Zn içeren çok sayıda örnek bulunduğuna işaret eder.

Bu fraksiyonun topraklardaki konsantrasyonları dikkate alındığında 4 (4.127 mg kg⁻¹), 26 (4.134 mg kg⁻¹), 37 (6.326 mg kg⁻¹) ve 42 (14.60 mg kg⁻¹) nolu topraklar 4 mg kg⁻¹ den yüksek değerlerle ön plana çıkmaktadır. Buna karşılık 1 (0.756 mg kg⁻¹), 6 (0.978 mg kg⁻¹), 7 (0.855 mg kg⁻¹), 16 (0.867 mg kg⁻¹), 30 (0.910 mg kg⁻¹), 31 (0.817 mg kg⁻¹), 32 (0.902 mg kg⁻¹), 43 (0.802 mg kg⁻¹), 50 (0.458 mg kg⁻¹) ve 66 (0.810 mg kg⁻¹) nolu topraklar ise 1 mg kg⁻¹ den küçük değerlere sahip topraklardır (EK A.2).

4.2.6.2. OS-Zn fraksiyonunun oransal miktarları

OS fraksiyonlarının topraklardaki oransal dağılımına ait tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.4 te verilmiştir. Toprakların bu fraksiyondaki oransal Zn miktarı %1.14-21.55 arasında değişim göstermiştir. Ortalama değer ise %3.724 gibi oldukça küçük bir orandır (Çizelge 4.4).

Frekans dağılım parametreleri incelendiğinde bu fraksiyonun oransal ifadesi, kantitatif miktarlarla kıyaslandığında, çarpıklık ve basıklık değerlerini önemli oranda düşürmüştür. Ancak çarpıklık açısından normal bir dağılım ortaya çıkmamıştır. Çarpıklık sayısı 3.243 olup sağa doğru, ya da uygulanan tarımsal pratiklerden kaynaklanan bir artış nedeniyle, kuyruklanma göstermektedir. Basıklık değeri 14.987 olup WS-EX fraksiyonundan sonraki en yüksek değerdir, toprakların oluşum sürecindeki benzerlikler nedeniyle oldukça fazla sayıda toprağın mod değeri civarında bu fraksiyonda Zn konsantrasyonuna sahip olduğunun göstergesidir.

Bu fraksiyonun topraklardaki oranları dikkate alındığında 1 (%1.138), 6 (%1.490), 7 (%1.449), 16 (%1.396), 31 (%1.283), 41 (%1.436), 50 (%1.187), 66 (%1.422) nolu topraklar, %1.5 ten küçük değerlerle ön plana çıkmaktadır. 25 (%9.093), 26 (%10.987), 42 (%21.546) ve 70 (%9.204) nolu topraklar ise %9 dan büyük değerlere sahip topraklardır (EK A.3).

4.2.7. Rezidual veya bakiye fraksiyon (R-Zn)

Bu fraksiyon mineral yapılarda bulunan diğer yöntemlerle ekstrakte edilemeyen ve bitkiye yararlılığı yok denecek kadar az olan bir fraksiyondur. Bu aşamada kullanılan ve çoğu zaman topraklarda yalancı toplam olarak bilinen element konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılan $\text{HNO}_3\text{:HCl}$ (3:1, V/V) karışımıyla topraklarda elementlerin yalancı toplam konsantrasyonu belirlenmektedir (Alloway, 1996). Dolayısıyla bu fraksiyondaki elementler genellikle toprakların genetik açıdan sahip oldukları, toprak oluşum süreçlerinin etkisini gösteren bir fraksiyondur.

4.2.7.1. R-Zn fraksiyonunun kantitatif miktarları

Ova topraklarının R fraksiyonuna bağı Zn konsantrasyonları 11.85-62.73 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 35.57 mg kg⁻¹ dir. Bu değerler toprakların oluştuğı anamateryallerle büyük oranda ilgili olabilir. Bu fraksiyonun frekans dağılımına ait çarpıklık değeri 0.198 olup normal dağılıma en yakın Zn fraksiyonudur (Çizelge 4.3). Sağa doğru meydana gelen kısmi bir kuyruklanma sözkonusudur. Aynı şekilde basıklık katsayısı da fraksiyonlar içerisinde en küçük değeri göstermiştir. Ancak yine de sivri bir frekans dağılımına sahiptir ki bu durumun benzer anamateryal ve toprak oluşum süreçleriyle ilişkili olduğu değerlendirilebilir.

Bu fraksiyonun topraklardaki konsantrasyonları dikkate alındığında 13 (47.21 mg kg⁻¹), 27 (49.04 mg kg⁻¹), 59 (62.73 mg kg⁻¹), 64 (49.09 mg kg⁻¹) ve 70 (51.24 mg kg⁻¹) nolu topraklar yüksek değerlerle ön plana çıkmaktadır. Buna karşılık 25 (21.33 mg kg⁻¹), 30 (22.36 mg kg⁻¹), 32 (23.72 mg kg⁻¹), 48 (22.34 mg kg⁻¹), ve 67 (22.41 mg kg⁻¹) nolu topraklar ise bu fraksiyonda nispeten düşük miktarlarda Zn bulunduran topraklardır (EK A.2).

4.2.7.2. R-Zn fraksiyonunun oransal miktarları

Bakiye fraksiyonlarının topraklardaki oransal dağılımına ait tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 4.4 te verilmiştir. Toprakların bu fraksiyondaki oransal Zn miktarı %28.40-73.20 arasında değişim göstermiştir. Ortalama değer ise %57.74 gibi oldukça büyük bir orandır (Çizelge 4.4).

Frekans dağılım parametreleri incelendiğinde bu fraksiyonun oransal ifadesi, kantitatif miktarlarla kıyaslandığında, çarpıklık ve basıklık değerlerini önemli oranda değiştirmiştir. Kantitatif Zn konsantrasyonları sağdan kuyruklanma gösterirken burada soldan kuyruklanma meydana gelmiştir. Bu da toprak oluşumu sırasında veya diğer nedenlere bağı olarak bir miktar Zn nin bu fraksiyondan ayrıldığının bir işareti olabilir. Basıklık katsayısı 0.296 olup normal bir dağılım göstermektedir. Bu fraksiyonda topraklarda önemli

derecede bir değişkenliğin bulunduğu söylenebilir bu da toprak yapan faktörlerin kombinasyonlarının örnekleme noktaları itibarıyla farklı olması ile ilişkilendirilebilir.

Bu fraksiyonun topraklardaki oranları dikkate alındığında 27 (%73.2), 39 (%70.6), 44 (%72.1), 50 (%69.6) ve 59 (%69.7) nolu topraklar, %69 dan büyük değerlerle ön plana çıkmaktadır. 62 (%28.4) ve 67 (%35.0) en küçük değerlere sahip topraklardır (EK A.3).

4.2.8. Toplam Zn fraksiyonu (T-Zn)

Bu fraksiyon her bir topraktaki ayrı ayrı fraksiyonların toplanmasıyla elde edilen fraksiyondur. Ova topraklarının fraksiyonlar toplamındaki Zn konsantrasyonları 27.28-90.51 mg kg⁻¹ arasında değişmekte olup ortalama 60.79 mg kg⁻¹ dir. Bu değerler tipik kirlenmiş topraklara ait değerleri yansıtmaktadır (Vinogradov, 1959). Bu fraksiyonun frekans dağılımına ait çarpıklık değeri -0.130 olup normal dağılım olarak değerlendirilebilir (Çizelge 4.3). Sola doğru meydana gelen kısmi bir kuyruklanma sözkonusudur. Basıklık katsayısı 1.755 olup sivri bir frekans dağılımına sahiptir ki bu durumun benzer anamateryal ve toprak oluşum süreçleri göz önüne alındığında kabul edilebilirdir.

Bu fraksiyonun topraklardaki konsantrasyonları dikkate alındığında 19 (81.02 mg kg⁻¹), 59 (89.95 mg kg⁻¹), 62 (91.51 mg kg⁻¹) ve 70 (80.48 mg kg⁻¹) nolu topraklar en yüksek değerlere sahiptir. Buna karşılık 26 (37.73 mg kg⁻¹), 30 (40.69 mg kg⁻¹), 35 (27.28 mg kg⁻¹) ve 50 (38.54 mg kg⁻¹) nolu topraklar ise en düşük miktarlara sahip topraklardır (EK A.2).

4.3. Çinko Fraksiyonlarının Toprak Özellikleri ile İlişkileri

Topraklarda kademeli ekstraksiyon yöntemiyle ekstrakte edilen 7 fraksiyon ve bu fraksiyonların toplamı ile yarayışlı Zn nin toprak özellikleri ile olan ilişkileri Pearson korelasyon analizi ile incelenmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

4.3.1. WS-EX fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Toprakta en hareketli olan ve bağlanma enerjisi en düşük olan bu fraksiyonun toprakların özellikleri ile olan ilişkileri Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Mobil fraksiyon yada bitkinin her an yararlanabileceği bu fraksiyonla toprak özelliklerinden organik madde (0.530**), yarayışlı fosfor (0.716**), DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe (0.533**) ve hidroksilamin hidroklorür ile ekstrakte edilebilen serbest Mn oksitler arasında çok önemli ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 4. 5, 6). Farklı Zn fraksiyonları ile olan ilişkileri değerlendirildiğinde ise Car-Zn (0.257*) ve T-Zn (0.244*) önemli; AFeOx-Zn (0.350**) çok önemli korelasyonlar belirlenmiştir.

4.3.1. Car-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Toprakta hareketliliği düşük olan karbonatlar yüzeyinde adsorbe olmuş veya karbonatlarla birlikte çökelmiş Zn fraksiyonunun toprakların özellikleri ile olan ilişkileri Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Bitkinin potansiyel olarak yararlanabileceği bu fraksiyonla toprak özelliklerinden kum (0.284*), yarayışlı Cu (0.276*) ve yarayışlı fosfor içeriği (0.243*) ile pozitif önemli ilişkiler belirlenirken; kil (-0.263*), KFeOx (0.240*), TFeOx (-0.303*) önemli negatif, serbest Mn oksit içeriği ile çok önemli negatif korelasyonlar tespit edilmiştir (Çizelge 4. 5, 6). Farklı Zn fraksiyonları ile olan ilişkileri değerlendirildiğinde:

Çizelge 4. 5. Zn fraksiyonları ve bazı toprak özellikleri arasındaki Pearson korrelasyon matrisi (N:70)

Zn Frak.	WS-EX	Car-Zn	MnOx-Zn	AFeOx-Zn	KFeOx-Zn	OS-Zn	R-Zn	T-Zn	OM	Kireç	pH	EC	Kum	Silt	Kil	KDK
WS-EX		0.257*	0.046	0.350**	0.146	-0.010	-0.133	0.244*	0.530**	0.071	-0.184	0.009	0.213	-0.110	-0.206	-0.070
Car-Zn			0.553**	0.621**	0.125	-0.049	-0.411**	0.233	0.136	-0.042	-0.003	0.075	0.284*	-0.161	-0.263*	-0.079
MnOx-Zn				0.309**	0.102	-0.078	-0.182	0.152	-0.089	-0.401**	-0.204	-0.075	0.394**	-0.337**	-0.291*	-0.212
AFeOx-Zn					0.049	-0.126	-0.049	0.608**	0.098	-0.200	0.176	0.052	0.233	-0.197	-0.174	0.012
KFeOx-Zn						0.077	0.026	0.327**	0.034	-0.224	-0.241*	0.139	-0.066	-0.208	0.224	0.194
OS-Zn							-0.029	0.097	0.001	0.071	-0.254*	-0.236*	-0.064	0.100	0.017	-0.084
R-Zn								0.673**	-0.095	-0.458**	-0.072	0.081	-0.396**	0.068	0.471**	0.500**
T-Zn									0.055	-0.512**	-0.092	0.093	-0.141	-0.123	0.264*	0.405**
DTPA-Zn	0.574**	0.391**	0.407**	0.503**	0.107	0.009	-0.115	0.324**	0.466**	0.068	-0.020	0.120	0.381**	-0.089	-0.438**	-0.224

*korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü), ** korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü)

WS-EX, suda çözünabilir + değişebilir Zn fraksiyonu; Car-Zn, karbonatlara bağlı Zn fraksiyonu, MnOx-Zn, serbest Mn oksitlere bağlı Zn; AFeOx-Zn, amorf Fe oksitlere bağlı Zn; KFeOx-Zn, kristalin Fe oksitlere bağlı Zn; OS-Zn, organik madde ve sülfütlere bağlı Zn; R-Zn, bakiye Zn fraksiyonu; T-Zn, Zn fraksiyonlar toplamı; DTPA-Zn, DTPA ile ekstrakte edilebilen yarayırlı Zn.

Çizelge 4. 6. Zn fraksiyonlarının yarayırlı besin elementleri ile bazı oksit fraksiyonları arasındaki Pearson korelasyon matrisi (N:70)

Zn Frak.	Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Mn	MnOx	AMnOx	KMnOx	TMnOx	AFeOx	KFeOx	TFeOx
WS-EX	-0.111	0.043	-0.007	0.085	0.716**	-0.001	0.533**	0.100	-0.328**	-0.040	-0.010	-0.063	-0.065	-0.062	-0.173
Car-Zn	-0.163	0.031	0.074	0.108	0.243*	0.276*	0.159	0.226	-0.445**	0.211	-0.090	0.105	0.009	-0.240*	-0.303*
MnOx-Zn	-0.501**	-0.143	0.102	0.355**	0.130	0.511**	0.368**	0.280*	-0.159	0.142	-0.092	0.023	0.256*	-0.216	-0.017
AFeOx-Zn	-0.078	0.182	0.312**	0.023	0.316**	0.314**	0.178	0.287*	-0.211	0.073	-0.124	0.014	0.309**	-0.261*	-0.006
KFeOx-Zn	0.031	0.045	-0.147	0.041	0.036	-0.051	0.216	-0.130	0.048	-0.018	0.163	0.048	-0.170	0.088	0.005
OS-Zn	-0.142	-0.274*	-0.046	0.011	-0.036	-0.162	0.159	-0.006	0.044	-0.063	-0.086	-0.095	-0.069	0.340**	0.228
R-Zn	0.200	0.273*	0.146	-0.136	-0.055	-0.099	-0.127	-0.102	0.398**	-0.005	0.018	0.060	0.006	0.170	0.609**
T-Zn	0.049	0.276*	0.245*	-0.048	0.232	0.103	0.155	0.091	0.109	0.057	-0.046	0.063	0.109	0.028	0.446**
DTPA-Zn	-0.224	0.039	0.159	0.435**	0.684**	0.441**	0.488**	0.304*	-0.321**	0.150	-0.093	0.058	0.002	-0.114	-0.201

*korelasyon 0.05 seviyesinde önemlidir (2-yönlü), ** korelasyon 0.01 seviyesinde önemlidir (2-yönlü)

WS-EX, suda çözünebilir + değişebilir Zn fraksiyonu; Car-Zn, karbonatlara bağlı Zn fraksiyonu, MnOx-Zn, serbest Mn oksitlere bağlı Zn; AFeOx-Zn, amorf Fe oksitlere bağlı Zn; KFeOx-Zn, kristalin Fe oksitlere bağlı Zn; OS-Zn, organik madde ve sülfidlere bağlı Zn; R-Zn, bakiye Zn fraksiyonu; T-Zn, Zn fraksiyonlar toplamı; DTPA-Zn, DTPA ile ekstrakte edilebilen yarayırlı Zn.

MnOx, hidroksilamin HCl ile ekstrakte edilen Mn; AMnOx ve AFeOx, oksalat tamponu ile ekstrakte edilen Mn ve Fe; KMnOx ve KFeOx, oksalat tamponu + askorbik asit ile ekstrakte edilen Mn ve Fe; TMnOx ve TFeOx, kral suyu ile çözülebilen yalancı total Mn ve Fe.

MnOx-Zn (0.553**) ve AFeOx-Zn (0.621**) çok önemli, DTPA-Zn (0.391*) ile önemli pozitif korelasyonlar; R-Zn fraksiyonu ile (-0.411**) çok önemli negatif korelasyonlar belirlenmiştir.

4.3.3. MnOx-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Toprakta hareketliliği düşük olan serbest Mn oksitlerin yüzeyinde adsorbe olmuş veya birlikte çökelmiş Zn fraksiyonunun toprakların özellikleri ile olan ilişkilere ait Pearson korelasyon katsayıları Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Bitkilerin potansiyel olarak yararlanabileceği bu fraksiyonla toprak özelliklerinden kum (0.394**), yarayışlı Na (0.355**), yarayışlı Cu (0.511**), yarayışlı Fe (0.368**), yarayışlı Mn (0.280*) ve AFeOx (0.256*) ile önemli ve çok önemli pozitif ilişkiler belirlenirken; amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Ca (-0.501**), kireç (-0.401**), silt (-0.337**), kil (-0.291*) önemli ve çok önemli negatif korelasyonlar tespit edilmiştir (Çizelge 4. 5, 6). Farklı Zn fraksiyonları ile olan ilişkileri değerlendirildiğinde ise AFeOx-Zn (0.309**) ve DTPA-Zn (0.407**) ile çok önemli korelasyonlar belirlenmiştir.

4.3.4. AFeOx-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Toprakta hareketliliği düşük olan serbest amorf Fe oksitlerin yüzeyinde adsorbe olmuş veya birlikte çökelmiş Zn fraksiyonunun toprakların özellikleri ile olan Pearson korelasyon katsayıları Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Bitkilerin potansiyel olarak yararlanabileceği bu fraksiyonla toprak özelliklerinden yarayışlı Mg (0.312**), yarayışlı P (0.316**), yarayışlı Cu (0.314**), yarayışlı Mn (0.287*), AFeOx (0.309**) ile önemli ve çok önemli pozitif ilişkiler belirlenirken; KFeOx (-0.261*) ile önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir (Çizelge 4. 5, 6). Farklı Zn fraksiyonları ile olan ilişkileri değerlendirildiğinde ise T-Zn (0.608**) ve DTPA-Zn (0.503**) ile çok önemli korelasyonlar belirlenmiştir.

4.3.5. KFeOx-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Toprakta hareketliliği oldukça düşük olan serbest kristalin Fe oksitlerin yüzeyinde adsorbe olmuş veya birlikte çökelmiş Zn fraksiyonunun toprakların

özellikleri ile olan korelasyon katsayıları Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Bitkilerin potansiyel olarak yararlanamadığı bu fraksiyonla araştıma kapsamında belirlenen toprak özelliklerinden sadece toprak pH sı ile negatif önemli korelasyon tespit edilmiştir. Bununla birlikte tekstür bileşenlerinden kil (0.224) ve kum (-0.208) ve KDK (0.194) önemliliğe yakın korelasyon katsayıları vermiştir. Bu fraksiyondaki Zn konsantrasyonu ile Zn fraksiyonları toplamı (0.327**) arasında çok önemli korelasyonlar belirlenmiştir.

4.3.6. OS-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Toprakta hareketliliği yüksek olan ve bitkiler için potansiyel olarak kullanılabilen organik maddeye ve süflitlere bağlı bu fraksiyonun toprakların özellikleri ile olan ilişkileri Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Bu fraksiyonla toprak özelliklerinden pH (-0.254*), EC (-0.236*) ve yarıyışlı K (-0.274*) arasında önemli negatif korelasyonlar; KFeOx (0.340**) ile çok önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 4. 5, 6). Toplam FeOx (TFeOx) miktarı ile de (0.228) önemsiz fakat oldukça yüksek korelasyon vermiştir. Farklı Zn fraksiyonları ile olan ilişkileri değerlendirildiğinde ise önemli bir korelasyon olmadığı gözlenmiştir.

4.3.7. R-Zn fraksiyonu ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Toprakta hareketliliği olmayan genellikle mineral yapıların kristal strüktürlerinde yer alan bu Zn fraksiyonunun toprakların özellikleri ile olan korelasyon katsayıları Çizelge 4.5 ve 4.6'da verilmiştir. Bitkilere yarıyışlı olmayan bu fraksiyonla araştırma kapsamında belirlenen toprak özelliklerinden kireç (-0.458**) ve kum (-0.396**) içeriği çok önemli negatif korelasyonlar; kil (0.471**), KDK (0.500**), yarıyışlı K (0.273*), MnOx (0.398**) ve AFeOx (0.609**) önemli ve çok önemli pozitif ilişkiler vermiştir. Bu fraksiyondaki Zn konsantrasyonu ile Car-Zn (-0.411**) arasında çok önemli negatif korelasyon belirlenmiştir.

4.3.8. Zn fraksiyonlar toplamı ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Toprakta kademeli ekstraksiyonla belirlenen fraksiyonlardaki Zn konsantrasyonlarının toplamı (T-Zn) ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler Çizelge 4.5 ve 6 da verilmiştir. T-Zn ile toprak özelliklerinden kireç (-0.512**) ile önemli negatif; kil içeriği (0.264*), KDK (0.405**), yarayıslı K (0.276*), Mg (0.245*) ve TFeOx (0.446**) ile önemli ve çok önemli pozitif korelasyonlar bulunmuştur. Diğer Zn fraksiyonlarıyla olan korelasyonlarına bakıldığında; WS-EX (0.244*), AFeOx-Zn (0.608**), KFeOx-Zn (0.327**) ve R-Zn (0.673**) fraksiyonlarıyla önemli ve çok önemli pozitif korelasyonlar belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Diğer fraksiyonlarla da önemli olmamakla beraber pozitif korelasyon vermiştir ki bu beklenen bir durumdur. Zira toplam fraksiyonda her bir fraksiyonun belirli bir katkısı bulunmaktadır.

4.3.9. DTPA-Zn ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Toprakların yarayıslı Zn konsantrasyonunu belirlemede yaygın olarak kullanılan DTPA-Zn ile toprak özellikleri ve diğer Zn fraksiyonların arasındaki ilişkiler Çizelge 4.5 ve 4.6 da verilmiştir. DTPA-Zn ile toprak özelliklerinden kil (-0.438**), MnOx (-0.321**) içeriği ile negatif; organik madde (0.466**) ve kum (0.381**) içeriği, amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Na (0.435**), Olsen-P (0.684**), yarayıslı Cu (0.441**), yarayıslı Fe (0.488**) ve yarayıslı Mn (0.304*) konsantrasyonu ile pozitif önemli ilişkiler elde edilmiştir.

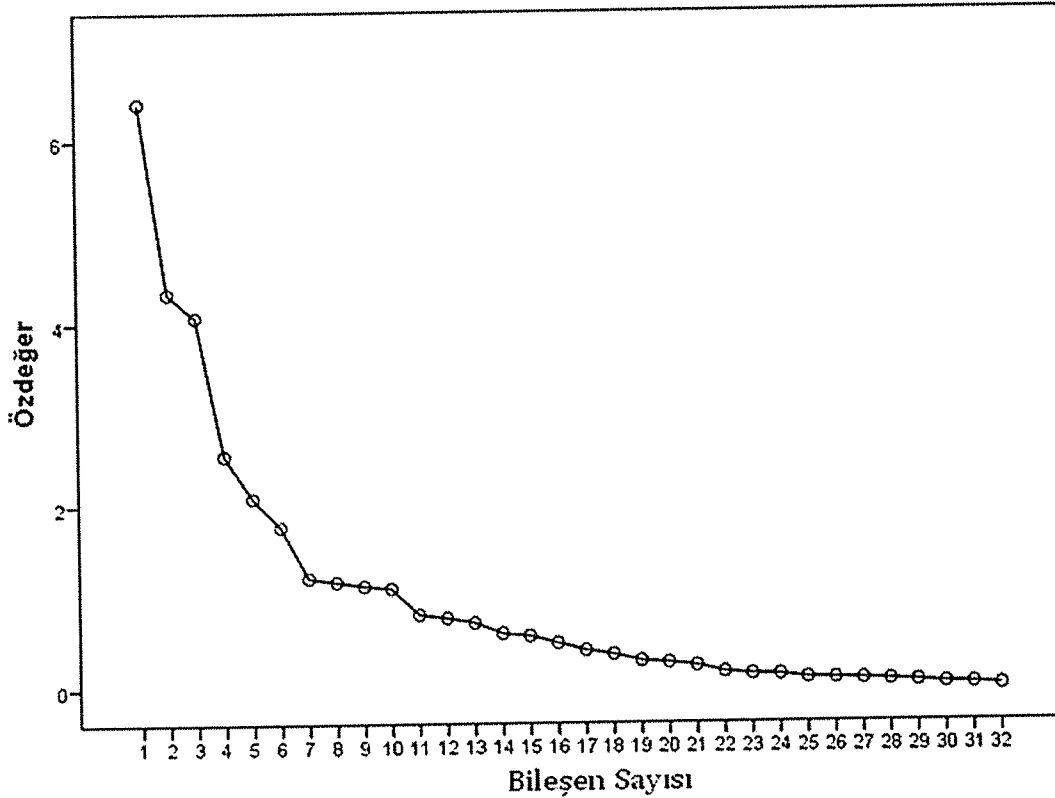
EDTA-Zn, diğer Zn fraksiyonlarından WS-EX (0.574**), Car-Zn (0.391**), MnOx-Zn (0.407**), AFeOxZn (0.503**) ve T-Zn (0.324**) ile çok önemli korelasyonlar vermiştir.

4.4. Topraklardaki Kemometrik İlişkiler

Topraklarda belirlenen Zn fraksiyonları ile tanımlayıcı toprak özelliklerine veri indirgeme yöntemi olan temel bileşen analizi (PCA) uygulanmıştır (SPSS, 2004). Temel bileşen analizi orijinal p değişkeninin varyans yapısını daha az sayıda ve bu değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan yeni değişkenlerle ifade edilmesidir.

PCA, aralarında korelasyon bulunan p sayıda değişkenin açıkladığı yapıyı, aralarında korelasyon olmayan ve sayıca orijinal değişken sayısından daha az sayıda orijinal değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan değişkenlerle ifade edilmesidir. Veri matrisindeki p değişkenin doğrusal bileşenlerini bulmak için korelasyon matrisi kullanılmıştır.

Temel bileşenlere ait özdeğerler (Çizelge 4.7) Şekil 4.1 de grafik şeklinde gösterilmiştir. Öz değer grafiğinde belirgin dirseğin olduğu ya da özdeğeri 1 den büyük olan komponentler verilerin tanımlanmasında kullanılmıştır. Çizelge 4.7 incelendiğinde özdeğeri 1 den büyük olan 10 ayrı bileşenin bulunduğu gözlenmektedir. Bu bileşenlerle toplamda meydana gelen varyansın %80.47 si açıklanabilmektedir. Birinci temel bileşen varyansın %20.013 lük bir kısmını açıklarken; ikinci ve üçüncü temel bileşenler sırasıyla %13.53 ve %12.714 lük bir kısmını açıklayabilmektedir.



Şekil 4. 1. Temel bileşenlere ait özdeğer grafiği

Çizelge 4. 7. Temel bileşenlerle açıklanan varyanslar

Bileşenler	Başlangıç Özdeğeri			Döndürülmüş Kareli Yüklerin Toplamı		
	Toplam	% Varyans	Kümülatif %	Toplam	% Varyans	Kümülatif %
1	6.404	20.013	20.013	4.221	13.192	13.192
2	4.33	13.53	33.544	3.414	10.668	23.86
3	4.069	12.714	46.258	3.134	9.794	33.654
4	2.545	7.952	54.21	3.087	9.645	43.3
5	2.078	6.495	60.705	3.052	9.537	52.837
6	1.76	5.5	66.205	2.228	6.962	59.799
7	1.206	3.768	69.973	1.982	6.192	65.991
8	1.159	3.622	73.595	1.586	4.958	70.949
9	1.116	3.486	77.081	1.554	4.855	75.804
10	1.085	3.392	80.473	1.494	4.669	80.473
11	0.796	2.488	82.961			
12	0.759	2.37	85.332			
13	0.704	2.2	87.532			
14	0.588	1.838	89.37			
15	0.559	1.747	91.117			
16	0.481	1.502	92.62			
17	0.402	1.257	93.876			
18	0.355	1.109	94.985			
19	0.284	0.888	95.873			
20	0.265	0.827	96.701			
21	0.229	0.716	97.416			
22	0.16	0.499	97.915			
23	0.133	0.416	98.331			
24	0.127	0.398	98.73			
25	0.09	0.282	99.011			
26	0.083	0.261	99.272			
27	0.076	0.238	99.51			
28	0.062	0.195	99.705			
29	0.047	0.148	99.853			
30	0.027	0.085	99.938			
31	0.02	0.062	100			
32	3.21E-08	1.00E-07	100			

Birinci temel bileşen Zn fraksiyonlarından hareketliliği yüksek WS-EX, Ca-Zn, MnOX-Zn; toprak özelliklerinden amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Na, yarayışlı fosfor, organik madde, DTPA-Cu, -Fe, -Mn, -Zn, kum, AFeOx arasında

pozitif korelasyon; R-Zn, silt, kil, MnOx ve KFeOx özellikleri arasında negatif korelasyonlar mevcuttur (Çizelge 4.8). İkinci temel bileşenle Zn fraksiyonlarından potansiyel olarak bitkiye yararılı olan Car-Zn, MnOx-Zn ve AFeOx-Zn ile yararılılığı düşük R-Zn ve T-Zn fraksiyonlarıyla, toprak özelliklerinden organik madde, KDK, yararılı Ca, K, Mg, P, Mn ve Zn, TMnOx miktarlarıyla pozitif; Os-Zn, Kum, KFeOx ile negatif ilişkilidir. Üçüncü temel bileşen ise bitkiye yararısız fraksiyonlardan R-Zn ve T-Zn ve bu fraksiyonlarla negatif ilişkisi olan silt, kireç, pH, EC, Ca ilişkili olduğu gözlenmektedir. Diğer bileşenler ilk üç temel bileşenle kıyaslandığında çok daha düşük varyansı açıklayabilmektedir.

PC1 ve PC2 nin dağılım grafiği incelendiğinde bazı toprakların önemli farklılıklar gösterdiği anlaşılmaktadır. "0" dan geçen ana hatlar aslında temel bileşenlerinin en etkili olduğu hattı göstermektedir. Hatların arasında kalan toprak örneklerinin davranışı ise iki temel bileşen ile ilişkili toprak özellikleri tarafından etkilenmektedir.

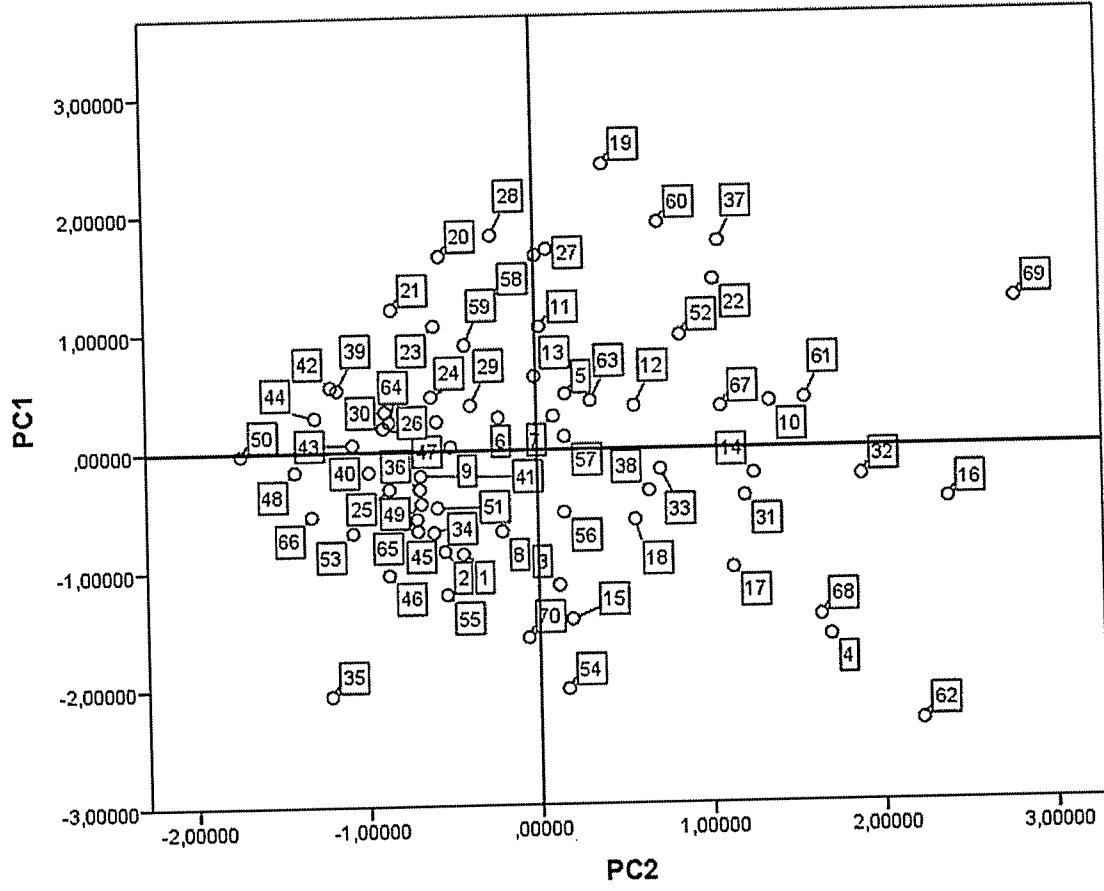
Bu açıdan X eksenine paralel 0 noktasında geçen hattın negatif ucunda yer alan topraklar (50, 48, 44, 43) PC2 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleriyle yani: Os-Zn, Kum, KFeOx miktarı ile; hattın sağ ucunda yer alan topraklar (32, 16) ise PC2 ile pozitif korelasyon veren yararılılığı yüksek Car-Zn, MnOx-Zn, AFeOx-Zn ile yararılılığı düşük R-Zn ve T-Zn fraksiyonları ve toprak özelliklerinden ağırlıklı olarak amenajman pratikleri ve toprak idaresi ile ilgili olan yararılı Ca, K, Mg, P, Mn ve Zn konsantrasyonları ve toprak özelliklerinden organik madde, KDK ve 'TMnOx' nin etkisi altındadır (Şekil4.2). Y eksenine paralel 0 noktasından geçen hattın negatif ucunda yer alan topraklar (54, 70) PC1 ile negatif korelasyon veren toprak özellikleriyle yani R-Zn, silt, kil, MnOx ve KFeOx miktarı ile; hattın üst ucunda yer alan topraklar (19, 28, 27, 58) ise PC1 ile pozitif korelasyon veren Zn fraksiyonlarından WS-EX, Ca-Zn, MnOX-Zn, toprak özelliklerinden amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Na, yararılı fosfor, organik madde, DTPA-Cu, -Fe, -Mn, -Zn, kum, AFeOx değişkenlerinin etkisi altındadır.

İki temel bileşenin arasında ekstrem davranış gösteren 69 nolu toprak PC1 ve PC2 ile pozitif ilişki gösteren değişkenlere bağlı bir davranış göstermektedir. 4,

62 ve 68 nolu topraklar ise PC1 ile negatif, PC2 ile pozitif ilişkili parametreler tarafından kontrol edilmektedir. Bir diğer ekstrem özellikteki 35 nolu toprak ise her iki temel bileşenle negatif korelasyonlar veren özellikler çerçevesinde davranmaktadır.

Çizelge 4. 8. Temel bileşenlerle toprak özellikleri arasındaki korelasyon matrisi

Toprak özellikleri	Bileşenler									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
WSEX	0.575	0.043	0.161	0.367	-0.231	-0.094	0.075	-0.347	0.036	0.075
CarZn	0.554	0.378	-0.361	-0.098	-0.105	-0.023	0.141	0.147	-0.172	0.169
MnOxZn	0.580	0.247	0.308	-0.341	-0.171	-0.030	0.175	0.204	0.083	-0.006
AFexOxZn	0.379	0.647	0.099	-0.249	-0.308	0.089	-0.056	-0.013	-0.174	0.176
KFeOxZn	0.054	0.157	0.261	0.393	-0.105	-0.429	0.205	0.408	-0.155	0.230
OSZn	-0.018	-0.237	0.062	0.229	-0.144	0.619	0.226	0.318	-0.293	-0.219
RZn	-0.399	0.353	0.575	0.016	-0.125	0.126	-0.384	-0.086	-0.052	-0.070
TZn	0.040	0.624	0.516	0.070	-0.354	0.126	-0.148	0.086	-0.284	0.100
OM	0.257	0.349	-0.261	0.609	0.093	0.157	-0.004	-0.280	-0.068	-0.155
Kireç	-0.180	-0.196	-0.820	0.210	0.113	0.276	0.038	-0.040	0.013	0.080
KDK	-0.633	0.630	0.179	0.138	-0.016	-0.136	0.197	-0.055	0.012	-0.101
pH	-0.333	0.227	-0.540	-0.480	-0.019	0.191	-0.061	0.018	-0.101	0.337
EC	-0.246	0.632	-0.305	0.143	0.092	-0.227	-0.115	0.201	0.267	-0.115
Ca	-0.728	0.425	-0.346	0.105	0.058	-0.021	0.010	-0.009	0.043	0.073
K	-0.239	0.668	-0.217	0.070	-0.025	-0.255	-0.405	-0.055	-0.039	-0.064
Mg	-0.145	0.575	-0.047	-0.312	-0.111	0.254	0.399	-0.167	0.178	0.062
Na	0.492	-0.132	0.007	0.208	0.021	0.036	-0.416	0.362	0.410	0.296
P	0.474	0.518	-0.189	0.429	0.151	0.192	-0.120	-0.142	-0.103	-0.129
Cu	0.480	0.400	-0.022	-0.390	0.250	0.108	0.262	0.025	0.118	0.131
Fe	0.611	0.082	0.259	0.433	-0.143	0.059	0.297	-0.086	0.339	-0.157
Mn	0.506	0.216	0.014	-0.009	0.109	0.196	-0.117	0.040	0.486	-0.056
Zn	0.645	0.400	-0.160	0.265	-0.126	0.260	-0.019	0.153	-0.021	0.205
Kum	0.839	-0.255	-0.010	-0.157	0.077	-0.159	-0.144	-0.002	-0.182	-0.080
Silt	-0.474	0.040	-0.450	0.097	-0.032	0.467	-0.077	-0.047	0.087	0.189
kil	-0.780	0.305	0.311	0.140	-0.078	-0.100	0.239	0.034	0.180	-0.020
MnOx	-0.517	-0.019	0.523	-0.122	0.117	0.187	0.013	0.215	0.245	0.011
AMnOx	0.229	0.379	0.072	-0.084	0.787	0.043	0.026	0.156	-0.133	-0.193
CMnOx	-0.041	-0.139	0.280	0.291	0.295	-0.262	0.131	-0.349	-0.024	0.603
TotMNOx	0.129	0.312	0.167	-0.024	0.835	-0.064	0.056	0.062	-0.153	0.013
AmFeOx	0.364	0.047	0.337	-0.482	0.115	0.191	-0.097	-0.356	0.095	0.028
KFeOx	-0.252	-0.252	0.429	0.426	0.293	0.366	0.009	0.114	-0.048	0.293
TotFeOX	-0.171	0.024	0.838	-0.034	0.090	0.336	-0.176	-0.121	-0.051	0.029



Şekil 4. 2. PC1 ve PC2 nin dağılım grafiği

5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

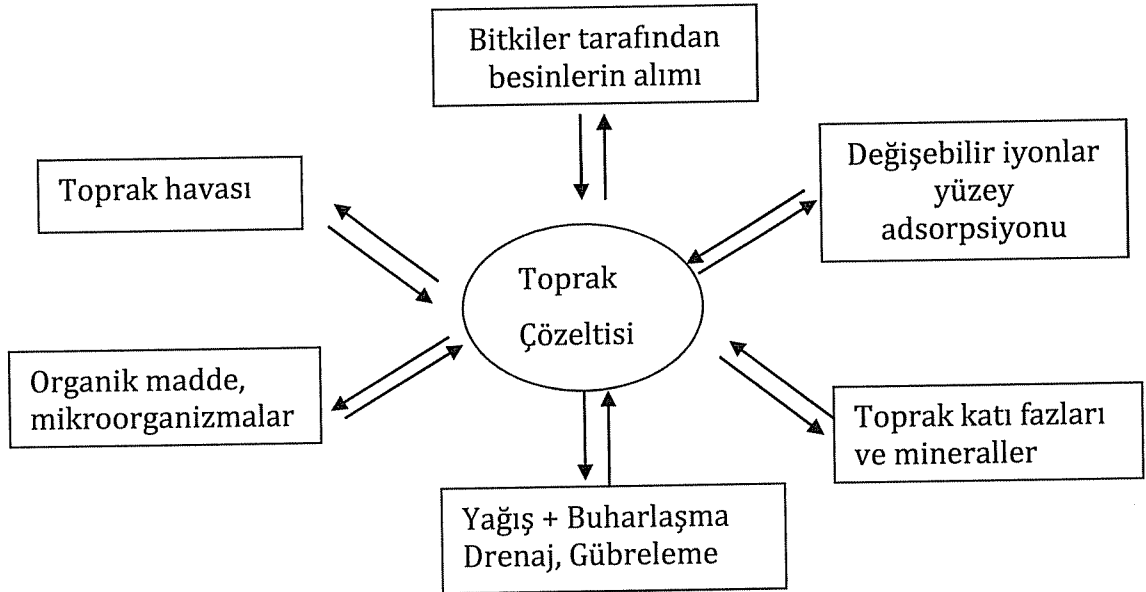
5.1. Tartışma

5.1.1. WS-EX fraksiyonu

Bu fraksiyon topraklarda genellikle çok küçük miktarlarda ($<10^{-6}$ M) bulunmaktadır (Lindsay, 1979, 2001). Benzer şekilde çalışma topraklarında da çok küçük değerler bulunmuştur. Hatta birçok toprakta ekstraksiyon sonucu elde edilen süzükte ICP-OES ile belirlenemeyecek seviye düşük konsantrasyonlar gözlenmiştir. Ancak bazı topraklarda bu fraksiyondaki Zn konsantrasyonunun oldukça yüksek değerlere ulaştığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Bu fraksiyonla toprak özellikleri arasındaki korelasyon analizleri organik madde (0.530**), yarayırlı fosfor (0.716**), DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe (0.533**) ve hidroksilamin hidroklorür ile ekstrakte edilebilen serbest Mn oksitlerin (-0,328**) etkisini ortaya koymuştur (Çizelge 4.5, 6). Topraklardaki dinamik denge çerçevesinde herhangi bir elementin toprak çözeltisindeki konsantrasyonu ya da değişebilir miktarları Şekil 5.1 de gösterilen kompleks reaksiyonlar sonucunda ortaya çıkmaktadır. Ancak, bu etkenlerin intensite faktörüne, iyonun toprak çözeltisindeki konsantrasyonuna, göreceli etkisi çevre şartlarına ve elementin özelliklerine bağlı olarak önemli ölçüde değişim gösterebilir.

Bu form içerisinde sürekli olarak toprak çözeltisinde bulunan Zn-şelat fraksiyonu da bulunmaktadır. Nitekim Hodgson vd. (1966) metallerin organik madde ile oluşturduğu şelatların Zn dahil metallerin bitkiye yarayırlılığı düşük/yarayışsız diğer formlara dönüşmesini engellediğini bildirmiştir. Glinska-Lewczuk vd. (2014), yarayırlı fraksiyonun toplam Zn kapsamına oranının organik madde içeriğiyle ilgili olduğunu ve bu değer %51.4 e kadar ulaşabildiğini rapor etmiştir. Bu çalışmada 63 nolu toprakta WS-EX fraksiyonu %10.34 e ulaşmıştır.

Toprak pH sı bu fraksiyondaki miktar üzerine önemli etkisi bulunmaktadır. Nötr ve alkaline topraklarda bu fraksiyonun son derece az olduğu bir çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Voegelin vd., 2008; Majewska vd., 2011; Zhao vd., 2011; Sepahvand ve Forghani, 2012b; Samourgiannidis ve Matsi, 2013; Waterlot vd., 2013; Joshi vd., 2014; Wiater ve Lukowski, 2014; Shaheen ve Rinkbele, 2014; Couto vd., 2015), pH da önemli değişikliklerin bitki yetiştirme sezonunda gerçekleşebildiği çeltik topraklarında indirgen koşullarda bu fraksiyon artarken; oksitlenmenin gerçekleştiği dönemlerde bu fraksiyon tekrar en küçük orana sahip olmuştur (Soltani vd., 2015). Bu fraksiyondaki oran toprakların kirlenme seviyesinde artış gösterebilmektedir. Nitekim ileri derecede kirlenmiş topraklarda bu fraksiyonun oransal payının arttığı bildirilmiştir (Rosanski, 2013; Couto vd., 2015; De Santiago-Martin vd., 2015).



Şekil 5. 1. Topraklarda besin elementleriyle ilgili dinamik denge (Lindsay, 1979)

WS-EX Zn fraksiyonunun toprakların karbonat, sebest MnOx ve AFe/MnOx miktarlarıyla da yakından ilişkili olduğu gözlenmektedir. Bu toprak bileşenleri Zn'yi potansiyel olarak bitkiye değişen seviyelerde yarıyışlı formda tutabilmektedirler. Ya da toprak çözeltisinde Zn konsantrasyonunda pozitif veya negatif yönde bir değişim olduğunda değişebilir fraksiyondan sonra en hızlı tepki veren katı fazlardır. Kabata-Pendias ve Mukherjee (2007),

topraklarda Zn dağılımında alkalın pH koşullarında Zn' nun kimyasal bağlanmaya maruz kaldığını; Al, Fe ve Mn oksit ve hidroksitlerin, karbonatların ve fosfat bileşiklerinin ise Zn'nin bitkiler tarafından alınamaz konuma dönüştürülmesinde etkili olduğunu vurgulamıştır. Bir diğer çalışmada Zn'nin yüzey topraklarında Fe, Mn oksit ile karbonat fraksiyonunda biriktiği bildirilmiştir (Iwegbue, 2007). Metallerin adsorpsiyonunda toprakların mineralojik bileşimi ile Fe ve Mn oksit içerikleri kritik öneme sahip iken ilave edilen metallerin farklı jeokimyasal fraksiyonlara dağılımında organik maddenin ve pH'nın önemli olduğunu belirlemişlerdir. Yeni ilave edilen metal iyonlarının hareketliliği nispeten yüksek olan karbonat, Mn oksit, amorf Fe/Mn oksit fraksiyonlarıyla ilgili olması (Lair vd., 2007) WS-Ex fraksiyonunun bu katı fazlarla olan negatif korelasyonlarını da açıklamaktadır.

Bu fraksiyonda yüksek miktarlarda Zn içeren topraklarda yarayışlı P içeriğinin yüksek olması topraklardaki artan konsantrasyonun fosforlu gübrelemelerle olan ilişkisini ortaya koymaktadır ($r=0.716^{**}$). Nitekim son yıllarda Türkiye genelinde Zn bitkilerde eksikliğinin yaygın olması nedeniyle (Eyüpoğlu vd., 1994) 1999 yılından itibaren Zn katkılı gübre üretimine başlanmış ve kullanımı yaygınlaşmıştır (Eraslan vd., 2010). Diğer taraftan özellikle meyve yetiştiriciliğinde kontrolsüz gübre kullanımı sözkonusudur. Zn katkılı gübreler kullanılmamış olsa bile gübrelerin ve diğer tarımsal girdilerin içerisindeki Zn safsızlığı uzun dönemde böyle bir artışa neden olabilir. Nitekim bu fraksiyonla ilgili aşırı sağa kuyruklanma sonradan oluşan bu artışa işaret etmektedir.

5.1.2. Car-Zn fraksiyonu

Bu fraksiyon Zn girdisi ve kireç içeriği yüksek olan topraklarda genellikle önemli miktarlarda bulunabilmektedir. Asit karakterli topraklarda ise miktarı artan asitlikle ters orantılı olarak değişim göstermektedir. Araştırma topraklarında bu fraksiyon %0.268-16.91 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.4, Ek A.3). Bu fraksiyonla toprak özelliklerinden kum (0.284^*), yarayışlı Cu (0.276^*) ve yarayışlı fosfor içeriği (0.243^*) ile pozitif önemli ilişkiler belirlenirken; kil (-0.263^*), KFeOx (0.240^*), TFeOx (-0.303^*) önemli negatif,

serbest Mn oksit içeriği ile çok önemli negatif korelasyonlar tespit edilmiştir (Çizelge 4. 5, 6). Diğer taraftan ekstra edilen Zn fraksiyonlarından WS-EX, MnOX ve AFeOx ile pozitif, bakiye fraksiyonla negatif ilişki söz konusudur.

Kum ile arada olan ilişki aslında somut ve doğrudan bir ilişki değildir. Bu ilişki ancak bu fraksiyonun oransal dağılımında önemli olan diğer bileşenlerin miktarının azalmasına bağlı dolaylı bir etkidir. Glinska-Lewczuk vd. (2014) kum içeriği ile toplam Zn arasında negatif ilişki bulmuştur. Kum içeriğinin artması alüvyal etkinin ve sekonder karbonat oluşumuyla ilişkilidir. Bu bağlamda aradaki pozitif ilişki belirli bir anlam kazanmaktadır.

Yarayışlı Cu ve P ile aradaki ilişki ise yörede uygulanan tarım pratikleri ile ilgilidir. Nitekim topraklardaki yarayışlı Cu ve P sağdan kuyruklanan bir frekans dağılımı göstermiştir. Yani yapılan bazı uygulamalarla bu iki elementin konsantrasyonu artmaktadır. Bu artış beraberinde Zn konsantrasyonunu da arttırmaktadır. Benzer şekilde Akkajit ve Tongcumpou (2010), korelasyon analizleri Cd ile Zn dahil diğer ağırmetallerin yarayışlı ve/veya toplam konsantrasyonları arasında önemli pozitif ilişkiler bulunduğunu göstermiştir. Yeni ilave edilen Zn de ilk olarak yarayışlılığı nispeten yüksek fakat stabilitesi düşük olan yapılar tarafından tamponlanmaktadır. Kompoze mikroelement uygulamalarının özellikle meyve bahçelerinde yaygın olması, taban veya fosforlu gübrelerin Zn içeren formlarının uygulanması bunda bir etken olabilir. Nitekim farklı pratiklerle ilave edilen Zn'nin zaman içerisinde karbonat fraksiyonunda artışlara neden olduğunu belirlenmiştir (De Santiago-Martin vd., 2015; Sanchez-Martin vd., 2007; He vd., 2009). Yine yapılan diğer çalışmalarda ilave edilen Zn'nin $ZnCO_3$ (Mengel ve Kirkby, 2001; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007) veya hidrozinkit (Uygur ve Rimmer, 2000) şeklinde çökelerek çözelti fazından uzaklaştırıldığı bildirilmiştir. Bu çalışmadakine benzer şekilde çinko, yüzey topraklarında Fe, Mn oksit ile karbonat fraksiyonunda bulunduğu belirlenmiştir (Iwegbue, 2007). Ayrıca, potansiyel olarak hareketliliği ve bitkiye yarayışlılığı yüksek karbonatlara, Fe-Mn oksitlere ve organik maddeye bağlı fraksiyonların oranı rizosfer toprağında rizosfer dışı toprağa göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Wang vd., 2009).

Kil, KFeOx, TFeOx ve Mn oksit içeriği ile ilgili negatif korelasyonların temel nedeni bu bileşenlerin yüksek reaksiyon yüzeyleri nedeniyle ve Zn ile kovalent bağ oluşturma eğilimleri nedeniyle elementin karbonatlar yerine bu bileşenler tarafından adsorbe edilmesiyle ilişkilidir. Nitekim benzer ilişkiler Zn adsorpsiyonunda Uygur ve Rimmer (2000) tarafından da bildirilmiştir.

Bu fraksiyondaki konsantrasyonun artmasıyla potansiyel olarak hareketliliği yüksek fraksiyonlarında artması sözkonusudur ki bu durum WS-EX, MnOX ve AFeOx ile pozitif; bakiye Zn ile negatif korrelasyon şeklinde kendini göstermiştir. Benzer şekilde, potansiyel olarak hareketliliği ve bitkiye yarayışlılığı yüksek karbonatlara, Fe-Mn oksitlere ve organik maddeye bağlı fraksiyonların oranı rizosfer toprağında rizosfer dışı toprağa göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Wang vd., 2009). Bu bağlamda bakiye Zn ile negatif korelasyon, topraklarda son zamanlarda meydana gelen Zn zenginleşmesinin bir işareti olarak kabul edilebilir.

5.1.3. MnOx-Zn fraksiyonu

Bu fraksiyon Zn ilavesinin yüksek olduğu topraklarda genellikle önemli miktarlarda bulunabilmektedir. Zira Mn oksitler Zn'ye karşı affinitesi yüksek olan bir toprak bileşenidir (Alloway, 1996; Li vd., 2009). Topraktaki miktarları çok az olmasına rağmen araştırma topraklarında bu fraksiyon %0.15-2.39 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.4, Ek A.3). Bu fraksiyonla toprak özelliklerinden kum (0.394**), yarayışlı Na (0.355**), yarayışlı Cu (0.511**), Fe (0.368**), Mn (0.280*) ve Zn (0.407**) ve AFeOx (0.256*) ile önemli ve çok önemli pozitif ilişkiler belirlenirken; amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Ca (-0.501**), kireç (-0.401**), silt (-0.337**), kil (-0.291*) önemli ve çok önemli negatif korelasyonlar tespit edilmiştir (Çizelge 4. 5, 6). Diğer taraftan ekstrakte edilen Zn fraksiyonlarından AFeOx-Zn (0.309**) ve ilişki sözkonusudur.

Yarayışlı besin elementleri ile aradaki çok önemli korelasyonlar yörede uygulanan tarımsal pratiklerin bir sonucudur. Zira meyve bahçelerinde

bahsedilen mikroelementler kompose karışımlar şeklinde sürekli olarak uygulanmaktadır. Nitekim hem bu elementlerin hem de bu fraksiyonun frekans dağılımının normalden sapmasını gösteren çarpıklık katsayısı sağdan kuyruklanma göstermektedir. Bu da bazı toprakların yapılan gübreleme uygulamalarından kaynaklanan anormal yüksek değerler gösterdiğinin işaretidir. Bu bağlamda Lair vd. (2007), Fe ve Mn oksitlerin metallerin adsorpsiyonundaki önemini vurgulayarak, yeni ilave edilen metal iyonlarının hareketliliği yüksek fraksiyonlarda; toprakta var olan ağır metallerin ise daha çok hareketsiz/çözünürlüğü düşük fraksiyonlarda bulunduğunu bildirmiştir. Sanchez-Martin vd. (2007) topraklara Zn ilavesi yapıldığında, Wang vd. (2009) rizosfer etkisiyle konsantrasyonu arttığında, He vd. (2009) ve Stietiya ve Wang (2011) domuz gübresi/atık çamurdaki organik yapıların kompostlaşması sırasında, bu fraksiyondaki Zn miktarının arttığını bildirmişlerdir. Zhao vd. (2011) çeltik topraklarında bu fraksiyonun daha da önemli olduğunu bildirmektedir. Zira indirgenme ve oksitlenme sürecinde serbest Mn oksitler çözünerek oksidasyon sürecinde toprak çözeltisinde bulunan Zn ile tekrar çökelebilmektedir. Benzer yaklaşımla model toprakta çalışan Rozanski (2013) ilave edilen ağır metallerin Fe/Mn oksit fraksiyonunda birikim gösterdiğini belirlemiştir. Samourgiannidis ve Matsi (2013) asit topraklarda Zn'nin yayayışlı miktarlarının Tessier metodundaki Fe/Mn oksit ve organik maddeye bağlı fraksiyonlarla önemli pozitif korelasyon verdiğini bildirmiştir.

Amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Ca (-0.501**), kireç (-0.401**), miktarıyla olan negatif ilişkiler ise bu bileşenlerin fazla olması Car-Zn fraksiyonunun oluşumunu teşvik ettiğini işaret etmektedir. Silt (-0.337**) ile elde edilen ilişkide topraklaraki kirecin yoğunlukla silt boyutunda olması ile ilişkilendirilebilir. Kil (-0.291*) miktarının fazla olması da değişebilir formda tutulmayı teşvik edeceğinden bu fraksiyonun oluşmasına negatif olarak etkileyebilir.

5.1.4. AFeOx-Zn fraksiyonu

Bu fraksiyon Zn ilavesinin yüksek olduğu topraklarda genellikle önemli miktarlarda bulunabilmektedir. Zira amorf Fe oksitler, ki kısmen amorf yapıda reaktivitesi yüksek Mn oksitleride bulundurur, Zn ye karşı affinitesi yüksek olan bir toprak bileşenidir (Alloway, 1996; Li vd., 2009; Samourgiannidis ve Matsi, 2013; Shaheen ve Rinklebe, 2014). Nitekim Zu vd. (2014) Pb ve Zn nin farklı fraksiyonlardaki birikimin toprağın Fe/Mn oksit ve organik madde içeriğine bağlı olarak değişim gösterdiği bildirilmiştir. Diğer taraftan De Santiago-Martin vd. (2015) Fe/Mn oksitlerin ağır metal ilavelerinde stabil olmayan geçiş fraksiyonları olduğunu rapor etmiştir.

Amorf Fe oksitlerin topraktaki miktarları çok az olmasına rağmen araştırma topraklarında bu fraksiyon %6.34-38.81 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.4, Ek A.3). Bitkilerin potansiyel olarak yararlanabileceği ve element ilavesinden en çok etkilenen bu fraksiyonla toprak özelliklerinden yarayışlı Mg (0.312**), P (0.316**), Cu (0.314**) ve Mn (0.287*), AFeOx (0.309**) ile önemli ve çok önemli pozitif ilişkiler belirlenirken; KFeOx (-0.261*) ile önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir (Çizelge 4. 5, 6). Farklı Zn fraksiyonları ile olan ilişkileri değerlendirildiğinde ise T-Zn (0.608**) ve DTPA-Zn (0.503**) ile çok önemli korelasyonlar belirlenmiştir.

Yarayışlı elementlerden Mg büyük ölçüde toprak oluşum süreciyle ilgili olduğu değerlendirilebilir. Ancak diğer yarayışlı elementlerle olan pozitif korelasyonlar uygulanan gübreleme programlarının bir sonucudur. Topraklara ilave edilen Zn topraktaki amorf Fe/Mn oksitler tarafından toprak çözeltisinden uzaklaştırılmaktadır. Stietiya ve Wang (2011) atık çamurla ilave edilen Zn nin büyük oranda amorf Fe/Mn oksitler tarafından tamponlandığını bildirmiştir. Shaheen ve Rinklebe (2014) toprakların toplam Zn içeriklerinin kristalin ve amorf Fe/Mn oksitlerle yüksek korelasyonlar verdiğini belirlemiştir. Zu vd. (2014) ağır metallerin, Zn dahil, toprak profilindeki hareketliliğinde ve fraksiyonlar arasındaki dağılımında toprakların Fe/Mn oksit içeriklerinin kritik öneme sahip olduğunu rapor etmiştir. Kristalin Fe ile elde edilen önemli negatif

korelasyon ise zamanla bu fraksiyondaki Zn'nin kristalin yapılara dönüştüğünün belirtisi olarak kabul edilebilir.

Fraksiyonlar toplamı (T-Zn) ve EDTA-Zn ile ekstrakte edilen yüksek pozitif korelasyonlar ise bu fraksiyonun toplam fraksiyondaki yüksek payı ve gübrelerle ilave edilen Zn'nin yüksek olması ile açıklanabilir.

5.1.5. KFeOx-Zn fraksiyonu

Bu fraksiyon AFeOx-Zn fraksiyonunun yaşlanmasıyla oluşan, amorf yapıların kristal yapıya geçtiği fraksiyondur. Bu geçişi Soltani vd. (2015) in çeltik arazilerinde yaptığı çalışmada da göstermektedir. Bu çalışmada indirgen koşullarda Zn fraksiyonları oransal olarak çözünebilir + değişebilir (WE) < kristalin seskioksitler (Cry) < Mn oksitler (MN) < organik (Org) < amorf seskioksitler (Amor) < bakiye (Res) şeklinde sıralanırken; oksidasyon koşullarında fraksiyonların büyüklük sırası WE < MN < Cry < Org < Amorf < Res şeklinde bulunmuştur. Dolayısıyla normal havalanan topraklarda bu fraksiyon oldukça stabildir. Bu fraksiyon AFeOx ve Res fraksiyonla kıyaslandığında daha düşük miktarlarda kalmıştır. Adhikari ve Rattan (2007) indirgen topraklarda Zn nin çok az bir kısmının bu fraksiyonda bulunduğunu bildirmiştir.

Amorf Fe oksitlerin topraktaki miktarları çok az olmasına rağmen araştırma topraklarında bu fraksiyon %7.30-27.10 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.4, EK A.3). Bitkilerin potansiyel olarak yararlanamadığı ve AFeOx fraksiyonunun stabil hale dönüşmesiyle miktarı artan sadece toprak pH sı ile negatif önemli korelasyon tespit edilmiştir. Bu fraksiyondaki Zn konsantrasyonu ile Zn fraksiyonları toplamı (0.327**) arasında çok önemli korelasyonlar belirlenmiştir.

Toprak pH sı arttıkça Fe oksitlerin stabilitesinde artış, çözünürlüğünde ise azalma meydana gelmektedir (Lindsay, 1979, 2001). Bu durum Fe oksitlerin diğer metallere karşı ilgisini ve reaktivitesini önemli ölçüde düşürmektedir.

Bu fraksiyon stabil depo fraksiyonu olduğu için sürekli Zn ilavesi olan koşullarda miktarları yüksek olabilmektedir. Bu yükseklik bu araştırmada bulunduğu üzere fraksiyonlar toplamı ile pozitif bir korelasyona neden olmaktadır.

5.1.6. OS-Zn fraksiyonu

OS-Zn fraksiyonu topraklarda Zn in yarayışlılığını ve fraksiyonlar arasında dağılımlarını belirleyen bir fraksiyondur (Lair vd., 2007; Obrador vd., 2007). Genellikle topraklarda yüksek miktarlarda bulunmamaktadır (Emmerich vd., 1982; Berthet vd., 1984; Hickey ve Kittrick, 1984; Adhikari ve Rattan, 2007; Obrador vd., 2007).

Atabey Ovası topraklarında OS-Zn fraksiyonu %1.14-21.55 aralığında değişmektedir. Genel ortalaması %3.723 şeklinde olup oldukça kűçük bir orandır. Buradaki en yüksek değer sadece bir toprak için elde edilmiştir ki bu toprak yüksek organik madde iğeriği (%6.94) ile diğer topraklardan farklıdır. Bu fraksiyonla toprak ۆzelliklerinden pH (-0.254*), EC (-0.236*) ve yarayışlı K (-0.274*) arasında ۆnemli negatif; KFeOx (0.340**) ile çok ۆnemli pozitif korelasyonlar belirlenmiştir (izelge 4. 5, 6).

Zn'nin topraktaki özünűrlűđű pH arttıķa ۆnemli oranda azalmaktadır. Dolayısıyla topraktaki bitkiye yarayıřlı fraksiyonlardan birisi olan bu fraksiyon toprak pH'sı ile azalmaktadır. Diđer taraftan toprak oluřum sűreci ięerisinde toprak pH'sının yüksek olması toprak oluřumunun yavař veya sınırlı olduđunun gۆstergesidir ki, bu durum mineral yapılardan daha az miktardaki Zn nin açıđa çıkmasını gerektirir. Bu da var olan organik yapılarla Zn nin řelatlařma/adsorbe edilmesini ۆnemli ۆlűde sınırlandırabilir (Hodgson vd., 1966). Nitekim topraklarda Zn noksanlıđının, genelde yüksek pH, kireç (akmak vd., 1996; Torun ve akmak, 2004), metal oksitler, dűřűk organik madde, kil tipi ve kil miktarından kaynaklandıđı (Marschner, 1995) bildirilmektedir. Yۆre topraklarının organik madde ięeriklerinin genelde dűřűk olması (EK A1) bu oluřumu detekleyen bir durumdur. Obrador vd. (2007) asitten nۆtrale deđiřen

topraklarda, Zhao vd. (2011) çeltik topraklarında, organik maddeye bağlı fraksiyonun oransal olarak en az olan 2. fraksiyon olarak bildirmiştir. Diğer taraftan Diesing vd. (2008) kirlenmiş topraklarda EXAFS ile yaptığı çalışmalarda, Zn nin yarısının organik madde tarafından zayıf bir şekilde bağlanmış olarak ve/veya organik ve inorganik toprak bileşenleri üzerinde fiziksel adsorpsiyon mekanizmalarıyla bağlandığını göstermiştir. Paralel şekilde bu fraksiyonda yüksek miktarda Zn bulunduran 63 nolu toprağın durumunu açıklamaktadır. Topraklarda gübreleme uygulamalarına bağlı olarak Zn nin artması da bu fraksiyonun miktarı üzerine pozitif bir etki oluşturmaktadır. Wang vd. (2007) organik maddeye bağlı fraksiyonun oranı organik maddenin ve Zn' nin daha yüksek olduğu rizosfer toprağında rizosfer dışı toprağa göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Pestisit uygulamalarıyla Cu ve Zn ilavesi olan topraklarda organik maddeye bağlı fraksiyonun miktarında artış gözlenmiştir (Couto vd., 2015).

Organik fraksiyon ile KFeOx-Zn fraksiyonu arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur. Benzer şekilde Tessier metodundaki Fe/Mn oksit ve organik maddeye bağlı fraksiyonlarla önemli pozitif korelasyonlar bildirilmiştir (Samourgiannidis ve Matsi, 2013).

5.1.7. R-Zn fraksiyonu

Bu fraksiyon önceki fraksiyonlarda ekstrakte edilemeyen büyük ölçüde topraktaki primer ve sekonder minerallerin yapısında yer alan Zn'yi ifade etmektedir. Bu fraksiyon büyük ölçüde toprağın genetik özellikleri ile ilgilidir. Nitekim pestisit kaynaklı Cu ve Zn zenginleşmesinin olduğu ve pestisit kullanılmayan topraklarda yaptıkları analizlerde kontrol arazisindeki Zn nin büyük kısmının bu fraksiyonda yer aldığını bildirmiştir. Diğer taraftan 81 tarım toprağında yapılan çalışmada tekstürden bağımsız olarak Zn' nin en fazla bu fraksiyonda bulunduğu tespit edilmiştir.

Atabey Ovası topraklarının bir kısmı yüksek pestisit ve gübre kullanımının olduğu meyve arazilerinden; bir kısmı da düşük girdi yönetimi olan tarla tarımı

arazilerinden oluşmaktadır. Bu bağlamda bakiye fraksiyonda %23.40-73.20 arasında Zn bulunmaktadır. Bitkilere yarayışlı olmayan bu fraksiyonla toprak özelliklerinden kireç (-0.458**) ve kum (-0.396**) içeriği çok önemli negatif korelasyonlar; kil (0.471**), KDK (0.500**), yarayışlı K (0.273*), MnOx (0.398**) ve TFeOx (0.609**) önemli ve çok önemli pozitif ilişkiler vermiştir. Bu fraksiyondaki Zn konsantrasyonu ile Car-Zn (-0.411**) arasında çok önemli negatif korelasyon belirlenmiştir.

Toprakların kireç ve kum içeriği arttıkça bakiye fraksiyon içerisindeki mineral yapılar azalacağı için arada negatif bir korelasyon söz konusudur. Kireç miktarının fazla olması diğer taraftan Car-Zn fraksiyonunu arttıracığından bakiye fraksiyon üzerine negatif bir etkisi olacaktır.

Kil, KDK ve yarayışlı K ile R-Zn arasındaki pozitif ilişki ise direk kil mineralleri üzerinden meydana gelmektedir. Zira toprakta kil miktarı arttıkça hem KDK hem de yarayışlı K miktarında bir artış olmaktadır (Uygur vd., 2010). MnOx ve TFeOx miktarı da primer ve sekonder minerallerin miktarıyla ilişkili olup toprak oluşum sürecinde miktarları artma eğilimindedir (Şenol vd., 2014).

Car-Zn ile aradaki negatif korelasyon toprakların karbonat içeriğindeki artışla bu fraksiyonun artması ve bakiye fraksiyonu bağlayan mineral yapıların göreceli olarak azalmasıyla ilişkilidir. Topraklarda kireç ne kadar fazla ise doğal olarak diğer primer ve sekonder minerallerin oransal miktarları da o derece düşük demektir.

5.1.7. DTPA-Zn fraksiyonu

Bu fraksiyon kısmen WS-EX, Car-Zn, MnOx, OS ve AFeOx fraksiyonlarını bir arada içeren bir fraksiyondur. Bu fraksiyonların hepsi potansiyel olarak mobil olabilen fraksiyonlardır. Emmerich vd. (1982), Berthet vd. (1984) ve Hickey ve Kittrick (1984) topraklarda suda çözünebilir, organik ve değişebilir formların yarayışlılığı yüksek; okside formların daha az yarayışlı olduğunu bildirmişlerdir.

DTPA-Zn ile toprak özelliklerinden kil (-0.438**), MnOx (-0.321**) içeriği ile negatif; organik madde (0.466**) ve kum (0.381**) içeriği, amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Na (0.435**), Olsen-P (0.684**), yarayışlı Cu (0.441**), Fe (0.488**) ve Mn (0.304*) konsantrasyonu ile pozitif önemli ilişkiler elde edilmiştir. EDTA-Zn, diğer Zn fraksiyonlarından WS-EX (0.574**), Car-Zn (0.391**), MnOx-Zn (0.407**), AFeOxZn (0.503**) ve T-Zn (0.324**) ile çok önemli korelasyonlar vermiştir.

DTPA-Zn ile kil içeriği arasındaki önemli negatif korelasyon bakiye fraksiyon üzerinden ortaya çıktığı düşünülmektedir. Zira bakiye fraksiyon hem toplamda önemli bir paya sahip hem de bitkiye yarayışlılığı düşük olan bir fraksiyondur. Potansiyel mobil fraksiyonların bir fonksiyonu olarak ortaya çıkan DTPA-Zn ve Cu'nun kil miktarı ile negatif korelasyon verdiği bildirilmiştir (Shaheen ve Rinklebe, 2014). Bir başka çalışmada ağır metallerin hareketlilikleri ve dağılımlarının belirlenmesinde kil içeriğinin önemi vurgulanmıştır (Zu vd., 2014; Soltani vd., 2015).

Organik madde oluşturduğu şelatlarla bu fraksiyona pozitif katkı sunarken; kum içeriği yarayışlı Zn'yi bağlayan yarayışlılığı ve hareketliliği düşük olan fraksiyonların azalmasına neden olduğu için dolaylı olarak EDTA-Zn'ye pozitif katkı sunmaktadır. Benzer sonuçlar birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (bkz. önceki çalışmalar).

Yarayışlı elementlerin katkısı direk olarak gübreleme programlarının bir sonucu olarak değerlendirilmiştir. Burada gübreleme programlarında yer almayan amonyum asetatla ekstrakte edilebilen Na faktörü vardır ki bunun etkisi daha çok toprak genesisi ile ilgili olup artan Na toprakların pH sınırı artırma eğilimindedir (Usta, 1995). Torakta artan bakteri aktivitesinin artması ile artan pH da organik maddenin daha fazla miktarlarının çözünebilir hale gelmesine neden olmakta bu da Zn şelat oluşumuna katkı sunmaktadır.

EDTA-Zn, diğer Zn fraksiyonlarından WS-EX, Car-Zn, MnOx-Zn ve AFeOxZn arasındaki pozitif ilişkiler yukarıda belirtildiği üzere bu fraksiyondaki miktar

büyük ölçüde bahsedilen fraksiyonların bir fonksiyonu olarak meydana gelmektedir. Bu da oğal olarak bir pozitif korelasyonu ortaya çıkarmaktadır. T-Zn ile olan pozitif ilişki ise sözkonusu potansiyel mobil fraksiyonların toplamının tüm fraksiyonlar içerisindeki payının bir sonucu olarak değerlendirilmiştir. Ödemir vd. (2007) katenasal değişim gösteren topraklarda yarayışlı Zn nin toplam Zn ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

5.2 Sonuçlar

Atabey Ovasından 20 toprak serisinden alınan toplam 70 adet toprak örneğinde tanımlayıcı detaylı analizler yapılmıştır. Tanımlayıcı analizler topraklarda belirli bir benzerlik olmasına rağmen bazı toprakların belirgin şekilde farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Örneğin ova genelinde ortalama organik madde %2 den daha az olmasına rağmen bir toprak örneğinde organik madde %6.94 bir toprak örneğinde ise %4.36 gibi oldukça sıradışı bir değer göstermiştir. Benzer şekilde bir toprakta %0.51 organik madde içeriği düşük ekstrem değer olarak bulunmuştur. Diğer özelliklerde de benzer durumlar sözkonusudur.

Çinkonun ova topraklarındaki durumunun detaylı şekilde incelenmesi için topraklara 7 aşamalı kademeli ekstraksiyon yöntemi başarı ile uygulanmıştır. Bu maksatla topraklarda WS-EX, Car-Zn, OS-Zn MnOx-Zn, AFeOx-Zn, KFeOx-Zn, OS-Zn ve R-Zn fraksiyonları belirlenmiştir. Ova topraklarında bu fraksiyonların ortalama dağılım sırası küçükten büyüğe doğru WS-EX (%0.304) < MnOx-Zn (%0.555) < Car-Zn (%3.096) < OS-Zn (%3.723) < KFeOx-Zn (%14.97) < AFeOx-Zn (19.61) < R-Zn (%57.74) şeklinde gerçekleşmiştir. Bu fraksiyonlardan WS-EX, Car-Zn, OS-Zn MnOx-Zn ve AFeOx-Zn fraksiyonlarının Zn nin yarayışlı miktarlarıyla yakından ilişkili olduğu özellikle tarımsal uygulamalarla artan Zn konsantrasyonu bu fraksiyonların oransal değerlerinde artışlar olduğu belirlenmiştir.

KFeOX-Zn ve R-Zn fraksiyonlarının ise çoğunlukla hareketli fraksiyonlarda düşük oranların bulunduğu topraklarda ekstrem değerler gösterdiği

bulunmuştur. Bu da bu fraksiyonlardaki Zn nin daha çok toprak genesisi ile ilişkili olduğu sonucuna ulaştırmıştır.

Topraklarda WS-EX fraksiyonunun toprak özelliklerinden organik madde ile pozitif MnOx içeriği ile ise negatif yönde etkilemiştir. Tarımsal uygulamaların ve toprak yönetiminin neticesi olan yarayışlı yarayışlı P (r: 0.716**) ve Fe (r: 0.533**) bu fraksiyon üzerinde çok önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Car-Zn ile yarayışlı Cu arasındaki yüksek ilişki özellikle meyve bahçelerinde bordo bulamacı uygulamalarının bir nitecisi olduğu değerlendirilmiştir. Diğer taraftan yarayışlı fosfor ile olan ilişki fosforlu gübrelemelerin de topraklara Zn girdisinde önemli bir role sahip olduğunu düşündürmüştür. Tarımsal uygulamalardan kaynaklanan bu yükselmenin topraklardaki serbest MnOX, KFeOx ve TFeOX bileşenlerince kısmen tamponlanabileceği belirlenmiştir.

Yöre topraklarında özellikle meyve bahçelerinde ciddi bir kirlilik yükünün olduğu bunda da fosforlu gübreleme, bordo bulamacı uygulamaları ve kompoze mikroelement uygulamalarının önemli payı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

- Abd-El-Hady, BA., 2007. Effect of Zinc Application on Growth and Nutrient Uptake of Barley Plant Irrigated With Saline Water. *Journal of Applied Sciences Research*, 3 (6), 431-436.
- Adhikari, T., Rattan, R. K., 2007. Distribution of Zinc Fractions in Some Major Soils of India and The Impact on Nutrition of Rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38, 2779-2798.
- Akkajit, P., Tongcumpou, C., 2010. Fractionation of Metals in Cadmium Contaminated Soil: Relation and Effect on Bioavailable Cadmium. *Geoderma*, 156, 126-132.
- Akgül M., Başayığit L., Uçar Y., Müjdecı M., 2001, Atabey Ovası Toprakları. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, 15(1), 71, Isparta.
- Alloway, B.J. 1996. Heavy Metal in Soils. Halsted Press, John Wiley & Sons Inc., London.
- Alpaslan, M., Güneş, A., İnal, A., 2005. Deneme Tekniğı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın no:1543, Ankara.
- Arcasoy, 1997. İnsan Sağlığında Çinkonun Önemi. 1.Ulusal Çinko Kongresi.12-16 Mayıs, Eskişehir,11-17.
- Baysal, A., 1998. Gıdaların Çinko İçerikleri ve Diyet Çinkosunun Biyoyararlılığı. 1. Ulusal Çinko Kongresi (Tarım, Gıda ve Sağlık), s.19-24, Eskişehir.
- Berkman, E. T., Reise, S. P., 2011. A Conceptual Guide to Statistics Using SPSS. Sage ISO 690.
- Berthet , B., Amiard, J.C., Triquet, C., Metayer, C., 1984. Experimental Study of Relationship Between the Physicochemical Form of Zinc and its Bioavailability. Application to the Agricultural Utilization of Sewage Sludges. *Plants Soil*, 82, 231 -246.
- Bingham, F.T., Page, A.L., Sims, J.R., 1964. Retention of Cu and Zn by H-montmorillonit. *Soil Science Society of America Proceedings*, 28, 351 - 354.
- Couto, R. D., Benedet, L., Comin, J. J., Belli, P., Martins, S. R., Gatiboni, L. C., Radetski, M., de Valois, C. M., Ambrosini, V. G., Brunetto, G. 2015. Accumulation of Copper and Zinc Fractions in Vineyard Soil in the Mid-Western Region of Santa Catarina, Brazil. *Environmental Earth Sciences*, 73, 6379-6386.
- Çakmak, İ., Yılmaz, A., Kalaycı, M., Ekiz, H., Torun, B., Erenoglu, B., Braun, H.J. 1996a. Zinc Deficiency as a Critical Problem in Wheat Production in Central Anatolia. *Plant and Soil*, 180, 165-172.

- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniveristesi Yayın. No: 143, Erzurum, s: 90-95.
- de Santiago-Martin, A., Quintana, J. R., Valverde-Asenjo, I., Lafuente, A. L., Gonzalez-Huecas, C. 2015. Temporal Trends of Metal Extractability in Calcareous Soils Affected by Soil Constituents and Metal Contamination Levels. *International Journal of Environmental Research*, 9, 323-332.
- de Santiago-Martin, A., Valverde-Asenjo, I., Quintana, J. R., Gonzalez-Huecas, C., Lafuente, A. L. 2013. Soil Properties Affecting Metal Extractability Patterns in Periurban Calcareous Agricultural Soils in the Mediterranean Area. *International Journal of Environmental Research*, 7, 831-840.
- Diesing, W. E., Sinaj, S., Sarret, G., Manceau, A., Flura, T., Demaria, P., Siegenthaler, A., Sappin-Didier, V., Frossard, E. 2008. Zinc Speciation and Isotopic Exchangeability in Soils Polluted with Heavy Metals. *European Journal of Soil Science*, 59, 716-729.
- Doran, J. W., Jones, A. J., 1996. Methods for Assessing Soil Quality. Soil Science Society of America Inc., Wisconsin, USA.
- Ellis, B.G., Knezek, B.D., 1972. Adsorption Reactions Micronutrients in Soils. p. 59-78.
- Emmerich , W.E., Lund, L.J., Page, A.L., Change, A.C., 1982. Solid Phase Form of Heavy Metals in Sewage Sludge – Treated Soils. *Journal of Environmental Quality*, 11, 178-181.
- Eraslan, F., İnal, A., Güneş, A., Erdal, İ., Coşkan, A. 2010. Türkiye’de Kimyasal Gübre Üretim ve Tüketim Durumu, Sorunlar, Çözüm Önerileri ve Yenilikler. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi. 11-15 Ocak 2010, Ankara.
- Eyupoglu, F., Kurucu, N ve Sanisa, U. 1994. Status of plant available micronutrients in Turkish soils (in Turkish). Annual Report, Report No: R-118. Soil and Fertilizer Research Institute, Ankara, 1994; 25-32
- Eyüpoglu, F. Kurucu, N., Talaz, S. 1998. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararışlı Bazı Mikroelementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. T.C. Basbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, 72 s.
- Finzgar, N., Tlustos, P., Lestan, D. 2007. Relationship of Soil Properties to Fractionation, Bioavailability and Mobility of Lead and Zinc in Soil. *Plant Soil and Environment*, 53, 225-238.
- Forbes, E.A., Posner, A.M., Quirk , J.P. , 1976. The Spesific Adsorption of Divalent Cd, Co, Cu, Pb and Zn on Geothite. *Journal of Soil Science*, 27, 154 – 166.

- Gee, G.W., Hortage K.H., 1986. Particle- Size Analysis. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Minerological Methods Second Edition. Agronomy No: 9. p: 383-441.
- Glinska-Lewczuk, K., Bieniek, A., Sowinski, P., Obolewski, K., Burandt, P., Timofte, C. M. 2014. Variability of Zinc Content in Soils in a Postglacial River Valley - A Geochemical Landscape Approach. Journal of Elementology, 19, 361-376.
- Günes, A., Alpaslan, M., Unal, A. 2000. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1514, 576 s., Ankara.
- Hakerlerler H., Ş. Aydın, M. E. İrget, U. Aksoy, M. Tutam. 1999. The Effect of Soil and Foliage Applied Zinc on Yield and Quality of Fig. (*Ficus carica* L. cv *sarilop*) for Drying, in: J. Beeh (Ed.), 5th International Meeting on Soils with Mediterranean Type of Climate, 256-260 (IMSMT) Barcelona (Castalonia), July 4-9, Spain, p.1071.
- He, M. M., Li, W. H., Liang, X. Q., Wu, D. L., Tian, G. M. 2009. Effect of Composting Process on Phytotoxicity and Speciation of Copper, Zinc and Lead in Sewage Sludge and Swine Manure. Waste Management, 29, 590-597.
- Hernandez-Moreno, J. M., Rodriguez-Gonzalez, J. I., Espino-Mesa, M. 2007. Evaluation of the BCR Sequential Extraction for Trace Elements in European Reference Volcanic Soils. European Journal of Soil Science, 58, 419-430.
- Hickey, M.G., Kittrick, J.A., 1984. Chemical Partitioning of Cadmium, Copper, Nickel and Zinc in Soils and Sediments Containing High Levels of Heavy Metals. Journal of Environmental Quality, 13, 372-376.
- Hodgson, J.F. Lindsay, W.L., Trierweiler, J.F. 1966. Micronutrient Cation Complexing in Soil Solution. II. Complexing of Zinc and Copper in Displacing Solution From Calcareous Soils. Soil Science Society of American Proceedings, 30, 723-726.
- Iwegbue, C.M.A. 2007. Metal Fractionation in Soil Mechanic Waste Dumps Profiles at Automobile. Waste Management and Research, 25, 585-593.
- Jacquat, O., Voegelin, A., Kretzschmar, R. 2009. Soil Properties Controlling Zn Speciation and Fractionation in Contaminated Soils. Geochimica Et Cosmochimica Acta, 73, 5256-5272.
- Jacquat, O., Voegelin, A., Villard, A., Marcus, M. A., Kretzschmar, R. 2008. Formation of Zn-Rich Phyllosilicate, Zn-Layered Double Hydroxide and Hydrozincite in Contaminated Calcareous Soils. Geochimica Et Cosmochimica Acta, 72, 5037-5054.
- Jordan, M. M., Montero, M. A., Pina, S., Garcia-Sanchez, E. 2009. Mineralogy and Distribution of Cd, Ni, Cr, and Pb in Biosolids-Amended Soils From Castellon Province (NE, Spain). Soil Science, 174, 14-20.

- Joshi, D., Srivastava, P. C., Dwivedi, R., Pachauri, S. P. 2014. Chemical Speciation of Zn in Acidic Soils: Suitable Soil Extractant for Assessing Zn Availability to Maize (*Zea Mays* L.). *Chemical Speciation and Bioavailability*, 26, 148-157.
- Kabata Pendias, A., Mukherjee, A.B., 2007. Trace Elements from Soil to Human. ISBN - 13, Springer-Verlag Berlin.
- Kacar, B., Katkat, A.V. 1998. Bitki Besleme. Uludag Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yay. No: 127. V8PAS Yayınları: 3, 595 s, Bursa.
- Khoogar, Z., Maftoun, M., Karimian, N., Sepaskhah, R. 1999. Vegetative Growth and Chemical Composition of Tomato Plants as Affected by Different Types of Salt Stress and Zinc Fertilization. *Iran Agricultural Research*, 18, 81-90.
- Khoshgoftar A.H., Shariatmadari, H., Karimian, N., Kalbasi M., van der Zee SEATM, Parker, D.R. 2004. Salinity and Zn Application Effects on Phytoavailability of Cd and Zn. *Soil Science Society of America Journal*, 68, 1885-1889.
- Khoshgoftarmanesh, A.H., Shariatmadari, H., Karimian, N., Kalbasi, M., van der Zee, S.E.A.T.M. 2006. Cadmium and Zinc in Saline Soil Solutions and Their Concentrations in Wheat. *Soil Science Society of America Journal*, 70, 582-589.
- Kuo, S., Baker, A.S., 1980. Sorption of Copper, Zinc and Cadmium by Acid Soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44, 969-974.
- Kumar, M. 2016. Understanding the Remobilization of Copper, Zinc, Cadmium and Lead Due to Ageing through Sequential Extraction and Isotopic Exchangeability. *Environmental Monitoring and Assessment*, 188.
- Lair, G. J., Gerzabek, M. H., Haberhauer, G. 2007. Retention of Copper, Cadmium and Zinc in Soil and its Textural Fractions Influenced By Long-Term Field Management. *European Journal of Soil Science*, 58, 1145-1154.
- Leleyter, L., , Probst, J.L. 1999. A New Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Elements in River Sediments. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 73(2), 109-128.
- Li, J. L., He, M., Han, W., Gu, Y. F. 2009. Availability and Mobility of Heavy Metal Fractions Related to the Characteristics of the Coastal Soils Developed From Alluvial Deposits. *Environmental Monitoring and Assessment*, 158, 459-469.
- Lindsay, W.L., 1979. Chemical Equilibria in Soils. JohnWiley & Sons, New York, USA.
- Lindsay, W.L., 2001. Chemical Equilibria in Soils. The Blackburn Press, USA.

- Majewska, M., Kurek, E., Slomka, A. 2011. Effect of Plant Growth on Total Concentrations of Zn, Pb, and Cd, and Their Distribution Between Operational Fractions in the Upper Layer of a 100-Year-Old Zinc-Lead Waste Heap. *Polish Journal of Environmental Studies*, 20, 591-597.
- Marschner, H., Çakmak, İ. 1986. Mechanism of Phosphorous Induced Zinc Deficiency in Cotton. II Evidence for Impaired Shoot Control on Phosphorus Uptake and Translocation Under Zinc Deficiency. *Physiology Plantarum*, 68, 491-496.
- Marschner, H. 1997. *Minereal Nutrition of Higher Plants*. Institute of Plant Nutrition, University of Hohenheim. Academic Press, Inc., San Diego, CA 9210, Germany. p. 889.
- Marschner, H., 1995. *Mineral Nutrition of Higher Plants*, 2nd edn. London, UK.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No:9* p: 199-224.
- McKenzie, R.M., 1972. The Sorption of Some Heavy Metals by the Lower Oxides of Manganese. *Geoderma*, 42, 177 – 188.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., 2001. *Principles of Plant Nutrition*. 5th Edition. Kluwer Academic Publishers. ISBN: 1-4020-0008-1, Dordrecht, The Netherlands.
- Mico, C., Recatala, L., Peris, M., Sanchez, J. 2008. Discrimination of Lithogenic and Anthropogenic Metals in Calcareous Agricultural Soils: a Case Study of the Lower Vinalopo Region (SE Spain). *Soil and Sediment Contamination*, 17, 467-485.
- Murphy, J., J. P. Riley. 1962. A Modified Single Solution Method for the Determination of Phosphate in Natural Waters. *Anal. Chim. Acta*, 27: 31-36. PROCTOR, C. M., AND D
- Navrot, J. and Ravikovitch, S. 1969. Zinc Availability in Calcareous Soils: III. The Level and Properties of Calcium in Soils and its Influence on Zinc Availability. *Soil Science*, 108, 30-37.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter. *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, 2nd Edition. Agronomy No: 9, 539-579, 1159 p, Madison, Wisconsin, USA.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 181-197, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Obrador, A., Alvarez, J. M., Lopez-Valdivia, L. M., Gonzalez, D., Novillo, J., Rico, M. I. (2007). Relationships of Soil Properties With Mn and Zn Distribution in Acidic Soils and Their Uptake by a Barley Crop. *Geoderma*, 137, 432-443.

- Okday, M. 1999. Çinko Katkılı Kompoze Gübrelerin Değişik Kültür Bitkilerinin Yetiştiriciliğinde Kullanımı. E.Ü. Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayın Bülteni No:35, ISSN 1300-3518. İzmir.
- Olsen, S.R., Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. (ed. Page et al.) p.403-430. ASASSA Madison, WI.
- Ozdemir, N., Kizilkaya, R., Hepsen, S., Yakupoglu, T. 2007. Sequential Micronutrients Extraction From Toposequences of Pasture Soils. Asian Journal of Chemistry, 19, 4025-4034.
- Qayyum, S., Khan, I., Zhao, Y. G., Maqbool, F., Peng, C. S. 2016. Sequential Extraction Procedure for Fractionation of Pb and Cr in Artificial and Contaminated Soil. Main Group Metal Chemistry, 39, 49-58.
- Parker D.R., Aguilera J.J., Thomason, D.N, 1992. Zinc- Phosphorus Interactions in Two Cultivars of Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Grown in Chelator-Buffered Nutrient Solutions. Plant and Soil, 143, 163-177.
- Parat, M.O., Anand-Apte, B., Paul Fox, L. 2003. Differential Caveolin-1 Polarization in Endothelial Cells During Migration in Two and Three Dimensions. Molecular Biology of the Cell, 14(8), 3156-3168.
- Rhoades, J.D., 1982a. Cation Exchange Capacity. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No: 9 Part 2. Edition P: 149-157.
- Rhoades, J.D., 1982. Exchangeable Cations. Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. No:9 Part 2 Edition p:159-164.
- Romkens, P. F., Guo, H. Y., Chu, C. L., Liu, T. S., Chiang, C. F., Koopmans, G. F. 2009. Characterization of Soil Heavy Metal Pools in Paddy Fields in Taiwan: Chemical Extraction and Solid-Solution Partitioning. Journal of Soils and Sediments, 9, 216-228.
- Rozanski, S. 2013. Fractionation of Selected Heavy Metals in Agricultural Soils. Ecological Chemistry and Engineering S-Chemia I Inzynieria Ekologiczna S, 20, 117-125.
- Saleh J, Maftoun M, Safarzadeh S, Gholami A 2009. Growth, Mineral Composition, and Biochemical Changes of Broad Bean as Affected by Sodium Chloride and Zinc Levels and Sources. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 40, 3046-3060.
- Samourgiannidis, G., Matsi, T. 2013. Comparison of Two Sequential Extraction Methods and the DTPA Method for the Extraction of Micronutrients from Acidic Soils. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 44, 38-49.

- Sanchez-Martin, M. J., Garcia-Delgado, M., Lorenzo, L. F., Rodriguez-Cruz, M. S., Arienzo, M. 2007. Heavy Metals in Sewage Sludge Amended Soils Determined by Sequential Extractions as a Function of Incubation Time of Soils. *Geoderma*, 142, 262-273.
- Sepahvand, H., Forghani, A. 2012a. Comparison of Two Sequential Extraction Procedures for the Fractionation of Zinc in Agricultural Calcareous Soils. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 24, 13-22.
- Sepahvand, H., Forghani, A. 2012b. Distribution and Phytoavailability Prediction of Zinc in Agricultural Calcareous Soils. *Journal of Plant Nutrition*, 35, 1763-1775.
- Shaheen, S. M., Rinklebe, J. 2014. Geochemical Fractions of Chromium, Copper, and Zinc and Their Vertical Distribution in Floodplain Soil Profiles Along the Central Elbe River, Germany. *Geoderma*, 228, 142-159.
- Shaheen, S. M., Rinklebe, J., Tsadilas, C. D. 2015. Fractionation and Mobilization of Toxic Elements in Floodplain Soils From Egypt, Germany, and Greece: a Comparison Study. *Eurasian Soil Science*, 48, 1317-1328.
- Shuman, L.M., 1977. Adsorption of Zn by Fe and Al Hydrous Oxides as Influenced by Oxides and pH. *Soil Science Society of America Journal*, 40, 703 – 706.
- Shuman, L. M. 1983. Sodium Hypochlorite Methods for Extracting Microelements Associated With Soil Organic Matter. *Soil Science Society of America Journal*, 47(4), 656-660.
- Shuman, L. M. 1985. Fractionation Method for Soil Microelements. *Soil Science*, 140(1), 11-22.
- Shrimpton, R., 1993. Zinc Deficiency: is Widespread but Under Recognized. *SCN News*, 9: 23-27.
- Sillanpaa, M. 1982. Micronutrient and the Nutrient Status of Soils. A Global Study *FAO Soils Bulletin*, No:48., Rome, Italy.
- Soltani, S. M., Hanafi, M. M., Abd Wahid, S., Kharidah, S. M. S. 2015. Zinc Fractionation of Tropical Paddy Soils and Their Relationships With Selected Soil Properties. *Chemical Speciation and Bioavailability*, 27, 53-61.
- Stephan, C. H., Courchesne, F., Hendershot, W. H., McGrath, S. P., Chaudri, A. M., Sappin-Didier, V., Sauve, S. 2008. Speciation of Zinc in Contaminated Soils. *Environmental Pollution*, 155, 208-216.
- Stietiya, M. H., Wang, J. J. 2011. Effect of Organic Matter Oxidation on the Fractionation of Copper, Zinc, Lead, and Arsenic in Sewage Sludge and Amended Soils. *Journal of Environmental Quality*, 40, 1162-1171.

- Thompson, L.M. Troeh F.R., 1973. Soil and Soil Fertility. p. 1-495. McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Tessier, A., Campbell, P.G.C., Bisson, M., 1979. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. *Analytical Chemistry*, 51, 7 844-851.
- Usta, S. 1995. Toprak Kimyası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no: 1387, Ankara.
- Uygur, V. 1998. The Sorption/Desorption Chemistry of Zn in Calcareous Soils from Turkey. PhD Thesis. The University of Newcastle upon Tyne, UK.
- Uygur, V. and D.L. Rimmer, 2000. Reactions of Zinc with Iron-Oxide Coated Calcite Surfaces at Alkaline pH. *European Journal of Soil Science*, 51, 511-516.
- Uygur, V., Irvem, A., Karanlık, S., Akis, R., 2010. Mapping of Total Nitrogen, Available Phosphorous and Potassium in Amik Plain, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 59(5), 1129-1138.
- Voegelin, A., Tokpa, G., Jacquat, O., Barmettler, K., Kretzschmar, R. 2008. Zinc Fractionation in Contaminated Soils By Sequential and Single Extractions: Influence of Soil Properties and Zinc Content. *Journal of Environmental Quality*, 37, 1190-1200.
- Wang, J., Zhang, C. B., Jin, Z. X. 2009. The Distribution and Phytoavailability of Heavy Metal Fractions in Rhizosphere Soils of *Paulownia Fortunei* (Seem) Hems Near a Pb/Zn Smelter in Guangdong, PR China. *Geoderma*, 148, 299-306.
- Wang, X. S., Zhang, P., Fu, J., Zhou, H. Y. 2012. Association Between Pb and Zn Concentrations and Magnetic Properties in Particle Size Fractions of Urban Soils. *Journal of Applied Geophysics*, 86, 1-7.
- Waterlot, C., Bidar, G., Pelfrene, A., Roussel, H., Fourrier, H., and Douay, F. 2013. Contamination, Fractionation and Availability of Metals in Urban Soils in the Vicinity of Former Lead and Zinc Smelters, France. *Pedosphere*, 23, 143-159.
- Welch RM. 1995. Micronutrient Nutrition of Plants. *Critical Reviews of Plant Sciences* 14: 49-87.
- Wiater, J., Lukowski, A. 2014. Content of Total Zinc and Its Fractions in Selected Soils in the Province of Podlasie. *Journal of Elementology*, 19, 811-819.
- Zhao, K. L., Liu, X. M., Zhang, W. W., Xu, J. M., Wang, F. 2011. Spatial Dependence and Bioavailability of Metal Fractions in Paddy Fields on Metal Concentrations in Rice Grain at a Regional Scale. *Journal of Soils and Sediments*, 11, 1165-1177.

Zu, Y. Q., Bock, L., Schvartz, C., Colinet, G., Li, Y. 2014. Mobility and Distribution of Lead, Cadmium, Copper and Zinc in Soil Profiles in the Peri-Urban Market Garden of Kunming, Yunnan Province, China. Archives of Agronomy and Soil Science, 60, 133-149.

EK A.1. Araştırma toprakların fiziko-kimyasal özellikleri

EK A.1. Araştırma toprakları in fiziko-kimyasal özellikleri																	
Toprak k No	OM (%)	Kireç (%)	pH	EC (µS cm ⁻¹)	KDK	Ca	K	Mg	Na	(mg kg ⁻¹)				Zn	Kum	Silt	Kil
										P	Cu	Fe	Mn				
1	2.26	1.90	7.64	201	29.7	19.7	2.605	3.858	0.627	47.83	6.61	4.20	6.80	0.92	361	328	311
2	2.09	1.72	7.63	216	38.6	17.7	3.019	3.573	0.532	55.67	4.97	2.28	2.17	0.78	333	329	338
3	1.31	1.63	7.73	330	23.3	17.1	0.852	3.433	0.675	45.42	4.98	6.62	6.22	1.39	588	184	229
4	2.06	0.66	7.71	127.8	17.1	8.1	0.482	4.958	0.534	23.08	19.90	8.80	8.37	4.92	675	159	167
5	1.58	4.89	7.90	302	31.3	28.7	2.191	8.484	0.869	41.08	4.32	5.74	21.54	1.17	314	310	376
6	2.72	15.03	7.88	395	32.8	30.0	3.056	5.838	0.706	24.08	4.63	6.29	15.36	1.16	290	316	395
7	1.92	16.44	7.84	581	39.8	27.9	3.604	4.983	0.752	110.50	9.67	5.19	16.30	3.24	406	258	336
8	2.22	6.22	7.84	242	27.9	25.7	1.346	7.503	0.659	10.83	3.35	4.84	14.68	1.36	546	161	293
9	2.67	11.24	7.66	762	27.5	25.5	3.505	3.706	0.846	113.33	5.01	5.80	18.34	2.61	544	164	292
10	2.37	14.06	7.83	252	34.3	26.0	1.306	7.232	0.599	31.42	20.95	12.06	15.17	2.96	406	267	328
11	2.72	19.09	7.91	368	44.0	29.8	1.904	7.388	0.754	27.25	17.69	6.75	14.20	1.13	366	221	413
12	2.02	12.30	7.79	210	34.5	33.1	1.561	4.328	0.568	29.17	10.25	4.91	9.00	1.66	308	250	442
13	2.36	9.08	7.89	313	44.7	34.9	2.438	4.409	0.585	43.50	7.23	4.87	19.91	1.64	269	309	422
14	1.79	0.93	6.92	426	19.4	6.9	1.167	5.032	2.148	88.75	15.41	19.86	18.27	8.74	607	161	232
15	0.51	1.59	7.68	212	23.2	11.7	1.019	4.650	0.542	35.75	2.59	4.98	11.41	0.81	529	187	284
16	1.73	1.54	7.72	212	21.8	14.5	0.954	7.493	0.545	61.58	37.38	7.54	18.21	2.98	425	310	265
17	1.52	1.92	7.75	194.5	24.8	14.4	0.943	4.960	0.612	66.75	11.82	11.35	11.68	2.15	566	168	266
18	1.46	7.23	7.79	211	25.9	28.1	2.074	3.448	0.851	18.75	3.37	4.46	13.32	3.94	324	367	310
19	1.04	7.14	7.77	490	61.3	42.0	1.431	6.551	0.079	6.58	2.08	6.91	2.46	0.47	71	225	704
20	1.40	14.46	7.81	338	39.1	30.2	1.204	6.449	0.047	14.25	1.72	6.79	9.13	0.39	102	341	557
21	1.05	12.78	7.84	438	39.4	31.3	1.136	5.011	0.560	11.75	1.67	2.63	4.07	0.49	105	396	499
22	1.19	2.91	7.84	304	45.3	25.2	1.405	11.938	0.611	69.92	8.56	4.86	11.07	2.58	173	251	576
23	1.96	21.29	7.86	296	31.5	31.5	1.440	4.924	0.727	20.42	2.36	6.05	13.13	0.82	79	405	516
24	2.04	35.57	7.84	259	31.3	30.3	0.804	4.520	0.585	26.67	1.75	5.40	12.76	0.74	265	370	365

EK A.1. Devam

Toprak No	OM (%)	Kireç (%)	pH	EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	(cmol kg ⁻¹)					(mg kg ⁻¹)					(g kg ⁻¹)		
					KDK	Ca	K	Mg	Na	P	Cu	Fe	Mn	Zn	Kum	Silt	Kil
25	2.04	37.47	7.82	265	23.4	30.4	2.051	3.402	0.633	44.92	2.32	3.21	15.97	1.39	333	371	296
26	1.47	35.88	8.02	203	21.0	23.2	0.657	7.675	0.537	19.33	2.54	5.10	11.61	1.07	280	405	315
27	1.76	4.19	7.78	418	52.0	32.5	2.122	13.021	0.085	21.33	7.46	5.10	6.17	0.84	294	198	508
28	1.50	3.44	7.80	465	51.6	34.8	2.292	9.129	0.168	13.67	2.09	7.10	8.31	0.61	263	162	575
29	1.58	3.09	7.80	426	39.5	31.3	2.647	6.001	0.727	32.50	4.35	2.38	6.28	0.59	341	175	484
30	1.00	31.83	7.89	387	36.8	37.6	1.244	1.405	0.651	11.42	2.99	3.16	10.61	0.22	333	261	406
31	2.14	7.85	7.99	316	32.2	24.7	2.363	9.921	0.727	43.75	3.90	3.86	14.63	2.84	521	145	334
32	2.24	10.27	7.97	241	25.2	23.5	0.756	10.225	0.608	18.08	15.84	12.82	13.97	2.10	600	146	254
33	3.25	6.57	7.50	473	38.2	23.2	2.390	5.955	0.609	216.25	33.85	7.09	21.44	4.21	582	164	254
34	3.11	25.88	7.63	395	27.8	28.1	1.154	2.483	0.532	45.50	2.37	6.18	9.74	1.71	544	222	234
35	1.66	41.53	7.80	192.6	11.2	22.2	0.413	1.203	0.678	14.25	0.92	3.32	5.35	0.90	653	200	147
36	1.83	3.75	7.74	291	32.6	27.0	1.153	6.247	0.801	9.00	2.60	6.98	10.70	0.34	497	137	366
37	2.75	16.00	7.80	458	49.0	36.7	1.454	10.846	0.614	69.92	4.04	8.60	19.53	2.66	227	287	486
38	3.43	24.51	7.79	276	39.5	29.8	2.089	3.715	0.621	87.00	3.20	4.61	11.23	4.52	368	291	341
39	2.50	1.37	6.94	196.5	34.7	18.2	1.000	2.603	0.641	7.08	2.40	15.15	18.04	0.53	349	207	444
40	1.44	2.78	7.75	275	34.1	28.1	1.897	1.622	0.747	9.92	1.59	3.56	6.26	0.30	389	188	423
41	1.04	4.85	7.70	284	37.6	32.0	1.502	1.410	0.675	8.67	2.52	4.22	7.06	0.38	430	168	403
42	1.98	1.32	6.78	123	34.7	17.6	1.029	3.504	0.545	2.50	1.84	13.54	9.21	0.22	293	204	503
43	2.12	1.19	7.18	157.8	38.2	22.8	0.818	2.708	0.692	6.50	1.35	7.27	8.25	0.20	341	169	490
44	1.73	1.68	7.11	283	33.4	20.2	0.931	2.985	0.539	4.67	1.84	7.12	12.85	0.30	311	193	497
45	1.99	0.93	7.53	119.9	30.6	17.0	1.044	3.667	0.618	10.50	2.97	4.87	7.44	0.64	493	122	384
46	1.46	0.75	7.55	163.8	20.4	12.0	0.756	2.071	0.758	34.92	1.74	6.27	12.11	0.71	535	168	298
47	3.35	0.93	7.10	140.7	32.8	16.9	1.253	2.714	0.600	3.08	1.41	9.62	19.06	0.52	420	185	395

EK A.1.1. Devam

Toprak No	OM (%)	Kireç (%)	pH	EC (µS cm ⁻¹)	KDK	Ca	K (cmol kg ⁻¹)	Mg	Na	P	Cu	Fe (mg/kg)	Mn	Zn	Kum	Silt	Kil
48	4.36	27.46	7.76	279	28.1	28.5	1.385	3.291	0.560	20.42	1.63	4.55	9.10	1.32	385	295	320
49	2.72	31.70	7.82	320	29.5	29.0	1.343	3.266	0.559	50.75	2.07	3.16	4.21	1.17	257	470	272
50	1.15	34.25	7.88	204	26.3	27.7	0.671	2.879	0.621	14.50	1.32	3.63	5.05	0.38	283	356	361
51	1.15	19.79	7.92	210	26.6	26.7	0.933	3.649	0.737	16.83	1.49	3.04	3.67	0.52	380	226	394
52	1.67	10.23	7.93	310	29.8	24.5	1.227	10.371	0.795	35.08	2.76	7.60	16.32	2.63	217	295	488
53	2.02	0.88	7.03	152.8	31.2	17.4	0.838	2.334	0.598	42.25	1.63	9.17	9.59	0.48	505	161	334
54	1.20	1.54	7.30	119.4	18.5	8.7	0.726	2.924	0.548	68.75	8.05	7.85	10.18	0.70	665	128	207
55	3.19	12.08	7.84	250	24.7	23.3	3.224	4.750	0.585	93.17	2.15	7.73	10.96	1.42	553	240	207
56	0.83	13.09	8.00	244	27.5	27.4	1.461	5.244	0.532	13.67	9.19	4.26	18.07	0.90	467	263	271
57	1.52	9.30	7.79	268	40.2	29.3	2.415	8.892	0.081	26.67	3.13	2.60	5.01	0.81	398	247	355
58	2.66	10.60	7.65	471	54.9	37.0	3.468	9.125	0.235	45.00	2.70	2.90	6.81	1.59	149	339	512
59	1.35	5.82	7.90	370	48.8	35.6	2.331	3.810	0.610	22.17	2.63	1.68	2.12	0.35	6	295	699
60	2.17	6.61	7.86	367	51.3	33.4	3.058	9.646	0.220	42.42	9.27	5.47	6.34	1.05	54	289	657
61	2.13	12.34	7.93	276	37.1	24.7	1.645	7.045	0.578	56.58	27.25	7.29	18.71	1.99	424	222	354
62	0.65	1.37	7.57	105.2	17.3	7.0	0.824	3.515	0.511	38.58	3.74	8.59	17.89	4.46	695	118	187
63	6.94	23.23	7.32	377	36.8	27.2	1.830	6.126	0.663	368.00	6.04	20.97	12.34	10.84	506	222	272
64	4.79	22.70	7.65	360	34.5	28.7	2.231	5.675	0.601	136.42	3.87	7.07	12.84	4.43	379	285	335
65	1.43	1.19	7.03	153.1	35.8	16.0	0.694	2.125	0.553	6.08	1.66	7.50	14.85	0.28	489	147	365
66	2.35	1.28	7.21	260	26.4	16.5	1.018	1.991	0.566	27.83	2.07	11.93	17.28	0.66	521	165	314
67	2.38	7.01	7.71	441	47.2	36.5	2.300	3.781	0.562	25.33	2.57	3.52	9.50	0.55	339	174	487
68	2.04	13.82	8.03	229	19.5	21.8	1.092	5.166	0.724	18.75	28.18	5.71	9.50	8.26	675	154	170
69	2.17	11.42	7.98	296	44.6	27.6	1.404	15.838	0.189	27.75	18.32	5.36	7.53	2.03	281	301	418
70	1.77	15.03	7.89	194.4	27.0	21.5	1.054	5.675	1.057	92.42	3.56	4.10	12.76	5.09	506	306	188

EK A. 2. Toprak örneklerinin kademeli ekstraksiyonun farklı aşamalarında içerdiği Zn konsantrasyonları

Toprak No	WS-EX mg kg ⁻¹	Car	MnOx	AFexOx	KFeOx	OS	R	Toplam
1	0.001	1.827	0.240	9.235	9.942	0.756	44.45	66.46
2	0.001	1.194	0.349	8.929	8.880	1.671	44.29	65.32
3	0.001	1.698	0.568	9.860	8.274	1.820	30.54	52.76
4	0.001	3.912	1.051	10.11	11.55	4.127	26.84	57.60
5	0.001	0.699	0.304	12.80	7.564	1.065	40.42	62.85
6	0.001	1.124	0.172	14.66	9.306	0.978	39.41	65.66
7	0.001	2.347	0.301	14.65	7.834	0.855	33.04	59.03
8	0.001	1.193	0.157	9.669	7.834	1.631	35.44	55.92
9	0.001	1.697	0.307	11.52	14.50	1.594	29.19	58.81
10	0.001	2.378	0.321	16.33	8.145	2.684	32.02	61.88
11	0.001	0.832	0.175	10.69	8.400	1.063	36.69	57.85
12	0.001	1.609	0.244	13.54	13.84	1.359	37.31	67.90
13	0.001	1.108	0.341	12.25	8.928	1.089	47.21	70.92
14	0.969	5.548	1.409	11.68	12.52	1.234	25.63	58.99
15	0.001	1.438	0.459	9.580	7.845	1.619	37.37	58.32
16	0.009	2.739	0.663	18.16	8.011	0.867	31.65	62.09
17	0.045	3.551	0.702	17.43	7.190	1.546	30.11	60.58
18	0.001	2.043	0.581	19.13	8.386	1.750	39.21	71.10
19	0.001	0.477	0.230	9.489	21.95	1.472	47.39	81.02
20	0.001	0.423	0.122	8.647	8.212	2.554	34.74	54.70
21	0.001	0.292	0.116	8.907	8.209	2.540	34.35	54.42
22	0.001	1.317	0.426	11.23	8.256	2.449	44.18	67.87
23	0.001	0.850	0.157	10.26	6.016	2.391	33.73	53.40
24	0.001	0.812	0.120	8.456	8.649	3.622	25.93	47.59
25	0.001	1.549	0.091	8.627	7.959	3.957	21.33	43.52
26	0.001	0.325	0.378	3.354	6.406	4.134	23.13	37.73
27	0.001	0.313	0.234	9.681	6.579	1.130	49.04	66.98
28	0.001	0.529	0.204	10.53	7.717	1.368	41.26	61.61
29	0.001	0.445	0.209	15.25	7.852	1.018	41.98	66.76
30	0.001	0.943	0.127	7.565	8.789	0.910	22.36	40.69
31	0.001	2.331	0.330	23.52	8.156	0.817	28.55	63.70
32	0.001	1.813	0.526	21.55	9.113	0.902	23.72	57.63
33	0.001	5.753	0.584	13.74	8.664	1.309	30.91	60.96
34	0.001	3.491	0.155	10.06	7.509	2.744	19.47	43.43
35	0.001	1.895	0.140	5.491	5.557	2.347	11.85	27.28
36	0.001	0.700	0.129	8.727	9.280	1.504	39.41	59.76
37	0.001	3.272	0.325	18.62	7.484	6.326	41.05	77.08
38	0.001	4.907	0.214	23.77	11.44	2.092	30.36	72.78
39	0.182	0.568	0.322	7.876	8.964	1.505	46.61	66.02
40	0.001	0.741	0.181	6.991	12.84	1.178	35.74	57.68
41	0.001	1.365	0.295	8.920	7.396	1.536	42.07	61.59

EK A.2. Devam

Toprak No	WS-EX mg kg ⁻¹	Car	MnOx	AFeOx	KFeOx	OS	R	Toplam
42	0.001*	0.313	0.169	5.764	13.85	14.60	33.07	67.78
43	0.112	0.393	0.139	6.330	11.91	0.802	36.18	55.87
44	0.014	0.582	0.326	6.601	6.484	3.268	44.61	61.88
45	0.001	0.156	0.507	8.712	11.66	2.678	34.55	58.27
46	0.001	0.270	0.391	8.230	9.419	4.537	31.62	54.47
47	0.001	1.919	0.373	7.940	10.28	1.104	32.22	53.85
48	0.001	2.489	0.071	5.314	7.784	2.508	22.34	40.51
49	0.001	2.904	0.119	7.011	8.827	2.945	35.97	57.78
50	0.001	0.469	0.122	2.444	8.237	0.458	26.81	38.54
51	0.001	0.795	0.157	9.387	8.262	2.219	31.03	51.85
52	0.001	1.941	0.233	13.73	8.931	2.422	37.30	64.56
53	0.070	0.562	0.320	9.080	8.724	2.077	41.36	62.19
54	0.267	0.840	0.512	18.43	7.120	1.405	32.41	60.98
55	2.203	1.698	0.161	12.46	7.764	1.786	31.29	57.37
56	0.001	1.204	0.210	11.57	6.888	2.336	38.11	60.31
57	0.001	0.945	0.265	12.36	7.690	1.339	38.15	60.75
58	0.001	1.486	0.255	12.75	8.689	1.153	43.65	67.99
59	0.001	0.676	0.130	15.07	9.283	2.060	62.73	89.95
60	0.001	1.660	0.274	15.17	7.578	1.654	32.14	58.48
61	0.650	2.726	0.948	11.67	7.330	1.519	34.88	59.73
62	2.724	11.53	0.614	35.12	12.20	2.620	25.69	90.51
63	7.811	2.996	0.200	21.19	11.09	2.238	30.05	75.58
64	0.001	0.540	0.405	8.452	7.267	2.085	49.09	67.84
65	0.001	0.834	0.457	10.91	7.416	3.086	42.69	65.39
66	0.001	0.764	0.144	10.62	6.918	0.810	37.68	56.94
67	0.001	10.84	0.934	18.84	9.481	1.566	22.41	64.07
68	0.001	1.276	0.335	18.42	8.071	1.223	39.19	68.52
69	0.001	6.490	0.583	19.00	7.784	2.368	28.03	64.26
70	0.001	0.815	0.207	14.92	5.888	7.407	51.24	80.48

* ICP-OES cihazının belirleme sınırı ile seyreltme faktörlerinden teorik olarak hesaplanmıştır.

EK A. 3. Toprak örneklerinin kademeli ekstraksiyonun farklı aşamalarında içerdiği Zn'nin oransal dağılımı

Toprak No	WS-EX	Car	MnOx	AFex	KFex	OS	R
	(%)						
1	0.0015	2.749	0.362	13.90	15.0	1.138	66.9
2	0.0031	1.827	0.534	13.67	13.6	2.558	67.8
3	0.0038	3.218	1.077	18.69	15.7	3.450	57.9
4	0.0035	6.791	1.825	17.56	20.1	7.165	46.6
5	0.0032	1.113	0.483	20.37	12.0	1.695	64.3
6	0.0030	1.712	0.262	22.33	14.2	1.490	60.0
7	0.0034	3.976	0.510	24.82	13.3	1.449	56.0
8	0.0036	2.133	0.280	17.29	14.0	2.916	63.4
9	0.0034	2.885	0.521	19.59	24.7	2.710	49.6
10	0.0032	3.843	0.519	26.39	13.2	4.338	51.7
11	0.0035	1.438	0.303	18.47	14.5	1.837	63.4
12	0.0029	2.370	0.360	19.94	20.4	2.001	54.9
13	0.0028	1.562	0.481	17.27	12.6	1.535	66.6
14	1.643	9.404	2.388	19.80	21.2	2.092	43.4
15	0.0034	2.465	0.787	16.43	13.5	2.776	64.1
16	0.0140	4.411	1.067	29.24	12.9	1.396	51.0
17	0.0737	5.862	1.159	28.78	11.9	2.553	49.7
18	0.0028	2.873	0.817	26.91	11.8	2.461	55.1
19	0.0025	0.589	0.283	11.71	27.1	1.817	58.5
20	0.0037	0.772	0.222	15.81	15.0	4.668	63.5
21	0.0037	0.536	0.213	16.37	15.1	4.668	63.1
22	0.0029	1.940	0.628	16.55	12.2	3.609	65.1
23	0.0037	1.592	0.295	19.21	11.3	4.478	63.2
24	0.0042	1.706	0.251	17.77	18.2	7.612	54.5
25	0.0046	3.560	0.210	19.82	18.3	9.093	49.0
26	0.0053	0.860	1.003	8.89	17.0	10.957	61.3
27	0.0030	0.467	0.349	14.45	9.8	1.688	73.2
28	0.0032	0.858	0.331	17.09	12.5	2.220	67.0
29	0.0030	0.666	0.313	22.85	11.8	1.525	62.9
30	0.0049	2.317	0.313	18.59	21.6	2.236	54.9
31	0.0031	3.659	0.519	36.92	12.8	1.283	44.8
32	0.0035	3.147	0.913	37.39	15.8	1.565	41.2
33	0.0033	9.437	0.957	22.54	14.2	2.147	50.7
34	0.0046	8.039	0.356	23.16	17.3	6.318	44.8
35	0.0073	6.947	0.514	20.13	20.4	8.605	43.4
36	0.0033	1.171	0.216	14.61	15.5	2.516	66.0
37	0.0026	4.245	0.422	24.16	9.7	8.207	53.3
38	0.0027	6.742	0.294	32.66	15.7	2.875	41.7
39	0.276	0.860	0.488	11.93	13.6	2.280	70.6
40	0.0035	1.285	0.314	12.12	22.3	2.042	62.0
41	0.0032	2.217	0.478	14.48	12.0	2.493	68.3

EK A.3. Devam

Toprak No	WS-EX	Car	MnOx	AFeOx (%)	KFeOx	OS	R
42	0.0030	0.462	0.249	8.50	20.4	21.546	48.8
43	0.1999	0.704	0.249	11.33	21.3	1.436	64.8
44	0.0232	0.940	0.527	10.67	10.5	5.280	72.1
45	0.0034	0.268	0.870	14.95	20.0	4.595	59.3
46	0.0037	0.495	0.718	15.11	17.3	8.330	58.1
47	0.0037	3.563	0.693	14.75	19.1	2.051	59.8
48	0.0049	6.143	0.175	13.12	19.2	6.192	55.2
49	0.0035	5.026	0.206	12.13	15.3	5.097	62.3
50	0.0052	1.217	0.316	6.34	21.4	1.187	69.6
51	0.0039	1.533	0.303	18.10	15.9	4.280	59.8
52	0.0031	3.007	0.361	21.26	13.8	3.752	57.8
53	0.113	0.903	0.514	14.60	14.0	3.339	66.5
54	0.438	1.377	0.839	30.22	11.7	2.304	53.1
55	3.841	2.960	0.281	21.72	13.5	3.113	54.5
56	0.0033	1.996	0.348	19.18	11.4	3.873	63.2
57	0.0033	1.556	0.436	20.35	12.7	2.204	62.8
58	0.0029	2.186	0.375	18.76	12.8	1.696	64.2
59	0.0022	0.752	0.145	16.75	10.3	2.290	69.7
60	0.0034	2.839	0.469	25.94	13.0	2.829	55.0
61	1.089	4.564	1.588	19.54	12.3	2.544	58.4
62	3.010	12.743	0.679	38.81	13.5	2.894	28.4
63	10.34	3.965	0.264	28.04	14.7	2.961	39.8
64	0.0029	0.796	0.596	12.46	10.7	3.073	72.4
65	0.0031	1.275	0.699	16.68	11.3	4.720	65.3
66	0.0035	1.342	0.253	18.66	12.1	1.422	66.2
67	0.0031	16.914	1.458	29.41	14.8	2.445	35.0
68	0.0029	1.862	0.488	26.88	11.8	1.785	57.2
69	0.0031	10.100	0.907	29.56	12.1	3.686	43.6
70	0.0025	1.012	0.257	18.54	7.3	9.204	63.7

ÖZGEÇMİŞ



Adı Soyadı : Burhan DURGUN

Doğum Yeri ve Yılı : Diyarbakır, 1989

Medeni Hali : Bekâr

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : burhanndurgun@gmail.com

Eğitim Durumu

Lise : Diyarbakır Fatih Lisesi, 2006

Önlisans : Cumhuriyet Üniversitesi, Kangal MYO,
Bilgisayar Teknolojileri ve Programlama, 2010

Lisans : MKÜ, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme,
2014

Mesleki Deneyim

DenizBank Tarım Bankacılığı Portföy Yöneticisi Uzman Yardımcısı 2015-...