



www.ziraat.selcuk.edu.tr/dergi

Selçuk Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Dergisi 21 (42): (2007) 72-83



YARI KURAK İKLİMDE KİREÇTAŞI ÜZERİNDE OLUŞAN TOPRAKLARDA BAZI MAJÖR, MİNÖR VE NADİR TOPRAK ELEMENTLERİNİN DÜŞEY DAĞILIMI¹

Cihan UZUN²

H. Hüseyin ÖZAYTEKİN²

²Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Konya/Türkiye

ÖZET

Bu araştırmada yarı kurak iklim şartlarında kireçtaşı üzerinde gelişen 5 toprak profilinde 42 elementin dikey dağılımları ve konsantrasyonları araştırılmıştır. Ayrıca toprakların fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikleri belirlenmiştir. Çalışılan elementlerin çoğu anamateryalde çok az veya eseri miktarda bulunmaktadır. Çoğu element solumda düşük zenginleşme-fakirleşme göstermiştir. Bu durum profillerin düşük ayrışmaya uğradığını göstermektedir. Profillerden 1, 2, 3 ve 5 numaralı profiller orta, 4 numaralı profil ise zayıf dekalsifiye olmuştur. Na, Sr, Ca, Mg gibi mobil elementler ayrışma sürecinde yıkanma ve biyolojik döngü nedeni ile yüzeyde zenginleşirken Rb ve K gibi tek değerlikli, Zn, Pb, Co gibi divalent, Ga, Va gibi üç değerlikli ve Zr, U, Th, Ti ile Nb gibi dört değerlikli ve beş değerlikli kanyonlar ile nadir toprak elementleri (La, Ce, Pe, Nd, Sr, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu), kil ve Fe oksit mineralleri ile olan ilişkileri nedeni ile akümüle olarak yüzey altı horizonlarda, özellikle kil fraksiyonunda zenginleşmişlerdir.

Anahtar Kelimeler: Majör, Minör, Nadir Toprak Elementleri, Dikey Dağılım, Toprak Oluşumu

VERTICAL DISTRIBUTION OF SOME SELECTED MAJOR, MINOR AND RARE EARTH ELEMENTS OF THE SOILS DEVELOPED ON LIMESTONE IN SEMI ARID REGION

ABSTRACT

In this research the concentrations and vertical distribution of 42 elements in five soil profiles developed on limestone in semiarid region were investigated. Some physical, chemical and morphological properties were also determined. Most of the elements were determined to be very little or trace amount in parent material and the most of elements have shown little enrichment and depletion, indicating a low degree of weathering. It was found that decalcification in profiles 1, 2., 3. and 5. is moderate while decalcification in profile 4 is low. Although mobile elements of Na, Sr, Ca, Mg were enriched in surface horizons because of biocycling and leaching at the weathering processes, some monovalent (Rb, K), divalent (Zn, Pb, Co) and trivalent, tetravalent, pentavalent cations such as Ga, V, Zr, U, Th, Ti, Nb and rare earth elements (La, Ce, Pe, Nd, Sr, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) were accumulated in subsurface horizons and enriched especially in clay fraction because of their relations with clay and Fe-oxide minerals.

Keywords: Major, Minor, Rare Earth Elements, Vertical Distribution, Soil Evolution

GİRİŞ

Toprakların majör, minör ve nadir toprak elementleri içeriği toprağın oluştuğu ana materyalin niteliğine, ayrışma işlemlerine, biyolojik döngüye ve çeşitli kaynaklardan atmosferik yollarla ilave olan depozitlere bağlıdır. Toprakların minör ve nadir toprak elementleri kapsamı, çevre sağlığının ve toprak mikro besin maddeleri içeriğinin kontrolü açısından önemlidir. Bu elementlerin düşük veya yüksek dozlarda bulunması bitkilerde eksiklik veya toksisiteye neden olur. Buna bağlı olarak da insan ve hayvanlarda beslenme bozuklukları ortaya çıkar (Xing ve Dudas 1993).

Majör, minör ve nadir toprak element miktarı esas olarak, toprak oluşum derecesine bağlıdır. Bu bağlamda zayıf gelişmiş topraklarda ana materyalin etkisi çok önemlidir. Ayrıca her bir elementin spesifik mobilitesi de, miktarları üzerine etki eder. Aynı zamanda bu elementlerin miktarı ve davranışları üzerine; arazi kullanımı, bitki varlığı ve aktivitesi,

kirlilik kaynağına olan yakınlık gibi dış faktörler de etki eder. İnsanlar da gübreleme gibi direkt yollarla etkili olurlar.

Minör ve nadir toprak elementlerinin bazıları, arsan tarımsal ve endüstriyel faaliyetler ile de toprak ortamına katılmaktadır. Bazı ülkelerde kimyasal gübreler, başta La ve Ce olmak üzere çeşitli nadir toprak elementleri içermektedir. Son yıllarda nadir toprak elementleri-NH₄CO₃ karmaşık kimyasal gübreler yoğun olarak kullanılmakta ve direkt toprağa uygulanmaktadır. Çeşitli nadir toprak elementleri içeren yaprak gübreleri ve spreylerin kullanımında artışlar olmuştur (Zhang ve ark.1995, Guo 1987, Brown ve ark. 1990). Bu nedenle iz ve nadir toprak elementleri kirlilik etmenlerinin saptanmasında ve kirliliğin belirlenmesinde günümüzdeki ve gelecekteki toprak verimliliğini ve potansiyel toprak kirliliğinin tahmininde de öneme sahiptirler. Toprakların iz ve nadir toprak elementleri içerikleri, başlıca toprak gelişiminden etkilendikleri ve pedoloji ile aralarında büyük ilişki olduğu için, toprak gelişiminin yönü hakkında bilgi edinmede önemli veriler sağlarlar (Laruelle ve Stoops 1967, Fujikawa ve ark. 2000). Bu nedenle minör ve nadir toprak elementleri jeokimyacılar tarafından

¹Bu Makale S.Ü. BAP Koordinatörlüğü Tarafından 05201001nolu Proje ile Desteklenen Cihan UZUN'un Yüksek Lisans Tezinden Özetlenmiştir.

taşlarından ibarettir. Karbonifer ve Permian çökeller, kuvars elemanlı kumtaşları ve residüyal kireçtaşlarından oluşmaktadır. Trias ve Jura çökellerini ise kireçtaşları, dolomitik kireçtaşları, şeyl, kumtaşı ve çakıl taşları oluşturmaktadır (Öztürk ve Hamilçı, 1999; Aydın ve Turan, 2001).

Toprak Örnekleme ve Analizler

Çalışma alanı, 1/100.000 ölçekli toprak haritaları (Anonim,1992), 1/500.000 ölçekli jeoloji haritası (Anonim, 1962) ve diğer çalışmalar kullanılarak incelenmiş, daha sonra 1/25.000 ölçekli topoğrafik harita paftaları ile bölge dolaşmış, elde edilen veriler ışığında çalışma alanı iki alt bölgeye ayrılarak toplam 5 adet profil açılmıştır. Profil noktalarının seçiminde, iz element bulaşmasına neden olabilecek, insan etkinliklerinin ve diğer kirleticilerin en az olduğu alanlar belirlenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla endüstriyel etkinliklerin bulunmadığı ve kimyasal gübrelerin kullanılmadığı alanlar seçilmiştir. Profiller yol ve ana ulaşım hatlarından 50-100 m. uzaklıkta açılmıştır. Profil noktaları Köy Hizmetleri Konya arazi varlığına göre Kırmızı Akdeniz ve Kırmızı Kahverengi Akdeniz toprağı (Alfisol ve Entisol) olarak sınıflandırılmış alanlardan seçilmiştir. Her profilin coğrafi koordinatları ve yükseklikleri GPS aleti ile ölçülmüştür.

Toprakların morfolojik tanımlamaları için açılan her profil, (Soil Survey Manual, 1993) tarafından belirtilen ölçütler esas alınarak incelenmiştir. Horizonların tanımı ve adlandırılması ise (Soil Survey Staff, 1999)'a göre yapılmıştır. Laboratuvar analizleri için açılan profillerden horizon esasına göre bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmış, örneklere iz element bulaşması olmaması için plastik malzeme kullanılarak toplanmış ve temiz plastik torbalarda laboratuvara taşınmıştır. Laboratuvara getirilen örnekler kurutularak 2mm'lik elekte elenmiş ve analizlerde kullanılmak üzere plastik saklama kaplarında depolanmıştır.

Havada kurutulup 2mm'lik elekten elenmiş toprak örneklerinde, parça büyüklüğü dağılımı hidrometre metodu ile (Bouyoucos, 1951), elektriksel iletkenlik, 1:2,5 toprak saf su süspansiyonunda EC aleti ile (U.S.Salinity Lab. Staff, 1954), pH, 1:2,5 saf su süspansiyonunda cam elektrotla dijital pH metre ile (Akan, 1966), organik madde, Smith-Weldon yaş yakma metodu ile (Hocaoğlu, 1966), kalsiyum karbonat, Scheibler kalsimetresi ile (Hızalan ve Ünal, 1966), KDK, sodyum asetat yöntemiyle (Hızalan ve Ünal, 1966), hacim ağırlığı, 100 cm³ lük metal silindirler içine alınan örneklerin 105 C°'de kurutularak silindir hacmine bölünmesi ile (U.S.Salinity Lab. Staff, 1954) serbest Fe ve Al, Na-Sitrat, Na-Dithionite yöntemiyle (Soil Survey Staff, 1999) yapılmıştır. Örneklerin total element analizleri, kurutulmuş, öğütülmüş ve homojenize edilmiş 2mm'den küçük toprak örneklerinde, ana kayalarda ise yaklaşık 10g kayaç parçasının 50 mikrometreden küçük olacak şekilde öğütülmesi ile sağlanan örneklerde LiBO₂ / nitrik asitte yakma yön-

temiyle elde edilen ekstraktlarda yapılmıştır. Majör ve minör elementler ICP AES, nadir toprak elementleri ise ICP MS'de okunmuştur. Majör elementler % oksitler şeklinde, minör ve nadir toprak elementleri ise ppb ve ppm olarak belirlenmiştir. Belirleme limitleri majör ve minör elementlerde % 0,001 ile % 0,04, nadir toprak elementlerinde ise 0,5 ppb ile 0,5 ppm arasında değişmiştir. Ayrıca örneklerde yüksek sıcaklıkta yanma kayıpları ölçülerek % olarak belirlenmiştir (Acme Analytic Laboratories, 2004).

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

Araştırılan toprak profilleri, Batı Toroslar'da 550-900 mm yağış alan yoğun orman bitki örtüsü altında, deniz seviyesinden 1300-1800m yükseklikte, oldukça eğimli topografyada (%15-40), kireç taşı üzerinde gelişmişlerdir. Çalışılan profillere ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1 de gösterilmiştir. Tablo 1.'den de görüldüğü gibi profillerde pH 6.84 ile 8.06 arasında değişmekte olup 1 nolu profilin yüzey horizonu dışında hafif alkalidir. Örneklerin elektriksel iletkenlik değerleri 78 ile 239 ds.cm⁻¹ arasında değişmekte olup 1, 3 ve 4 numaralı profillerde yüzey horizonlarda alt horizonlara göre daha yüksektir. Tüm örnekler tuzsuzdur. Toprakların hacim ağırlığı 1.01 ile 1.76 gr.cm⁻³ arasında değişmekte, en düşük hacim ağırlığı 3 numaralı profilin O horizonunda bulunmaktadır. Hacim ağırlığı kil miktarının artmasına bağlı olarak artmakta, bu artış yüksek kil içeriği nedeniyle gerçekleşen şişme büzölmeler esnasında daha yoğun yeniden paketlenme nedeniyle oluşmaktadır. Profillerde görülen kil kütaneleri da bunu desteklemektedir. Organik madde içeriği % 0.7 ile % 6.9 arasında değişmekte olup, profillerin orman örtüsü altında gelişmesine bağlı olarak özellikle yüzey horizonlarında yüksek seviyelere çıkmaktadır. Çalışma alanında bulunan topraklar alfisol ve entisol ordolarının bulunduğu alanlardan alınmıştır. Alfisollerde kil ve silt fraksiyonu baskın fraksiyondur. 1 ve 4 numaralı profillerde tüm horizonlarda, 5 numaralı profilde ise yüzeyde yüksek kum içeriğine rastlanmıştır ve kum fraksiyonu derinlikle azalmaktadır. Çalışma alanında açılan profiller parça iriliği açısından değerlendirildiğinde, 5 numaralı profilin ilk horizonu hariç tüm horizonlar killi tekstüredir. 5 numaralı profilin yüzey horizonu ise siltli killi tın tekstüredir. Horizonların kum içeriği % 1.8 ile % 25.2 arasında değişmekte olup en yüksek kum içeriği 1 numaralı profilin yüzey horizonunda bulunmuştur. Toprakların kil içeriği oldukça yüksek olup, % 37.6 ile %76.5 arasında değişmektedir. Kil içeriği derinlikle birlikte artmaktadır. Silt miktarı ise % 12.8 ile % 53.3 arasında değişmekte, çok düzenli olmasa da derinlikle azalmaktadır. İncelenen

profillerden 4 numaralı profil hariç, diğer profillerde kireç içeriği düşük olup % 1.3 ile %2.4 arasında değişmektedir. 4 Numaralı profilde ise kireç içeriği % 28.1 – 32.6 arasında bulunmakta ve kalsifikasyon yeterince yoğun bulunmamaktadır.

Çalışma alanında açılan profillerden alınan toprakların KDK'leri incelendiğinde, KDK değerleri organik madde ve kil içerikleri ile orantılı olarak yüksek değerlere çıkmıştır. KDK değerleri 23.8-42. me.100g⁻¹ arasında değişmektedir.

Toprakların serbest Fe içerikleri özellikle 1 numaralı profilde yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu profilde serbest Fe, % 3.54 - 4.19 arasında değişim göstermiş ve derinlikle artmıştır. 2 numaralı profilde yüzey horizonunda % 2.54 oranında serbest Fe saptanmıştır. Serbest Fe içeriği 3 numaralı profilde % 2.57 – 2.88, 4 numaralı profilde % 1.24 – 1.43, 5 numaralı profilde ise % 2.60 – 2.78 arasında değişim göstermiştir.

Çalışma alanında açılan profillerde baz doygunluğu tüm horizonlarda % 50 den yüksek olup % 87-100 arasında değişmektedir. Baskın katyon ise Ca ve Mg'dür. 4 numaralı profilde horizonlarda kireç miktarının yüksek olmasından dolayı baz doygunluğu tüm horizonlarda % 100 olarak bulunmuştur.

Açılan tüm profiller dik yamaç üzerinde oluşmuşlardır. Bu nedenle profillere ait toprak oluşumunda, temel özelliklerin ortaya çıkmasında anamateryal, iklim ve topografya önemli derecede rol oynamıştır. Tüm bunlar değerlendirildiğinde, söz konusu toprakların dekalsifikasyon, amorf ve kristalin demir bileşiklerinin oluşumu, rubifikasyon, kil yıkanması ve 1 ile 4 numaralı profillerde argilic horizonu oluşumu, yüzeyde, seski oksitlerce zenginleşme, organik madde birikimi ve kaolinizasyon olaylarının etkisi ile oluşmuş orta-az düzeyde ayrılmış topraklar olduğu görülmektedir.

Jeokimyasal Özellikler

Profillerde Majör, Minör ve Nadir Toprak elementlerin dağılımı Tablo 2.'de görülmektedir. Çalışma alanındaki profillerde majör, minör ve nadir toprak elementlerinin dağılımına bakıldığında; Ca ve Sr dışında çalışılan tüm elementler ana materyal veya ana kayada çok düşük veya eseri miktarda iken, solumda kil ve Fe oksit miktarları, biyolojik döngü, toprak gelişim ve atmosferik katılımlar nedeniyle farklılaşmalar göstermiştir. Si, Al ve Fe, tüm profillerde, solumda yüzey altı katmanlarda yüzey horizonlara göre daha yüksek çıkmıştır. SiO₂ solumda % 36.86 ile 49.80, Al₂O₃ % 7.05- 20.56, Fe₂O₃ ise % 4.07 ile 19.49 arasında değişmiştir. Profillerde SiO₂ miktarları arasında önemli bir farklılaşma görülmezken Al₂O₃ ve Fe₂O₃ miktarlarında profiller arasında önemli farklar görülmüştür. CaO, MgO ve Na₂O düzensiz de olsa derinlikle birlikte bir azalma eğilimi göstermektedir. Ca ana materyalde yüksek miktarda iken, solumda yıkanma nedeniyle düşüktür. Özellikle 1, 2, 3 ve 5 numaralı profillerde oldukça düşük olup % 0.92 ile 5.39 arasında değişmektedir. Solumda rastlanan en

yüksek değerlere ise 4 numaralı profilde ulaşılmıştır. Bu profilde CaO % 18.27-19.20 arasında değişmektedir. MgO 1 numaralı profilde oldukça yüksek olup % 4.49 ile 16.80 arasında değişirken, diğer profillerde solumda % 1.15 ile 1.71 arasında dağılım göstermektedir. Na₂O ise % 0.06-0.36 arasında değişmektedir. Ga, Fe ve Al ile yakın ilişkili olarak solumda derinlikle artmakta ve 8.5-26.5 ppm arasında dağılım göstermektedir. Rb, K₂O, Cs ve Ba yüzey altı katmanlara doğru artma eğilimindedir veya artmıştır. En düşük K ve Rb değerlerine 1 numaralı profilde rastlanırken, bu elementlerin, profillerde solumdaki dağılımı sırasıyla % 0.66-2.9 ve 33.5-144 ppm arasında bulunmuştur. Profillerde TiO₂, Zr, Hf ve Nb derinlikle artmış, Sr ise düzensiz bir dağılım göstermiştir. Ti miktarları % 0.43 ile % 1.1 arasında değişmiş, en düşük Ti miktarına, 1 numaralı profilin yüzey horizonlarında rastlanmıştır. Zr ise 79- 262.8 ppm, Hf 2.4-8.2 ppm, Sr ise 53.3-761.5 ppm arasında değişmektedir. P₂O₅ miktarı yüzey horizonlarında daha yüksek olup derinlikle azalırken değişim aralığı % 0.04-0.27 olmuştur. Ni, Cu, U, Th, V, Pb ve lantanitler (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu) yüzey horizonlarında, yüzey altı horizonlara göre daha düşük çıkmıştır. Mn ise yüzeyde daha yüksek konsantrasyonlarda bulunmuştur. Profiller ve ayrıca horizonlar arasında dağılım açısından Zn, Co, Cr ve Ni düzensiz bir dağılım göstermiştir.

Çalışma alanındaki profillerde majör, minör ve nadir toprak elementlerinin bu dağılımı değerlendirildiğinde, tüm profillerde Si ve Al anamateryalin içeriğine bağlı olarak solumda dekalsifikasyon nedeniyle, anamateryal ve ana kayadan daha yüksek çıkmıştır. Si içeriği % 0.06 ile 49.8 arasında, Al ise % 0.03-20.56 arasında değişmektedir. Toprakların Si ve Al içeriği kum ve kil içeriklerine bağlı olarak değişmektedir ve çoğu toprakta Si yüzey horizonlarında alt horizonlara göre daha yüksek Al ve Fe ise yüzey horizonlarında yüzey altı horizonlara göre daha düşüktür. Topraklardaki Al ve Fe içeriği bu duruma uyarken Si ise bu kurala uymamaktadır. Yüzey altı katmanlarda kum içeriği azalmasına rağmen Si miktarının artması, özellikle yüzey altı katmanlarda kil miktarının artması ile ilişkilidir. Ayrıca Si'un yüzey horizonlarında düşük olması vejetasyon yoluyla Si'un döngüsünün düşük olduğunu göstermektedir. Toprakların Fe içerikleri 1 numaralı profilde oldukça yüksek olup % 19.49'lara kadar ulaşmıştır. Diğer profillerde daha düşük Fe içerikleri gözlenmiştir. Anamateryal ve ana kayalarda Fe içerikleri, % 0.04 ile 0.25 arasındadır. Fe'in 1 numaralı profilde diğerlerine göre yüksek olması bu profilde Fe'li minerallerin (olivin, biyotit) miktarının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Uzun, 2006). Demirin yüzey altı horizonlarda yüksek olması ise, kimyasal ayrışma nedeniyle yüzey horizonlarından salınan Fe (III) bileşiklerinin buraya yıkanması nedeniyledir. Topraklardaki Ga, Fe ve Al ile kimyasal olarak yakın ilişki içindedir. Tüm profillerde Ga'da

Tablo 2. İncelenen Profillerdeki Bazı Majör, Minör ve Nadir Toprak Elementlerinin Dağılımı (Total Element Analiz Sonuçları)

Pedon	Horizon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃	Ni	LOI	Toplam
I	A1	37.39	7.05	16.87	16.80	1.37	0.26	0.66	0.43	0.10	0.27	1.500	3446	16.8	99.94
	A2	38.31	8.73	19.49	13.85	0.92	0.20	0.81	0.48	0.10	0.24	0.883	4226	15.4	99.95
	Bt1	39.45	10.24	17.60	13.26	0.98	0.15	0.90	0.50	0.08	0.19	0.707	3699	15.3	99.83
	Bt2	41.95	16.42	17.26	4.49	1.18	0.15	1.29	0.80	0.12	0.20	0.639	2584	15.0	99.83
	R	0.06	<0.03	<0.04	0.35	55.73	0.01	<0.04	<0.01	0.02	<0.01	<0.001	<5	43.8	100.02
II	A	48,90	18,32	6,57	1,15	1,54	0,23	2,64	0,73	0,25	0,1	0,018	82	19,4	99.86
	C	3.24	0.90	0.21	0.59	51.81	0.02	0.16	0.03	0.02	0.01	0.001	9	42.6	99.60
	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	Oa	44,56	16,65	7,91	1,61	1,84	0,36	2,1	0,9	0,27	0,15	0,035	169	23,5	99.91
	A1	47,81	19,38	9,35	1,7	1,37	0,27	2,24	0,96	0,21	0,14	0,039	201	16,4	99.90
	A2	48,18	19,67	9,82	1,61	1,32	0,19	2,03	0,96	0,22	0,13	0,043	228	15,7	99.90
	C	0.41	0.07	<0.04	0.38	55.79	0.02	<0.04	<0.01	0.03	<0.01	0.003	5	43.2	99.93
IV	A1	36,86	10,01	4,07	1,39	19,20	0,09	1,27	0,51	0,09	0,07	0,01	24	26,4	99.97
	A2	38,5	10,02	4,16	1,32	18,99	0,08	1,25	0,51	0,08	0,07	0,009	33	25	99.99
	Bt1	39,86	11,06	4,57	1,33	18,27	0,07	1,27	0,55	0,04	0,07	0,009	24	22,9	100.01
	Bt2	39,14	11,03	4,57	1,32	19,13	0,06	1,25	0,54	0,05	0,06	0,009	34	22,8	99.97
	C	2.08	0.64	0.20	0.44	53.61	0.01	0.07	0.03	0.01	0.01	0.002	<5	42.9	100.00
V	A1	46,87	17,4	7,96	1,71	5,39	0,36	2,39	0,99	0,23	0,17	0,024	106	16,4	99.91
	A2	49,80	20,56	9,48	1,55	1,35	0,26	2,9	1,1	0,14	0,13	0,027	122	12,6	99.92
	R	0.41	0.21	0.25	0.30	55.82	0.01	0.05	0.01	0.03	0.02	<0.001	10	42.9	100.01

Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, P, Mn, Cr, LOI, , değerleri % , diğer değerler ppm olarak verilmiştir

Tablo 2. Devam

Pedon	Horizon	Ba	Zn	Co	Cs	Ga	Hf	Nb	Rb	Cd	Sr	Th	U	V	Zr	Cu	Pb
I	A1	137.2	81	210.6	2.5	8.5	2.4	9.0	33.5	0.5	62.2	5.0	1.7	140	79.0	24.0	9.0
	A2	148.2	94	195.5	3.8	9.8	2.8	10.4	42.8	0.7	53.8	4.9	1.9	123	85.2	30.0	9.6
	Bt1	149.9	99	148.7	6.5	11.7	2.8	11.0	49.7	0.8	58.3	7.3	1.8	124	93.0	25.4	9.6
	Bt2	199.3	125	127.2	11.8	18.9	4.3	17.6	71.6	1.8	67.5	11.1	2.0	164	144.2	28.4	20.7
	R	2.6	8	<0.5	<0.1	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	0.3	225.1	0.1	0.2	<5	<0.5	0.3
II	A	424.8	114	18.1	12.9	20.5	4.8	18.2	120.7	1.3	761.5	13.8	7.8	347	158.9	38.3	19.3
	C	37.7	7	0.6	0.9	1.2	<0.5	0.7	6.8	0.3	3253.4	0.7	3.6	29	7.4	0.3	1.4
	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	Oa	344.4	348	24.2	14.5	20.0	6.2	20.7	105.8	1.7	126.9	13.3	3.1	150	201.4	33.3	62.1
	A1	349.9	387	28.6	17.6	23.9	6.4	25.2	118.9	2.3	140.8	15.5	3.7	199	216.5	36.8	67.1
	A2	338.6	461	30.0	19.8	26.5	6.7	24.3	110.7	2.8	133.1	14.7	3.8	223	208.7	47.5	75.7
	C	14.8	8	<0.5	0.2	<0.5	<0.5	<0.5	0.6	0.2	347.6	0.3	1.0	15	0.9	0.8	4.8
IV	A1	215.7	37	10.3	4.8	12.9	4.3	10.8	69.2	0.1	170.7	7.2	1.9	80	123.9	21.3	18.4
	A2	229.4	36	11.6	4.7	12.7	4.3	10.9	73.4	0.2	170.5	8.5	2.0	86	127.6	22.7	22.4
	Bt1	217.9	35	10.8	4.9	13.8	4.1	11.4	73.8	0.1	146.7	9.8	2.1	87	125.0	28.0	27.4
	Bt2	239.6	33	11.3	5.3	14.2	4.2	11.5	76.5	0.1	161.9	8.8	2.1	88	130.6	26.9	21.2
	C	26.0	6	0.5	0.3	1.1	<0.5	0.7	4.6	<0.1	227.5	0.6	3.4	17	6.3	3.2	1.5
V	A1	457.5	262	21.9	9.3	20.6	7.6	25.2	117.6	2.0	137.9	16.9	3.5	146	243.1	33.9	409.5
	A2	466.9	256	25.4	14.4	26.3	8.2	27.7	144.0	1.9	116.0	17.9	4.7	196	262.8	40.2	400.4
	R	34.8	44	<0.5	0.1	<0.5	<0.5	<0.5	2.2	0.1	216.0	0.2	0.6	9	2.5	1.2	17.9

Tablo 2. Devam

Pedon	Horizon	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb
I	A1	19.1	42.2	4.23	15.5	3.1	0.69	2.68	0.50	2.54	0.58	1.79	0.27	1.69
	A2	23.5	47.1	4.92	18.8	3.8	0.84	3.29	0.54	2.83	0.62	1.80	0.27	1.55
	Bt1	27.4	53.4	5.89	23.0	4.2	0.91	4.02	0.63	3.38	0.77	2.21	0.34	1.85
	Bt2	46.3	82.8	9.41	36.0	7.0	1.57	6.51	0.98	5.83	1.27	3.66	0.55	3.46
	R	<0.5	<0.5	0.04	<0.4	<0.1	<0.05	<0.05	0.02	0.09	<0.05	0.06	<0.05	0.07
II	A	49.1	100.8	10.29	38.8	7.2	1.60	6.64	1.02	5.14	1.11	3.26	0.51	3.09
	C	<0.5	<0.5	0.04	<0.4	<0.1	<0.05	<0.05	0.02	0.09	<0.05	0.06	<0.05	0.07
	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
III	Oa	48.6	98.9	10.45	37.7	7.9	1.72	6.90	1.06	6.09	1.26	3.71	0.55	3.44
	A1	58.5	113.6	12.42	48.2	9.4	2.06	8.58	1.38	7.68	1.60	4.56	0.71	4.37
	A2	61.8	114.2	13.25	50.7	9.6	2.18	9.02	1.45	8.07	1.74	5.01	0.75	4.46
	C	2.7	1.2	0.40	1.4	0.3	0.08	0.47	0.05	0.39	0.09	0.26	<0.05	0.12
IV	A1	28.8	63.1	6.78	24.7	4.8	1.02	4.33	0.69	3.86	0.82	2.18	0.34	1.93
	A2	29.3	63.7	6.66	25.2	4.9	1.04	4.39	0.72	3.76	0.80	2.37	0.37	2.36
	Bt1	28.5	61.6	6.57	25.5	5.1	1.00	4.25	0.72	3.75	0.78	2.24	0.36	2.11
	Bt2	29.1	61.8	6.41	24.4	4.7	1.04	4.24	0.69	4.12	0.85	2.32	0.35	2.07
	C	1.8	3.6	0.44	1.5	0.3	<0.05	0.31	0.04	0.29	<0.05	0.15	<0.05	0.12
V	A1	56.7	125.1	12.39	44.9	8.7	1.91	7.39	1.26	7.07	1.45	4.19	0.61	3.76
	A2	64.3	135.1	14.22	51.9	10.6	2.32	8.70	1.52	8.44	1.66	4.84	0.76	4.55
	R	0.9	1.6	0.17	0.6	<0.1	<0.05	0.08	0.01	0.12	<0.05	0.06	<0.05	0.07

derinlikle birlikte artmaktadır. Bu da Ga'un Fe-oksitler ve silikat killeri ile yaptığı bileşiklerle ilişkilidir. Çalışılan topraklarda P_2O_5 miktarı solumda %0.04- 0.27 arasında değişmektedir. Dünya topraklarının ortalama P_2O_5 içeriği % 0.18'dir (Sparks 1995). P miktarı yüzey horizonlarda yüzey altı katmanlara göre daha yüksek çıkmıştır. Bu durum P'un bitkiler yoluyla biyolojik döngüsünden kaynaklanmaktadır.

Bilinmektedir ki K, Rb, Cs ve Ba bazı kil minerallerinde fiske olmaktadır. Buna karşın, daha küçük iyon çapına sahip Ca, Mg ve Na'da bu durum söz konusu değildir (Bowen, 1979, Wakatsaki ve ark., 1978). K, Rb, Cs ve Ba killere güçlü afinite gösteren elementlerdir. Na, Ca ve Sr ise perkolasyonla uzaklaşan (leachate) elementler olarak tanımlanmıştır. Kil minerallerine karşı olan bu afinite, solumda yüzey ve yüzey altı horizonlarda gözlenen farklılığı açıklamaktadır. Ca tüm profillerde anamateryalin özelliğinden, anamateryal ve ana kayada solumdan yüksektir. Ca ve Mg solumda yüzey horizonlarda yüzey altı horizonlara göre daha yüksektir. Bu durum söz konusu elementlerin, biyolojik döngüsünden ve plajiyoklaz ve olivinin (Uzun, 2006) ayrışmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca Ca, Mg, Na ve Sr'nin derinlikle birlikte azalması, bu elementlerin ayrışma süresince yıkandığını yansıtmaktadır. Mg'un 1 numaralı profilde diğer profillere göre yüksek olması, bu profildeki Mg'lu minerallerin (olivin-forsterit) (Uzun, 2006) miktarının yüksek olmasındandır. Rb ve K oldukça benzer iyonik çapa, elektronegativiteye ve iyonlaşma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle Rb özellikle mika minerallerinde (muskovit ve biyotit) K ile yer değiştirebilir. Profillerde K ve Rb dağılımı kil dağılımı ile benzerdir. Profilde, yüzey altı katmanlarda miktarları artmıştır. Aynı durum Cs ve Ba için de geçerlidir. Cd'un profillerde horizonlar arasında dağılımında önemli farklar görülmemiştir. Ancak özellikle 1 ve 3 numaralı profillerde yüzey altı horizonlarda artma eğilimindedir. Cd içeriği özellikle fosforlu gübre uygulaması ve atmosferik kirliliklerden etkilenmektedir. Her ne kadar bölgede tarımsal faaliyet yoksa da, anamateryale göre daha yüksek Cd içeriği, büyük olasılıkla atmosferik depozitlerden kaynaklanmaktadır. Ancak miktarındaki küçük değişiklikler önemli bir kirlilik etkisinde kalmadığını göstermektedir. Ayrıca Cd'un yüzeyde düşük çıkması, söz konusu alanlardaki bitki örtüsünün Cd döngüsünde çok etkili olmadığını göstermektedir. Toprakların Cr, Ni ve Cu içerikleri ve bu elementlerin yüzey horizon/yüzey altı oranları özellikle kültür altındaki topraklarda yüksek değerlere çıkmaktadır. Bu elementlerin yüzey horizon/ yüzey altı horizon oranları sadece tarımsal faaliyetlerin görüldüğü topraklarda 1'den yüksektir ve tarımsal faaliyetlerde, Ap horizonunda birirmektedirler. Bu elementler de Cd'da olduğu gibi fosforlu gübreleme, kompost ve pestisitler ile toprağa verilmektedir (Mermut ve ark., 1996). Çalışma alanındaki topraklarda da söz konusu elementler yüzey altı horizonlarda daha yüksektir ve zenginleşme faktörü 1'den küçüktür. Sadece 1 numara-

ralı profilde Cr için bu durumdan sapma görülmektedir. Zenginleşme faktörünün 1'den küçük çıkması, söz konusu alanda tarımsal bir faaliyetin ve çevrede söz konusu elementleri üreten ciddi bir kirleticinin bulunmadığını göstermektedir. 4 değerlikli kasyonlardan Zr, Ti, U, Th ve 5 değerlikli Nb kanyonları silikat, fosfat ve oksit mineralleri içerisinde yer alır ve ayrılmaya karşı dayanıklı mineraller olduğu için birikirler. Zr sadece zirkonyum ($ZrSiO_4$) biçiminde bulunur ve ayrılmaya son derece dayanıklıdır. Hf, Si, Ti ve Zr'un pedojenik dağılımı toprakların oluşum derecesini yansıtması açısından önemlidir. Zr/Sr ve Ti/Zr oranları, topraklarda litolojik kesikliğın aydınlatılmasında kullanılır. (Lichter, 1998; Xing ve Dudas, 1992; Egashira ve ark. 1997; Cortizas ve ark., 2003; Tyler, 2004; Vidic ve Lobnik, 1997; Marques ve ark, 2004). Ti profillerde kil miktarının artmasına bağlı olarak yüzey altı horizonlarda artmıştır. Anamateryale göre solumda zenginleşme görülürken yüzey horizonlarda yüzey altı horizonlara göre fakirleşme vardır. Benzer dağılım Hf ve Zr içinde geçerlidir. Bu nedenle Ti, Hf ve Zr kil fraksiyonunda yoğunlaşmıştır ve yüzey horizonlarında fakirleşme görülmüştür. Sr ise daha farklı bir dağılım göstermiştir. Sr diğer elementlerden farklı olarak anamateryalde, solumdan daha yüksektir ve anamateryale göre solumda negatif zenginleşme söz konusudur. Sr anamateryalde yüksek olmasının sebebi, $CaCO_3$ 'ün oluşum sırasında Sr'un, Ca'un yerine geçmesidir. U çeşitli formlarda fosfat ve oksitler biçiminde bulunur. Th ise başlıca torit ($ThSiO_4$), monozit [(Ce,La,Th,Nd)PO₄] halinde bulunur. Nb ise, Zr ve Ti ile, zirkonyum ve rutilde izomorfik yer değiştirme yapabilir ve oldukça dayanıklı mineralleri oluşturur. Tarım arazilerinde uranyum birikimi radyasyon kirliliği açısından bir başka önemli konudur. Tarım arazilerinde U birikiminin saptanmasında U/Th, oranı uranyumun tek başına kullanılmasından daha yararlıdır (Yashida ve ark. 1998). Zira Th ve U topraklarda doğal olarak bulunan ve davranışları birbirine benzeyen elementlerdir. Ancak özellikle fosforlu gübre uygulanan tarım arazilerinde U miktarı 10-200 kat daha fazla olurken, Th miktarı daha düşük kalmaktadır. Buna bağlı olarak, U/ Th oranı tarım arazilerinin yüzey topraklarında önemli ölçüde yüksek çıkmaktadır. Bu nedenle U/Th oranı tarım arazilerinden U birikimi için iyi bir indikatör olarak göz önünde bulundurulabilir (Takeda ve ark. 2004). Çalışma alanındaki profillerde de Th, yüzey horizonlarında yüzey altı horizonlarından daha düşüktür. Benzer durum U için de geçerlidir. Her iki element de 4 numaralı profil hariç solumda daha yüksektir. Sadece 4 numaralı profilde U anamateryalde yüksektir. U/Th oranlarına bakıldığında, 1 numaralı profilde, yüzeyde yüksek, alt horizonlarda düşük oranlar elde edilmiştir. 2 numaralı profilde ise 0.56 rakamı gözlenmiştir. Diğer horizonlarda bu oran solumda 0.20-0.26 arasında değişmektedir. Takeda ve ark.(2004), uzun yıllar NPK+ kompost uygulaması yapılan bir alanla kontrol parselinde U/Th oranını incelemişler ve kontrolde

yüzeyde 0.22, gübrelenen alanda ise 0.35 rakamını elde etmişlerdir. Söz konusu oranlar derinlikle azalmıştır. Yapılan bu denemeden elde edilen sonuçlar çalışma alanında gözlenen değerler ile karşılaştırıldığında 1 ve 2 numaralı profillerde U açısından atmosferik bir katılımın olduğu gözlenmektedir. Th, U, Nb, Ti ve Zr miktarları derinlikle birlikte artmıştır. Bu durum, söz konusu elementlerin silikat minerallerinin ve Fe oksitlerin de yapısına girdiklerini göstermektedir. Toprakların Ni içerikleri, anamateryalin bileşiminin etkisi konusunda iyi bir örnektir. 1 ve 4 numaralı profillerde 5 ppm altında Ni tespit edilmişken, 2, 3 ve 5 numaralı profillerde bu rakam sırası ile 9, 5 ve 10 ppm'dir. 1 numaralı profilde Ni içeriği 4226 ppm'e kadar yükselmiştir. Diğer profillerde ise çok daha düşük Ni içerikleri gözlenmiştir. Bu durum toprakların olivin içeriği ile ilgilidir (Uzun 2006). Nitekim 1 numaralı profilde yüksek olivin içeriği, tıpkı Mg'da olduğu gibi yüksek Ni içeriğinin oluşmasına neden olmuştur. Toprakların Ni içeriği ile olivin miktarı arasındaki ilişkiye (De Paepe ve Stoops 1969)'da dikkat çekmiştir. V ve Cr, doğal lateritik Fe-oksitli materyalde Fe ile yakın ilişkilidir (Singh ve Gilkes 1992). Hem V hem de Cr, götit, hematit gibi minerallerin strüktürel yapıdaki katyona benzer minerallerdir ve götit ile hematitte izomorfik yer değiştirebilirler. Elde edilen verilerde V derinlikle artmaktadır. Bu durum, V'un birincil minerallerde tespit edilen hematitte, (Uzun 2006) strüktürel birimler içinde yer aldığını göstermektedir. Co^{+2} ve Zn^{+2} da, diğer tek değerli ve çift değerli katyonlar gibi, yüksek ayrışma şartlarında topraktan yıkanmaktadır. Zira Co ve Zn, yüksek ayrışma şartlarında oluşan kaolinit, götit ve hematit gibi minerallerde, strüktürel yapıya uygunluk göstermemektedir. Ancak özellikle Cu, Ni, Co ve Zn Fe-oksitler tarafından güçlü bir şekilde fikse edilmektedir (Spark 1995). Bu etki özellikle 7'den düşük pH'larda etkili olsa da çalışma alanındaki topraklarda Co ve Zn Fe-oksitlerle güçlü kompleksler oluşturmuştur. Zn için bu durum 4 numaralı profilde sapma göstermektedir. Fakat bu profilde smektit killerinin bulunması, Zn'nun smektitlerin strüktürel yapısına girmesi ile açıklanabilir. Çalışma alanındaki toprakların Pb içerikleri oldukça yüksek çıkmıştır. Çalışma alanındaki toprakların Pb içerikleri dünya ortalaması ile (8, 29, 67) (Marques ve ark 2003) karşılaştırıldığında özellikle 5 numaralı profilde yüksek değerlere (409.5 ppm) çıkmıştır. Bunun sebebi söz konusu profilin yakınından kara yolunun geçmesi ve neden olduğu kirliliktir. Diğer profillerde Pb derinlikle birlikte artmaktadır. Aslında Pb'de iki değerlikli katyonlar gibi yıkanmaya uygun bir katyondur. Derinlikle birlikte miktarının artmasının sebebi ise Pb'unda Fe-oksitler tarafından bağlanmasıdır. Toprakların Mn içeriklerine bakıldığında horizonlar arasında dağılımında, önemli bir farklılık görülmemektedir ve bir birikim olmamıştır. Bazı ayrışma ortamlarında Mn birikimi olsa da, birikimi için anaerobik veya asidik şartların bulunması gerekmektedir. Profillerde Mn, yüzey horizonlarda yüzey altı

horizonlara göre daha yüksektir. Bunun nedeni ise, Mn'in biyolojik döngüsü nedeniyle yüzey horizonlarında derişiminin artmasıdır. Lantanitler toprakta çok düşük miktarda bulunan elementlerdir. Lantanitler toprakta fosfat ve silikat minerallerinin yapısında yer alırlar. Bir çok lantanit Fe'li minerallerle yakın ilişkidir. Lantanitler humik bileşikler, oksalik asit ve diğer elektronegatif ligandlarla üç değerlikli bileşikler yaparlar. Diatloft ve ark. (1996), Ce'nin çözünürlüğünü $CePO_4$ 'ün belirlediğini bildirmiştir. Çalışılan profillerde Ce miktarı 4 numaralı profil hariç derinlikle artmaktadır. 4 numaralı profilde ise önemli bir değişim görülmemektedir. Ce ile Fe ve Mn arasında pozitif bir ilişki vardır. Dolayısıyla Fe içeriğinin artışına bağlı olarak Ce miktarları da artış göstermiştir. Çalışılan tüm lantanitler 4 numaralı profil hariç diğer profillerde derinlikle birlikte artmıştır. Bu durum lantanitlerin silikat minerallerinin yapısına girmesi ve Fe'li minerallerle yaptıkları bileşiklerle ilgilidir. Zira 1, 2, 3 ve 5 numaralı profillerde, kil miktarı derinlikle birlikte artmıştır. Benzer artış Fe'de gözlenmiştir. Dolayısıyla kil ve Fe miktarının arttığı yüzey altı horizonlarda lantanitlerin miktarı da artmıştır. Aslında benzer artışlar 4 numaralı profilde de gözlenmektedir. Ancak Fe miktarının bu profilde horizonlar arasında önemli bir değişim göstermemesi, lantanitlerin de söz konusu profilde düşey dağılımını etkilemiştir. Bu durum çalışılan profillerde lantanitlerin, özellikle Fe'li mineraller ile yakından ilişkili olduğunu göstermektedir.

KAYNAK LİSTESİ

- Acme Analytical Laboratories, 2004. Acme Analytical Laboratories Ltd. 852 East Hasting St. Vancouver B.C. V6A 1R6 Canada
- Akalan, İ. 1966. Toprak Öğrencileri İçin Laboratuvar Kılavuzu A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No 260
- Akman, Y., 1990. İklim ve biyo iklim. Palme Yayınları, Ankara, s. 319.
- Anonim, 1962 Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Türkiye Jeoloji Haritası
- Anonim, 1992. Konya İli Arazi Varlığı. T.K.B. Köy Hizmetleri Gen. Müdürlüğü Yay. Rapor No: 42, Ankara.
- Anonim, 1994. Meteoroloji Bülteni. Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü Ortalama ve Ekstrem Kıymetler.
- Anonim, 2006. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü. Güncelleştirilmiş ve Genişletilmiş 5. Baskı
- Aydın, Y., Turan, A., 2001. Türkiye Jeolojisi Ders Notları, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği.
- Bouyoucoucous, G.J., 1951. A Recalibration of The Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. Agron S:43 434-438

- Bowen, H.J.M. , 1979. Environmental Chemistry of The Elements. Academic Pres, London, Pp. 49-62.
- Brown, P.H., Rathjen, A.H., Graham, G.D., Tribe, D.E., 1990. Rare Earth Elements In Soils
- Cortizas, A.M., Cayaso, E.G.R., Munoz, J.C., Pompal. X.P., buurman, P., Terribile, F., 2003. Distribution of Some Selected Major and Trace Elements in Four Italian Soils Developed From the Deposits of the Gauro and Vico Volcanoes. Geoderma 117, 215-224
- De paepe, P. , Stoops, G. , 1969. Some Trace Elements in Basaltic Rocks from The Galapagos Islands. Bull. Sci. 2, 365-379.
- Diatloff, E. , Asher, C.J. , Smith, F.W. , 1996. Concentrations of Rare Earth Elements In Some Australian Soils. Aust. J. Soil Res. 34, 735-747.
- Eyüpoğlu, F., Kurucu, N. ve Talaz, S., 1995. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararlı Mikro Elementler Bakımından Genel Durumu. Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Toplu Sonuç Raporu, Ankara.
- Fujikawa, Y. Fuki, M., Kudo, A., 2000. Vertical Distributions of Trace Elements In Natural Soil Horizons from Japan: Part 1. Effect of Soil Types. Water Air Soil Pollution, 124 1-21.
- Guo, B.S., 1987. A New Application of Rare Earth-Agriculture. Rare Earth Horizons. Aust. Dept. Industry and Commerce, Canberra, Australia, Pp. 237-246.
- Hızalan, E., Ünalın, H., 1966. Toprakta Önemli Kimyasal Analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 278.
- Hocaoğlu, Ö.L., 1966. Toprakta Organik Madde, Nitrojen ve Nitrat Tayini. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zirai Araştırma Enstitüsü Teknik Bülten No 9.
- Holmgren, G.G.S., Meyer, M.W., Chaney, R.L., Daniels, R.B., 1993. Cadmium, Lead, Zinc, Copper, and Nickel In Agricultural Soil of the United States of America. J. Environ. Qual. 22, 335-348
- Laruelle, J., Stoops, G., 1967. Minor Elements In Galapagos Soils, Pedologie 17, 232-258.
- Lichter, S., 1998. Rates of Weathering and Chemical Depletion In Soils Across a Chronosequence of Lake Michigan Sand Dunes. Geoderma 85, 255-282
- Marques, J.J., Schulze, D.G., Curi, N., Mertzman, S.A., 2004. Trace Element Geochemistry In Brazilian Cerrado Soils. Geoderma v:121, Is:1-2 p:31-43
- Mermut, A.R. , Jain, J.C. , Song, L. , Kerrich, R. , Kozak, L. , Jana, S. , 1996. Trace Element Concentrations of Selected Soils and Fertilizers In Saskatchewan, Canada. J. Environ. Qual. 25, 845-853.
- Minster, J.F., Minster, J.B., Treuil, M., Allegre, C.J., 1977. Systematic use of trace elements In Igneous Processes II. Inverse Problem of the Fractional Crystallization Process In Volcanic Suite. Contrib. Mineral. Petrol., 61: 49-57.
- Nance, W.B., Taylor, S. R., 1977. Rare Earth Element Pattern and Crustal Evaluation. Geochim. Cosmochim. Acta V.41 P:225-231
- Öztürk, H., Hanılçı, N., 1999. Doğankuzu ve Mortaş Boksit Yatağının Jeolojisi ve Sülfürlü Zonların Özellikleri, Orta Toroslar Türkiye, MTA Dergisi, 121, 185-197.
- Schwertman, U., Pfab, G., 1996. Structural Vanadium and Chromium In Lateric Iron Oxides: Genetic Implications . Geochim. Cosmochim. Acta 60, 4279-4283.
- Singh, B. , Gilkes, R.J. , 1992. Properties and Distribution of Iron Oxides and Their Associations With Minor Elements In The Soil of South-Western Australia. J. Soil Sci. 43, 77-98.
- Soil Survey Manual, 1993, Soil Survey Division Staff. USDA
- Soil Survey Staff, 1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. USDA Agriculture Handbook No 436 Washington D.C.
- Sparks, D.L. , 1995. Environmental Soil Chemistry. Academic Pres, London 265 pp.
- Takeda, A., Kimura, K., Yamasaki, S., 2004. Analysis of 57 Elements In Japanese Soils With Special Reference to Soil Group and Agricultural Use Geoderma. 119, 291-307
- Tyler, G., 2004., Vertical Distribution of Major, Minor and Rare Elements In a haplic Podzol. Geoderma 119, 277-290
- U.S. Salinity Lab. Staff, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agricultural Handbook No 60 USDA.
- Uzun, C., 2006. Yarı Kurak İklimde Kireç Taşı Üzerinde Oluşan Topraklarda Bazı Majör, Minör ve Nadir Toprak Elementlerinin Düşey Dağılımı. Yüksek Lisans Tezi. S. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak A.B.D. (Basılmamış)
- Vidic, N., Lobnik, F., 1997. Rates of Soil Development of the Chronosequence In the Ljubljana Basin ,Slovenia. Geoderma 76, 35-64
- Wakatsuki, T. , Matsuo, Y. , Katayama, Y. , Ishida, N. , 1978. Behaviors of Elements During Weathering of Transported Soil Materials. (III) Soil Geochemical Classification of Elements. Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr. 49, 100-106 (in Japanese).
- Wildeman, T.R., Condie, K.C., 1973. Rare Earths in Precambrian Sediments. Geochim. Cosmochim. Acta. V.37.P. 439-453.
- Xing, B., Dudas, M.I. 1993. Trace and Rare Earth Element Contents of White Clay Soils of the Three

- River Plain, Heilongjiang Province, PR. China. *Geoderma*, 58, 181-199.
- Yoshida, S. , Muramatsu, Y. , Tagami, K , Uchida, S. ,1998.Concentrations of Lanthanide Elements, Th And U In 77 Japanese Surface Soils. *Environ. Int.* 24, 275-286.
- Zhang, J.Z., Zhu, W.M., Zhang, L.G., 1995. Accumulation, Distribution and Migration of ¹⁴⁴Ce And ¹⁴⁷Nd In Soils of China. Proceedings of the 3rd International Conference On Rare Earth Development and Application. Baotou, China, Pp. 447-451.