

## Harran Ovasında Tuzlulaşma Eğilimi Gösteren Toprakların Kil Mineralojisi

Ali SEYREK      Salih AYDEMİR      Faruk İNCE

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Eyyübiye Kampüsü, 63043, Şanlıurfa (aseyrek@harran.edu.tr)

Geliş Tarihi : 15.05.2004

**ÖZET:** Harran ovası Türkiye'nin GAP bölgesi içinde sulanabilir bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu araştırma, Harran Ovasının güneyinde tuzlulaşma eğilimi gösteren toprakların kil mineralojisinin saptanması amacıyla yapılmıştır. Araştırma konusu topraklar genelde kil tekstür sınıfında olup, %24-30 arasında kireç içermektedirler. Katyon değişim kapasite değerlerine göre, smektit başat kil mineralidir. x-ışını yansıma desenleri ana kil mineralinin smektit olduğunu ve geriye kalan kil minerallerinin de palygorskit, klorit, illit, ve kaolinitin oluşturduğunu göstermektedir. Araştırma alanına ait kil mineralleri esas olarak çevredeki sedimenter kireç taşlarında bulunan kireç dışındaki dolgu materyalinden kaynaklanmıştır. Toprakların yüksek oranda smektit içermesi toprakların işlenebilme güçlüğünü ve zamanla artan Na<sup>+</sup> iyonu ile alkalileşmeye doğru gideceğini göstermektedir. Bölgedeki plansızca ve bilinçsizce yapılan sulama ve gübrelemenin ve buna bağlı tuzlulaşma olgusu için ihtiyaç duyulan toprak ve su amenajmanı çalışmalarının gerekliliği sürdürülebilir tarım için büyük önem taşmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Harran ovası, kil mineralojisi, tuzluluk, killi topraklar, şişen-büzülen topraklar

### Clay Mineralogy Of The Slightly Saline Soils Of The Harran Plain, South-East Turkey

**ABSTRACT:** Harran plain constitutes an important segment of the larger Turkish Southeast Anatolian Project area. Objective of this study was to establish clay minerals in selected soils that have a tendency to become saline soils in the southern part of the plain. Soils studied show a clayey texture and have 24-30% CaCO<sub>3</sub>. Cation exchange capacity values suggest that dominant clay is smectite. X-ray diffraction results reveal that smectite is indeed the dominant clay mineral and the other clay fractions consist of palygorskite, klorite, kaolinite, and illite. The origin of the silicate clay minerals is sedimentary. High smectite content can restrict cultivation, especially in extreme wet and dry seasons and increasing sodicity problems with high content of exchangeable Na<sup>+</sup> with increasing salt accumulation due to uncontrolled and intensive irrigation and fertilization. These are important considerations for establishing proper soil and water management and practices in the plain for sustainable agriculture.

**Key Words:** Harran plain, clay mineralogy, salinity, clay soils, swelling soils

### GİRİş

Toprakların oluşumunda ve daha sonraki aşamalarda kendi özelliklerini kazanmasında kil minerallerinin son derece önemli bir yeri bulunmaktadır (Dixon ve Weed, 1989; Brady ve Weil, 1999;). Primer minerallerin parçalanıp ayrışmaları sonucu serbest kalan elementler bitkiler tarafından alındıkları gibi katyon değişimi olaylarında ve toprakta yeni minerallerin oluşmasında rol alırlar (Grim, 1968; Schulze, 1989). Minerallerin karakterize edilmeleri, toprakların kimyasal ve fiziksel özelliğine uzun dönemde en etkili faktör olmaları açısından büyük önem taşır (Grim, 1968; Nettleton ve Brasher, 1983).

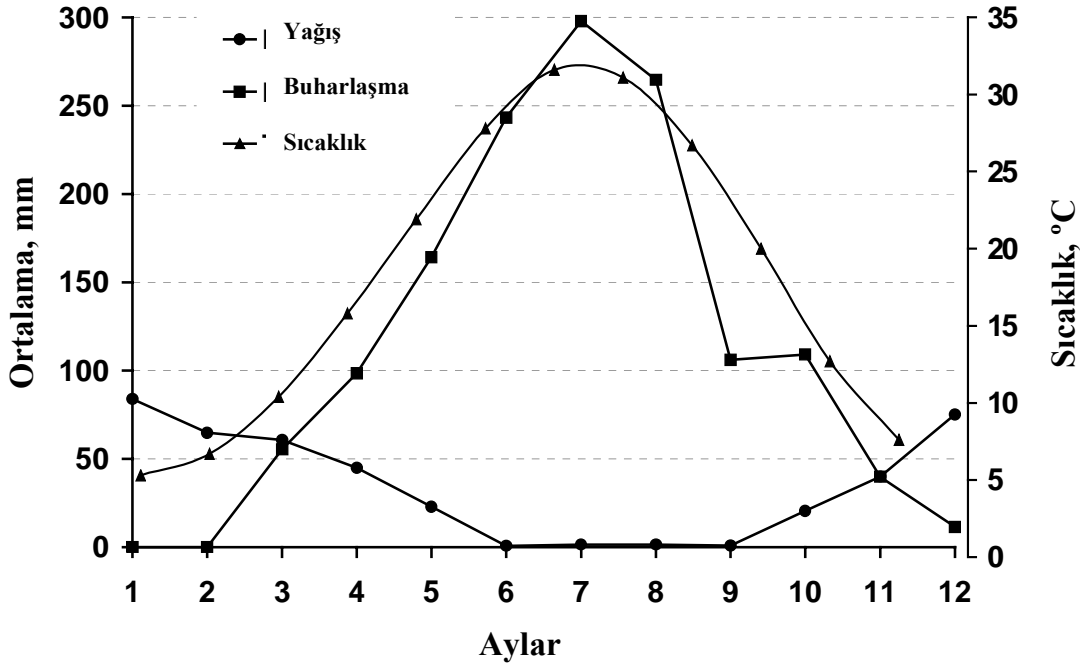
Kil mineralleri katyon değiştirebilme, su tutma, özgül yüzey alanı ve plastiklik gibi özellikler yönünden birbirlerinden çok büyük farklılıklar göstermektedirler (Grim, 1968; Olson vd., 2000). Bu nedenle, topraktaki kil minerallerinin tiplerinin ve oransal dağılımlarının belirlenmesi, sürdürülebilir tarım açısından büyük önem taşmaktadır (Brady ve Weil, 1999).

Ülkemizin en verimli ovalarından biri olan Harran 225,000 ha alana sahiptir. Bu ovada son yıllarda, artan

biçimde yüksek tabansuyuna bağlı tuzluluk ve alkalilik problemleri görülmektedir. Çoğunlukta kil tekstürlü olan ova topraklarının, drenaj yetersizliği, yüksek buharlaşma düzeyi, topoğrafik özellikleri gibi faktörler, ayrıca aşırı ve hatalı sulama uygulaması, tuz içeriğinin zamanla artmasına neden olmaktadır. Araştırma alanı topraklarında hafiften şiddetliye kadar değişen oranlarda tuzluluk bulunmaktadır (Dinç vd., 1988).

Ovanın güneyindeki çukur alanlarda (özellikle Akçakale Serisi'nde) tuzlulaşma sorununun bulunduğu diğer birçok araştırma ile de ortaya konulmuş bulunmaktadır (Ağca ve Ergezer, 1995; Çullu vd., 2000; Aydemir, 2001). Çullu vd. (2002), Harran ovasında 1995 yılından sonra sulamanın başlaması ile tuzluluk gelişimi yönünden önemli sayılabilecek artışın olduğunu tesbit etmişlerdir.

Bu araştırma, Harran Ovasında tuzlulaşma eğilimi gösteren Akçakale serisi topraklarının kil mineralojisini ve tuzlulukla olan ilişkilerinin değerlendirilmesi amacı ile yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının 30 yıllık ortalama yağış, buharlaşma ve sıcaklık dağılımları.

#### MATERYAL ve METOT

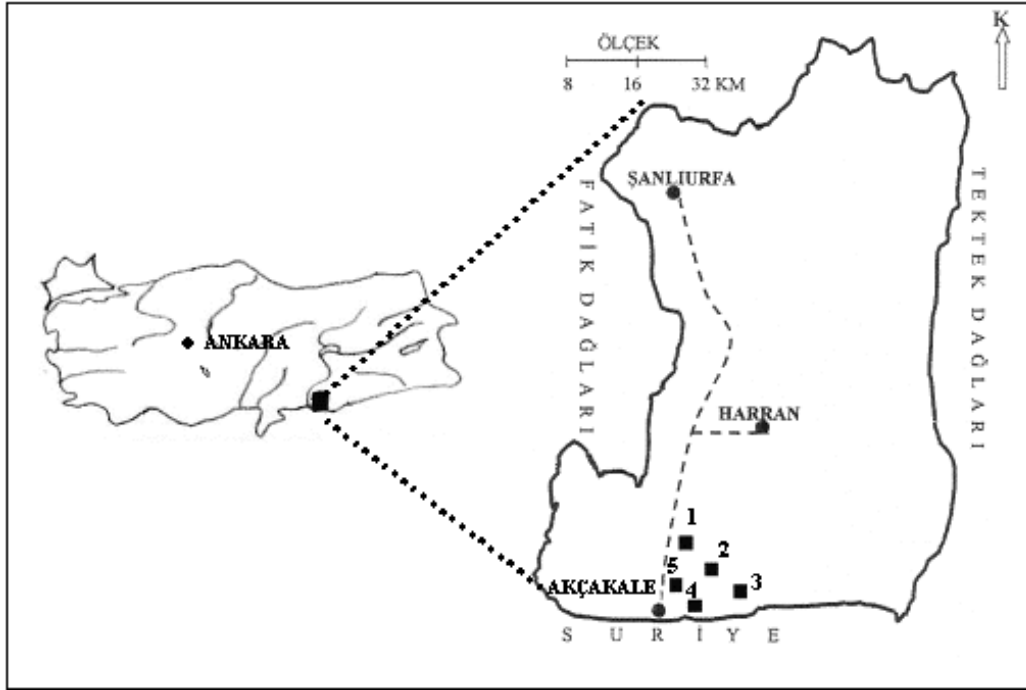
Bu çalışma Harran ovası sınırları içerisinde yer alan Harran ilçesi, Bozyazı Köyü ve Akçakale İlçesi ile bu üç yerleşim alanının arasında kalan üçgen içerisinde kalan ve Dinç vd. (1988) tarafından Akçakale serisi olarak adlandırılan bölgede yapılmıştır.

Çalışma alanının yağış, sıcaklık ve buharlaşma değerleri uzun yılların ortalaması olarak Şekil 1 de verilmiştir. En yüksek yağışlar Ocak, Şubat ve Mart ve en düşük ise Temmuz ve Ağustos aylarında olmaktadır. Minimum sıcaklık Ocak ve Şubat aylarında olup maksimum sıcaklık Temmuz ayında kendisini göstermektedir. Özellikle yaz aylarında buharlaşma miktarı 250 mm den fazla olurken yağış sıfırlarda kalmaktadır. Yıl geneline baktığımızda, buharlaşma, yağışın yaklaşık 4 katını geçmektedir. (DMİ, 2003). Çalışmada materyal olarak, Mart ayı sonlarında Akçakale serisine ait 5 farklı yer ve 0-20, 20-40, 40-60, cm derinliklerinden alınan toprak örnekleri kullanılmıştır (Şekil 2). Örneklenmenin horizonlara göre yapılmış olması nedeniyle, bu çalışmanın özelliği gereği, yazarlar bu seride daha önce yapılmış olan bir çalışmada (Aydemir, 2001) saptanan horizon sıralaması ve derinlikleri Ap, 0-20 cm, By, 20-47 cm ve Bssy, 47-72 cm referans olarak almıştır.

Temelde Tetis denizi çökel orijinli olan Harran Ovası (Şengör vd., 1988) batı ve kuzeyde Eosen kalkerleri ile çevrili kuzey-güney yönünde uzanan bir çukurluk olup jeolojik olarak Akçakale grabeni diye adlandırılmıştır.

Güneydoğu Anadolu'da, Miyosen ve sonrasında oluşan şiddetli tektonizmanın son ürünlerinden birisidir. Kuzeyindeki şaryaj ve bindirme kuşaklarını oluşturan kompresif tektonik etkenlerin doğal bir sonucu olarak, bölgenin güneyinde ekstensif tektonizma gelişmiş ve birden fazla graben oluşmuştur. Bunların en belirgin olanı Akçakale grabenidir. Kompresif hareketlerin birincil ürünlerinin genelde doğu-batı uzanımlı olmasına karşın, bu grabeni oluşturan fay sistemleri ve yapı eksenleri yaklaşık kuzey-güney uzanımlıdır (Tardu vd., 1987).

Ovayı çevreleyen tortul kayalar, en yaşlısı Paleosen olduğu tahmin edilen silikli kalkerler, kırmızı-gri killer, daha üstte tebeşirli, yumuşak, silisli sert, kompakt ve kısmen gevşek Eosen kalkerleri ve en genç marn ve gevşek göl kalkerleri ile başlayan ve ovada kırmızı kil, kum ve çakılla devam eden Miosen ve Pliosen yaşlı kayalardır (DSİ, 1972).



Şekil 2. Araştırma alanının ve toprak örneklerinin alındığı yerlerin Türkiye haritasına göre konumu.

Çalışma alanından alınan örneklerin tane büyüklük dağılımı pipet yöntemi ile (Gee ve Bauder, 1986), pH (1:2,5 toprak-su süspansiyonundan) (McLean, 1982), elektriksel iletkenliği çamur ekstraktından (Rhoades,1996), kireç miktarı gazmetre ile (Nelson, 1982), organik madde miktarı kuru yakma ile (Nelson ve Sommers, 1982) belirlenmiştir.

Toplam Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, ve K, miktarları hazırlanan presli tabletlerden Philips PW 1400 X- ray spektrometresi ile belirlenmiştir (Jones, 1982). Mineralojik analizler Philips PW 1729 x-ışını yansıma aleti ile kil (<2 $\mu$ m), fraksiyonunda yapılmıştır ve semi-kantitatif belirlenmeler x-ışını yansıma pik alanlarının ölçülmesi yolu ile saptanmıştır (Moore ve Reynolds, 1997).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Toprakların Genel Özellikleri

Araştırmada kullanılan topraklar üzerinde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1 ve Şekil 3’de verilmiştir. Araştırmaya konu olan toprak örneklerinin alkali reaksiyonlu (Brady ve Weil 1999), hafif tuzlu (Soil Survey Staff, 1999), kireççe zengin

(Kacar, 1995 ), organik madde bakımından fakir (Schlichting ve Blume, 1966) olduğu belirlenmiştir. Araştırma alanı topraklarının kil fraksiyonu bakımından zengin ve ağır bünyeli oldukları saptanmıştır.

Örneklerin EC<sub>e</sub> değerleri %60 oranında 1 dSm<sup>-1</sup> den az olarak bulunmuştur. Değerlerin nisbeten az olmalarına örnekleme alanının en fazla yağış alan aylardan olan Mart ayında yapılmasından kaynaklandığı kanısına varılmıştır. Topraklar organik maddece fakir olmasına karşılık kation değişim kapasiteleri (KDK) çok yüksek olarak tesbit edilmiştir. Bu durum yüksek oranda smektit varlığı ile açıklanabilir (Grim, 1968; Brady ve Weil, 1999). Smektit killerinin ortalama 100 cmol<sub>c</sub>kg<sup>-1</sup> KDK’ sı olduğu (Dixon ve Weed, 1989) ve topraktaki kil oranının % 50 nin üzerinde olduğu göz önüne alınırsa, kil minerallerinin içinde smektit’in başat olduğu ortaya çıkmaktadır. Özellikle 40 cm derinliğe kadarki KDK değerleri yüksek ve onun altında ise değerler az oranda düşüşler göstermektedir.

Çizelge 1. Araştırma topraklarına ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Örnek No	Derinlik cm	Tekstür %			Sınıf	pH H <sub>2</sub> O	KDK cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	EC <sub>e</sub> dSm <sup>-1</sup>	Kireç %	OM gkg <sup>-1</sup>
		Kum 2- 0.02 mm	Silt 0.02 – 0.002 mm	Kil < 0.002 mm						
1	0-20	7	37	56	C	8,2	41,2	0.30	24	7.0
	20-40	5	37	58	C	8,2	43,1	0.41	25	5.5
	40-60	3	40	57	C	7,9	42,1	1.36	26	4.2
2	0-20	6	38	56	C	7,8	41,3	3.84	26	7.2
	20-40	4	40	56	C	8,0	45,1	2.47	27	7.1
	40-60	2	42	55	SiC	8,0	40,1	2.45	29	5.5
3	0-20	3	39	58	C	7,8	42,4	1.33	29	7.2
	20-40	3	39	58	C	8,0	42,2	1.09	29	7.0
	40-60	2	48	50	SiC	8,3	39,1	0.46	30	5.4
4	0-20	3	40	57	C	8,2	44,4	0.27	24	7.3
	20-40	1	41	58	C	8,1	43,1	0.32	25	7.0
	40-60	3	40	57	C	8,2	42,1	0.35	27	6.8
5	0-20	4	40	56	C	8,0	44,3	0.74	26	7.2
	20-40	3	40	57	C	8,2	43,2	0.41	27	7.0
	40-60	1	48	51	SiC	8,3	41,1	0.33	29	6.9
Ort.	0-20	5	39	57	C	8,0	43,4	1.29	26	7.2
	20-40	3	39	58	C	8,1	43,1	0.94	27	6.4
	40-60	2	44	54	SiC	8,1	41,2	0.99	28	4.4

EC<sub>e</sub>= toprak ekstraktının elektriksel iletkenliği; KDK= katyon değişim kapasitesi; OM= organik madde

Ortalama olarak topraklardaki kireç miktarı derinliğe bağlı olarak çok farklı olmamakla birlikte katmanlar arasında ortalamada sadece %1'lik bir artış belirlenmiş olup, toprak içinde CaCO<sub>3</sub> miktarında önemli sayılabilecek birikmenin veya çözülmenin olmadığı tesbit edilmiştir.

#### Kil Mineralojisi

Toprak örneklerinin sahip oldukları kil mineral çeşitleri x-ışını yansıma ile 3 farklı derinlikte belirlenmiş olup, elde edilen sonuçlar, araştırılan örneklerde belirgin bir farklılığın olmaması nedeniyle seçilen örnek 2 için Şekil 3 ve 4 te sırası ile sunulmuştur. Analiz sonuçları topraklarda en çok smektit ve ikinci derecede de paligorskit, klorit, illit ve kaolinit gibi kil minerallerinin olduğunu kanıtlamıştır (Şekil 3).

Örneklerin Mg ve Mg-Glycol ile doyurulmasıyla (Dixon ve Weed, 1989; Moore ve Reynolds, 1997) belirlenen smektit Şekil 2 de iki farklı doygunluk arasındaki yansıma farkıyla açık bir şekilde

belirlenmiştir. Mg<sup>2+</sup> doygunluğunda 1.41 nm olan yansıma değeri Ethylene Glycol eklenmesi ile 1.8 nm gibi bir değere ulaşmıştır ve bu durum bütün örneklerde saptanmıştır. Analizler paligorskit mineralini kendine has 1.04 nm lik en baskın yansıma değeri ile göstermiş ve bu mineral bütün örneklerde tesbit edilmiştir (Şekil 3).

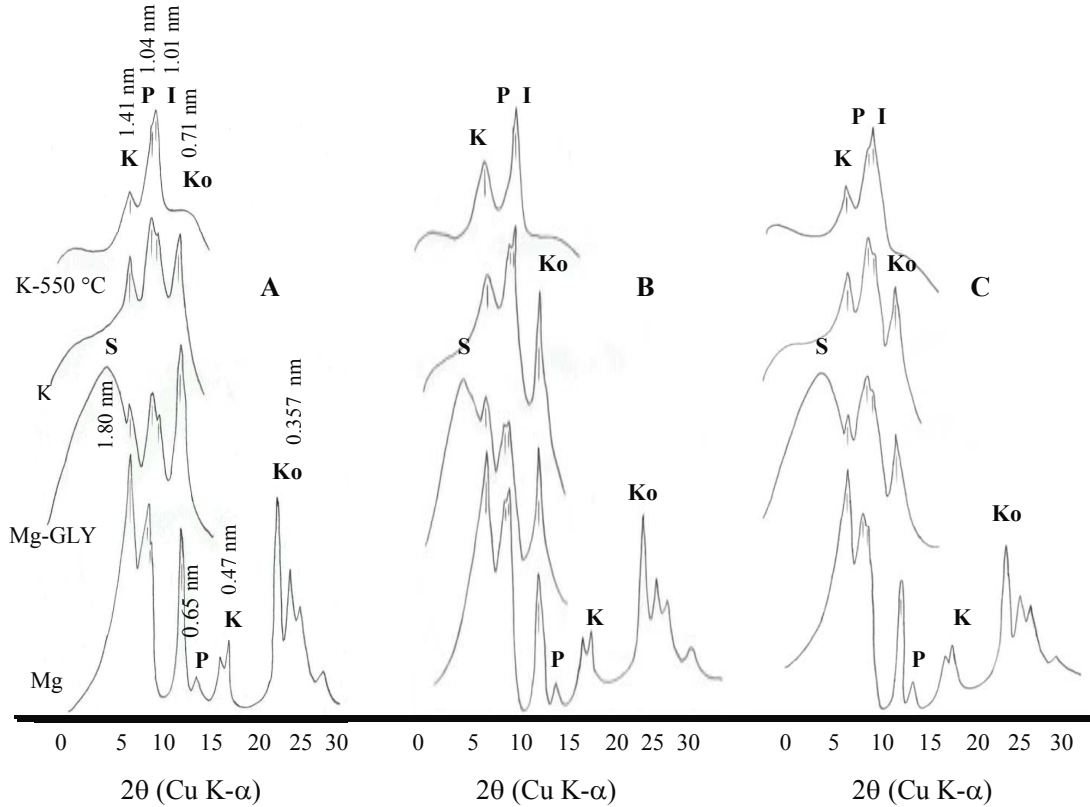
Yansıma değerlerinin birbirleri ile örtüşmesi nedeniyle, özellikle klorit' in ikinci sıradaki yansıma piki (0.71 nm) ile kaolinit'in birinci yansıma piki, bu iki mineralin aynı örnekte bulunmaları, teşhislerini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle klorit ve kaolinit minerallerinin örneklerde tesbiti onların farklı uygulamalara tabi olmaları zorunluluğunu getirmiş ve K<sup>+</sup> ile doyurulup, 550 °C ye kadar ısıtılmak suretiyle örnekteki kaolinit mineralinin kendine özgü kristal yapısının bozulması sebebi 0.71 nm lik pik değerinin kaybolması kaolinit'in kloritten ayrılması için en basit fakat kesin olmayan bir çözüm olarak literatürde yer almaktadır (Moore ve Reynolds, 1997). Buna göre, K<sup>+</sup> ile doyurulan ve ısıtılan örneklerin ısıtılmayanlara göre

0.71 nm yansıma piklerini göstermemeleri ortamda kaolinit mineralinin varlığını doğrulamaktadır. Klorit' in varlığı ise sadece 1.41 nm yansıma piki ile değil, minerale özgü olan diğer 0.47 nm lik üçüncü sıra yansıma piki (Moore ve Reynolds, 1997) ile de kendisini göstermiştir (Şekil 3). Örneklerdeki illit minerali de bütün uygulamalarda değişmeyen 1.01 nm lik yansıma pikinin bulunmasıyla kanıtlanmıştır (Dixon ve White, 2000) (Şekil 3).

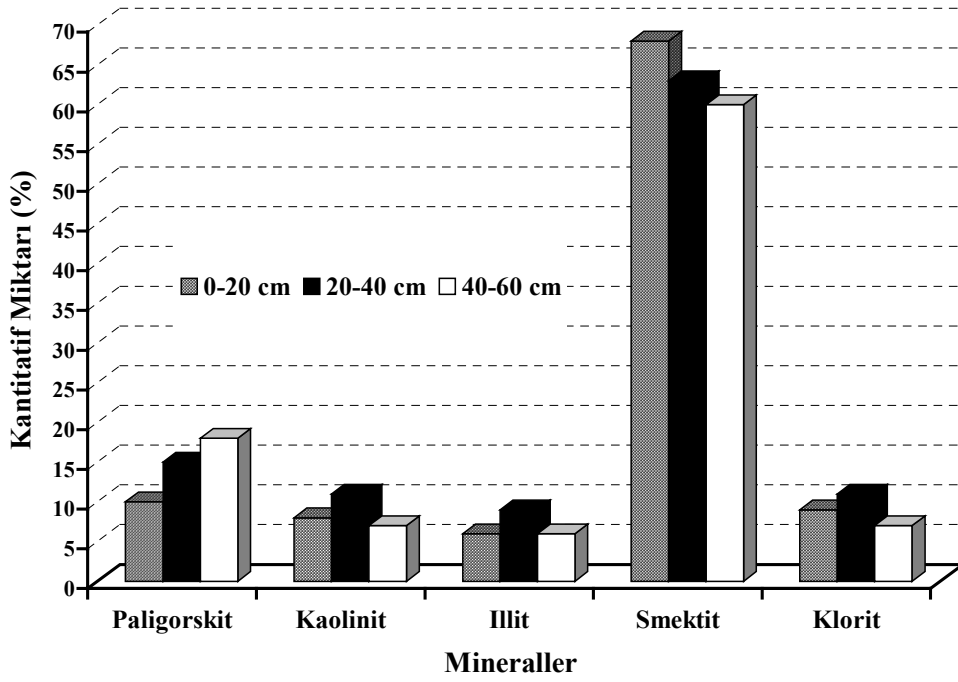
Toprakların belirlenen kil minerallerinin derinliğe bağlı dağılımları, minerallerin x-ışını yansıma piklerinin alansal oranlarının tesbiti ile yapılmış olup, tüm örneklerin ortalama değerleri derinliğe bağlı olarak gösterilmiştir (Şekil 4). Oransal sıralama yapıldığında smektit'in ortalama % 60 ile birinci sırayı aldığı ve azalan oranlarda bunu paligorskit (%13), klorit (% 8), kaolinit (%7), ve illit (%6) minerallerinin izlediği görülmektedir (Şekil 4).

Yüzeiden derine doğru paligorskit miktarında bir artış gözlenirken, smektit'te ise derinliğe bağlı bir azalış gözlenmekte olup bu durum Aydemir (2001) in yaptığı çalışmada belirttiği ve elektron mikroskop grafikleri ile desteklediği paligorskit'in smektit mineraline dönüştüğü sonucunu doğrular niteliktedir. Diğer adı geçen üç mineralin 20-40 cm derinlikte en fazla miktarda yer aldığı gözlenmektedir. Klorit ve kaolinit'te derinlik artmasına bağlı çok az bir azalma olurken illit miktarında az oranda artış görülmüştür (Şekil 4).

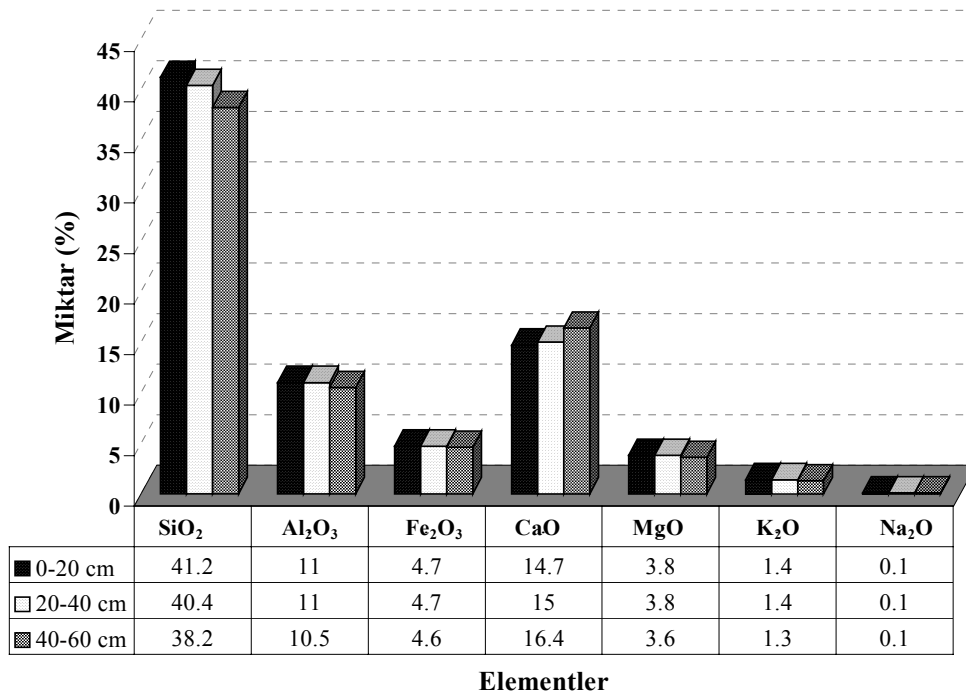
Yapılan oransal semi-kantitatif belirleme, kesin miktarları göstermemekle birlikte yinede profildeki mineral dağılımı hakkında önemli bir fikir vermektedir. Özellikle x-ışını yansıma analiz sonuçlarına bağlı semi-kantitatif belirlemelerde, mineralin pik boyundan ziyade onun kapladığı alanın belirlenmesi ile yapılan hesaplamalar hata payını nisbeten azaltır niteliktedir (Hughes vd., 1994).



Şekil 3. Seçilmiş 2 nolu örnek yeri için 0 –20, 20-40 ve 40-60 cm (A, B, ve C) derinliklerine ait kil minerallerinin X-ışını difraktogramları (S= smektit; K= klorit; P = paligorskit; I= illit; Ko= kaolinit).



Şekil 4. Kıl fraksiyonunda tesbit edilen kıl minerallerinin profil içindeki derinliğe bağlı dağılımları.



Şekil 5. Seçilmiş bazı ana elementlerin miktarlarının toprak derinliklerine göre dağılımları (değerler 5 farklı yerdeki örnekleme sonuçlarının ortalamalarıdır).

### Başat Elementlerin Dağılımı

Elementel analiz sonuçlarının ortalama değerleri (Şekil 5) topraklarda baskın elementin  $Si^{+4}$  olduğu ve bunu  $Ca^{+2}$ ,  $Al^{+3}$  ve diğer elementlerin azalan oranlarda izlediğini göstermektedir. Silisyum'un baskın olması onun toprağın inorganik yapısının en önemli yapıtaşını oluşturması dolayısıyladır. Silisyumu özellikle  $Ca^{+2}$  elementinin izlemesi topraklarındaki  $CaCO_3$  miktarının fazlalığı ile açıklanabilmektedir. İllit, klorit ve smektit minerallerinin stabil kalmaları nötr den alkaliye kadar olan reaksiyonlarda ve yüksek konsantrasyonlardaki  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ , ve düşük  $Al^{3+}$  kanyonlarının varlığı ile olmaktadır. Kaolinit düşük pH değeri, yüksek  $Al^{3+}$  miktarı ve düşük bazik kanyon miktarının bulunduğu, yıkanmanın fazla olduğu ortamlarda oluşmaktadır. Paligorskit ise alkalın pH, yüksek veya inişli çıkışlı bir taban suyu ve yüksek  $Mg^{2+}$  ve düşük  $Al^{3+}$  miktarları ile en iyi oluşum ortamı bulmaktadır (Singer, 1989 ve Birkeland, 1999).

Yukarıda verilen bilgiye de bağlı olarak,  $SiO_2:Al_2O_3$  oranının  $Al_2O_3:SiO_2$  oranına göre daha yüksek olması, özellikle araştırmaya konu olan alanda saptanan smektit killerinin başatlığını ve buna göre kaolinit'in azlığını açıklaması açısından önemli sayılabilir (Dixon ve Weed, 1989). MgO miktarının nisbeten fazlalığı ve  $CaCO_3$  miktarının ortamdaki belirleyici etkisi ile, topraklardaki yüksek ve inişli çıkışlı taban suyu özellikleri paligorskit mineralinin varlığını destekler niteliktedir (Singer, 1989).

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Akçakale serisi kil tekstür sınıfında, kireççe zengin, organik madde içeriği az olan, alkali reaksiyonlu bir topraktır. Araştırma alanından alınan toprak örneklerinin kil fraksiyonunda yapılan x-ışını yansıma analizleri smektit, paligorskit, klorit, kaolinit ve illit gibi silikat minerallerinin yüksekten aza doğru sıralandığını ortaya koymuştur. Smektitler diğer minerallere göre % 60 tan fazla bir oranı kapsamaktadır. Derinliğe bağlı dağılım smektit ile paligorskit arasında ters orantılı olarak gözlenmekte olup bu da paligorskitin yüzey horizonlarında smectite dönüştüğü tezini doğrular niteliktedir. Kil mineralleri genel anlamda sediment orijinli olarak görülmekte ise de özellikle paligorskit mineralinin derinlikle artması, bu minerali barındıran ana materyalden gelebileceği savını doğrulamaktadır.

Toprakların yüksek oranda smektit içermesi ve özellikle paligorskitin bu minerale dönüşmesi ova topraklarının smektitçe zenginleşmesini sağlamıştır. Smektitçe yoğun olan topraklar  $Ca^{++}$  iyonu ile doygun durumdadır. Toprakların ağır kil tekstürüne rağmen

nisbeten geçirimli olması da bunu destekleyebilmektedir. Toprak geçirimliliği özellikle  $Na^+$  iyonunun toprakta artması ile tersine dönebilir ve topraklar sodikleşmeye doğru gidebilirler. Toprakların yüksek smektit içeriği uzak olmayan bu olasılığı her zaman potansiyel bir problem olarak saklı tutmaktadır. Bu durum toprakların sürdürülebilirliği açısından problem oluşturmaktadır. Ayrıca özellikle tuzlu alanlardaki diğer çalışmalarda rapor edilen artan miktardaki değişebilir ve çözünebilir  $Na^+$  kasyonu ile alkalileşmeye doğru gidiş bölgedeki plansız ve aşırı su kullanılarak yapılan sulamanın önüne geçilmesi şarttır. Bu da ovaya en uygun sulama ve toprak amenajman tekniklerinin geliştirilip uygulanması ile mümkün olabilecektir. Bu durum özellikle sürdürülebilir tarım için oldukça önem taşımaktadır.

### Teşekkür

Makalenin yazımında yol göstermeleri ve değerli katkıları nedeniyle **Prof. Dr. Ahmet R. Mermut**'a en içten teşekkürlerimizi sunuyoruz.

### KAYNAKLAR

- Ağca, N., Ergezer, Ş., 1995. Harran ovası topraklarında drenaj, tuzluluk ve alkalilik sorunları. HR.Üniv. Ziraat Fak. Derg. Cilt: 1, Sayı: 3 S. 81-90.
- Ağca, N., Aydın, M., Derici, M.R., Yeşilsoy, M.Ş., Erşahin, S., 1998. Alkalization tendency and infiltration rate relationships of widely soil series in the Harran Plain, Turkey. In: M. Şefik Yeşilsoy International symposium on arid region soil, Menemen, Izmir, Turkey.
- Ahmad, N., Mermut, A.R., 1996. Vertisols and technologies for their management. Developments in Soil Science 24, Elsevier, Amsterdam.
- Aydemir, S., 2001. Palygorskite-influenced vertisols and vertic like soils in the Harran Plain in the southeastern Turkey. PhD. Thesis, Texas A&M University, Soil and Crop Sciences Department, College Station, TX 77843, USA.
- Birkeland, P.W., 1999. Soils and geomorphology. Oxford University Press, Inc., New York.
- Brady, N.C., Weil, R.R., 1999. The nature and properties of soils. 12<sup>th</sup> Ed. Prentice-Hall, Inc.
- Çullu, M.A., Almaca, A., Öztürkmen, A.R., Ağca, N., İnce, F., Derici, R., Seyrek, A., 2000. Harran ovası topraklarında tuzluluğun yayılma olasılığının belirlenmesi. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi GAP Tarımsal Araştırma-İnceleme ve Geliştirme Projesi, No: 4.1 Şanlıurfa.
- Çullu, M.A., Almaca, A., Ağca, N., Öztürkmen, A.R., Özdemir, A., Çelik, S., Çeliker, M., 2001. Harran ovasında çoraklaşan yaygın toprak serilerinin tuz dinamiği ve bunu etkileyen faktörler. TARP proje no: 2510, Şanlıurfa.
- Çullu, M.A., Almaca, A., Şahin, Y., Aydemir, S., 2002. Application of GIS for monitoring soil salinization in the Harran Plain, Turkey. International Conference on Sustainable Land Use and Management, June, Çanakkale, Turkey.

- Dinç, U., Şenol, S., Sayın, M., Kapur, S., Güzel, N., Derici, R., Yeşilsoy, M.Ş., Yeğingil, İ., Sarı, M., Kaya, Z., Aydın, M., Kettaş, F., Berkman, A., Çolak, A.K., Yılmaz, K., Tunçgöğüş, B., Özbek, H., Gülüt, K.Y., Karaman, C., Öztürk, N., Kara, E.E. 1988. Harran Ovası Toprakları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. TÜBİTAK-TOAG 534 Nolu Proje, Adana.
- D.M.İ. 2003. Şanlıurfa Akçakale Meteoroloji İstasyonu Verileri.
- Dixon, J.B., White, G. N., 2000. Soil mineralogy laboratory manual. 4<sup>th</sup> ed. Published by the authors, Department of Soil and Crop Sciences, Texas A&M University, College Station, USA.
- Dixon, J.B., Weed, S.B., 1989. Minerals in Soil Environments, 2<sup>nd</sup> Edition. Soil Sci. Soc. of Am. Book Series No. 1. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin, USA.
- DSİ (Devlet Su İşleri), 1972. Harran ovası hidrojeolojik etüdü, pp. 49, DSI printing office, Ankara.
- Ergezer, Ş., 1994. Harran Ovasının sulanan alanlarında toprak sulama suyu ve taban sularının tuzlulukla ilgili özellikleri ve bunlar arasındaki ilişkiler. Master Tezi, HR. Üniv. Fen Bil. Enst. Şanlıurfa.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-size analysis. In: A. Klute (editor), Methods of soil analysis Part 1: Physical and mineralogical methods 2<sup>nd</sup> Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. p. 383-409.
- Grim, R. E., 1968. Clay mineralogy. 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill Co. New York.
- Hughes, R.E., Moore, D.M., Glass, H.D., 1994. Qualitative and quantitative analysis of clay minerals in soils. In: J.E. Amonette, and L.W. Zelazny (editors), Quantitative methods in soil mineralogy. Soil Science Society of America, 677 S. Segue Rd, Madison, WI 53711, USA (SSSA Miscellaneous Publication). p. 330-359.
- Jones, A.A., 1982. X-ray Fluorescence spectrometry. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (editors), Methods of soil analysis Part 2: Chemical and microbiological properties 2<sup>nd</sup> Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. p. 85-118.
- Kacar, B., 1995. Bitki ve toprağın Kimyasal Analizleri. III. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayını. No: 3 Ankara.
- Kettaş, F., Berkman, A., Yeşilsoy, M.Ş., Aydın, M., 1991. Determination of soil-water retention characteristics of widely distributed soil series in the Harran Plain. In: U. Dinç. Soils of the Harran Plain. TOAG- project no: 534.
- McLean, E.O., 1982. Soil pH and Lime Requirement. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (editors), Methods of soil analysis Part 2: Chemical and microbiological properties 2<sup>nd</sup> Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. p. 199-223.
- Moore, D.M., Reynolds, Jr. R.C. 1997., X-ray Diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals. Oxford University Press Inc., New York.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (editors), Methods of soil analysis Part 2: Chemical and microbiological properties 2<sup>nd</sup> Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. p. 539-577.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and gypsum. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (editors), Methods of soil analysis Part 2: Chemical and microbiological properties 2<sup>nd</sup> Edition. Agronomy Series No: 9. Am. Soc. of Agronomy and Soil Sci. Soc. of Am. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. p. 181-196.
- Nettleton, W.D., Brasher, B.R., 1983. Correlation of clay minerals and properties of soils in the western United States. Soc. Sci. Soc. Am. J. 47, 1032-1036.
- Olson, C.G., Thompson, M.L., Wilson, M.A., 2000. Phyllosilicates. In: M.E. Sumner (editor), Handbook of soil science. CRC Press LLC, Boca Raton, FL. p. F-77-168.
- Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: D.L. Sparks, A.L. et. al., (editors), Methods of soil analysis Part 3: Chemical methods. Soil Sci. Soc. of Am. Book Series No: 5. Soil Sci. Soc. of Am. and Am. Soc. of Agronomy Inc. Publisher, Madison, Wisconsin USA. p. 417-436.
- Schlichting, E., Blume, H.P., 1966. Bodenkundliches Practium. Verlag Paul Parey, Hamburg-Berlin, Germany.
- Schulze, D.G., 1989. An Introduction to soil mineralogy. In: J.B. Dixon and S.B. Weed (editors), Minerals in Soil Environments, 2<sup>nd</sup> Edition. Soil Sci. Soc. of Am. Book Series No. 1. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin, USA. p.1-34.
- Şengör, A.M.C., Altuner, D., Cin, A., Ustaömer, T., Hsü, K.J., 1988. Origin and assembly of the Tethyside orogenic collage at the expense of Gondwana Land. In: M.G. Audley-Charles, A. Hallam (editors) Gondwana and Tethys. Geol. Soc. Spec. Publ., 37 Oxford University Press. p. 119-181.
- Singer, A., 1989. Palygorskite and sepiolite group minerals. In: J.B. Dixon and S.B. Weed (editors), Minerals in soil environments, 2<sup>nd</sup> Edition. Soil Sci. Soc. of Am. Book Series No. 1. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin, USA. p.829-872.
- Soil Survey Staff., 1999. Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2<sup>nd</sup> ed. USDA-NRCS, Agric. Handbook No. 436, U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
- Tardu, T., Başkurt, T., Güven, A., Us, E., Dinçer, A., Tuna, M.E., Tezcan, O.Ş., 1987. Akçakale grabeninin yapısal-stratigrafik özellikleri ve petrol potansiyeli, 7. Petrol Kongresi Bildirileri, s. 36-49.