

Ankara-Polatlı Sulu Tarım Arazilerinde Değişebilir Sodyum Yüzdesi, Sodyum Adsorbsiyon Oranı ve Gapon Katsayısı İlişkileri*

Erdoğan IŞIK¹

Sadık USTA²

Geliş Tarihi: 15.09.2003

Özet: Bu araştırma, Ankara-Polatlı sulu tarım arazilerinde değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve Gapon katsayısı (K_g) ilişkilerinin saptanması amacıyla yapılmıştır. Araştırmada 23 adet yüzey (0-20 cm) toprak örneği kullanılmıştır. Araştırma konuları olarak 3 tuz konsantrasyonu (15, 30, 60 mmol L⁻¹) ve her tuz konsantrasyonu için 4 SAR seviyesi [5, 10, 20, 40 (mmol L⁻¹)^{1/2}] ele alınmıştır. Araştırmada kullanılan tüm topraklarda ESR ile SAR arasındaki ilişki 3 tuz konsantrasyonunda da doğrusal olup %1 seviyesinde önemli çıkmıştır. SAR artarken ESR ve dolayısıyla ESP değerleri artmıştır. Gümüşyaka köyü hariç diğer köylerin Gapon katsayısı yaklaşık olarak birbirine yakın bulunmuştur. Kocahacılı, Beşköprü, Yenice ve Eskikarsak köyleri için genel ESR-SAR eşitliği ESR=0.0066·SAR-0.0287 ve Gapon katsayısı 0.0066 olarak belirlenmiştir. Tüm köyleri kapsayan genel ESR-SAR eşitliği ESR=0.0056·SAR-0.0227 ve Gapon katsayısı 0.0056 olarak saptanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre toprakların sodyumlulaşma olasılığı sırası; Eskikarsak>Yenice=Beşköprü>Kocahacılı>Gümüşyaka şeklinde belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: ESP, SAR, ESR, gapon katsayısı

The Relationship Between Exchangeable Sodium Percentage, Sodium Adsorption Ratio and Gapon Selectivity Coefficient in Ankara-Polatlı Irrigated Agricultural Land

Abstract: The aim of this research is to determine of the relationship between exchangeable sodium percentage (ESP), sodium adsorption ratio (SAR) and Gapon selectivity coefficient (K_g) in Ankara-Polatlı irrigated agricultural lands. In this study, 23 surface soils samples (0-20 cm) were used. Three different salt concentrations (15, 30, 60 mmol L⁻¹) and four different SAR levels [5, 10, 20, 40 (mmol L⁻¹)^{1/2}] for each salt level were studied. Significant (%1) linear relationships were found between ESR and SAR values. ESR and thus ESP values increased while SAR values increased. Gapon selectivity coefficient of villages was approximately equal, except Gümüşyaka village. General equation ESR-SAR and Gapon selectivity coefficients were ESR=0.0066·SAR-0.0287 and 0.0066 for the Kocahacılı, Beşköprü, Yenice and Eskikarsak villages, respectively. General ESR-SAR equation and Gapon selectivity coefficient for all villages were found as ESR=0.0056·SAR-0.0227 and 0.0056. According to the results, sodification probability order was found as Eskikarsak>Yenice=Beşköprü>Kocahacılı>Gümüşyaka of the study area.

Key Words: ESP, SAR, ESR, gapon selectivity coefficient

Giriş

Toprak ve su, tarımın olmazsa olmaz öğeleridir. İkinin de sürdürülebilir olması için mevcut durumlarının iyi saptanarak kalitelerinin her zaman kontrol edilip korunması gerekir. Toprak ile ilgili yapılan araştırmalar içinde, sulama ve su kalitesinden kaynaklanan toprak sodyumluluğunun bilinmesine ve önlenmesine yönelik araştırmalar önemli bir yer tutmaktadır. Toprakların sürdürülebilirliğine engel oluşturan öğelerden birisi de sodyumluluktur. Toprakta değişebilir katyonlar içerisinde sodyum artışı ile, özellikle de fiziksel özelliklerin bozulması sebebiyle bitki gelişmesi büyük ölçüde zarar görür. Toprak kolloidleri disperse olarak su ve havanın toprak içindeki hareketini oldukça yavaşlatır. Toprakların hidrolik iletkenliği azalır, infiltrasyon hızı düşer ve geç tava gelir. Bu sebeplerle bitki kökleri anormal derecede kalınlaşır, kısılır ve bitki kurur. Ayrıca kuruyan sert toprak kabukları,

çimlenen tohumların çıkışlarını engeller (Abrol ve ark. 1988, Sönmez 1990, Usta 1995).

Topraklarda sodyum zararını değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ifade etmektedir.

$$ESP = \frac{NaX}{CEC} \cdot 100$$

ESP: Değişebilir sodyum yüzdesi

NaX: Değişebilir sodyum, (cmol kg⁻¹)

CEC: Katyon değişim kapasitesi, (cmol kg⁻¹)

ESP'nin laboratuvar analizleri ile bulunmasında katyon değişim kapasitesinin (CEC) analizindeki metodlar arasındaki fark, yıkama esnasında tuz çözeltilisinin tam olarak uzaklaştırılmaması durumunda yüksek CEC

* Doktora Tezi'nden hazırlanmıştır.

* Ankara Üniv. Bil. Araş. Proj. Müd. tarafından desteklenmiştir.

¹ Köy Hizmetleri 1. Bölge Müdürlüğü-Ankara

² Ankara Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bölümü-Ankara

değerleri elde edilmesi neticesi düşük ESP değerlerinin bulunması, değişebilir sodyum (NaX) ve kation değişim kapasitesi (CEC) işlemlerinin yorucu, zaman alıcı ve hatalara açık olması gibi sorunlar mevcuttur. Ancak bazı araştırmacılar, analizlerde karşılaşılan bu güçlükleri yenmek için, kolay ve kısa zamanda gerçekleştirilen toprak saturasyon ekstraktında yapılan analizlerden değişebilir sodyum yüzdesini (ESP) tahmin etmek gibi pratik bir işlemi tercih etmektedirler.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)}}$$

SAR: Sodyum adsorbsiyon oranı, (mmol L⁻¹)^{1/2}
 Na : Saturasyon ekstraktındaki sodyum kons. (mmol L⁻¹)
 Ca : Saturasyon ekstraktındaki kalsiyum kons. (mmol L⁻¹)
 Mg : Saturasyon ekst. mağnezyum kons. (mmol L⁻¹)

$$ESR = K_g \cdot SAR$$

K_g: Gapon katsayısı

$$ESP = \frac{100 \cdot ESR}{1 + ESR} \quad (USSL 1954)$$

$$ESP = \frac{100(0.01475 \cdot SAR - 0.0126)}{1 + (0.01475 \cdot SAR - 0.0126)} \quad (USSL 1954)$$

Değişebilir sodyum oranı, ESR=0.01475·SAR-0.0126 olarak ifade edilmektedir. 0.01475 katsayısı, Gapon katsayısı (K_g) olarak adlandırılmaktadır ve birimi (mmol L⁻¹)^{-1/2}'dir. Bu değer hem Amerika Birleşik Devletleri toprakları için saptanmış olup hemde çoğu zaman değişik toprak tipleri ve farklı tuz konsantrasyonları içeren sulama suları için değişmez kabul edilmiştir (USSL 1954). Gapon katsayısı olarak 0.01475'in (0.015) kullanılması faydalı olsa da bunun genel olarak kullanılması için yeterli temel bilgi olmadığı gibi (Bolt 1975, Sposito ve Mattigod 1977, Sposito 1977), Gapon katsayısı 0.005 gibi küçük değerlerden (Jurinak ve ark. 1984) 0.03'ten büyük değerlere (Sinanuwong ve El-Swaify 1974, Miller ve ark. 1990) kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle Gapon katsayısı başta sulu tarım yapılan ve yapılacak arazilerde olmak üzere değişik toprak tipleri ve bu topraklara gelebilecek tuz yükleri için ayrı ayrı saptanması gerekir. Yukarıda sayılan nedenlerle bu araştırma, Köy Hizmetlerince Ankara'nın Polatlı ilçesine bağlı Kocahacılı, Beşköprü, Gümüşyaka, Yenice ve Eskikarsak köylerindeki sulama yatırımı yapılan topraklarda değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve Gapon katsayısı (K_g) ilişkilerinin saptanması için ele alınmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Köy Hizmetlerince Ankara'nın Polatlı ilçesine bağlı Kocahacılı (7220 da), Beşköprü (5390 da), Gümüşyaka (10420 da), Yenice (5832 da) ve Eskikarsak (4712 da) köylerindeki sulama yatırımı yapılan topraklarda yürütülmüştür. 2003 yılı itibarıyla sulama yatırımı uygulaması Gümüşyaka'da başlangıç aşamasında iken Kocahacılı'da son aşamaya gelmiştir. Beşköprü, Yenice ve Eskikarsak'da ise sulama yatırımları tamamlanmış olup

toplam proje sahası 33574 da'dır. Çalışmalarda, bu köylerden alınan yüzey (0-20 cm) toprakları materyal olarak kullanılmıştır.

Kocahacılı köyünde çoğunlukla yerinde oluşmuş "Typic Haplocalcid" ve taşınmış "Typic Torrifluent" topraklar mevcut olup yer yer "Lithic Torriorthent" topraklar da bulunmaktadır. Beşköprü köyünün bir kısmında Sakarya nehriince taşınmış "Typic Torrifluent" topraklar var iken diğer bir kısmında yerinde oluşmuş "Typic Haplocalcid" topraklar mevcuttur. Gümüşyaka köyünün hemen hemen tümünde "Typic Haplocalcid" topraklar mevcuttur. Yenice köyünde, Sakarya nehri ve küçük kuru yan derelerce taşınmış "Typic Torrifluent" topraklar ve az bir sahada yerinde oluşmuş "Typic Haplocalcid" topraklar mevcuttur. Eskikarsak köyünde "Typic Haplocalcid" ile "Typic Torrifluent" topraklar mevcuttur (Uzuntaş 1989, Anonim 1992, Suiçmez 1995a, Suiçmez 1995b, Soil Survey Staff 1999, Çokçetin 2002). Toprak örnekleri, sulamadan faydalanan ve faydalanacak alanları temsil edecek şekilde alınmıştır. Toprak örnekleri alınırken "Ankara İli Arazi Varlığı" (Anonim 1992), 1/25000'lik ve 1/5000'lik topoğrafik toprak haritaları ve 1/5000'lik proje haritalarından yararlanılmıştır. Kocahacılı köyünden 7, Beşköprü köyünden 3, Gümüşyaka köyünden 6, Yenice köyünden 4 ve Eskikarsak köyünden 3 adet olmak üzere toplam 23 adet toprak örneği alınmış ve hepsi de araştırmaya tabi tutulmuştur. Ayrıca, toprakların sulanmasında kullanılan ve kullanılacak olan Sakarya nehrinden de yıl içinde sulama dönemlerini de içine alacak şekilde su örnekleri alınarak analizleri yapılmıştır.

Usulüne göre (Kacar 1995) alınan ve analize hazırlanan toprak örneklerinin 2.00 mm'lik elekten geçirilmiş olanlarında toprağın özelliklerinin belirtildiği laboratuvar analizleri yapılmıştır. Araştırma ile ilgili diğer işlemler 0.5 mm'lik topraklarda yapıldığından 2.00 mm'lik elekten geçirilen toprakların çalışmalarda yeterli olacak bir kısmı alınarak 0.5 mm'lik elekten geçirilmiş ve ağız kapaklı cam kavanozlarda muhafaza edilmişlerdir.

Değişebilir sodyum yüzdesi, sodyum adsorbsiyon oranı ve Gapon katsayısı ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla araştırma konuları olarak 15, 30 ve 60 mmol L⁻¹ olmak üzere her üç tuz konsantrasyonunda 5, 10, 20 ve 40 (mmol L⁻¹)^{1/2} sodyum adsorpsiyon oranları (SAR) ele alınmıştır. Değişik tuz-SAR konsantrasyonunda çözeltiler hazırlanırken Ca:Mg oranı 1:0 olarak alınmış olup (Curtin ve ark.1994) bu çözeltilerin hazırlanmasında NaCl ve CaCl₂·2H₂O kimyasalları kullanılmıştır. Tuz-SAR konsantrasyonlarının seçiminde daha önceleri yurt içinde ve dışında yapılmış ESP-SAR ilişkileriyle ilgili çalışmalar ile bitki tuzluluk parametreleri dikkate alınmıştır (Paliwal ve Gandhi 1976, Jurinak ve ark. 1984, Abrol ve ark. 1988, Sönmez ve Ağar 1995, Gedikoğlu 1995).

Değişik tuz ve SAR konsantrasyonundaki çözeltilerin hazırlanması için gerekli NaCl ve CaCl₂·2H₂O miktarlarının hesaplanması için SAR formülünde;

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{(Ca + Mg)}} \quad Na, Ca, Mg: (mmol L^{-1})$$

$$Ca:Mg oranı 1:0 olarak alındığından; \quad SAR = \frac{Na}{\sqrt{Ca}}$$

formülüne göre yapılmıştır. Gerekli Na ve Ca miktarları yukarıdaki formülün çözümünden elde edilen 2. dereceden denklemin çözümü olan;

$$Ca_{1,2} = \left[C + \frac{SAR^2}{2} \right] \pm \frac{1}{2} \left[(2C + SAR^2)^2 - 4C^2 \right]^{0,5}$$

Na : Sodyum konsantrasyonu, (mmol L⁻¹)
 Ca : Kalsiyum konsantrasyonu, (mmol L⁻¹)
 C : Toplam konsantrasyon (C = Na + Ca), (mmol L⁻¹)
 SAR : Sodyum adsorpsiyon oranı, (mmol L⁻¹)^{1/2}
 denklemleri yardımıyla istenilen SAR değerlerinde ayarlanmıştır.

Laboratuvar çalışmalarında kullanılmak üzere 0.5 mm'lik elekten geçirilerek ayrılan toprak örneklerinden bir miktar alınıp fırında 105 °C'de fırın kuru ağırlığa kadar getirildikten sonra tartılarak % nem kapsamı bulunmuştur. Bu % nem değerleri dikkate alınarak hava kuru topraklardan 4'er gram fırın kuru toprak tartılmış ve önceden daraları alınmış 50 ml'lik santrifüj tüplerine konulmuştur. Santrifüj tüplerine konulan toprakların üzerine ilgili tuz-SAR konsantrasyonundaki çözeltiden 30'er ml ilave edildikten sonra tüplerin ağızları tıpalı ile sıkıca kapatılmış ve yatay yönde hareket eden bir çalkalayıcıda 15 dakika süreyle çalkalanmışlardır. Çalkalama bittikten sonra tüpler bir santrifüje konulmuşlar ve üstte tamamen berrak bir çözelti kalıncaya kadar veya askıda toprak partiküllerinin tamamı çökelinceye kadar santrifüj edilmişlerdir. Üstte toplanan berrak çözelti döküldükten sonra yukarıda anlatılan işlemler iki kez daha tekrarlanmıştır. Üçüncü tekrarlanmanın sonunda santrifüj işlemi bittikten sonra üstte toplanan berrak çözelti dökülmeyerek plastik kaplarda analiz için toplanmıştır. Bu çözeltide Na⁺ ve Ca⁺²+Mg⁺² analizleri yapılmıştır. Elde edilen bu çözeltiye denge çözeltisi denilmiştir. Bundan da anlaşılacağı gibi yukarıda yapılan işlemlerin amacı toprağı istenen tuz-SAR konsantrasyonundaki çözeltiyle dengeye getirmektir. Üç kez çalkalama-santrifüjleme işleminden sonra elde edilen denge çözeltisindeki Na⁺ ve Ca⁺²+Mg⁺² analizleri sonucunda hesaplanan SAR değerinin toprağın bu uygulamadan sonra dengeye geldiğı SAR değerini ifade ettiğı varsayılmaktadır (Bolt ve Bruggenwert 1976, Jurinak ve ark. 1984).

Yukarıda yapılan işlemlerden sonra, yani üçüncü santrifüjün sonunda elde edilen berrak süzük (denge çözeltisi) toplandıktan sonra tüp ters çevrilerek içindeki çözeltinin tamamen sızması beklenmiş ve tüp, içindeki toprak ile tartılmıştır. Tüpte kalan toprak, üç kez 33 ml 1 N amonyum asetat çözeltisi (pH 7.0) ile 5'er dakika çalkalama ve santrifüjleme işlemine tabi tutulmuştur. Santrifüj sonrası berrak çözeltiler 100 ml'lik balona toplanmış ve 1 N amonyum asetat çözeltisi (pH 7.0) ile çizgisine tamamlanmıştır. Bunlarda yalnızca Na analizi (Toprağın hem çözünebilir hem de değişebilir sodyum kapsamının tamamı) yapılmıştır (Bower ve ark. 1952).

Bu işlem ve analizler tüm toprak örnekleri için ayrı ayrı tekrarlanmıştır.

Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analizlerinden "Su ile doygunluk (%)" USSS (1954) tarafından bildirildiğı şekilde toprağı saf suyla doygun hale getirmek suretiyle, "Toprak reaksiyonu (pH)" Mc Lean (1982) tarafından bildirildiğı şekilde hazırlanmış doygun toprağın ekstraktında pH-metre aletiyle ölçülerek, "Kireç (%)" Nelson (1982) tarafından tanımlandığı şekilde kalsimetrede CO₂'in volumetrik hacmi bulunarak, "Organik madde (%)" Nelson ve Sommers (1982) tarafından bildirilen Walkley Black yönteminin modifiye edilmiş şekli uygulanarak, "Bünye" Day (1956) tarafından bildirildiğı şekilde hidrometre metoduna göre, "Elektriksel iletkenlik (dS m⁻¹, 25 °C)" Tüzüner (1990) tarafından belirtildiğı şekilde doygunluk ekstraktının elektriksel iletkenlik aletiyle elektriksel iletkenliğinin ölçülmesi suretiyle, "Katyon değişim kapasitesi (cmol (+) kg⁻¹)" Bower et al (1952) tarafından belirtilen metoda göre, toprak örnekleri 1 N NaOAc (pH 8.2) ile doyurulduktan sonra sodyumun fazlası etil alkolle yıkanıp toprak tarafından tutulan sodyum 1 N NH₄OAc (pH 7.0) ile ekstrakte edilerek alevfotometrede, "Değişebilir Na⁺ ve K⁺ (cmol (+) kg⁻¹)" toprağın 1 N NH₄OAc (pH 7.0) ile ekstraksiyonundan elde edilen sodyum ve potasyum değerlerinden aynı iyonların doygunluk ekstraktından elde edilen suda bağımsız iyon değerlerinin çıkartılması suretiyle (Bower ve ark. 1952), "Değişebilir Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ (cmol (+) kg⁻¹)" toprağın katyon değişim kapasitesi değerinden değişebilir sodyum ve potasyum değerlerinin çıkarılması ile, "Çözünebilir Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ (mmol⁽⁺⁾ L⁻¹)" saturasyon ekstraktında EDTA titrasyonu ile (Tüzüner 1990), "Çözünebilir Na⁺ ve K⁺ (mmol⁽⁺⁾ L⁻¹)" saturasyon ekstraktında alevfotometre ile (Tüzüner 1990) belirlenmiştir.

Sakarya nehrinden alınan sulama suyu örneklerinde, pH değeri, pH-metre ile; elektriksel iletkenlik değeri, elektriksel ölçüm aleti ile ölçülerek; Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺ EDTA ile; CO₃⁻ ve HCO₃⁻, 0,01 N H₂SO₄ ile; Cl⁻, 0,05 N AgNO₃ ile titre etmek suretiyle; Na⁺ ve K⁺ alevfotometre ile USSS (1954) tarafından bildirilen yöntemler ile; SO₄⁻ ise toplam katyon konsantrasyonundan CO₃⁻, HCO₃⁻ ve Cl⁻'un toplam değerinin çıkarılması ile belirlenmiştir. Suyun tuzluluk (T) ve sodyumluluk (A) sınıfı USSS (1954)'de verilen diyagramdan yararlanılarak verilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Kocahacılı toprakları çoğunlukla killi (C) ve kil tın (CL) olmak üzere tınlı (L) ve kumlu killi tın (SCL) bünyeye sahiptir. Toprak reaksiyonu açısından orta alkalın olan toprakların kireç kapsamı fazla ve çok fazla olup elektriksel iletkenlik değerleri itibarıyla tuzsuz sınıfına girmektedir. Toprakların organik madde yüzdeleri az ve ortadır. Beşköprü toprakları bünye açısından ağırlıklı olarak kil tın (CL) olmak üzere killi (C) özelliklere sahiptir. Toprak reaksiyonu açısından orta alkalın olan toprakların kireç kapsamı orta ve fazla olup elektriksel iletkenlik değerleri itibarıyla tuzsuz sınıfına girmektedir. Toprakların organik madde yüzdeleri az ve ortadır. Gümüşyaka toprakları bünye açısından ağırlıklı olarak kumlu tın (SL)

olmak üzere kil tın (CL) ve killi (C) özelliklere sahiptir. Toprak reaksiyonu açısından orta alkalin olan toprakların kireç kapsamı orta ve fazla olup elektriksel iletkenlik değerleri itibariyle tuzsuz sınıfına girmektedir. Toprakların organik madde yüzdeleri genel itibariyle az ve orta olup yüksek yer de mevcuttur. Yenice toprakları bünye açısından ağırlıklı olarak tınlı (L) olmak üzere siltli tın (SiL) ve kil tın (CL) özelliklere sahiptir. Toprak reaksiyonu açısından orta alkalin olan toprakların kireç kapsamı genel itibariyle fazla olup kireçli ve çok fazla kireçli olanlar da mevcuttur. Elektriksel iletkenlik değerleri itibariyle Y-3 hafif tuzlu olup diğerleri tuzsuzdur. Toprakların organik madde yüzdeleri çoğunlukla orta olmak üzere yüksek olan da mevcuttur. Eskikarsak toprakları bünye açısından killi (C) özelliklere sahiptir. Toprak reaksiyonu açısından orta alkalin olan toprakların kireç kapsamı ağırlıklı olarak orta olup fazla olan da mevcuttur. Elektriksel iletkenlik değerleri itibariyle tuzsuz olan toprakların organik madde yüzdeleri az, orta ve iyidir. Araştırma topraklarının kation değişim kapasitesi $18.22 \text{ cmol kg}^{-1}$ ile $48.28 \text{ cmol kg}^{-1}$ arasında değişmektedir. Genelde kabul edilen $\text{ESP} = 15$ sınırı değerine göre E-1 hariç araştırma topraklarının ESP değerleri şu an için bir sorun oluşturmayacak derecede düşüktür (Çizelge 1).

Araştırma topraklarının tamamının sulanmasında kullanılan ve kullanılacak olan Sakarya nehri suyunun sulama suyu sınıfı tuzluluk açısından yüksek (T_3) ve sodyumluluk açısından az (A_1) olarak saptanmıştır (Çizelge 2).

Toprakların orijinal çözeltilerle çalkalanmasından sonra belirli bir tuz konsantrasyonunda denge çözeltilerinin SAR değerlerinin artmasıyla değişebilir sodyum oranı (ESR) artmıştır. Çizelge 3 incelendiğinde temelleri Gapon tarafından ortaya atılan ve daha sonra USSL (1954) ile pratik ve yaygın anlamda kullanıma açılan ve de daha sonra bir çok araştırmacı tarafından saptanan ESR ile SAR arasındaki pozitif doğrusal ilişki Ankara-Polatlı sulu tarım arazilerinde de (Kocahacılı, Beşköprü, Gümüşyaka, Yenice ve Eskikarsak köyleri) bulunmuş olup ESR ile SAR arasında istatistiksel olarak ifade edilebilecek bir bağıntı belirlenmiştir. USSL (1954), bu bağıntıyı $\text{ESR} = K_g \cdot \text{SAR} + b$ olarak ifade etmiş ve bu bağıntıda K_g değerinin 0.01475 olduğunu bildirmiştir.

Çözünabilir ve değişebilir kationlar arasındaki ilişkiyi saptamak için doğrusal regresyon analizi kullanılmıştır. Çizelge 3'de ortalamaları verilen ESR ve SAR değerlerinin $y = a \cdot x + b$ ilişkisinde $\text{ESR} = K_g \cdot \text{SAR} + b$ olarak yerine konulmasıyla elde edilen ESR ile SAR arasındaki ilişki tüm tuz değerlerinde istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu durum, işleme tabi tutulan her toprakta, en yüksek tuz konsantrasyonuna (60 mmol L^{-1}) kadar, ESR ile SAR arasındaki ilişkinin doğrusal bir ifade ile açıklanabileceğinin ve uygulamada kullanılabileceğinin göstergesidir. Ankara-Polatlı sulu tarım arazilerinden alınan 23 adet toprak örneği için tüm değişkenlerin katılımıyla (her bir toprak örneği için üç farklı tuz seviyesi olmak üzere) hesaplanarak bulunan ve ESR ile SAR arasındaki ilişkiyi gösteren genel denklem istatistiksel olarak Lentner (1982)'in bildirdiği şekilde değerlendirilmiştir

ve $\text{ESR} = 0.0056 \cdot \text{SAR} - 0.0227$, $r = 0.827^{**}$ olarak saptanmıştır (Şekil 1). Araştırmada kullanılan Kocahacılı, Beşköprü, Gümüşyaka, Yenice ve Eskikarsak köyü topraklarının ESR - SAR ilişkileri ve Gapon katsayılarını gösteren genel denklemler incelendiğinde (Çizelge 4) Gapon katsayısının Gümüşyaka köyü topraklarında en düşük (0.0035), Eskikarsak köyü topraklarında ise en yüksek (0.0077) olduğu görülmektedir.

Gapon katsayısı 0.005 gibi küçük değerlerden (Jurinak ve ark. 1984) 0.03 'ten büyük değerlere kadar çıkabilmektedir (Sinanuwong ve El-Swaify 1974, Miller ve ark. 1990). Katsayının 0.0056 olarak saptanması, Ankara-Polatlı sulu tarım arazilerinin tamponlama gücünün yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum yöre toprakları için bir avantajdır. Toprakların kation değişim kapasitesi (CEC), ESR - SAR ilişkisini etkilemekte olup K_g ile negatif bağlantısı vardır (Evangelou ve Coale 1987, Poonia ve Talibudeen 1977). Tamponluk bakımından en etken maddeler çeşitli kil ve humus kolloidleridir (Akalan 1988). Frenkel ve ark. (1978), kation değişim kapasitesine etki eden en büyük etmenlerden kil minerolojisi ve kil kapsamının toprakların sodyumlulaşma derecesine etki ettiğini bildirmektedir. Nitekim Yeşilsoy (1969), yüksek yük yoğunluğunun düşük Gapon katsayısı (K_g) değerine sebebiyet verdiğini belirtmektedir. Gapon katsayısı (K_g) büyüdükçe ESR artar. ESR 'nin artması ESP 'nin artması sonucunu doğurur. K_g 'nin düşmesi durumunda ESR düşer. ESR 'nin azalması ESP 'nin azalmasına sebebiyet verir. Gapon katsayısı, adsorbe edilmiş kationların oransal miktarının bir yansıması olduğundan (Poonia ve Talibudeen 1977), K_g değerindeki artış oransal sodyum miktarındaki (ESP) artışı yansıtmaktadır (Mehta ve ark. 1983). Ağca (1990), K_g değeri ne kadar büyükse ESR ve dolayısıyla ESP değerinin de büyüyeceğini bildirmiştir.

Gümüşyaka köyü hariç diğer köylerin topraklarından elde edilen ESR - SAR ilişkilerinin birbirine daha yakın olduğu saptanmıştır (Şekil 2). Her ne kadar Gümüşyaka köyü topraklarının ESR - SAR ilişkisi diğer köy topraklarından elde edilen ilişkiye göre daha düşük olsa da bütün alanı temsil eden ESR - SAR ilişkisine ($\text{ESR} = 0.0056 \cdot \text{SAR} - 0.0227$) göre Gümüşyaka köyü hariç araştırmada kullanılan toprakların hepsini kapsayan ESR - SAR ilişkisi Lentner (1982)'in bildirdiği şekilde değerlendirildiğinde $\text{ESR} = 0.0066 \cdot \text{SAR} - 0.0287$, $r = 0.884^{**}$ olarak belirlenmiş olup (Şekil 3) ortak Gapon katsayısındaki (K_g) 0.0010 çok küçük birimlik fark da fazla önemli değildir.

Çizelge 4'deki ESR - SAR eşitlikleri kullanıldığında sodyumluluk için kritik değer olan $\text{ESP} = 15$ değerine Eskikarsak'ta $\text{SAR} = 27.0$, Yenice'de $\text{SAR} = 30.0$, Beşköprü'de $\text{SAR} = 30.3$, Kocahacılı'da $\text{SAR} = 33.9$ ve Gümüşyaka'da $\text{SAR} = 53.8$ değerine ulaşılmaktadır. Bu sonuçlara göre toprakların sodyumlulaşma olasılığı sırası; Eskikarsak > Yenice \approx Beşköprü > Kocahacılı > Gümüşyaka şeklindedir.

USSL (1954), topraklarda değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) 15 'den yukarı çıktığında sodyumlulaşma sorununun başlayarak toprağın fiziksel özelliğini ve hidrolik

Çizelge 1. Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Köy* No.	Bün. sin.	Su ile doy. (%)	pH (Ekst.)	Elekt. ilet. (dS m ⁻¹ , 25 °C)	Kireç (%)	Org. mad. (%)	Değişebilir kanyonlar (cmol kg ⁻¹)			Kat. değ. kap. (cmol kg ⁻¹)	Değ. sod. yüz. (ESP)	Suda çözünen tuzların kanyonları (mmol ⁽⁺⁾ L ⁻¹)				Suda çözünen tuzların anyonları (mmol ⁽⁻⁾ L ⁻¹)		
							Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺² + Mg ⁺²			Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²
K-1	CL	72	8.17	1.260	41.72	2.89	0.22	0.74	27.42	28.38	0.78	2.54	0.72	2.68	7.59	3.59	3.82	6.12
K-2	C	70	8.19	0.689	17.08	2.48	0.33	0.82	28.30	29.45	1.12	2.07	0.23	1.95	3.61	3.15	2.55	2.16
K-3	L	50	8.12	1.022	21.84	1.73	0.33	0.83	21.12	22.28	1.48	1.08	0.52	2.49	7.20	3.45	2.65	5.19
K-4	C	82	8.19	1.307	15.12	2.54	0.41	1.42	27.85	29.68	1.38	2.72	0.50	3.20	8.32	3.10	4.72	6.92
K-5	C	70	8.21	1.296	17.36	2.89	0.43	1.05	31.58	33.06	1.30	4.35	0.46	2.55	7.33	3.83	7.72	3.14
K-6	SCL	42	8.18	0.808	30.52	1.38	0.40	0.43	22.48	23.31	1.72	0.48	0.13	3.22	5.90	2.53	1.95	5.25
K-7	CL	50	8.17	1.189	38.92	1.67	0.47	0.36	24.03	24.86	1.89	0.43	0.08	4.28	7.24	2.70	5.65	3.68
B-1	CL	53	8.22	1.093	20.72	2.02	0.41	0.84	27.65	28.90	1.42	2.42	0.28	2.74	7.82	3.50	5.75	4.01
B-2	C	66	8.20	1.046	10.08	2.31	0.41	1.38	30.13	31.92	1.28	1.94	0.19	2.30	7.10	3.05	3.75	4.73
B-3	CL	53	8.15	0.722	22.12	1.70	0.30	0.91	28.22	29.43	1.02	1.27	0.16	2.03	5.93	3.42	3.55	2.42
G-1	SL	37	8.21	0.737	18.48	1.27	0.26	0.45	23.25	23.96	1.09	1.40	0.38	4.57	2.82	4.91	4.00	0.26
G-2	SL	37	8.22	0.493	20.16	1.44	0.14	0.46	18.37	18.97	0.74	0.41	0.14	4.68	0.88	4.21	1.75	0.15
G-3	SL	35	8.16	1.070	15.40	1.15	0.19	0.30	17.93	18.42	1.03	0.46	0.14	9.78	1.74	3.83	3.20	5.09
G-4	SL	34	8.18	1.189	13.44	1.15	0.30	0.33	21.97	22.60	1.33	2.60	0.20	6.76	5.24	4.05	3.90	6.85
G-5	CL	54	8.20	0.942	17.36	5.56	0.23	0.81	33.39	34.43	0.67	0.32	0.14	6.03	5.29	3.18	2.10	6.50
G-6	C	74	8.24	1.028	20.16	2.25	0.52	0.96	33.54	35.02	1.48	3.40	0.31	4.99	4.13	5.13	4.10	3.60
Y-1	SiL	80	7.90	1.668	21.28	2.89	0.74	0.87	28.65	30.26	2.45	5.80	0.40	6.28	6.52	3.45	8.40	7.15
Y-2	L	44	7.70	1.549	20.72	2.02	0.34	0.91	16.97	18.22	1.87	2.60	0.64	9.47	5.08	3.78	4.40	9.61
Y-3	CL	67	7.99	3.933	25.20	4.45	0.63	0.78	28.04	29.45	2.14	10.80	0.75	13.39	27.19	4.10	10.05	37.98
Y-4	L	45	7.50	1.430	3.85	2.37	0.22	1.62	16.38	18.22	1.21	2.90	0.90	7.00	6.58	4.53	4.00	8.85
E-1	C	70	8.20	1.311	14.56	1.96	2.58	1.85	27.32	31.75	8.13	8.50	0.35	4.63	1.48	6.64	7.20	1.12
E-2	C	90	8.12	1.823	17.92	2.72	0.94	1.38	45.96	48.28	1.95	4.75	0.55	8.24	7.76	4.53	6.30	10.47
E-3	C	72	7.81	1.847	14.84	3.47	0.92	1.68	32.30	34.90	2.64	5.80	0.67	8.96	6.65	3.67	6.25	12.16

*: K (Kocahacılı), B (Beşköprü), G (Gümüşyaka), Y (Yenice), E (Eskikarsak)

Çizelge 2. Sulama suyunun (Sakarya nehri) bazı kimyasal analiz sonuçları

Örnek alım tarihi	pH	Elekt. ilet. (dS m ⁻¹ , 25 °C)	Kanyonlar (mmol ⁽⁺⁾ L ⁻¹)				Top.	CO ₃ ⁻²	Anyonlar (mmol ⁽⁻⁾ L ⁻¹)				Bor (mg L ⁻¹)	SAR	Sulama suyunun sınıfı
			Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²			HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻² (Hesapla)	Top.			
29.11.2000	7.97	1.200	1.70	0.14	5.89	4.45	12.18	0.00	6.45	0.15	5.58	12.18	0.00	0.75	T ₃ -A ₁
29.11.2000	8.02	1.225	1.76	0.12	5.82	4.54	12.24	0.00	6.88	2.00	3.36	12.24	0.00	0.77	T ₃ -A ₁
29.11.2000	7.97	1.350	2.56	0.13	5.92	4.79	13.40	0.00	6.96	2.00	4.44	13.40	0.00	1.11	T ₃ -A ₁
20.04.2001	7.90	1.250	1.74	0.10	5.34	4.92	12.10	0.00	5.74	1.25	5.11	12.10	0.16	0.77	T ₃ -A ₁
23.07.2001	7.76	1.200	1.66	0.10	5.33	4.15	11.24	0.00	5.06	2.00	4.18	11.24	0.65	0.76	T ₃ -A ₁
25.10.2001	8.25	1.180	1.55	0.08	5.18	4.93	11.74	0.00	5.52	1.45	4.77	11.74	0.65	0.69	T ₃ -A ₁

geçirgenliğini zayıflattığını bildirmektedir. Araştırma alanı topraklarından Eskikarsak'a ait E-1 No'lu örneğinin alındığı kısımda şu an için potansiyel bir sodyumluluk tehlikesi görülmektedir (ESP=8.13).

Dünyada ESR-SAR eşitliği saptanmayan topraklar için genellikle USSL (1954) tarafında önerilen ESR=0.01475.SAR-0.0126 kullanılmaktadır. Halbuki Ankara-Polatlı sulu tarım arazilerinde yapılan çalışmada ESR ile SAR arasındaki regresyon eşitliği ESR=0.0056.SAR-0.0227 olarak saptanmıştır. ESP'de sınır değer olan 15 rakamına USSL (1954) eşitliğine göre SAR=12.82 değerinde ulaşıırken, bu çalışmada saptanan eşitliğe göre SAR=35.57 değerinde ulaşılmaktadır. Bu sonuçlar, Ankara-Polatlı sulu tarım arazilerinde USSL (1954) eşitliğinin kullanılamayacağını

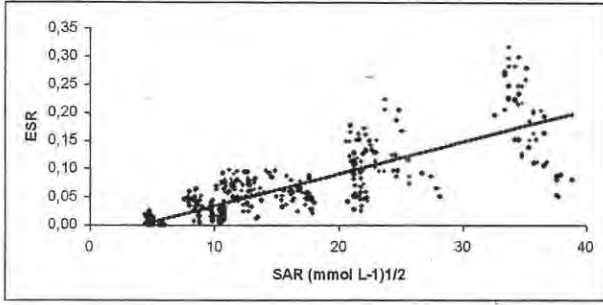
belirttiği gibi bu konudaki araştırmaların özellikle potansiyel ve halen sulanan topraklar için yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, yöre çiftçilerine ve tarım kuruluşlarına büyük yararlar sağlayacağı gibi konuyla ilgili bundan sonra yapılacak araştırmalara da katkı sağlayacaktır.

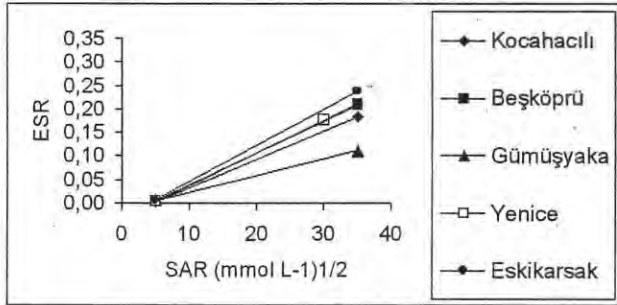
Toprakların Gapon katsayılarının (K_g) bilinmesi neticesinde muhtemel sodyumluluk tahmin edilebilmektedir. Toprakların sodyumlulaşma hızını bilmek açısından başta sulanan ve sulamaya açılacak arazilerde olmak üzere değişik toprak tipleri için bu konuda çalışmaların yapılması gerekmektedir (Yeşilsoy 1969).

Çizelge 3. Toprak örneklerinin değişik tuz (15, 30, 60 mmol L⁻¹) ve SAR (5, 10, 20, 40 (mmol L⁻¹)^{1/2}) konsantrasyonundaki çözeltiler ile işleme alındıktan sonra toprakta oluşan SAR ve ESR değerleri

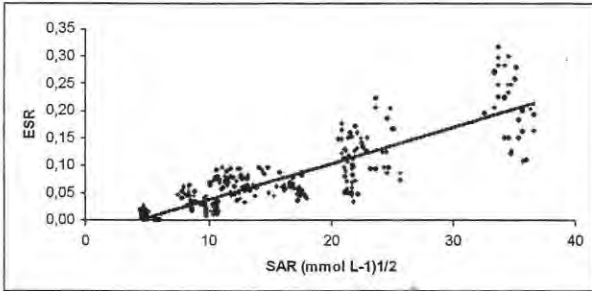
Top. No	Orijinal çöz. AR kons. (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	Orijinal çözeltili tuz konsantrasyonu (mmol L ⁻¹)						Top. no	Orijinal çöz. SAR kons. (mmol L ⁻¹) ^{1/2}	Orijinal çözeltili tuz konsantrasyonu (mmol L ⁻¹)					
		15		30		60				15		30		60	
		SAR _{Ort}	ESR _{Ort}	SAR _{Ort}	ESR _{Ort}	SAR _{Ort}	ESR _{Ort}			SAR _{Ort}	ESR _{Ort}	SAR _{Ort}	ESR _{Ort}	SAR _{Ort}	ESR _{Ort}
K-1	5	4.68	0.002	4.99	0.002	5.93	0.001	G-3	5	4.59	0.002	4.87	0.002	5.74	0.002
	10	8.82	0.032	9.82	0.013	10.70	0.017		10	8.82	0.004	9.83	0.009	10.37	0.008
	20	11.87	0.049	17.65	0.047	21.73	0.052		20	13.42	0.013	17.81	0.023	21.49	0.027
	40	13.58	0.061	23.46	0.095	35.59	0.156		40	16.67	0.024	28.19	0.050	37.75	0.052
K-2	5	4.76	0.010	4.89	0.007	5.94	0.001	G-4	5	4.69	0.001	4.87	0.001	5.66	0.001
	10	8.84	0.044	9.78	0.029	10.73	0.041		10	8.58	0.009	9.78	0.010	10.59	0.005
	20	11.38	0.062	17.17	0.061	21.18	0.121		20	12.54	0.024	17.80	0.028	21.05	0.047
	40	13.27	0.082	22.83	0.142	34.11	0.259		40	15.57	0.034	27.86	0.065	37.65	0.083
K-3	5	4.85	0.006	4.88	0.001	6.03	0.001	G-5	5	4.66	0.013	4.87	0.003	5.74	0.001
	10	8.97	0.033	9.85	0.013	10.80	0.012		10	8.20	0.034	9.77	0.013	10.59	0.022
	20	12.76	0.052	17.96	0.040	21.53	0.043		20	11.49	0.050	16.34	0.047	21.56	0.055
	40	12.98	0.076	24.42	0.124	35.59	0.191		40	13.16	0.058	22.94	0.107	35.69	0.145
K-4	5	4.76	0.007	4.87	0.011	5.91	0.001	G-6	5	4.65	0.017	4.88	0.010	5.70	0.001
	10	8.67	0.052	9.73	0.032	10.58	0.029		10	7.92	0.044	9.77	0.029	10.64	0.015
	20	10.80	0.078	16.90	0.071	21.21	0.112		20	10.80	0.061	16.23	0.057	21.14	0.100
	40	11.10	0.091	22.08	0.150	33.97	0.283		40	12.81	0.071	22.14	0.132	34.12	0.220
K-5	5	4.73	0.008	4.88	0.010	5.88	0.001	Y-1	5	4.64	0.019	5.10	0.002	5.81	0.001
	10	8.43	0.051	9.75	0.036	10.75	0.021		10	8.33	0.046	9.76	0.027	10.32	0.013
	20	10.85	0.074	16.62	0.066	21.18	0.114		20	11.16	0.074	16.80	0.061	21.52	0.102
	40	11.58	0.081	22.35	0.136	33.56	0.257		40	12.87	0.079	22.10	0.165	35.13	0.258
K-6	5	4.70	0.004	4.98	0.001	5.71	0.001	Y-2	5	4.70	0.007	4.99	0.002	5.88	0.002
	10	8.73	0.019	9.82	0.021	10.77	0.024		10	8.25	0.044	9.81	0.008	10.62	0.022
	20	12.67	0.034	17.63	0.053	21.39	0.053		20	11.96	0.072	17.29	0.036	21.79	0.049
	40	14.60	0.044	25.67	0.079	35.93	0.110		40	12.97	0.079	25.09	0.166	36.64	0.177
K-7	5	4.77	0.002	4.97	0.001	5.79	0.001	Y-3	5	4.53	0.019	5.06	0.007	5.73	0.001
	10	8.37	0.026	9.79	0.023	10.77	0.021		10	7.56	0.046	9.45	0.029	10.55	0.022
	20	12.26	0.041	17.27	0.051	21.25	0.076		20	10.14	0.066	15.77	0.061	21.46	0.105
	40	14.18	0.052	24.65	0.086	34.83	0.124		40	11.38	0.070	20.90	0.170	34.53	0.247
B-1	5	4.72	0.015	5.08	0.011	5.88	0.001	Y-4	5	4.65	0.010	4.99	0.002	5.79	0.002
	10	8.49	0.044	9.78	0.027	10.64	0.028		10	8.34	0.048	9.82	0.016	10.58	0.017
	20	11.43	0.063	17.20	0.057	21.49	0.079		20	12.58	0.062	17.50	0.045	21.43	0.050
	40	12.69	0.080	22.95	0.128	33.97	0.225		40	14.49	0.088	24.75	0.194	36.07	0.203
B-2	5	4.72	0.020	5.10	0.012	5.83	0.001	E-1	5	4.76	0.026	5.01	0.017	5.70	0.001
	10	8.02	0.059	9.77	0.038	10.47	0.025		10	8.49	0.063	9.82	0.044	10.71	0.035
	20	10.71	0.078	15.98	0.083	21.63	0.115		20	12.64	0.094	17.59	0.084	21.95	0.127
	40	11.49	0.096	21.51	0.155	33.70	0.307		40	14.50	0.096	23.72	0.214	34.86	0.289
B-3	5	4.67	0.005	5.10	0.001	5.88	0.001	E-2	5	4.58	0.015	5.10	0.008	5.63	0.001
	10	8.59	0.036	9.80	0.014	10.62	0.020		10	7.85	0.040	9.76	0.028	10.64	0.030
	20	12.01	0.048	17.29	0.036	21.91	0.077		20	11.11	0.057	16.21	0.056	21.42	0.095
	40	13.68	0.065	24.56	0.096	34.41	0.151		40	12.75	0.060	21.05	0.124	33.00	0.200
G-1	5	4.64	0.001	4.84	0.001	5.83	0.001	E-3	5	4.57	0.017	4.87	0.012	5.75	0.001
	10	8.58	0.026	9.81	0.022	10.58	0.019		10	7.89	0.052	9.74	0.030	10.62	0.026
	20	11.72	0.044	17.50	0.054	21.99	0.062		20	10.72	0.070	16.40	0.062	21.60	0.104
	40	15.78	0.054	25.22	0.116	36.75	0.109		40	11.83	0.076	20.76	0.148	34.41	0.228
G-2	5	4.58	0.003	5.09	0.001	5.68	0.002		5	4.58	0.003	5.09	0.001	5.68	0.002
	10	8.79	0.016	9.82	0.018	10.62	0.011		10	8.79	0.016	9.82	0.018	10.62	0.011
	20	12.72	0.035	17.56	0.045	22.15	0.045		20	12.72	0.035	17.56	0.045	22.15	0.045
	40	16.26	0.043	27.05	0.089	38.46	0.084		40	16.26	0.043	27.05	0.089	38.46	0.084



Şekil 1. Araştırmada kullanılan toprakların üç farklı tuz (15, 30, 60 mmol L⁻¹) ve 4 farklı SAR [5, 10, 20, 40 (mmol L⁻¹)^{1/2}] konsantrasyonundaki çözeltiler ile işleme alındıktan sonra saptanan ESR-SAR ilişkileri



Şekil 2. Araştırmada kullanılan Kocahacılı, Beşköprü, Gümüşyaka, Yenice ve Eskikarsak köyü topraklarının üç farklı tuz (15, 30, 60 mmol L⁻¹) ve 4 farklı SAR [5, 10, 20, 40 (mmol L⁻¹)^{1/2}] konsantrasyonundaki çözeltiler ile işleme alındıktan sonra saptanan ESR-SAR ilişkileri



Şekil 3. Gümüşyaka köyü hariç araştırmada kullanılan toprakların üç farklı tuz (15, 30, 60 mmol L⁻¹) ve 4 farklı SAR [5, 10, 20, 40 (mmol L⁻¹)^{1/2}] konsantrasyonundaki çözeltiler ile işleme alındıktan sonra saptanan ESR-SAR ilişkileri

Çizelge 4. Araştırmada kullanılan Kocahacılı, Beşköprü, Gümüşyaka, Yenice ve Eskikarsak köyü topraklarının ESR-SAR ilişkileri ve Gapon katsayılarını gösteren genel denklemler

Köy	ESR = K _g SAR + b	R
Kocahacılı	ESR = 0.0060 SAR - 0.0268	0.867**
Beşköprü	ESR = 0.0068 SAR - 0.0293	0.883**
Gümüşyaka	ESR = 0.0035 SAR - 0.0117	0.789**
Yenice	ESR = 0.0069 SAR - 0.0305	0.901**
Eskikarsak	ESR = 0.0077 SAR - 0.0311	0.940**

** : %1 seviyesinde önemli (p<0.01)

Kaynaklar

- Ağca, N. 1990. Harran ovasında bazı yaygın toprak serilerinde değişebilir sodyum oranı (ESR)-sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ilişkilerinin saptanması. Doktora Tezi, Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Adana.
- Abrol, I. P., J. S. P. Yadav and F. I. Massoud, 1988. Salt-affected soils and their management. FAO Soils Bulletin, 39, Rome.
- Akalan, İ. 1988. Toprak Bilgisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. No: 1058, 136 s., Ankara.
- Anonim, 1992. Ankara ili arazi varlığı. TOKB. KHGM. yayınları. II Rapor No: 06, Ankara.
- Bolt, G. H. 1975. Cation exchange equations used in soil science-A review. Neth. J. Agric. Sci., 15 81-103.
- Bolt, G. H. and M. G. M. Bruggenwert (eds.), 1976. Soil chemistry: A. Basic elements. Elsevier, New York.
- Bower, C. A., R. F. Reiter and M. Fireman, 1952. Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Sci. 73 251-261.
- Curtin, D., H. Steppuhn and F. Selles, 1994. Effects of magnesium on cation selectivity and structural stability of sodic soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 58 730-737.
- Çokçetin, S. 2002. Ankara-Polatlı-Gümüşyaka köyü arazileri "sulu tarım arazi tasnifi (S.A.T.) raporu". Köy Hizmetleri 1. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Day, P. R. 1956. Report of the committee on physical analysis. Soil Sci. Soc. Amer. Proc, Vol. 20, p. 167- 169.
- Evangelou, P. V. and F. J. Coale, 1987. Dependence of the Gapon coefficient on exchangeable sodium for mineralogically different soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. 51:68-72.
- Frenkel, J., J. O. Goertzen, and J. D. Rhoades, 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage and electrolyte concentrations on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. Soil Sci. Soc. Amer. J. 42:32-39.
- Gedikoğlu, N. 1995. Ankara-Mürted ovası topraklarında Modifiye Gapon katsayısının saptanması. Doktora tezi, Ankara Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Jurinak, J. J., C. Amrhein and R. J. Wagenet, 1984. Sodic hazard: The effect of SAR and salinity in soils and Overburden materials. Soil Sci. 137 (3) 152-159.
- Kacar, B. 1995. Toprak Analizleri (bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III). Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yay. No: 3, Ankara.
- Lentner, C. 1982. Geigy scientific tables (Introduction to statistics, statistical tables, mathematical formulae). Volume 2, Eighty, CIBA-GEIGY).
- Mc Lean, E. O. 1982. Soil pH. In, Page, A. L. Miller, R. H. Keeney, D. R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Part 2. ASA-SSSA, WI, pp. 199-209.
- Mehta, S. C., S. R. Poonia and R. Pal, 1983. Sodium-Calcium and Sodium-Magnesium exchange equilibria in soil for chloride and sulphate dominated systems. Soil Science 136 (6) 339-345.

- Miller, W.P., H. Frenkel and K. D. Newman, 1990. Flocculation concentration and sodium/calcium exchange of kaolinitic soil clays. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 54 346-351.
- Nelson, R. E. 1982. Carbonate. In: Page, A. L., Miller, R. H. Keeney, D. R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2. ASA-SSSA, WI*, pp. 181-192.
- Nelson, D. W. and L. E. Sommers, (1982). Organic Matter. In: Page, A. L. Miller, R. H. Keeney, D. R. (Eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2. ASA-SSSA, WI*, pp. 561-577.
- Paliwal, K. V. and A. P. Gandhi, 1976. Effect of salinity, SAR, Ca:Mg ratio in irrigation water, and soil texture on the predictability of exchangeable sodium percentage. *Soil Sci. Vol. 122, No. 2*, 85-90.
- Poonia, S. R. and O. Talibudeen, 1977. Sodium-calcium exchange equilibria in salt-affected and normal soils. *J. of Soil Sci. Vol. 28*, p:276-288.
- Sinanuwong, S. and S. A. El-Swaify, 1974. Predicting exchangeable sodium ratios in irrigated tropical Vertisols. *Soil Sci. Amer. J.* 38 732-737.
- Soil Survey Staff. 1999. *Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. USDA Handbook, Number 436, Washington D. C.*
- Sönmez, B. 1990. Tuzlu ve sodyumlu topraklar. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No:62, Teknik Yayın No:17, Şanlıurfa.
- Sönmez, B. ve A. Açar, 1995. Toprakların değişebilir sodyum ve sodyum adsorbsiyon oranları arasındaki ilişkiye göre sodyumluluğun tahmini. Köy Hizmetleri Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 203, Rapor Seri No: R-120, Ankara.
- Sposito, G. 1977. The gapon and vanselow selectivity coefficients. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 41 1205-1206.
- Sposito, G. and S. V. Mattigod, 1977. On the chemical foundation of the sodium adsorption ratio. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 41 323-329.
- Suiçmez, B. 1995a. Ankara-Polatlı-Kocahacılı Köyü Arazileri "sulu tarım arazi tasnifi (S.A.T.) raporu". Köy Hizmetleri 1. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Suiçmez, B. 1995b. Ankara-Polatlı-Eskikarsak Köyü Arazileri "sulu tarım arazi tasnifi (S.A.T.) raporu". Köy Hizmetleri 1. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Tüzüner, A. 1990. Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü yayınları, Ankara.
- USSL. 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA, Agriculture Handbook. No:60.*
- Usta, S. 1995. Toprak Kimyası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları, No: 1387, Ders Kitabı No: 401, Ankara.
- Uzuntaş, Z. 1989. Ankara-Polatlı-Yenice köyü "planlama toprak etüt (P.T.E.) raporu". Köy Hizmetleri 1. Bölge Müdürlüğü, Ankara.
- Yeşilsoy, Ş. 1969. Bazı Trakya topraklarında katyon değişim karakteristikleri. Türkiye Toprak ilmi Derneği. 1. 2. ve 3. Bilimsel Toplantı Tebliği. Yayın No: 1, 47-59, Ankara.

İletişim adresi:

Sadık USTA
Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü-Ankara
Tel: 0 312 317 05 50/1185
E-mail: usta@agri.ankara.edu.tr