

Arsuz Ovası Topraklarının Tuzluluk ile İlgili Özelliklerinin İncelenmesi

Ahmet BENİCE¹, Necat AĞCA^{2*}

¹Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, 31040 Antakya, Hatay

²Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilemi ve Bitki Besleme Bölümü, 31040 Antakya, Hatay

¹<https://orcid.org/0000-0001-6473-8440>

²<https://orcid.org/0000-0003-4864-844X>

*Sorumlu yazar e mail: necagca@gmail.com

Araştırma Makalesi

Makale Tarihi:

Geliş tarihi: 18.02.2022

Kabul tarihi: 19.05.2022

Online Yayınlanma: 12.12.2022

Anahtar Kelimeler:

Arsuz ovası

Topraklarda tuzluluk ve alkalilik

Değişebilir sodyum oranı ve

yüzdesi (ESR ve ESP)

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR)

ÖZ

Bu çalışmanın amacı Arsuz Ovası topraklarının tuzluluk ve alkalilik ile ilgili özelliklerinin belirlenmesi ve topraklarda değişebilir sodyum oranı (ESR) ile sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) arasındaki ilişkilerin incelenmesidir. Çalışmada Arsuz ovası topraklarının 0-30 cm derinliğinden 37 adet bozulmuş toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik (EC), değişebilir sodyum (Na) ve potasyum (K), katyon değişim kapasitesi (KDK), eriyebilir katyonlar (Na, K, Ca ve Mg) ve anyonlar (CO₃, HCO₃, Cl ve SO₄), bünye ve kireç içerikleri yaygın olan yöntemlere göre belirlenmiştir. Yine, değişebilir Na ve katyon değişim kapasitesi değerleri kullanılarak değişebilir sodyum oranı (ESR) ile değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri, eriyebilir Na, Ca ve Mg değerleri kullanılarak ise SAR değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, değişebilir sodyum oranı (ESR) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ile sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) arasındaki ilişkiler doğrusal regresyon analizleri ile araştırılmıştır. Ayrıca bu özellikler ile diğer toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ise korelasyon analizleri ile belirlenmiştir. Toprakların pH değerleri 7,51 ile 8,19, EC değerleri 0,500–3,156 dS m⁻¹ arasında değişmiştir. Toprakların kireç içerikleri %1,01 ile % 23,02, KDK değerleri 15,15 – 38,17 me/100g, değişebilir sodyum (Na) içerikleri 0,15 ile 4,60 me/100g ve K içerikleri 0,19 ile 1,74 me/100g, Ca+Mg içerikleri 14,68 ile 37,09 me/100 g, ESP değerleri % 0,50 ile 18,03 ve ESR değerleri ise 0,005 ile 0,220 arasında değişmiştir. Toprakların ortalama kil, kum ve silt içerikleri sırasıyla % 42,6, 24,7, 32,6 olarak belirlenmiştir. Toprakların ESR ile SAR değerleri arasında (r²= 0,677) ve ESP ile SAR değerleri arasında (r²= 0,702) istatistiksel açıdan 0,01 düzeyinde önemli düzeyde pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Topraklardaki ESR-SAR ilişkisinin Gapon katsayısı (Kg) 0,01457 olarak belirlenmiştir.

Investigation of Properties Related Salinity in Arsuz Plain Soils

Research Article

Article History:

Received: 18.02.2022

Accepted: 19.05.2022

Published online: 12.12.2022

Keywords:

Arsuz plain

Salinity and alkalinity in soils

Exchangeable sodium ratio and

percentage (ESR and ESP)

ABSTRACT

The aim of this study is to determine the salinity and alkalinity properties of Arsuz Plain soils and to examine the relationships between exchangeable sodium ratio (ESR) and sodium adsorption ratio (SAR) in the soils. In the study, 37 degraded soil samples were taken from 0-30 cm depth of Arsuz plain. In the soil samples; pH, electrical conductivity (EC), exchangeable sodium (Na) and potassium (K), cation exchange capacity (KDK), soluble cations (Na, K, Ca and Mg) and anions (CO₃, HCO₃, Cl and SO₄), texture and lime contents were determined according to common methods. Again, exchangeable sodium ratio (ESR) and exchangeable sodium percentage

Sodium adsorption ratio (SAR)

(ESP) values were calculated using exchangeable sodium (Na) and cation exchange capacity values, and SAR values were calculated using soluble Na, Ca and Mg values. In addition, the relationships between exchangeable sodium ratio (ESR) and exchangeable sodium percentage (ESP) and sodium adsorption ratio (SAR) were investigated by linear regression analysis. In addition, the relations between these properties and other soil properties were determined by correlation analysis. The pH values of the soils varied between 7,51 and 8,19 EC values between 0,500 and 0,315 dS m⁻¹. Lime content of the soils is 1,01% to 23,02%, KDK values are 15,15 – 38,17 me/100 g, exchangeable sodium (Na) contents are 0,15 to 4,60 me/100 g, K contents are 0,19 to 1,74 me/100g, Ca+ Mg contents are 14,68 to 37,09 me/100 g, ESP values varied between 0,50 and 18,03% and ESR values between 0,005 and 0,220. The average clay, sand and silt contents of the soils were determined as 42,6%, 24,7 and 32,6%, respectively. Statistically significant positive correlations were determined at 0,01 level between ESR and SAR values of soils ($r^2= 0,677$) and between ESP and SAR values ($r^2= 0,702$). The Gapon coefficient (Kg) of the ESR-SAR relationship in soils was determined as 0,01457.

To Cite: Benice A., Ağca N. Arsu Ovası Topraklarının Tuzluluk ile İlgili Özelliklerinin İncelenmesi. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(3): 1419-1437.

1.Giriş

Tarımsal üretimin temel öğelerinden biri olan topraklar çoğaltılamayan doğal kaynaklardır. Nüfusun sürekli artmasına karşın, bu nüfusu besleyecek olan kültür bitkilerinin hemen hemen tek beslenme ve gelişme ortamı olan toprakları arttırma olanağı kalmamıştır. Bu nedenle, bir yandan topraklardan en fazla ürün elde edilme yolları araştırılırken diğer yandan onların korunması, tarımsal üretimin devamlılığı açısından, zorunluluk olarak görülmektedir.

Kuru tarım yapılan alanlarda, sulu tarım yapılması, verimde önemli sayılabilecek artışlar sağlamaktadır. Ancak, sulu tarım, tarımsal üretim miktarını önemli ölçüde arttırmasına karşılık, beraberinde bir takım sorunları da getirebilmektedir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, kuru tarım alanlarının sulamaya açılması sonucu suların içerdiği iyonların uygun bir drenaj sistemi ile profilden uzaklaştırılmayan bir bölümü, toprakta birikmekte ve bu birikim, bir takım yanlış uygulamalar sonucu hızlandırılırsa, toprakta özellikle sulamaya bağlı olarak tuzluluk ve bazı durumlarda da alkalilik veya sodiklik sorunlarını ortaya çıkarmaktadır.

Tuzluluk ve/veya alkalilik nedeniyle oluşabilecek toprak bozulması, birçok kurak ve yarı kurak bölgelerde, tarımsal üretimin devamlılığı üzerine önemli olumsuz etkileri olan bir çevresel sorundur (Suarez, 2001; Quadir ve ark., 2007).

Topraklardaki tuzun orijini ve direk kaynağı; topraklarda ve kayalarda bulunan birincil minerallerdir (Richards, 1954). Diğer kaynakları ise mineral ayrışması, ikincil depozitler ve sulama suları olarak sıralanabilmektedir (James ve ark., 1982). Topraklarda bulunan çözünebilir tuzlar en fazla sodyum, kalsiyum ve magnezyum katyonları ile klorür ve sülfat anyonlarından oluşmaktadır. Topraklarda tuzluluk ve alkalilik sorunu daha çok kurak ve yarı kurak iklime sahip olan bölge topraklarında görülmektedir (Richards, 1954).

Toprak tuzluluğu; toprak özelliklerinin bozulmasına ve bitkilerde verim kaybına neden olan önemli bir özellik olup, tuzdan etkilenmiş toprakların alanı dünyadaki toplam sulanabilir alanların % 20'sine denk

gelmektedir (Ghassemi ve ark., 1995). Yüzden fazla ülkede yaklaşık 1,5 milyar ha toplam işlenebilir arazi, tuzluluk ve alkalilik nedeniyle bozunmuş bulunmaktadır. Bu oran ülkemizde yaklaşık 1,5 milyon ha civarındadır (Dinç ve ark., 1999).

Alkalilik, toprak tuzlulaşmanın ikinci aşaması olup, topraklardaki tuzluluk sorunları arasında önemli bir yere sahiptir. Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) 15'in üzerinde olan topraklar sodik olarak adlandırılmaktadır. Bu topraklarda pH 8,5 ile 12,0 arasında olup, bitki yetiştiriciliği için uygun değildir (Rengasamy ve Churchman, 1999).

Sodikleşme, topraklardaki katyon değişim komplekslerinin zamanla sodyumla doymasıdır. Alkalileşme ise pH'nın 'alkali' değere yükseldiğini belirtmek için kullanılmaktadır. Ancak, yüksek sodyum doygunluğu yüksek pH ile birlikte bulunmak zorunda değildir. Bazı sodik topraklar Na^+ iyonları çözeltide NaCl ve Na_2SO_4 gibi nötr tuzlar şeklinde bulunması nedeniyle, nötral hatta bazıları asit reaksiyon bile göstermesi, toprak çözeltisindeki karbonat ve bikarbonat iyonlarının konsantrasyonlarının Ca ve Mg iyonlarının konsantrasyonlarına oranla yüksek olması nedeniyle (Kamphorst ve Bolt, 1978).

Sodiklik ve alkalilik toprak strüktürünün bozulmasına, topraklarda gözeneklilik ve geçirgenliğin azalmasına neden olur. Yüksek derecede alkalilik sorunu olan topraklar, yüksek sodyum ve yüksek pH nedeniyle genellikle bitki köklerinde sorunlara neden olduğu için, bu tip topraklar birçok bitkinin yetişmesine uygun değildir (Alharbi, 2015; Rozema ve Flowers, 2008).

Topraklarda sodyum (Na) konsantrasyonunun artması kil parçacıkları ve organik maddenin dispersiyonuna neden olmaktadır. Bu durum, topraklarda yüzey kabuğu oluşmasına ve daha düşük hidrolik iletkenliğe neden olur (Quadir ve Schubert, 2002).

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) sulama sularının kalitesinin belirlenmesi amacıyla ortaya konulan bir kavramdır. SAR değeri yüksek olan sular alkalilik açısından tehlikelidir. Ama Sulama suyu ancak toprağa uygulandığında SAR değeri önem kazanmakta, sulama suyu ile toprak çözeltisi arasında belirli bir denge oluştuğunda toprak çözeltisinin SAR değerinden söz edilebilmektedir. Toprak çözeltisinin SAR değerinin yüksek olması, eriyebilir Na içeriğinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bilindiği gibi, çözeltideki konsantrasyonu fazla olan bir katyon toprağın değişim komplekslerindeki diğer katyonlarla kolaylıkla yer değiştirebilmektedir. Bu nedenle, çözelti fazında sodyum iyonu fazla oranda bulunduğu, değişim komplekslerindeki kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) ile kolaylıkla yer değiştirerek, değişebilir Na'un artmasına, değişebilir Na'un yüksek olması ise değişebilir sodyum oranı (ESR) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP)'nin yüksek olmasına neden olmaktadır.

Sodyum adsorpsiyon oranı olarak bilinen SAR ile değişebilir sodyum oranı olarak bilinen ESR arasındaki ilişkinin bilinmesi pratikte önemli ipuçları ve kolaylıklar sağlamaktadır. Anılan ilişki saptanabilirse, toprakların sodikleşme tehlikesi yorumlanırken sadece SAR değerine bakmak yeterli olacaktır. Ayrıca ESR'nin belirlenmesi için zaman ve kimyasal madde harcamaya gerek kalmayacaktır. Çünkü topraklardaki değişebilir ve çözünebilir katyonlar arasında belirli bir denge vardır ve toprak çözeltisinin katyon bileşiminden değişebilir katyonların oranının hesaplanması

olasıdır. Korelasyon analizi, toprakların deneysel yollarla elde edilen ESR ve SAR değerleri arasında iyi bir ilişki olduğunu göstermektedir (Richards, 1954; Harron ve ark.,1983). Ayrıca, ESP veya ESR) - SAR ilişkisinin katsayısı toprakların alkalileşme eğiliminin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Ağca ve Doğan (2000) tarafından yapılan çalışmada Amik ovası topraklarında tuzluluk ve alkaliliğin boyutları araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, çalışma alanı topraklarının tamamında alkalilik ve önemli bir kısmında ise tuzluluk sorunu olmadığı belirlenmiştir. Tuzluluk sorunu olan toprakların tamamının ise hafif tuzlu topraklar sınıfına girdiği saptanmıştır. Toprakların tuzlulukla ilgili özellikleri ile diğer özellikleri arasında önemli korelasyonlar belirlenmiştir.

Bu çalışmada Arsuz Ovası topraklarının tuzluluk ve alkalilik ile ilgili özellikleri incelenmiştir. Ayrıca toprakların değişebilir Sodyum Oranı (ESR) ile Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) arasındaki ilişkiler ve toprakların alkalileşme eğilimi belirlenmiştir. Böylelikle ileride ortaya çıkabilecek alkalilik sorunlarının önlenmesi için şimdiden tedbir alınması gereken alanlar ortaya konulmuştur. Ayrıca, topraklarda ESR ve SAR değerlerinden biri belirlendiği takdirde diğer değer, ESR-SAR ilişkisi yardımı ile analiz yapılmadan belirlenmiş olacaktır. Böylece analizlerde harcanan emek, zaman ve paradan tasarruf yapılması sağlanmış olacaktır.

2. Materyal ve Metot

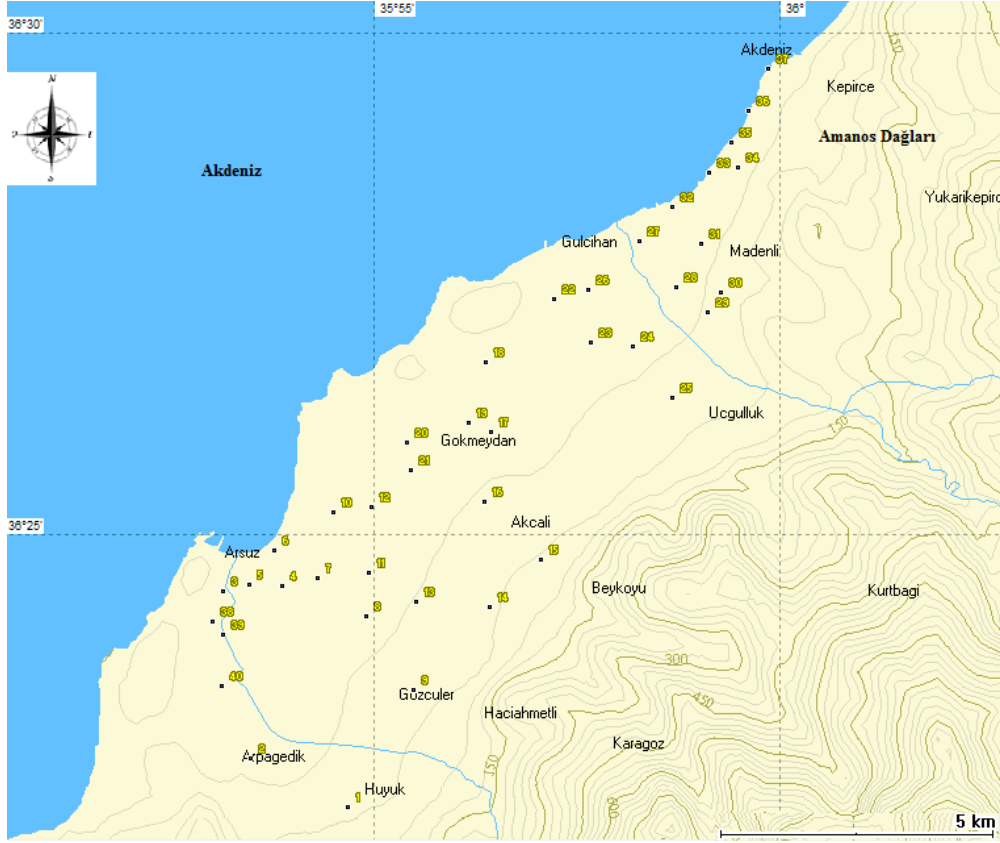
2.1. Materyal

Yaklaşık 4500 hektarlık bir alan kaplayan Arsuz ovası, Hatay ili Arsuz ilçesi sınırları içinde yer almaktadır (36°29'42.22" K ile 36°1'8.71"D ve 36°23'37.67"K ile 35°52'10.57" D) (Şekil 1). Ovanın batısında Akdeniz, doğusunda Amanos dağları, kuzeyinde İskenderun, güneyinde ise Samandağ ilçesi yer almaktadır (Anonim, 2016).

Alan, yazları sıcak ve kurak kışları ılık ve yağışlı Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Alanda ortalama yıllık yağış 1121,6 mm, ortalama sıcaklık ise 18,3 °C'dir. En fazla yağış Ocak, en az yağış ise Haziran ayında kaydedilmiştir. Hatay'da ortalama en yüksek sıcaklık 31,9 °C ile Ağustos ayında, ortalama en düşük sıcaklık ise 4,6 °C ile Ocak ayında kaydedilmiştir (Anonim, 2019).

Arsuz ovasının hemen hemen tamamında kültürel tarım yapılmaktadır. Ovada en fazla yetiştirilen ürünler; maydanoz, buğday, zeytin, limon ve kayısı, narenciye, nar, çilek, şeftali ve sebzedir (Anonim, 2017).

Bu çalışmada Arsuz ovası topraklarında, ovayı temsil edebilecek şekilde toplam 37 farklı noktadan ve 0-30 cm derinliğinden toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 1). Ayrıca, toprak örneklerinin alındığı noktaların UTM sistemine göre coğrafi koordinatları GPS aleti ile belirlenmiştir (Tablo 1).



Şekil 1. Çalışma alanının coğrafi konumu ve toprak örneklerinin alındığı noktalar

2.2. Metot

Alınan toprak örnekleri plastik kurutma tavalarında kurutulmuş ve 2 mm elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik (EC), değişebilir sodyum (Na, ve potasyum (K), kation değişim kapasitesi (KDK), eriyebilir katyonlar (Na, K, Ca ve Mg) ve anyonlar (CO_3 , HCO_3 , Cl ve SO_4), kireç ve bünye (tane irilik dağılımı) analizleri yapılmıştır.

Topraklarda pH, saturasyon çamurunda ölçülmüştür (Jackson, 1964). Elektriksel iletkenlik (EC) saturasyon ekstraktında EC-metre ile kation değişim kapasitesi (KDK), 1 N sodyum asetat ekstraksiyon yöntemi, değişebilir sodyum ve potasyum analizleri 1 N amonyum asetat ekstraksiyon yöntemi ile belirlenmiştir. Değişebilir Ca+Mg içerikleri, toprakların çoğunluğunda kireç içeriğinin fazla olması nedeniyle, KDK değerlerinden değişebilir Na ve K değerlerinin çıkartılması ile hesaplanmıştır (Richards, 1954). Kireç tayini, Schibler kalsimetre yöntemi ile yapılmış (Allison ve Moode, 1965), bünye ise hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Bouyoucos 1951).

Değişebilir sodyum ve kation değişim kapasitesi değerleri kullanılarak değişebilir sodyum oranı (ESR) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), eriyebilir Na, Ca ve Mg değerleri kullanılarak ise Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Örnek noktalarının UTM sistemine göre koordinatları (36 S)

Örnek no	Doğu	Kuzey	Örnek no	Doğu	Kuzey
1	760834	4029344	20	768119	4041851
2	758610	4031182	21	765322	4039180
3	762118	4031778	22	763531	4037844
4	761053	4034027	23	760537	4035944
5	760702	4034670	24	758433	4032176
6	761147	4035159	25	761197	4029087
7	762080	4034420	26	761933	4029981
8	763681	4033858	27	761200	4030808
9	764951	4033234	28	763093	4031702
10	762960	4035424	29	762182	4032927
11	7622424	4035997	30	763255	4033094
12	763277	4037135	31	764098	4033269
13	764937	4038397	32	764906	4035053
14	765446	4037768	33	765587	4036130
15	767165	4036602	34	766099	4036784
16	766227	4038350	35	767703	4038389
17	767095	4038089	36	767618	4039275
18	767833	4040300	37	766988	4040185
19	767790	4041395			

$$ESR = \frac{Na_d}{(KDK - Na_d)} \quad (1)$$

$$ESP = \frac{Na}{KDK} \cdot 100 \quad (2)$$

$$SAR = \left[\frac{Na_e}{[(Ca_e + Mg_e)^{1/2}]} \right] \quad (3)$$

Burada; iyonların konsantrasyon birimi me L⁻¹ 'dir (Richards, 1954).

Yukarıdaki bağıntının yanı sıra ESP, ESR değeri kullanılarak aşağıdaki matematiksel ilişki ile de hesaplanmaktadır (Bower, 1959).

$$ESP = (ESR \times 100) / 1 + ESR \quad (4)$$

Sonra tüm toprak özellikleri arasında korelasyon analizleri ve bu özellikler için tanımlayıcı istatistik analizler (ortalama, en yüksek, en düşük, vb.) yapılmıştır. Ayrıca değişebilir sodyum oranı (ESR) ve Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) arasındaki ilişkiler doğrusal regresyon analizleri ile araştırılmıştır. Tüm istatistiksel analizlerde Windows uyumlu SPSS 19 istatistik paket programı kullanılmıştır.

3. Araştırma Bulguları ve Tartışma

3.1. Toprakların Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Araştırma alanı topraklarının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda toprakların pH değerleri 7,51 (33 nolu örnek) ile 8,19 (31 nolu örnek) arasında değiştiği belirlenmiştir. pH, toprakların en önemli kimyasal parametrelerinden biridir. Eyüpoğlu (1999) toprakların reaksiyonunu belirlemek için pH aralıklarını; <4,5 kuvvetli asidik, 4,5-5,5 orta asidik, 5,5-6,5 hafif asidik, 6,5-7,5 nötr, 7,5-8,5 hafif bazik, >8.5 kuvvetli bazik olarak sınıflandırmıştır. Bu sonuçlara göre araştırma alanı topraklarının tamamı bazik karakterlidir. Budak (2012) Niğde İli Bor İlçesi Kızılca Kasabasına 1 km güneyinde yaptığı çalışmada, bu çalışmadaki sonuçlara benzer pH değerleri belirlenmiştir (pH = 7,87 – 8,21). Ancak, Doğan ve ark. (2020) tarafından Arsu ovasında yapılan diğer bir çalışmada pH değerleri daha yüksek bulunmuştur. Bu durum büyük olasılıkla, pH ölçme yöntemlerinin farklılığından ve araştırmaların farklı zamanda yapılmasından kaynaklanmıştır.

Toprakların EC değerleri 0,500 (23 nolu örnek) – 0,316 dS m⁻¹ (5 nolu örnek) arasında değişmiştir. Topraklarda herhangi bir tuzluluk sorunu görülmemektedir. Doğan ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada ise aynı alanın EC değerleri 0,181- 2,990 dS m⁻¹ arasında bulunmuştur. EC değerleri arasındaki bu küçük farklılık da büyük olasılıkla, ölçme zamanlarının farklı olmasından kaynaklanmıştır.

Toprakların kireç içerikleri %1,01 (24 nolu örnek) ile % 23,02 (30 nolu örnek) arasında değişmiştir. Gedikoğlu (1990) toprakları kireç içeriklerine göre; <%1 az kireçli, % 1-5 kireçli, % 5-15 orta kireçli, %15-25 fazla kireçli ve >%25 çok fazla kireçli sınıflarına ayırmıştır. Bu sınıflamaya göre araştırma alanı toprakları kireçli ve çok kireçli sınıflarına girmektedir.

KDK değerleri 15,15 (27 nolu örnek) – 38,17 me /100g (26 nolu örnek), arasında değişmiştir. Toprakların ortalama kil, kum ve silt içerikleri sırasıyla % 42,6, 24,7, 32,6 olarak belirlenmiştir. En yüksek kil içeriği (%69,9) 13 numaralı örnekte, en yüksek kum içeriği (% 64,4) 27 nolu örnekte, en yüksek silt içeriği (%46,3) ise 34 nolu örnekte belirlenmiştir. Toprak örneklerinin 22 tanesi kil, 15 tanesi ise tın bünyelidir. Bu sonuçlar toprakların yarıdan fazlasının ince bünyeli olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Toprakların temel fiziksel ve kimyasal özellikleri

Örnek No	pH	EC (dSm ⁻¹)	Kireç (%)	KDK (me/100 g)	Tane irilik dağılımı (%)			Bünye sınıfı
					Kum	Silt	Kil	
1	7,97	0,854	3,42	26,09				SCL
2	8,04	0,622	4,51	23,50	55,6	20,9	23,5	SCL
3	7,77	0,939	19,91	32,30	53,6	19,1	27,3	C
4	7,96	1,171	16,95	27,19	11,5	37,3	51,2	C
5	7,51	3,156	19,13	24,64	15,0	39,1	45,9	C
6	8,16	0,894	17,42	35,50	19,5	39,4	41,1	C
7	7,84	0,956	17,42	22,97	16,1	29,6	54,3	C
8	7,96	0,975	17,73	21,29	22,9	39,0	38,1	CL
9	7,98	1,170	11,20	32,54	40,4	29,0	30,6	CL
10	8,18	0,620	10,50	32,71	25,8	27,7	46,5	C
11	7,78	0,873	12,37	27,39	35,2	24,1	40,7	C
12	7,97	1,857	16,41	27,84	31,3	32,1	36,6	CL
13	8,10	1,092	13,84	31,44	7,7	35,7	56,6	C
14	7,68	0,560	15,09	36,62	3,6	26,5	69,9	C
15	7,99	0,652	20,53	22,80	10,5	30,3	59,2	C
16	8,17	0,875	14,93	30,02	14,6	44,9	40,5	SiC
17	7,82	1,208	18,28	32,82	23,1	31,2	45,7	C
18	7,83	1,393	16,10	32,63	7,0	38,7	54,3	C
19	7,85	1,322	18,20	31,29	21,4	39,7	38,9	CL
20	8,01	1,143	19,29	25,12	11,8	41,9	46,3	SiC
21	7,78	0,805	12,91	32,40	24,1	42,1	33,8	CL
22	7,86	1,398	4,59	23,38	18,5	27,2	54,3	C
23	7,71	0,500	4,74	34,71	35,5	20,2	44,3	C)
24	7,98	0,891	1,01	34,12	30,8	20,6	48,6	C
25	7,73	1,670	16,41	33,06	62,5	17,5	20,0	SC
26	7,76	1,118	16,49	38,17	28,5	25,9	45,6	C
27	8,10	0,788	8,63	15,15	16,7	30,2	53,1	C
28	7,96	0,755	16,33	30,57	64,4	19,9	15,7	SL
29	7,87	1,142	18,35	27,23	23,7	34,1	42,2	C
30	8,13	0,956	23,02	22,33	27,8	36,2	36,0	CL
31	8,19	1,135	16,88	26,47	21,8	40,1	38,1	CL
32	7,95	0,922	21,70	26,27	25,8	37,2	37,0	CL
33	7,51	0,854	15,24	21,95	21,8	40,1	38,1	CL
34	8,19	0,732	18,90	23,86	22,2	38,1	39,7	CL
35	7,81	0,585	10,89	35,24	8,0	46,3	45,7	SiC
36	7,67	1,099	18,04	24,80	33,8	28,2	38,0	CL
37	7,88	1,020	15,09	34,83	13,6	43,5	42,9	SiC
ED	7,51	0,500	1,01	15,15	7,6	34,9	57,5	C
EY	8,19	3,156	23,02	38,17	3,6	17,5	15,7	
Ort.	7,90	1,046	14,66	28,68	64,4	46,3	69,9	
SS	0,17	0,463	5,39	5,30	24,7	32,7	42,6	
VK	2,15	44,25	36,77	18,48	15,1	8,1	11,1	

ED: En düşük, EY: En yüksek, Ort.: Ortalama, SS: Standart sapma, VK: Varyasyon katsayısı (%), SCL: Kumlu killi tın; CL: Killi tın, SiC: Siltli kil, C: Kil, SCL: Kumlu killi tın, SL: Kumlu tın,

Varyasyon katsayısı (VK), toprak özelliklerinin değişkenliğini tanımlamak için diğer parametrelere göre en ayırt edici faktördür (Zhang ve ark., 2007). Parametreler arasında en düşük varyasyon katsayısı (VK) pH değerlerinde (% 2,15) olup, bunu KDK (% 18,48) değerleri izlemiştir. En yüksek varyasyon katsayısı ise kum içerikleri (% 61,10) ve EC değerlerinde (% 44,25) değerlerinde belirlenmiştir (Tablo 2). Budak (2012) tarafından yapılan benzer çalışmada da en düşük VK pH

değerlerinde belirlenmiştir. Genellikle varyasyon katsayısı değerleri % 10'dan düşük ise değişkenlikleri düşük, %10-100 arasında ise orta, % 100'den büyük ise yüksek olarak tanımlanmaktadır (Zhou ve ark., 2011). Buna göre, pH değerleri düşük, diğer parametreler ise orta düzeyde değişkenliğe sahiptir. Düşük varyasyon katsayısı (VK) değerleri toprak parametrelerinin çalışma alanında homojen dağıldığını belirtirken, orta VK değerleri ise bu parametrelerin biraz daha heterojen dağıldığını göstermektedir. Toprak tane irilik dağılımlarının varyasyon katsayılarının yüksek olmadığı belirlenmiştir. Ancak, her üç parametrenin de varyasyon katsayıları orta düzeyde oldukları için, bunların çalışma alanındaki dağılımları da orta düzeyde homojendir.

3.2. Toprakların Değişebilir ve Suda Eriyebilir Katyon ve Anyon İçerikleri

Araştırma alanı topraklarının değişebilir katyonlar ve eriyebilir katyon ve anyon içerikleri ile ESR ve SAR değerleri Tablo 3'te verilmiştir. Toprakların değişebilir Na içerikleri 0,15 (27 nolu örnek) ile 4,60 me/100g (19 nolu örnek), K içerikleri 0,19 (1 nolu örnek) ile 1,74 me/100g (23 nolu örnek), ESP değerleri 0,50 (26 nolu örnek) ile 18,03 (5 nolu örnek) ve ESR değerleri ise 0,005 (26 nolu örnek) ile 0,220 (5 nolu örnek) arasında değişmiştir (Tablo 3). Budak (2012) tarafından Niğde Bor'da yapılan çalışmada, alanın büyük bir kısmında sodiklik göstergesi olan ESP ve SAR değerlerinin alanın hemen hemen tamamında oldukça yüksek olduğu belirlenmiştir. Toprakların Ca+Mg içerikleri 14,80 (27 nolu örnek) ile 37,09 me/100 g (26 nolu örnek) arasında değişmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, kireç içeriği yüksek olan topraklarda, kireç içinde bulunan kalsiyum ve magnezyumun çözünmesi nedeniyle, ölçülen Ca ve Mg içeriklerinin gerçek anlamda değişebilir Ca ve Mg değerlerinden çok fazla yüksek olduğu görülmektedir. Nitekim Budak (2012) yaptığı çalışmada değişebilir Ca ve Mg değerlerinin çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun sonucunda bazı örneklerde sadece değişebilir Ca'un bile KDK'dan yüksek çıktığını rapor etmiştir. Yapılan analizler sonucunda toprakların eriyebilir Na içerikleri 1,70 (1 nolu örnek) ile 21,30 me L⁻¹ (19 nolu örnek), eriyebilir K içerikleri 0,17 (14 nolu örnek) – 1,07 me L⁻¹ (30 nolu örnek), eriyebilir Ca içerikleri 1,64 (1 nolu örnek) ile 12,05 me L⁻¹ (29 nolu örnek), eriyebilir Mg içerikleri ise 1,98 (14 nolu örnek) ile 12,48 me L⁻¹ (30 nolu örnek) arasında değişmiştir. Topraklarda anlamlı miktarda CO₃ belirlenmemiştir. Toprakların HCO₃ içerikleri 2,24 (21 nolu örnek) ile 6,72 me L⁻¹ (13 ve 14 nolu örnekler), SO₄ içerikleri 0,18 (35 nolu örnek) – 35,00 me L⁻¹ (12 nolu örnek), Cl içerikleri 0,85 (15 nolu örnek) ile 21,69 me L⁻¹ (25 nolu örnek) ve SAR değerleri ise 1,03 (28 nolu örnek) ile 8,74 (19 nolu örnek) arasında değişmiştir. Topraklarda tuzluluk sınırı, toprağın EC değeri olup, EC'si 4 dS/m⁻¹'ten büyük ise tuzlu, toprak olarak sınıflandırılmaktadır (Richards ve ark., 1954; Rengasamy, 2006) Yine topraklar için sodiklik sınırı ise ESP değeri olup, ESP %15'den büyük olan topraklar sodik olarak sınıflandırılır (Richards ve ark., 1954). Parametreler arasında en düşük varyasyon katsayısı (VK) Ca+Mg değerlerinde (% 19,90) olup, bunu değişebilir K (% 35,16) değerleri izlemiştir. En yüksek varyasyon katsayısı ise ESR (% 27,02) değerlerinde belirlenmiştir (Tablo 3). Bu verilere göre, SO₄, ESP, ESR ve değişebilir Na değerleri yüksek, diğer parametreler ise orta düzeyde değişkenliğe sahiptir.

Tablo 3. Toprakların değişebilir katyon ve suda eriyebilir katyon ve anyon içerikleri

Örnek no	Değişebilir katyonlar (me/100g)			Suda eriyebilir katyonlar (me L ⁻¹)				Suda eriyebilir anyonlar (me L ⁻¹)			ESR	ESP	SAR
	Na	K	Ca+Mg	Na	K	Ca	Mg	HCO ₃	SO ₄	Cl			
1	0,19	0,19	25,71	1,70	0,22	1,64	3,12	3,73	0,98	4,79	0,0074	0,73	1,106
2	0,25	0,53	22,71	2,62	0,47	4,15	6,06	3,73	1,85	2,87	0,0108	1,07	1,158
3	0,19	1,22	30,88	2,12	0,46	2,03	3,32	4,67	1,94	1,41	0,0060	0,59	1,295
4	1,35	0,91	24,93	7,22	0,44	3,28	3,97	4,67	6,25	3,66	0,0522	4,96	3,792
5	4,44	0,56	19,64	4,18	0,56	3,65	3,64	3,73	6,27	3,66	0,2200	18,03	2,189
6	0,73	0,90	33,86	9,57	0,34	5,03	7,89	5,60	1,15	21,13	0,0210	2,06	3,764
7	0,45	0,68	21,84	4,16	0,31	2,82	5,47	5,60	3,92	2,82	0,0201	1,97	2,042
8	0,48	0,86	19,95	4,38	0,66	3,03	5,84	4,67	5,17	5,35	0,0230	2,25	2,079
9	1,10	1,47	29,98	7,06	0,76	3,90	5,96	5,60	5,63	7,61	0,0348	3,37	3,180
10	0,41	1,01	31,30	4,40	0,44	3,70	5,18	5,04	3,75	4,51	0,0127	1,25	2,091
11	0,23	0,77	26,39	2,80	0,26	2,42	2,65	6,16	2,29	4,45	0,0086	0,86	1,759
12	3,30	0,88	23,66	19,35	0,28	7,05	9,45	4,48	35,00	18,31	0,1347	11,87	6,737
13	0,82	1,10	29,53	6,00	0,37	3,25	4,82	6,72	6,04	4,51	0,0267	2,60	2,987
14	0,75	0,86	35,01	3,39	0,17	1,90	1,98	6,72	1,96	1,13	0,0208	2,04	2,434
15	0,34	1,32	21,14	3,01	0,78	3,40	4,54	5,60	2,46	0,85	0,0151	1,49	1,510
16	0,41	0,79	28,82	3,07	0,30	2,15	2,16	5,60	0,83	1,18	0,0138	1,36	2,091
17	0,64	0,91	31,26	3,76	0,39	3,23	4,38	3,36	8,96	1,69	0,0200	1,96	1,925
18	1,28	0,73	30,62	3,60	0,33	4,08	7,34	3,36	3,77	1,69	0,0408	3,92	1,509
19	4,60	0,76	25,93	21,30	0,32	4,94	6,95	3,36	26,04	10,70	0,1724	14,70	8,737
20	1,03	1,22	22,87	10,00	0,72	4,90	7,25	3,36	7,71	15,77	0,0430	4,12	4,057
21	0,50	0,96	30,93	4,43	0,33	3,19	3,36	2,24	3,85	2,54	0,0158	1,56	2,447
22	1,33	0,66	21,40	8,26	0,20	4,69	6,46	2,24	10,83	4,23	0,0603	5,69	3,500
23	0,25	1,74	32,72	3,05	0,31	3,37	3,56	2,80	3,15	2,82	0,0073	0,73	1,639

24	0,19	0,72	33,21	2,10	0,27	1,99	3,05	3,92	1,56	1,13	0,0056	0,56	1,320
25	3,03	0,91	29,12	17,74	0,48	10,10	8,09	3,36	7,50	21,69	0,1011	9,18	5,883
26	0,19	0,88	37,09	4,68	0,28	3,85	3,95	3,36	6,25	3,94	0,0050	0,50	2,371
27	0,15	0,32	14,68	2,38	0,18	1,91	2,49	3,36	0,21	2,82	0,0099	0,98	1,603
28	0,23	1,58	28,76	3,04	0,94	9,85	7,69	2,24	9,38	5,63	0,0077	0,77	1,028
29	0,97	1,11	25,15	8,52	0,70	12,05	11,10	2,80	13,96	12,68	0,0368	3,55	2,505
30	0,93	0,76	20,64	6,89	1,07	8,03	12,48	2,24	8,75	9,30	0,0435	4,17	2,151
31	0,68	0,68	25,11	8,54	0,30	8,04	8,93	2,24	25,00	4,51	0,0263	2,56	2,932
32	0,46	0,94	24,87	4,49	0,34	3,48	3,36	6,72	3,38	3,10	0,0179	1,75	2,429
33	0,41	0,98	20,55	3,57	0,65	4,59	4,78	2,24	3,96	1,97	0,0190	1,86	1,652
34	1,22	1,30	21,35	6,93	0,77	3,34	3,23	2,24	3,54	18,59	0,0538	5,10	3,828
35	0,23	0,61	34,40	3,16	0,24	2,67	2,44	3,92	0,18	1,13	0,0067	0,67	1,977
36	0,86	0,76	23,18	6,23	0,36	3,81	5,77	2,24	5,42	5,63	0,0360	3,47	2,847
37	0,30	1,11	33,42	3,04	0,34	4,15	4,39	2,24	0,83	5,63	0,0088	0,87	1,473
ED	0,15	0,19	14,68	1,70	0,17	1,64	1,98	2,24	0,18	0,85	0,005	0,50	1,03
EY	4,60	1,74	37,09	21,30	1,07	12,05	12,48	6,72	35,00	21,69	0,220	18,03	8,74
Ort.	0,94	0,91	26,83	5,97	0,44	4,32	5,33	3,95	6,48	6,09	0,037	3,38	2,65
SS	1,11	0,32	5,34	4,65	0,22	2,44	2,53	1,45	7,50	5,88	0,047	3,97	1,61
VK	118,01	35,16	19,90	77,88	50,00	56,48	47,46	36,71	115,74	96,55	127,02	117,45	60,75

ED: En düşük, EY: En yüksek, Ort.: Ortalama SS: Standart sapma

VK: varyasyon katsayısı (%)

3.3. Araştırma Alanının Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Araştırma konusu toprakların özellikleri arasındaki korelasyon analiz sonuçları Tablo 4’de verilmiştir. Toprakların EC değerleri ile pH değerleri arasında istatistiksel açıdan negatif ($p<0,05$), değişebilir sodyum (Na) değerleri arasında ise pozitif ($p<0,01$); değişebilir Ca+Mg değerleri ile KDK arasında pozitif ($p<0,01$); ESP ve ESR değerleri ile EC ve Na değerleri arasında pozitif ($p<0,01$); eriyebilir sodyum (Na) değerleri ile değişebilir Na, ESP ve ESR değerleri arasında pozitif ($p<0,01$) ilişkiler saptanmıştır. Demircioğlu (2019) tarafından yapılan çalışmada da EC ile pH arasında negatif, değişebilir Na arasında ise pozitif düzeyde önemli ilişkiler belirlenmiştir. Sharma ve ark. (2020) ise pH ile EC arasında pozitif ilişkiler belirlemiştir. Bu durum toprak çözeltilesindeki sodyum ile değişim yüzeylerinde tutulan sodyum arasındaki bir dengeyi de göstermektedir.

Yine, eriyebilir potasyum (K) ile kireç ve değişebilir K arasında; eriyebilir kalisyum (Ca) ile Na ve K arasında; eriyebilir magnezyum (Mg) ile eriyebilir Na, K ve Ca arasında; HCO_3 ile eriyebilir Ca ve Mg arasında; SO_4 ile Na, ESP, ESR, Na_e Ca ve Mg arasında; Cl ile değişebilir Na, ESP, ESR ve eriyebilir Na arasında ve SAR ile EC, değişebilir Na, eriyebilir Na, Mg, SO_4 ve Cl arasında istatistiksel açıdan % 1 düzeyinde önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir (Tablo 4). Doğan ve Gülser (2020) tarafından yapılan çalışmada da ise topraklarda kireç ile pH arasında 0,01 düzeyinde pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Toprakların kum içeriği ile SAR değerleri arasında 0,05 düzeyinde, kireç, değişebilir Na, ve kil içerikleri arasında 0,01 düzeyinde negatif ilişkiler belirlenmiştir. Silt içeriği ile kum içeriği arasında 0,01 düzeyinde negatif ve kireç ve eriyebilir potasyum arasında 0,01 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Kil içerikleri ile kireç içerikleri arasında 0,05 düzeyinde, KDK, DK ve değişebilir Ca+Mg içerikleri arasında ise 0,01 düzeyde önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir.

Ayrıca, toprakların ESR ile SAR değerleri arasında ($r^2= 0,677$) ve ESP ile SAR değerleri arasında ($r^2= 0,702$) istatistiksel açıdan 0,01 düzeyinde önemli düzeyde pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Bu durum toprakların SAR değerleri ile ESP ve ESR değerleri arasında iyi bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 4. Toprak özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

Özellik	pH	EC	Kireç	KDK	Nad	K _d	Ca _d +Mg _d	ESP	ESR	Na _e	K _e	Ca _e	Mg _e	HCO ₃	SO ₄	Cl	SAR	Kil	Kum	
EC	0,341 *																			
Kireç	-0,041	0,266																		
KDK	-0,162	-0,090	-0,103																	
Na _d	-0,244	0,793 **	0,280	-0,020																
K _d	-0,004	-0,220	0,241	0,314	-0,121															
Ca _d +Mg _d	-0,110	-0,240	-0,175	0,978 **	-0,220	0,277														
ESP	-0,249	0,838 **	0,290	-0,125	0,986 **	-0,149	-0,320													
ESR	-0,264	0,844 **	0,280	-0,118	0,982 **	-0,157	-0,312	0,999 **												
Na _e	0,062	0,411 *	0,282	0,051	0,760 **	0,026	-0,108	0,692 **	0,665 **											
K _e	0,159	0,024	0,460 **	-0,297	0,037	0,499 **	-0,332 *	0,083	0,073	0,029										
Ca _e	0,068	0,238	0,318	-0,024	0,299	0,238	-0,101	0,278	0,257	0,524 **	0,473 **									
Mg _e	0,227	0,242	0,339 *	-0,149	0,308	0,094	-0,217	0,298	0,271	0,565 **	0,480 **	0,844 **								
HCO ₃	0,160	-0,107	0,073	0,157	-0,090	-0,003	0,175	-0,120	-0,114	-0,107	-0,228	-0,414 *	-0,334 *							
SO ₄	0,080	0,415 *	0,247	-0,058	0,603 **	0,002	-0,183	0,581 **	0,564 **	0,771 **	0,025	0,550 **	0,604 **	-0,224						
Cl	0,252	0,245	0,289	0,012	0,456 **	0,172	-0,093	0,422 **	0,395 *	0,740 **	0,273	0,551 **	0,554 **	-0,138	0,393 *					
SAR	0,050	0,374 *	0,263	0,079	0,770 **	0,014	-0,082	0,702 **	0,677 **	0,963 **	-0,067	0,319	0,365 *	-0,015	0,697 **	0,668 **				
Kil	-0,161	0,123	0,345 *	0,570 **	0,198	0,454 **	0,498 **	0,148	0,139	0,256	-0,078	0,050	0,006	0,182	0,188	0,161	0,310			
Kum	0,177	-0,219	-0,718 **	-0,316	-0,299	-0,455 **	-0,224	-0,276	-0,265	-0,305	-0,168	-0,137	-0,131	-0,095	-0,283	-0,214	-0,354 *	-0,854 **		
Silt	-0,108	0,240	0,869 **	-0,194	0,288	0,228	-0,266	0,314	0,304	0,219	0,422 **	0,188	0,236	-0,072	0,273	0,179	0,236	0,222	-0,697 **	

** : 0,01 düzeyinde önemli, * : 0,05 düzeyinde önemli

3.4. Topraklarda ESR-SAR Arasındaki İlişkiler

Bu çalışmada, toprakların pH, EC, kireç ve kil içeriğinin ESR ve SAR ilişkisine etkisini belirlemek amacıyla, her bir değişken iki gruba ayrılmış ve her bir gruptaki ESR ve SAR değerleri arasında regresyon analizi yapılarak, her özelliğin iki grubu için ESR-SAR ilişkisi belirlenmiştir. Ancak pH değerleri için bulunan ESR-SAR ilişkisinin denklemi istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır.

Toprakların EC değerleri için $1,000 \text{ dS m}^{-1}$, kireç içerikleri için %15 ve kil içerikleri için ise %40 değerleri sınır kabul edilerek iki gruba ayrılmış ve her bir grup için ESR-SAR ilişkileri belirlenmiştir. Ayrıca, tüm toprakların ESR ile SAR değerleri arasında yapılan regresyon analizi yapılarak çalışma alanı için genel ESR-SAR denklemi belirlenmiştir (Tablo 5). Toprakların EC değeri arttığında Kg değerinin azaldığı görülmektedir. Bu durum, aynı SAR değerine sahip iki sulama suyundan EC'si düşük olan su aynı toprakta EC'si yüksek olan suya göre daha fazla alkaliliğe neden olacağını belirtmektedir. Bu konuda Ağca ve Derici (1991) de benzer sonuçlar bulmuştur. Diğer yandan toprakların kil içeriği arttıkça ESR-SAR ilişkisinin katsayısının (Kg) arttığı görülmüştür. Bu durum, aynı SAR içeriğine sahip su ile sulanan topraklarda kil içeriği yükseldikçe daha fazla alkalileşeceğini göstermektedir. Kireç içerikleri ise ESR-SAR ilişkisinin katsayısını fazla etkilememiştir.

Tablo 5. Bazı toprak özelliklerinin ESR-SAR ilişkisine etkisi

Özellik	ESR = a+ Kg _x SAR	r	P
EC >1,000 dS m ⁻¹	ESR= 0,001+0,018xSAR	0,697	0,01**
EC <1,000 dS m ⁻¹	ESR = -0,006+0,011xSAR	0,571	0,05*
Kireç >% 15	ESR = -0,019+0,018xSAR	0,868	0,01**
Kireç <% 15	ESR = -0,008+0,019xSAR	0,637	0,01**
KİL >%40	ESR = -0,001+0,011xSAR	0,601	0,05*
KİL <%40	ESR = -0,015+0,020xSAR	0,654	0,01**
Genel	ESR = -0,16 + 0,020xSAR	0,677	0,01**

Bu eşitliklerdeki Kg değerleri Gapon katsayısı, a değerleri ise kayma değeri olarak adlandırılmaktadır. Gapon katsayısı toprakların alkalileşme eğiliminin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Çünkü toprak çözeltisi ile değişim fazı arasındaki denge durumunda, alkalileşme eğiliminin bir kıstası olan ESR ve ESP değerleri, herhangi bir SAR değerinde, öncelikle gapon katsayısı değerlerine, bir dereceye kadar da kayma değerlerine bağlıdır (Ağca ve Derici, 1991). Ağca ve Doğan (2000)'nın Amik Ovasında yer alan bazı topraklarda yaptıkları çalışmada gapon katsayısı 0,009 olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada ise genel ilişkinin Kg değeri 0,020 olarak saptanmıştır. Her iki ova toprakları da aynı SAR değerine sahip sularla sulandığında, Arsuz ovasındaki topraklar, Kg değeri daha yüksek olduğu için daha önce ve daha fazla alkalileşecektir. Iğdır ovası topraklarında yapılan bir araştırmanın sonucuna göre; ESR ve SAR arasındaki ilişkisinin katsayısı olan gapon katsayısı (Kg), bunlar arasında yapılan regresyon analizi ile 0,015 olarak belirlenmiştir (Anaplı, 1993). Yine, Elseewi

ve ark., (1977), Nil deltasında alınan 31 yüzey toprak örneğinin ESR-SAR ilişkisini incelemiş ve Gapon katsayısı (K_g) 0,01457 olarak belirlenmiştir. Farklı zaman ve farklı yerlerde belirlenen Gapon katsayılarının (K_g) farklı olması, toprak özelliklerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Yine, Ranjber ve Jalali, (2015), tarafından kireçli ve sodikle yapılan çalışmada ESR-SAR ilişkisinin karşı anyonlar çeşidi tarafından etkilendiği belirlenmiştir. Ayrıca, ESR-SAR ilişkisinin organik madde, kil içeriği, katyon değişim kapasitesi gibi temel toprak özellikleri önemli düzeyde farklı olan toprakların her biri için belirlenmesi zorunlu görülmektedir.

Kanada’da yapılan bir çalışmada ESR-SAR ilişkisi araştırılmıştır. Yapılan regresyon analizinde her bir horizonun ESR ve SAR değerleri arasında önemli korelasyonlar bulunmuştur. A horizonu için K_g değeri 0,0058, B horizonu için 0,0173 olarak saptanmıştır. Araştırmacılara göre K_g değerlerindeki bu farklılık, horizonlar arasındaki özellikle kil ve organik madde içeriklerinin farklı olmasından kaynaklanmıştır (Harron ve ark., 1983).

Bu çalışmada, değişebilir sodyum oranı (ESR) ile sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerleri belirlenerek bunlar arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Oysa topraklarda alkalileşmenin ölçütü olarak genellikle topraklardaki değişim komplekslerinin sodyum doygunluğunu gösteren değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri kullanılmaktadır. Bu nedenle ESR-SAR ilişkisini gösteren denklemler, ESR ve ESP arasındaki aşağıda verilen matematiksel ilişkiden yararlanılarak ESP-SAR denklemlerine dönüştürülmüş ve Tablo 6’da sunulmuştur.

$$(ESP = (ESR \times 100) / (1 + ESR)) \quad (5)$$

Tablo 6. Araştırma konusu topraklarda ESP-SAR denklemleri

Özellik	ESP-SAR denklemi
$EC > 1,000 \text{ dS m}^{-1}$	$ESP = (0,01 + 0,018 \times SAR) \times 100 / (1 + (0,01 + 0,018 \times SAR))$
$EC < 1,000 \text{ dS m}^{-1}$	$ESP = (-0,006 + 0,011 \times SAR) \times 100 / (1 + (-0,006 + 0,011 \times SAR))$
Kireç $> \% 15$	$ESP = (-0,019 + 0,018 \times SAR) \times 100 / (1 + (-0,019 + 0,018 \times SAR))$
Kireç $< \% 15$	$ESP = (-0,008 + 0,019 \times SAR) \times 100 / (1 + (-0,008 + 0,019 \times SAR))$
KİL $> \% 40$	$ESP = (-0,001 + 0,011 \times SAR) \times 100 / (1 + (-0,001 + 0,011 \times SAR))$
KİL $< \% 40$	$ESP = (-0,015 + 0,020 \times SAR) \times 100 / (1 + (-0,015 + 0,020 \times SAR))$
Genel	$ESP = (-0,16 + 0,020 \times SAR) \times 100 / (1 + (-0,16 + 0,020 \times SAR))$

5. Sonuçlar

Toprak tuzluluğu ve alkaliliği sınıflandırmasında toprağın kimyasal özelliklerinden olan pH, SAR (Sodyum adsorpsiyon oranı), EC (elektriksel iletkenlik) ve ESP değerleri (değişebilir sodyum yüzdesi) en önemli parametrelerdir.

Toprakların değişebilir katyon içeriklerinin büyükten küçüğe doğru sıralaması $Ca + Mg > Na > K$ şeklinde olmuştur. Değişebilir sodyumun düşük olması ESR ve ESP değerlerinin de düşük olmasını

sonuçlamıştır. Topraklarda değişebilir Ca ve Mg içeriklerinin yüksek olması, topraklarda sodikleşmenin önlenmesi açısından son derece önemlidir. Ayrıca, eriyebilir katyon içeriklerinin büyükten küçüğe doğru sıralaması $Na > Mg > Ca > K$ şeklinde olmuştur. Eriyebilir Na içeriğinin yüksek olması SAR değerlerinin de yüksek olmasına neden olmaktadır. Ancak, toprakların SAR değerleri incelendiğinde, çok yüksek olmadıkları görülmektedir (Tablo 3). Bu durum eriyebilir Ca+Mg içeriklerinin eriyebilir Na içeriklerinden oldukça yüksek olmasından kaynaklanmıştır. Toprakların bazılarında (5, 12 ve 19 nolu örnekler) ESP ve SAR değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu alanlarda toprakların daha fazla alkalileşmemesi için gerekli önlemler alınmalıdır.

Korelasyon analiz sonuçları incelendiğinde, Toprakların EC, SO_4 ve Cl içeriklerinin ESR ve SAR değerlerini anlamlı ölçüde etkilediği görülmektedir. Bu sonuç, EC, SO_4 ve Cl içeriklerinin ESR-SAR ilişkisini de etkilediğini göstermektedir.

Topraklarda ESR-SAR ilişkilerinin regresyon denklemlerinin eğimleri (Kg), toprakların alkalileşmeye karşı eğilimlerinin bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Çünkü herhangi bir SAR değerine karşılık toprakların alacağı ESR veya ESP değerleri öncelikle Kg değerlerine, bir dereceye kadar da denklemlerin kayma değerlerine bağlıdır. Diğer bir deyişle, herhangi bir toprağın Kg değeri ne kadar büyükse, belirli bir SAR değerinde bu topraktaki ESR veya ESP değeri de o kadar büyük olacaktır.

Toprakların ESR-SAR ilişkisinin katsayısı (Gapon katsayısı)'nın yüksek olması, dolayısıyla bu toprakların alkalileşme eğiliminin yüksek olması nedeniyle, bu alanda kullanılacak sulama sularının SAR değerlerinin düşük olması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle ESR-SAR ve ESP-SAR arasındaki ilişkiler, toprak özelliklerinin anlamlı olarak değiştiği bölgelerde ayrı ayrı belirlenmelidir. ESR-SAR ilişkileri çalışmalarından yapılan bölgedeki uygulayıcı tarım kuruluşlarına büyük yararlar sağlarken, diğer yandan da bundan sonra yapılacak olan alkalileşme veya sodikleşme sorunlarını giderme ve iyileştirme çalışmalarında kullanılacak temel veriler sunacaktır.

Bu çalışmada ova için tek bir ESR-SAR eşitliği belirlenmiştir. Bundan sonra bölgede yapılacak çalışmalarda fazla sayıda örnek alınarak, toprak özelliklerinin anlamlı olarak değiştiği yerler için ayrı ayrı ESR-SAR ilişkisi belirlenmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma; Ahmet BENİCE'nin, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğü tarafından desteklenen (Proje No: 18.YL.066) Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir. Maddi destekleri nedeniyle Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi BAP Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti

Yazarlar makaleye %50 oranlarında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

Kaynakça

- Ağca N., Derici MR. Harran ovasının yaygın toprak serilerinde değişebilir sodyum oranı (ESR) ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) arasındaki ilişkiler. Doğa - Tr. J. of Agriculture and Forestry 1991; 15: 239-247.
- Ağca N., Doğan K. The relationships between the exchangeable sodium ratio (ESR) and sodium adsorption ratio (SAR) in some soils of the Amik Plain. Proceedings International Symposium on Desertification 13-17 June, 2000. pp. 386-390. Konya
- Alharbi A. Impact of soil salinity on agriculture in arid regions. Journal of Agricultural and Veterinary Sciences 2015; 267(3120): 1–11.
- Allison LE., Moode CD. Carbonate. In: Black C.A. (ed) Methods of soil analysis. Part 2. Agronomy series. ASA. 1965; 9:1379-1396, Wisconsin.
- Anaplı Ö. Iğdır ovası topraklarında SAR-ESP ilişkisi üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi 1993; 24(1): 66-74.
- Anonim. Rakamlarla Hatay tarım kimliği. Hatay Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü 2016.
- Anonim. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Arsuz İlçe Müdürlüğü verileri 2017.
- Anonim. Hatay ili iklim verileri 2019. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=> (Erişim tarihi: 29.01.219)
- Bouyoucos GJ. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal 1951; 43: 434-438.
- Bower CA. Cation exchange equilibrium in soils affected by sodium salts. Soil Science 1959; 88: 32-35.
- Budak M. Tuzlu alkali toprakların oluşumu, sınıflandırılması ve klasik toprak etüd ve jeostatistik yöntemlerle haritalanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı. Doktora tezi. Tokat, 2012.
- Demircioğlu M. Arsuz Ovası topraklarının özelliklerinin yersel dağılımının jeostatiksel yöntemlerle belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, Türkiye, 2019.
- Diñç U., Kumova Y., Bahtiyar M., Çevik B., Çullu MA., Bahçeci İ., Özer N., Yanar M. Toprak tuzlulaşması. Workshop. 7 Ekim 1998, şanlıurfa. Tema Vakfı Yayınları No: 30. İstanbul.
- Doğan K., Ağca N., Keçecioğlu F., Benice A., Tek T. Spatial distribution of microbial activities in Arsuz plain soils (Hatay, Turkey). Arabian Journal of Geosciences 2020; 13: 581.
- Doğan B., Gülser C. Soil quality assessment for olive groves areas of Menderes District, Izmir-Turkey. Eurasian J Soil Sci 2020; 9(4): 298-305.

- Elsewi A., Elattar HA., Daoud M. Relationship between soluble and exchangeable sodium in some soils of The Nile Delta: an examination of the SAR Concept. *Soil Science* 1977; 124(4): 249-254.
- Eyüpoğlu F. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü yayınları* 1999, Teknik Yayın No: T-67. Ankara.
- Gedikoğlu İ. Laboratuvar analizlerinin gübre önerilerinde kullanılması ve halen kullanılan kriterler. Köy hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü yayınları. 1990. Genel Yayın No: 57, Teknik Yayın No: 13. Şanlıurfa.
- Ghassemi F., Jackeman AJ., Nix HA. Salinization of land and water resources: Human causes, extent, management and case studies. 1995. CAB International, Wallingford Oxon, UK.
- Harron WRA., Webster GR., Cairns RR. Relationships between exchangeable sodium and sodium adsorption ratio in a solonchic soil association. *Can. J. Soil Sci.* 1983; 63: 461-467.
- Jackson ML. *Soil chemical analysis*. Prentice Hall. Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 1964.
- James DW., Hanks RJ., Jurinak JJ. *Modern irrigated soils*. John Wiley and Sons. Printed in USA. 235; 1982.
- Kamphorst A., Bolt GH. Saline and sodic soils. In: Bolt, G.H. and Bruggenwert, M.G.M. (ed) *Soil Chemistry. A Basic Elements* Elsevier Scientific Publishing Company. 1978. 155 P. Amsterdam-Oxford-New York.
- Ranjbar F., Jalali M. The effect of chemical and organic amendments on sodium exchange equilibria in a calcareous sodic soil. 2015; *Environ Monit Assess*, 187: 683.
- Rengasamy P., Churchman GJ. Cation exchange capacity, exchangeable cations and sodicity. In: K. Peverill et al., (ed). *Soil Analysis and Interpretation Manual*, CSIRO. 147-155. 1999. Australia.
- Rengasamy P. World salinization with emphasis on Australia. *Journal of Experimental Botany* 2006; 57(5): 1-13.
- Qadir M., Oster JD., Schubert S., Noble AD., Sahrawat KL. Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. *Adv. Agron.* 2007; 96: 197–247.
- Qadir M., Schubert S. Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. *Land Degrad. Dev.* 2002; 13: 275:294.
- Richards L. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* U.S. Agriculture Handbook No.60. 1954, 159 p.
- Rozema J., Flowers T. Crops for a salinized world. *Science* 2008; 322(5907): 1478–1480.
- Suarez DL. Sodic soil reclamation: modeling and field study. *Aust. J. Soil Res.* 2001; 39: 1225–1246.
- Sharma RP., Chattaraja S., Vasua D., Karthikeyana K., Tiwarya P., Naitama RK. Dasha B., Tiwaria G., Jangira A., Daripaa A, Singhb SK., Anantwara, SG., Nimkar AM. Spatial variability assessment of soil fertility in black soils of central India using geostatistical modelling. *Archives of Agronomy and Soil Science* 2020. <https://doi.org/10.1080/03650340.2020.176667>.

Zhang XY., Yue-Yu S., Zhang XD., Kai M., Herbert S. Spatial variability of nutrient properties in black soil of northeast China. *Pedosphere* 2007; 17(1): 19-29.

Zhou XH., Obuchowski NA. McClish DK. *Statistical methods in diagnostic medicine*, 2nd Edition. ISBN: 978-0-470-18314-4. 2011. 592 p.