



**T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARSUZ OVASI TOPRAKLARINDA DEĞİŞEBİLİR SODYUM
ORANI (ESR) İLE SODYUM ADSORPSİYON ORANI (SAR) ARASINDAKİ
İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ**

AHMET BENİCE

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HATAY
ŞUBAT - 2021**



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARSUZ OVASI TOPRAKLARINDA DEĞİŞEBİLİR SODYUM
ORANI (ESR) İLE SODYUM ADSORPSİYON ORANI (SAR) ARASINDAKİ
İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ**

AHMET BENİCE
ORCID:0000-0001-6473-8440

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Prof. Dr. NECAT AĞCA
ORCID: 0000-0003-4864-844X

HATAY
ŞUBAT - 2021

11/02/2021

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

AHMET BENİCE

ÖZET

ARSUZ OVASI TOPRAKLARINDA DEĞİŞEBİLİR SODYUM ORANI (ESR) ile SODYUM ADSORPSİYON ORANI (SAR) ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ

Bu çalışmanın amacı Arsuz Ovası topraklarında değişebilir sodyum oranı (ESR) ile sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) arasındaki ilişkilerin belirlenmesidir. Çalışmada Arsuz ovası topraklarının 0-30 cm derinliğinden 37 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik (EC), değişebilir sodyum ve potasyum, katyon değişim kapasitesi (KDK), eriyebilir katyon ve anyon analizleri yapılmıştır. Tüm analizler yaygın olarak kullanılan yöntemlere göre yapılmıştır. Değişebilir sodyum (Na_d) 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 500– 3156 $\mu\text{S cm}^{-1}$ arasında değişmiştir. Toprakların kireç içerikleri % 1.01 ile % 23.02 KDK değerleri 15.15– 38.17 me /100g, değişebilir sodyum (Na_d) 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 ($r^2= 0.677$) ve ESP ile SAR değerleri arasında ($r^2= 0.702$) istatistiksel açıdan 0.01 düzeyinde önemli düzeyde pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Topraklardaki ESR-SAR ilişkisinin Gapon katsayısı (Kg) 0.01457 olarak belirlenmiştir.

2021, 31 sayfa

Anahtar Kelimeler: Arsuz ovası, topraklarda tuzluluk ve alkalilik, ESR, ESP, SAR

ABSTRACT

DETERMINATION of RELATIONSHIPS BETWEEN EXCHANGEABLE SODIUM (ESR) and SODIUM ADSORPTION RATIO (SAR) of ARSUZ PLAIN SOILS

In this research, relationships between exchangeable sodium ratio (ESR) and sodium adsorption ratio (SAR) were determined. A total of 37 soil samples were taken from Arsuz plain soil at 0-30 cm depth. Soil samples were analyzed for pH, electrical conductivity, exchangeable sodium, cation exchange capacity (CEC), soluble anions and cations. Then, exchangeable sodium ratio (ESR) and sodium adsorption ratio (SAR) values were calculated by using exchangeable sodium, CEC and soluble sodium, calcium and magnesium. In addition, relationships between exchangeable sodium ratio (ESR) and sodium adsorption ratio (SAR) will be determined using linear regression analysis.

The pH values of the soils ranged from 7.51 to 8.19, EC values between 500– 3156 $\mu\text{S m}^{-1}$. Lime content of soils 1.01% to 23.02%, cation exchange capacity (CEC) values 15.15--38.17 me / 100g, exchangeable sodium (Na_d) contents 0.15 to 4.60 me / 100g and K contents 0.19 to 1.74 me / 100g, Ca + Mg contents 14.68 to 37.09 me / 100 g, ESP values ranged from 0.50 to 18.03 % and ESR values ranged from 0.005 to 0.220. The average clay, sand and silt contents of soils were determined as 42.6 %, 24.7 % and 32.6 %, respectively. Significant positive correlations at a statistically level of 0.01 were determined between the ESR and SAR values of the soils ($r^2 = 0.677$) and between the ESP and SAR values ($r^2 = 0.702$). The Gapon coefficient (Kg) of the ESR-SAR relationship in soils was determined as 0.01457.

2021, 31 pages

Key Words: Arsuz plain, salinity and alkalinity in the soil, ESR, ESP, SAR

TEŞEKKÜR

Mesleki ve akademik hayatımda önemli kararlar almam gerektiğinde sürekli yanımda olan ve varlığı ile benim için önemli bir rol model oluşturan, gerek Yüksek Lisans tez konumunun belirlenmesinde gerekse araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve deneyimleri ile çalışmalarına ışık tutan ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Necat AĞCA'ya sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Değişik zamanlarda tezim ile ilgi yapmış olduğu yardımlar nedeniyle hocam Prof. Dr. Kemal DOĞAN'a teşekkür ederim.

Tez projeme (Proje No: 18. YL.066) maddi destek sağlayan Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkürlerimi ederim.

Tez çalışmalarım süresince, tüm laboratuvar çalışmalarımda yapmış oldukları katkı ve yardımları nedeniyle Tuğba AVCI'ya çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, güvenen ve daima yanımda olan canım aileme sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Tuzdan Etkilenmiş Topraklar	3
2.2. Topraklarda ESR-SAR ilişkisi.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	12
3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu.....	12
3.1.2. Çalışma Alanının İklimi	13
3.1.3. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü	13
3.1.4. Toprak Örneklerinin Alınması.....	13
3.2. Yöntem	13
3.2.1. Toprak Analizleri	13
3.2.2. Hesaplamalar ve İstatistik Analizler	16
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	17
4.1. Toprakların Temel Özellikleri, Değişebilir Katyonlar ve ESP, ESR Değerleri	17
4.2. Toprakların Eriyebilir Katyon ve Anyon İçerikleri ile SAR Değerleri	17
4.2. Toprakların Tane İrilik Dağılımı	19
4.3. Araştırma Alanının Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler	22
4.4. Topraklarda ESR-SAR Arasındaki İlişkiler	23
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	27
KAYNAKLAR	28
ÖZGEÇMİŞ	31

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu ve toprak örneklerinin alındığı noktalar ... 12



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Hatay iline ait uzun yıllık iklim verileri (1981-2010).....	15
Çizelge 3.2. Örnek noktalarının UTM sistemine göre koordinatları	16
Çizelge 4.1. Toprakların temel özellikleri, değişebilir katyonlar ve ESP, ESR değerleri	18
Çizelge 4.2. Araştırma konusu toprakların eriyebilir katyon ve anyon içerikleri ile SAR değerleri.....	20
Çizelge 4.3. Araştırma konusu toprakların tane irilik dağılımı ve bünye sınıfları.....	21
Çizelge 4.4. Toprak özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları	24
Çizelge 4.5. Bazı toprak özelliklerinin ESR-SAR ilişkisine etkisi	25
Çizelge 4.6. Araştırma konusu topraklarda ESP-SAR denklemleri.....	26



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

ESR	: Değişebilir sodyum oranı
ESP	: Değişebilir sodyum yüzdesi
SAR	: Sodyum arsorpsiyon oranı
K _g	: Gapon katsayısı
KDK	: Katyon değişim kapasitesi
Na _d	: Değişebilir sodyum
K _d	: Değişebilir potasyum
Ca _d +Mg _d	: Değişebilir kalsiyum+ değişebilir magnezyum
Na _e	: Eriyebilir sodyum
Ke	: Eriyebilir potasyum
Ca _e	: Eriyebilir kalsiyum
Mg _e	: Eriyebilir magnezyum
CO ₃	: Karbonat
HCO ₃	: Bikarbonat
Cl	: Klor
SO ₄	: Sülfat
EC	: Elektriksel iletkenlik
SS	: Standart sapma
VK	: Varyasyon (değişim) katsayısı
P	: Olasılık düzeyi
µg	: Mikrogram
mg	: Miligram
g	: Gram
kg	: Kilogram
mL	: Millitre
µm	: Mikrometre
me	: Milieşdeğer

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
-----	-------------------------------

1. GİRİŞ

Bilindiği gibi, topraklar tarımsal üretimin temel öğelerinden biri olup, 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 uzaklaştırılamayan bir bölümü, toprakta birikmeye başlamaktadır. Bu birikim, bir takım yanlış uygulamalar sonucu hızlandırılrsa, toprakta özellikle sulamaya bağlı olarak tuzluluk ve bazı durumlarda da alkalilik sorunlarını ortaya çıkarmaktadır.

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ile değişebilir sodyum oranı ESR (ESP) arasındaki ilişkinin bilinmesi pratikte önemli ipuçları ve kolaylıklar sağlamaktadır. Yukarıda anılan ilişki saptanabilirse, toprakların sodikleşme tehlikesi yorumlanırken sadece SAR'ına bakmak yeterli olacaktır. Ayrıca ESR (ESP)'sinin belirlenmesi için zaman ve kimyasal madde harcamaya gerek kalmayacaktır. Çünkü topraklardaki değişebilir ve çözünebilir katyonlar arasında belirli bir denge vardır ve toprak çözeltisinin katyon bilişiminden değişebilir katyonların oranının hesaplanması olasıdır. Çünkü, bazı araştırmacılar, toprağın deneysel yollarla elde edilen ESR ve SAR değerleri arasında iyi bir korelasyon bulunduğunu bildirilmektedir (Richards, 1954; Harron ve ark.,1983).

Değişebilir sodyum oranı (ESR) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP)'nin hesaplanması için değişebilir sodyum ve katyon değişim kapasitesinin belirlenmesini gerekir. Ancak, değişebilir sodyum ve katyon değişim kapasitesinin tayin edilmesinde yöntem ve zaman açısından bir takım zorluklar bulunmaktadır. Buna karşılık tuzluluğun belirlenmesinde elektriksel iletkenlik tayini için zaten saturasyon ekstraktının çıkartılması gerekeceğinden, ayrı bir işlem yapmadan SAR değeri de bu ekstraktan rahatlıkla tayin edilebilir. Ancak, 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. Çünkü topraklar arasında, bu ilişkiyi formüle etmekte kullanılan denklemlerin katsayıları yönünden, önemli farklılıklar saptanmıştır.

Sodyumdan etkilenmiş toprakların iyileştirilmesi için, toprağın değişim komplekslerinde tutulan Na miktarının ve Na iyonunun diğer iyonlara olan oranının bilinmesi gerekir (Mace ve Amrhein, 2001).

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).

Bu çalışmada Arsuz Ovası topraklarında değişebilir Sodyum Oranı (ESR) ile Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) arasındaki ilişkiler ve toprakların alkalileşme eğilimi belirlenmiştir. Böylece ileride ortaya çıkabilecek alkalilik sorunlarının önlenmesi için şimdiden tedbir alınması gereken alanlar ortaya konulacaktır. Ayrıca, topraklarda ESR ve SAR değerlerinden biri belirlendiği takdirde diğer değer, ESR-SAR ilişkisi yardımı ile analiz yapılmadan belirlenmiş olacaktır. Bu durum da analizlerde harcanan emek, zaman ve paradan tasarruf yapılmasına neden olacaktır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Tuzdan Etkilenmiş Topraklar

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. Ayrıca potasyum ile bikarbonat, karbonat ve nitrat da çözünebilir tuzların bileşenleridir. Ama bunlar çoğu zaman topraklarda az miktarda bulunurlar. Bikarbonat iyonları, karbondioksitin suda çözünmesi ile ortaya çıkarlar. Toprak çözeltisinde bulunan karbondioksit, atmosferden kaynaklandığı gibi, topraklardaki biyolojik olaylar sonucunda da oluşabilmektedir (Richards, 1954).

Yağışlı iklim koşullarında toprak profiline çeşitli kaynaklardan ulaşan çözünebilir tuzlar genellikle taban sularına ve en sonunda da denizlere kadar taşınabilmektedir. Bu nedenle, özellikle yağışlı bölgelerin topraklarında önemli ölçüde tuz birikimi görülmektedir. Bu iklim koşullarında tuz birikimi ancak nehir deltalarında, denizlere yakın diğer alçak alanlarda veya deniz suyunun etkisinde kalan gelgit düzlüklerinde olabilmektedir. Buna karşılık, kurak ve yarı kurak bölgelerde ise çeşitli etkenlerle ortaya çıkan tuzların topraktan yıkanıp denizlere kadar taşınması süreci tamamlanamamaktadır. Bu koşullarda yıkanma genellikle bölgesel olup çözünebilir tuzlar uzaklara taşınmayabilmekte ve özellikle sıcak ve yağışsız olan dönemlerde, tuzlu taban suları kapillar yükselmeyle toprak yüzeyine kadar ulaşabilmektedir. Evaporasyonun yüksek oluşu nedeniyle sular, toprak yüzeyinden kaybolurken, beraberinde taşıdıkları tuzları toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın kısımlarda bırakmaktadırlar. Diğer bir deyişle, bu bölgelerdeki tuzlulaşmanın temel nedeni yağışların yetersiz olmasına karşılık evaporasyonun yüksek olmasıdır (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).

Sodiklik, toprak tuzlulaşmasının 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 arasında olup, bitki yetiştiriciliği için uygun değildir (Rengasang ve Churchman, 1999). pH'sı 8.5'den büyük olan sodik topraklar ise alkali toprak olarak adlandırılmaktadır (Ağca, 1990).

Alkalileşme (veya sodikleşme), topraklardaki katyon değişim komplekslerinin zamanla sodyumla doymasıdır. Alkalileşme deyimi, 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).

Kurak bölgelerdeki normal toprakların değişim komplekslerinde ve toprak çözeltisinde bulunan başat katyonlar kalsiyum ve magnezyumdur. Bu topraklarda fazla miktarda çözünebilir tuzların birikmesi durumunda sodyum değişebilir katyonlar arasında başat duruma geçebilmektedir. Bunun nedeni toprak çözeltisinin konsantrasyonunun buharlaşma ve suyun bitkiler tarafından alımı nedenleriyle artması sonucu kalsiyum ve magnezyum bu derişik ortamda çözünürlükleri düşük olan $CaSO_4$, $CaCO_3$ ve $MgCO_3$ tuzları şeklinde çökelmeleridir. Bu koşullarda, değişim komplekslerinde tutulmuş bulunan kalsiyum ve magnezyumun bir bölümü çözelti fazındaki oransal konsantrasyonu artmış olan sodyumla yer değiştirmektedir (Richards, 1954).

Ancak, toprak çözeltisindeki iki değerli katyonlar (Ca ve Mg) değişim kompleksleri tarafından bir değerli olan sodyumdan daha güçlü bir şekilde tutulmakta ve bunların çözeltideki konsantrasyonlarının eşit olması durumunda bile adsorbe edilen Ca ve Mg miktarları adsorbe edilen Na' un birkaç katı olmaktadır. Dolasıyla, değişim kompleksleri tarafından anlamlı miktarda sodyum adsorbe edilebilmesi için çözünebilir katyonların yarısı veya daha fazlasının sodyum olması gerekmektedir (Richards, 1954).

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) sulama sularının kalitesinin belirlenmesi amacıyla ortaya konulan bir kavramdır. SAR değeri yüksek olan sular alkalilik açısından

tehlikelidir. Ama sulama suyu tek başına düşünüldüğünde SAR' in düşük ya da yüksek olması hiçbir anlam taşımamaktadır. 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 değeri çözeltideki eriyebilir sodyumun (Na_e) eriyebilir diğer katyonlara (Ca_e ve Mg_e) olan oransal miktarını belirlemektedir. Dolayısıyla 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.

Sodiklik (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).

2.2.Topraklarda ESR-SAR ilişkisi

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

Sodyum adsorpsiyon oranı olarak bilinen SAR ile değişebilir sodyum yüzdesi olarak bilinen ESR (ESP) arasındaki ilişkinin bilinmesi pratikte önemli ipuçları ve kolaylıklar sağlamaktadır. Anılan ilişki saptanabilirse, toprakların sodikleşme tehlikesi yorumlanırken sadece SAR değerine bakmak yeterli olacaktır. Ayrıca ESR (ESP)'sinin 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, toprağın deneysel yollarla elde edilen ESR ve SAR değerleri arasında iyi bir korelasyon bulunduğu bildirilmektedir. (Richard, 1954; Harron ve

ark.,1983). Ayrıca, ESP-SAR ilişkisinin katsayısı toprakların alkalileşme eğiliminin bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir.

Değişebilir sodyum oranı (ESR), toprakların değişim komplekslerinde adsorbe edilmiş sodyumun adsorbe edilen magnezyum ve kalsiyum gibi iki değerli katyonlara oranını belirtmektedir.

ESR aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır.

$$ESR = \frac{Na_d}{(KDK - Na_d)} \quad (3.1)$$

Burada; Na_d değişebilir sodyum (me/100 g) ve KDK katyon değişim kapasitesi (me/100 g.)'dir.

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), sulama sularında ve toprak çözeltisindeki sodyumun kalsiyum ve magnezyum gibi iki değerli katyonlara oranıdır. Bu oran, toprağın değişim komplekslerindeki katyon değişim reaksiyonlarında, sodyumun oransal aktivitesini belirtmektedir. Aynı zamanda SAR, sulama suyu kalitesinin bir ölçütü olarak da dikkate alınmaktadır. Sodyum adsorpsiyonu oranı çözelti fazındaki iyonların konsantrasyonlarından aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$SAR = \left[\frac{Na_e}{[(Ca_e + Mg_e)^{1/2}]} \right] \quad (3.2)$$

Burada; iyonların konsantrasyon birimi me/l 'dir (Richards, 1954).

Tuzluluk ile ilgili çalışmalarda ESR terimi yaygın olarak kullanılmakta iken son yıllarda ESR kadar yaygın olarak kullanılan diğer terim olan ESP, değişebilir sodyum ve katyon değişim kapasitesi (KDK)' dan dan aşağıdaki eşitlikle hesaplanmaktadır.

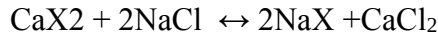
$$ESP = \frac{Na}{KDK} \cdot 100 \quad (3.3)$$

Yukarıdaki bağıntının yanı sıra ESP, ESR' den aşağıdaki matematiksel ilişki kullanılarak da hesaplanmaktadır.

$$ESP = (ESR \times 100) / 1 + ESR \quad (\text{Bower, 1959})$$

Bu ampirik eşitlikler SAR değerinden ESR ve ESP'yi kolaylık belirlediği için dünyada büyük bir popülerite kazanmış ve yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Faulkner ve ark., 2001; Chhabra 2005).

Topraklarda katı faz ile çözelti fazı arasında sürekli bir kütle alışverişi bulunmaktadır. Çözünme-çökelme ve adsorpsiyon-desorpsiyon olayları ile gelişen bu kütle alışverişi çeşitli toprak ve iklim faktörlerinin etkisi altında olup fazlar arasında denge oluşturmayı amaçlamaktadır. Uzun vadede hiçbir zaman oluşamayacak birtakım dengeler, kısa fakat tarımsal amaçlar için yeterli sayılabilecek zaman diliminde gerçekleşmiş sayılabilir. Katyon değişimi, çözeltilerdeki kimyasal reaksiyonlardaki kullanıma benzer eşitliklerle ifade edilebilmektedir. Örneğin, kalsiyumla doymun bir toprakla sodyum klorür çözeltisi arasındaki reaksiyon aşağıdaki gibi gösterilebilir.



Burada X değişim fazını belirtmektedir. Yukarıda verilen reaksiyon sürekli olarak soldan sağa doğru yürümez. Çünkü reaksiyonun sağ tarafında çözelti fazında oluşan çözünebilir kalsiyum belirli bir konsantrasyonun üzerine çıktığında değişim komplekslerine tekrar adsorbe edilecektir. Burada basit bir kimyasal tepkime şeklinde gösterilen bu olayla ilgili olarak birçok araştırmacı tarafından, değişebilir ve çözünebilir iyon çiftleri arasındaki dengeyi tanımlamaya çalışan eşitlikler önerilmiştir (Richards, 1954).

Batı Amerika'da yapılan bir çalışmada dört farklı toprak ile bentonit ve kaolinit örneklerinde ESR-SAR ilişkisi incelenmiştir. Çalışmada, toprak ve kil örneklerine Ca konsantrasyonu 4 mmol L⁻¹ ve Na konsantrasyonu değişen ve toplam katyon konsantrasyonu 50, 100 ve 200 me L⁻¹ olan, NaCl ve CaCl₂ karışımından oluşan çözeltiler uygulanarak dengeye getirilmiş ve gerekli analizler yapılmıştır. Analiz sonuçlarından hesaplanan ESR ve SAR değerleri incelendiğinde, SAR değerlerinin artmasıyla ESR değerlerinin de arttığı görülmektedir. Ancak, aynı araştırmada, ESR ile SAR arasındaki ilişki çözeltinin toplam katyon konsantrasyonundan fazla etkilenmemiştir (Bower 1959).

İsrail'de yapılan bir araştırmada 5 farklı toprakta ESR-SAR ilişkisi incelenmiştir. Bu araştırmada her bir topraktan alınan örnekler, NaCl ve CaCl₂ ile iki farklı tuz konsantrasyonunda (50 ve 100 me L⁻¹) hazırlanan çözeltilerle ayrı ayrı dengeye getirilmiştir. Dengeye gelen örneklerde ESR ve SAR değerleri analizlerle saptanarak Kg değerleri hesaplanmıştır. Araştırma sonuçlarında toprak horizonlarının ve farklı tuz konsantrasyonu uygulamalarının, değişim izotermi arasında anlamlı bir farklılık yaratmadığı görülmüş ve tüm topraklar için değişim izoterm eğimleri (Kg) 0.00866 ile 0.01740 arasında değişmiştir (Lewy ve Mor, 1965).

Yeşilsoy (1969) tarafından Trakya'nın bazı topraklarında katyon değişim karakteristiklerini belirlemek amacıyla yapılan bir araştırmada, bu bölgede yer alan Gromusol, Kireçsiz Kahverengi ve Rendzina büyük toprak gruplarından alınan yüzey toprak örneklerinin 50 μm 'den küçük fraksiyonlarını kullanmıştır. Yapılan araştırmada, örneklerin kireçli ve kireçten arındırılmış formları kullanılarak, kirecin K_g değerlerine etkisi belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarında kirecin K_g değerlerini biraz artırdığı görülmektedir. Araştırmada belirlenen K_g değerleri 0.0098 ile 0.0175 arasında değişmektedir.

Kanada'da yapılan bir çalışmada ESR-SAR ilişkisi araştırılmıştır. Bu araştırmada, Alberta'daki bir toprak birliğinin A ve B horizonlarının her birinden alınan 35 adet toprak örneklerinin fiziksel ve gerekli kimyasal özellikleri saptanmış ve analiz sonuçlarından ESR ile SAR değerleri hesaplanmıştır. 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).

Mehta ve Ark. (1985), tarafından yapılan bir çalışmada organik maddenin Gapon katsayısına, etkisi araştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, K_g değeri ile ESP arasındaki korelasyon, organik madde içeriği yüksek olan topraklarda, düşük olanlara oranla daha iyi olduğu belirlenmiştir.

Ağca (1990), tarafından yapılan çalışmada Harran ovasında bazı yaygın toprak serilerinde değişebilir sodyum oranı (ESR), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ilişkileri saptanmıştır. Bu amaçla; dört farklı tuz konsantrasyonunda (100, 200, 300 ve 500 me L^{-1}) ve her bir tuz konsantrasyonunda altı farklı SAR (5, 15, 25, 40, 60 ve 80) değerinde 24 farklı çözelti hazırlanmış ve Harran ovasındaki altı farklı toprak serisine uygulayarak ESR-SAR ilişkisi ve toprakların sodikleşme eğiliminin bir göstergesi olan K_g değerleri belirlenmiştir. ESR-SAR değerleri arasındaki ilişkiler belirlenerek elde edilen denklemler tüm serilerde 0.001 düzeyinde önemli bulunmuştur. Altı farklı toprak serisi için elde edilen denklemlerin K_g değerleri 0.0124 (Gürgelen), 0.0097 (Akçakale), 0.0080 (Cepkenli), 0.0079 (Harran), 0.0076 (Sırrın), 0.0062 (Kırsas) arasındadır. Bu sonuçlara göre alkalileşme olasılığının Gürgelen serisinde en fazla, Kırsas serisinde ise en düşük olduğu bildirilmektedir.

Tokat Kazova’da ESR-SAR ilişkileri konusunda yapılan bir çalışmada toprakların sodikleşme eğiliminin bir göstergesi olan Gapon katsayısı (Kg), 0.0041 ile 0.0264 arasında değişmiştir (Saltalı, 1996).

Ağca ve Doğan (2000) tarafından yapılan bir 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. Yine, toprakların tuzlulukla ilgili özellikleri ile diğer özellikleri arasında önemli korelasyonlar belirlenmiştir. Ayrıca, toprakların ESR-SAR ilişkisinin katsayıları 0.0056-0.0120 arasında değişmiştir.

Işık ve Usta (2004) tarafından, Ankara-Polatlı sulu tarım arazilerinde değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve Gapon katsayısı (Kg) ilişkileri saptanmıştır. 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 $ESR=0.0066 \cdot SAR-0.0287$ ve Gapon katsayısı 0.0066 olarak belirlenmiştir. Tüm köyleri kapsayan genel ESR-SAR eşitliği $ESR=0.0056 \cdot SAR-0.0227$ ve Gapon katsayısı 0.0056 olarak saptanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre toprakların alkalileşme eğilimi olasılığı sırası; Eskikarsak >Yenice >Beşköprü >Kocahacılı >Gümüşyaka şeklinde belirlenmiştir.

Kuzey doğu Çin’de Songen ovasında yapılan bir çalışmada tuzdan etkilenmiş topraklarda ESP—SAR arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Yapılan çalışma sonunda ESP-SAR ilişkisi arasında $ESP=10.72 \ln (SAR)-15.36$ ve ($r^2>0.76$, $P<0.001$) gibi istatistiksel açıdan önemli bir ilişki belirlenmiştir (Chun-Ming ve ark., 2011).

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. Çünkü topraklar arasında, bu ilişkiyi formüle etmekte kullanılan denklemlerin katsayıları yönünden, önemli farklılıklar saptanmıştır.

Iğdır ovası topraklarında yapılan bir araştırmanın sonucuna göre; SAR ve ESR arasındaki ilişki, bunlar arasında yapılan regresyon analizinde $ESR = 0.0198 + 0.015 * SAR$ olarak ifade edilebilecek amprik eşitlik elde edilmiştir. Regresyon katsayısı $r = 0.98$ olup yapılan önem testinde 0.01 seviyesinde çok önemli olduğu bulunmuştur. Bu nedenle çalışmada Iğdır ovası toprakları için SAR değerinden yararlanılarak ESP'nin güvenilir bir yaklaşımla tahmin edilmesine imkân verecek bir eşitlik ortaya konulmuştur (Anaplı, 1993).

ABD Tuzluluk Laboratuvarınca yapılan araştırmalarda topraktaki çözünebilir ve değişebilir sodyum arasındaki ilişki ortaya çıkarılmış ve daha sonra yaygın bir şekilde kullanılan SAR geliştirilmiştir. SAR, değişebilir sodyum oranı (ESR) ve dolayısıyla da ESP ile ilişkilidir. SAR-ESP arasındaki ilişki $ESP = 100 (-0.0126 + 0.01475 * SAR)/1 + (-0.0126 + 0.01475 * SAR)$ şeklinde ampirik olarak ifade edilmiş olup aralarındaki regresyon katsayısının da yüksek olmasından dolayı pratikte kullanılmasının uygun olacağı belirtilmiştir (Richards, 1954). Ancak ESR-SAR ilişkisinin, temel toprak özellikleri önemli düzeyde farklı olan toprakların her biri için belirlenmesi zorunlu görülmektedir. Çünkü topraklar arasında bu ilişkiyi formüle etmekte kullanılan denklemlerin katsayıları yönünden önemli farklılıklar belirlenmiştir (Harron ve ark., 1983; Quirk, 1986; Ağca ve Derici, 1991).

Harran ovasında yaygın olan altı toprak serisinde SAR-ESR arasındaki matematiksel ilişki incelenmiş ve regresyon katsayısı (r^2) 0.808 olan $ESR = -0.0202 + 0.0087 * SAR$ eşitlik bulunmuştur (Ağca ve Derici, 1991).

Orman topraklarında yapılan araştırmada, bazı orman toprağı türlerinde değişebilir ve suda çözünür katyonlar arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Çalışma alanında; Haplic Podzol, Dystric Arenosol ve Dystric Cambisol olmak üzere üç farklı toprak çeşidi belirlenmiştir. Toprak değişim komplekslerindeki ve toprak ekstraktlarında Ca, Mg, K ve Na içerikleri belirlenmiştir. Toprak değişim kompleksi ve toprak ekstraktlarının iyonik bileşiminin bir toprak türü içinde Dystric Cambisol'da en yüksek ve Haplic Podzol'da en düşük olarak belirlenmiştir (Porębska ve Ostrowska, 2016).

Chun-Ming ve ark. (2011) tarafından kuzey Çin'deki Songnen ovası topraklarında yapılan bir çalışmada, ESP ile SAR arasında istatistiksel açıdan önemli korelasyonlar bulunmuştur.

Değişebilir sodyum oranı ESR, $ESR=0.01475 \cdot SAR-0.0126$ olarak ifade edilmektedir. 0.01475 katsayısı, Gapon katsayısı (Kg) olarak adlandırılmaktadır ve birimi $mmol L^{-1}$ 'dir. Bu değer hem Amerika Birleşik Devletleri toprakları için saptanmış olup hem de çoğu zaman değişik toprak tipleri ve farklı tuz konsantrasyonları içeren sulama suları için değişmez kabul edilmiştir (Richards, 1954). Gapon katsayısı olarak 0.01475'in 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 EI-Swaify, 1974; Miller ve ark., 1990) kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle ESR(ESP)-SAR arasındaki ilişkiler bu özelliklerin anlamlı olarak değiştiği bölgelerde ayrı ayrı belirlenmiştir.

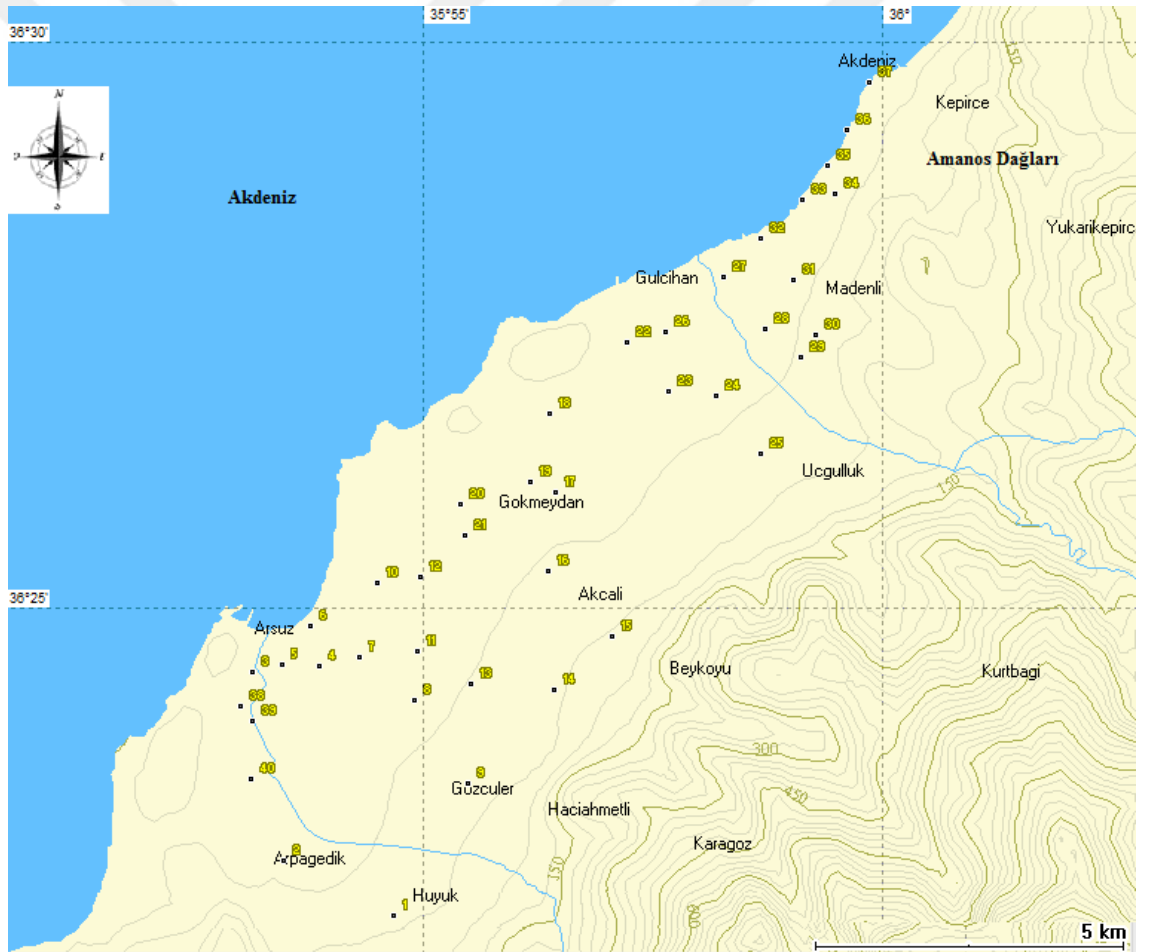
Topraklardaki ESR-SAR ilişkilerinin belirlenmesi, bölgedeki uygulayıcı tarım kuruluşlarına büyük yararlar sağlarken, diğer yandan da bundan sonra yapılacak olan alkalileşme, sodikleşme ve iyileştirme çalışmalarında kullanılabilecek temel veriler sunacaktır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

Yaklaşık 4500 hektarlık bir alan kaplayan Arsuz ovası, Hatay ili Arsuz ilçesi sınırları içinde yer almaktadır ($36^{\circ}29'42.22''$ K ile $36^{\circ}1'8.71''$ D ve $36^{\circ}23'37.67''$ K ile $35^{\circ}52'10.57''$ D) (Şekil 3.1). Ovanın batısında Akdeniz, doğusunda Amanos dağları, kuzeyinde İskenderun, güneyinde ise Samandağ ilçesi yer almaktadır (Anonim, 2016).



Şekil 3.1. Çalışma alanının coğrafi konumu ve toprak örneklerinin alındığı noktalar

3.1.2. Çalışma Alanının İklimi

Hatay iline ait uzun yıllık (30 yıllık) iklim verileri Çizelge 3.1’de verilmiştir (Anonim, 2019). 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. İldeki ortalama yağışlı gün sayısı 90.3 olup, yıllık ortalama güneşlenme süresi ise 86.1 saat olarak belirlenmiştir (Çizelge 3.1).

3.1.3. Çalışma Alanının Bitki Örtüsü

Arsuz ovasının hemen hemen tamamı tarım kültürü altındadır. Ovada en fazla yetiştirilen ürünler; maydanoz, buğday, zeytin, limon ve kayısı, narenciye, nar, çilek, şeftali ve sebzelerdir (Anonim, 2017).

3.1.4. Toprak Örneklerinin Alınması

Bu çalışmada Arsuz ovası topraklarının 0-30 cm derinliğinden alınan 37 adet toprak örneği bu çalışmada materyal olarak kullanılmıştır (Şekil 3.1). Ayrıca, toprak örneklerinin alındığı noktaların coğrafi koordinatları GPS aleti ile belirlenmiştir (Çizelge 3.2).

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Analizleri

Alınan toprak örnekleri plastik kurutma tavaalarında kurutulmuş ve 2 mm elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde; pH, elektriksel iletkenlik (EC), değişebilir sodyum (Na_d) ve potasyum (K_d), kation değişim kapasitesi (KDK), eriyebilir kation (Na_e , K_e , Ca_e ve Mg_e) ve anyon (CO_3 , HCO_3 , Cl ve SO_4) 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 (Bouyoucus 1951).

3.2.2. Hesaplamalar ve İstatistik Analizler

Değişebilir sodyum ve katyon değişim kapasitesi değerleri kullanılarak ESR ve eriyebilir Na, Ca ve Mg değerleri kullanılarak ise SAR değerleri hesaplanmıştır.

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

Çizelge 3.1. Hatay iline ait uzun yıllık iklim verileri (1981-2010)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık(*C)	8.2	9.9	13.1	17.2	21.2	24.8	27.1	27.8	25.6	20.6	14.2	9.5	18.3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık(*C)	12.0	14.4	18.0	22.5	26.4	29.2	31.1	31.9	31.0	27.3	20.1	13.6	23.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık(*C)	4.6	5.7	8.4	12.2	16.3	20.8	23.8	24.5	21.1	15.1	9.4	5.9	14.0
Ortalama Güneşlenme Süresi(saat)	3.2	4.4	5.9	7.3	9.1	10.6	11.0	10.4	9.3	6.9	4.8	3.2	86.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	14.9	13.0	12.9	9.0	5.5	2.0	0.5	0.6	3.2	6.9	8.5	13.3	90.3
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması(mm)	191.8	168.3	143.2	102.5	79.3	24.4	6.8	6.7	38.9	77.8	100.4	181.5	1121.6

Çizelge 3.2. Örnek noktalarının UTM sistemine göre koordinatları

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			

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Toprakların Temel Özellikleri, Değişebilir Katyonlar ve ESP, ESR Değerleri

Araştırma bölgesi toprakların temel özellikleri, değişebilir katyonlar ve ESP, ESR değerlerine ait sonuçlar Çizelge 4.1’de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda toprakların pH değerleri 7.51 (33 nolu örnek) ile 8.19 (31 nolu örnek), EC değerleri 500 (23 nolu örnek) – 3156 $\mu\text{S cm}^{-1}$ (5 nolu örnek) arasında değişmiştir. Toprakların kireç içerikleri % 1.01 (24 nolu örnek) ile % 23.02 (30 nolu örnek), KDK değerleri 15.15 (27 nolu örnek)– 38.17 me /100g (26 nolu örnek), Na içerikleri 0.15 (27 nolu örnek) ile 4.60 me/100g (19 nolu örnek) ve K içerikleri 0.19 (1 nolu örnek) ile 1.74 me/100g (23 nolu örnek), Ca+ Mg içerikleri 14.68 (27 nolu örnek) ile 37.09 me/100 g (26 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 (Çizelge 4.1).

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 değişebilir Ca+ Mg (% 19.90) değerleri izlemiştir. En yüksek varyasyon katsayısı ise değişebilir sodyum oranı (ESR) (% 127.02) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) (% 117.45) değerlerinde belirlenmiştir (Çizelge 2). Genellikle varyasyon katsayısı değerleri % 10’dan düşük ise değişkenlikleri düşük, %10-100 arasında ise orta, % 100’dan büyük ise yüksek olarak tanımlanmaktadır (Zhou ve ark., 2011). Buna göre, pH değerleri düşük, ESR ve ESP değerleri yüksek, diğer parametreler ise orta düzeyde değişkenliğe sahiptir. Düşük varyasyon katsayısı (VK) değerleri toprak parametrelerinin homojen dağıldığını belirtirken, orta VK değerleri ise bu parametrelerin biraz daha heterojen dağıldığını göstermektedir.

4.2. Toprakların Eriyebilir Katyon ve Anyon İçerikleri ile SAR Değerleri

Araştırma bölgesi toprakların eriyebilir katyon ve anyon içerikleri ile SAR değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. 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. 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.

Çizelge 4.1. Toprakların temel özellikleri, değişebilir katyonlar ve ESP, ESR değerleri

Örnek No	pH	EC μS cm ⁻¹	Kireç %	KDK me/100 g	Na _d	K _d me/100 g	Ca _d +Mg _d	ESP	ESR
1	7.97	854	3.42	26.09	0.19	0.19	25.71	0.73	0.0074
2	8.04	622	4.51	23.50	0.25	0.53	22.71	1.07	0.0108
3	7.77	939	19.91	32.30	0.19	1.22	30.88	0.59	0.0060
4	7.96	1171	16.95	27.19	1.35	0.91	24.93	4.96	0.0522
5	7.51	3156	19.13	24.64	4.44	0.56	19.64	18.03	0.2200
6	8.16	894	17.42	35.50	0.73	0.90	33.86	2.06	0.0210
7	7.84	956	17.42	22.97	0.45	0.68	21.84	1.97	0.0201
8	7.96	975	17.73	21.29	0.48	0.86	19.95	2.25	0.0230
9	7.98	1170	11.20	32.54	1.10	1.47	29.98	3.37	0.0348
10	8.18	620	10.50	32.71	0.41	1.01	31.30	1.25	0.0127
11	7.78	873	12.37	27.39	0.23	0.77	26.39	0.86	0.0086
12	7.97	1857	16.41	27.84	3.30	0.88	23.66	11.87	0.1347
13	8.10	1092	13.84	31.44	0.82	1.10	29.53	2.60	0.0267
14	7.68	560	15.09	36.62	0.75	0.86	35.01	2.04	0.0208
15	7.99	652	20.53	22.80	0.34	1.32	21.14	1.49	0.0151
16	8.17	875	14.93	30.02	0.41	0.79	28.82	1.36	0.0138
17	7.82	1208	18.28	32.82	0.64	0.91	31.26	1.96	0.0200
18	7.83	1393	16.10	32.63	1.28	0.73	30.62	3.92	0.0408
19	7.85	1322	18.20	31.29	4.60	0.76	25.93	14.70	0.1724
20	8.01	1143	19.29	25.12	1.03	1.22	22.87	4.12	0.0430

Çizelge 4.1. (Devamı) Toprakların temel özellikleri, değişebilir katyonlar ve ESP, ESR değerleri

Örnek No	pH	EC $\mu\text{S cm}^{-1}$	Kireç %	KDK me/100 g	Na _d	K _d me/100 g	Ca _d +Mg _d	ESP	ESR
21	7.78	805	12.91	32.40	0.50	0.96	30.93	1.56	0.0158
22	7.86	1398	4.59	23.38	1.33	0.66	21.40	5.69	0.0603
23	7.71	500	4.74	34.71	0.25	1.74	32.72	0.73	0.0073
24	7.98	891	1.01	34.12	0.19	0.72	33.21	0.56	0.0056
25	7.73	1670	16.41	33.06	3.03	0.91	29.12	9.18	0.1011
26	7.76	1118	16.49	38.17	0.19	0.88	37.09	0.50	0.0050
27	8.10	788	8.63	15.15	0.15	0.32	14.68	0.98	0.0099
28	7.96	755	16.33	30.57	0.23	1.58	28.76	0.77	0.0077
29	7.87	1142	18.35	27.23	0.97	1.11	25.15	3.55	0.0368
30	8.13	956	23.02	22.33	0.93	0.76	20.64	4.17	0.0435
31	8.19	1135	16.88	26.47	0.68	0.68	25.11	2.56	0.0263
32	7.95	922	21.70	26.27	0.46	0.94	24.87	1.75	0.0179
33	7.51	854	15.24	21.95	0.41	0.98	20.55	1.86	0.0190
34	8.19	732	18.90	23.86	1.22	1.30	21.35	5.10	0.0538
35	7.81	585	10.89	35.24	0.23	0.61	34.40	0.67	0.0067
36	7.67	1099	18.04	24.80	0.86	0.76	23.18	3.47	0.0360
37	7.88	1020	15.09	34.83	0.30	1.11	33.42	0.87	0.0088
En düşük	7.51	500.0	1.01	15.15	0.15	0.19	14.68	0.50	0.005
En yüksek	8.19	3156.0	23.02	38.17	4.60	1.74	37.09	18.03	0.220
Ortalama	7.90	1046.0	14.66	28.68	0.94	0.91	26.83	3.38	0.037
SS	0.17	462.9	5.39	5.30	1.11	0.32	5.34	3.97	0.047
VK (%)	2.15	44.25	36.77	18.48	118.01	35.16	19.90	117.45	127.02

Parametreler arasında en düşük varyasyon katsayısı (VK) HCO₃ değerlerinde (% 36.71) olup, bunu eriyebilir Mg (% 47.46) değerleri izlemiştir. En yüksek varyasyon katsayısı ise değişebilir SO₄ (% 115.74) değerlerinde belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Buna göre, SO₄ değerleri yüksek, diğer parametreler ise orta düzeyde değişkenliğe sahiptir.

4.3. Toprakların Tane İrilik Dağılımı

Araştırma konusu toprakların tane irilik dağılımları ve bünye sınıfları Çizelge 4.3’de sunulmuştur. 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.

Çizelge 4.2. Araştırma konusu toprakların eriyebilir katyon ve anyon içerikleri ile SAR değerleri

Örnek	Na _e	K _e	Ca _e	Mg _e	HCO ₃	SO ₄	Cl	SAR
No	meL ⁻¹					meL ⁻¹		
1	1.70	0.22	1.64	3.12	3.73	0.98	4.79	1.106
2	2.62	0.47	4.15	6.06	3.73	1.85	2.87	1.158
3	2.12	0.46	2.03	3.32	4.67	1.94	1.41	1.295
4	7.22	0.44	3.28	3.97	4.67	6.25	3.66	3.792
5	4.18	0.56	3.65	3.64	3.73	6.27	3.66	2.189
6	9.57	0.34	5.03	7.89	5.60	1.15	21.13	3.764
7	4.16	0.31	2.82	5.47	5.60	3.92	2.82	2.042
8	4.38	0.66	3.03	5.84	4.67	5.17	5.35	2.079
9	7.06	0.76	3.90	5.96	5.60	5.63	7.61	3.180
10	4.40	0.44	3.70	5.18	5.04	3.75	4.51	2.091
11	2.80	0.26	2.42	2.65	6.16	2.29	4.45	1.759
12	19.35	0.28	7.05	9.45	4.48	35.00	18.31	6.737
13	6.00	0.37	3.25	4.82	6.72	6.04	4.51	2.987
14	3.39	0.17	1.90	1.98	6.72	1.96	1.13	2.434
15	3.01	0.78	3.40	4.54	5.60	2.46	0.85	1.510
16	3.07	0.30	2.15	2.16	5.60	0.83	1.18	2.091
17	3.76	0.39	3.23	4.38	3.36	8.96	1.69	1.925
18	3.60	0.33	4.08	7.34	3.36	3.77	1.69	1.509
19	21.30	0.32	4.94	6.95	3.36	26.04	10.70	8.737
20	10.00	0.72	4.90	7.25	3.36	7.71	15.77	4.057
21	4.43	0.33	3.19	3.36	2.24	3.85	2.54	2.447
22	8.26	0.20	4.69	6.46	2.24	10.83	4.23	3.500
23	3.05	0.31	3.37	3.56	2.80	3.15	2.82	1.639
24	2.10	0.27	1.99	3.05	3.92	1.56	1.13	1.320
25	17.74	0.48	10.10	8.09	3.36	7.50	21.69	5.883
26	4.68	0.28	3.85	3.95	3.36	6.25	3.94	2.371
27	2.38	0.18	1.91	2.49	3.36	0.21	2.82	1.603
28	3.04	0.94	9.85	7.69	2.24	9.38	5.63	1.028
29	8.52	0.70	12.05	11.10	2.80	13.96	12.68	2.505
30	6.89	1.07	8.03	12.48	2.24	8.75	9.30	2.151
31	8.54	0.30	8.04	8.93	2.24	25.00	4.51	2.932
32	4.49	0.34	3.48	3.36	6.72	3.38	3.10	2.429
33	3.57	0.65	4.59	4.78	2.24	3.96	1.97	1.652
34	6.93	0.77	3.34	3.23	2.24	3.54	18.59	3.828
35	3.16	0.24	2.67	2.44	3.92	0.18	1.13	1.977
36	6.23	0.36	3.81	5.77	2.24	5.42	5.63	2.847

Çizelge 4.2. (Devamı) Araştırma konusu toprakların eriyebilir katyon ve anyon içerikleri ile SAR değerleri

Örnek	Na _e	K _e	Ca _e	Mg _e	HCO ₃	SO ₄	Cl	SAR
No			meL ⁻¹			meL ⁻¹		
37	3.04	0.34	4.15	4.39	2.24	0.83	5.63	1.473
En düşük	1.70	0.17	1.64	1.98	2.24	0.18	0.85	1.03
En yüksek	21.30	1.07	12.05	12.48	6.72	35.00	21.69	8.74
Ortalama	5.97	0.44	4.32	5.33	3.95	6.48	6.09	2.65
SS	4.65	0.22	2.44	2.53	1.45	7.50	5.88	1.61
VK %	77.88	50.00	56.48	47.46	36.71	115.74	96.55	60.75

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.

Çizelge 4.3. Araştırma konusu toprakların tane irilik dağılımı ve bünye sınıfları

Örnek No	Tane irilik dağılımı (%)			Bünye sınıfı
	Kil	Kum	Silt	
1	23.5	55.6	20.9	Kumlu killi tın (SCL)
2	27.3	53.6	19.1	Kumlu killi tın (SCL)
3	51.2	11.5	37.3	Kil (C)
4	45.9	15.0	39.1	Kil (C)
5	41.1	19.5	39.4	Kil (C)
6	54.3	16.1	29.6	Kil (C)
7	38.1	22.9	39.0	Killi tın (CL)
8	30.6	40.4	29.0	Killi tın (CL)
9	46.5	25.8	27.7	Kil (C)
10	40.7	35.2	24.1	Kil (C)
11	36.6	31.3	32.1	Killi tın (CL)
12	56.6	7.7	35.7	Kil (C)
13	69.9	3.6	26.5	Kil (C)
14	59.2	10.5	30.3	Kil (C)
15	40.5	14.6	44.9	Siltli kil (SiC)
16	45.7	23.1	31.2	Kil (C)

Çizelge 4.3. (Devamı) Araştırma konusu toprakların tane irilik dağılımı ve bünye sınıfları

Örnek No	Tane irilik dağılımı (%)			Bünye sınıfı
	Kil	Kum	Silt	
17	54.3	7.0	38.7	Kil (C)
18	38.9	21.4	39.7	Killi tın (CL)
19	46.3	11.8	41.9	Siltli kil (SiC)
20	33.8	24.1	42.1	Killi tın (CL)
21	54.3	18.5	27.2	Kil (C)
22	44.3	35.5	20.2	Kil (C)
23	48.6	30.8	20.6	Kil (C)
24	20.0	62.5	17.5	Kumlu killi tın (SCL)
25	45.6	28.5	25.9	Kil (C)
26	53.1	16.7	30.2	Kil (C)
27	15.7	64.4	19.9	Kumlu tın (SL)
28	42.2	23.7	34.1	Kil (C)
29	36.0	27.8	36.2	Killi tın (CL)
30	38.1	21.8	40.1	Killi tın (CL)
31	37.0	25.8	37.2	Killi tın (CL)
32	38.1	21.8	40.1	Killi tın (CL)
33	39.7	22.2	38.1	Killi tın (CL)
34	45.7	8.0	46.3	Siltli kil (SiC)
35	38.0	33.8	28.2	Killi tın (CL)
36	42.9	13.6	43.5	Siltli killi (SiC)
37	57.5	7.6	34.9	Kil (C)
En düşük	15.7	3.6	17.5	
En yüksek	69.9	64.4	46.3	
Ortalama	42.6	24.7	32.7	
SS	11.1	15.1	8.1	
VK %	26.1	61.1	24.8	

4.4. Araştırma Alanının Toprak Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Araştırma konusu toprakların özellikleri arasındaki korelasyon analiz sonuçları Çizelge 4.4’de verilmiştir. Toprakların EC değerleri ile pH değerleri arasında istatistiksel açıdan negatif ($p<0.05$), değişebilir sodyum (Na_d) değerleri arasında ise pozitif ($p<0.01$); değişebilir $Ca+Mg$ ($Ca+Mg_d$) değerleri ile KDK arasında pozitif ($p<0.01$); ESP ve ESR

değerleri ile EC ve Na_d değerleri arasında pozitif ($p<0.01$); eriyebilir sodyum (Na_e) değerleri ile Na_d , ESP ve ESR değerleri arasında pozitif ($p<0.01$) ilişkiler saptanmıştır.

Yine, eriyebilir potasyum (Ke) ile kireç ve K_d arasında; eriyebilir kalisyum (Ca_e) ile Na_e ve Ke arasında; eriyebilir magnezyum (Mg_e) ile Na_e , Ke ve Ca_e arasında; HCO_3 ile Ca_e ve Mg_e arasında; SO_4 ile Na_e , ESP, ESR, Na_e , Ca_e ve Mg_e arasında; Cl ile Na_d , ESP, ESR ve Na_e arasında ve SAR ile EC, Na_d , Na_e , Mg_e , SO_4 ve Cl arasında istatistiksel açıdan % 1 düzeyinde önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

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.

4.5. Topraklarda ESR-SAR Arasındaki İlişkiler

Bu çalışmada önce, 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.

Çizelge 4.4. 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**

Toprakların EC değerleri için $1000 \mu\text{S cm}^{-1}$, 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 (Çizelge 4.5). 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 da, aynı SAR içeriğine sahip su ile sulanan topraklarda kil içeriği yükseldikçe daha fazla alkalileşeceğini belirtmektedir. Kireç içerikleri ise ESR-SAR ilişkisinin katsayısını fazla etkilememiştir.

Çizelge 4.5. Bazı toprak özelliklerinin ESR-SAR ilişkisine etkisi

Özellik	ESR = a+ Kg*SAR	r	P
EC >1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$	ESR= 0.001+0.018*SAR	0.697	0.01**
EC <1000 $\mu\text{S cm}^{-1}$	ESR = -0.006+0.011*SAR	0.571	0.05*
Kireç <% 15	ESR = -0.019+0.018*SAR	0.868	0.01**
Kireç <% 15	ESR = -0.008+0.019*SAR	0.637	0.01**
KİL <%40	ESR = -0.001+0.011*SAR	0.601	0.05*
KİL >%40	ESR = -0.015+0.020*SAR	0.654	0.01**
Genel	ESR = -0.16 + 0.020*SAR	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). Örneğin Ağca ve Doğan (2000)'nin 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, bu çalışmada kullanılan 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 (Kg) 0.01457 olarak belirlenmiştir. Farklı zaman ve farklı yerlerde belirlenen Gapon katsayılarının (Kg) farklı olması, toprak özelliklerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır.

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 matematiksel ilişkiden $ESP = (ESR \times 100) / (1 + ESR)$ yararlanılarak ESP-SAR denklemlerine dönüştürülmüş ve Çizelge 4.6'da sunulmuştur.

Çizelge 4.6. Araştırma konusu topraklarda ESP-SAR denklemleri

Özellik	ESP-SAR denklemi
EC >1000 $\mu S\ cm^{-1}$	$ESP = (0.01 + 0.018 \cdot SAR) \cdot 100 / (1 + (0.01 + 0.018 \cdot SAR))$
EC <1000 $\mu S\ cm^{-1}$	$ESP = (-0.006 + 0.011 \cdot SAR) \cdot 100 / (1 + (-0.006 + 0.011 \cdot SAR))$
Kireç <% 15	$ESP = (-0.019 + 0.018 \cdot SAR) \cdot 100 / (1 + (-0.019 + 0.018 \cdot SAR))$
Kireç <% 15	$ESP = (-0.008 + 0.019 \cdot SAR) \cdot 100 / (1 + (-0.008 + 0.019 \cdot SAR))$
Kil <%40	$ESP = (-0.001 + 0.011 \cdot SAR) \cdot 100 / (1 + (-0.001 + 0.011 \cdot SAR))$
Kil >%40	$ESP = (-0.015 + 0.020 \cdot SAR) \cdot 100 / (1 + (-0.015 + 0.020 \cdot SAR))$
Genel	$ESP = (-0.16 + 0.020 \cdot SAR) \cdot 100 / (1 + (-0.16 + 0.020 \cdot SAR))$

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırma konusu toprakların kireç içerikleri düşük ve yüksek arasında değişmekte olup, reaksiyonları orta bazik ve büyük bir kısmında tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmamaktadır. Ancak, özellikle 5, 19 ve 25 nolu örneklerin alındığı topraklarda ESP ve EC'nin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu toprakların bulunduğu alanlarda tuzluluk ve alkalilik yönünden dikkatli olunmalı ve bu alandaki topraklar daha detaylı araştırılmalıdır.

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 (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, sodikleşme ve iyileştirme çalışmalarında kullanılabilecek 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.

KAYNAKLAR

- Ağca, N., 1990. **Harran ovasında bazı yaygın toprak serilerinde değişebilir sodyum oranı (ESR)-sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ilişkilerinin saptanması.** Çukurova Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü-Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi. 149 S. Adana
- Ağca, N. ve Derici, M.R., 1991. Harran ovasının yaygın toprak serilerinde değişebilir sodyum oranı (ESR) ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) arasındaki ilişkiler. **Doğa - Tr. J. of Agriculture and Forestry**, 15: 239-247.
- Ağca, N. ve Doğan, K., 2000. 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, Konya-Turkey). pp. 386-390.
- Alharbi, A., 2015. Impact of soil salinity on agriculture in arid regions. **Journal of Agricultural and Veterinary Sciences**, 267 (3120):1–11.
- Allison, L.E. and Moode, C.D., 1965. Carbonate. (C.A. Black Editör) **Methods of soil analysis**. Part 2. Agronomy series. ASA. 9:1379-1396, Wisconsin.
- Anaplı, Ö., 1993. Iğdır ovası topraklarında SAR-ESP ilişkisi üzerine bir araştırma. **Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi**, 24 (1): 66-74.
- Anonim, 2016. **Rakamlarla Hatay tarım kimliği**. Hatay Valiliği İl Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü.
- Anonim, 2017. **Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Arsuz İlçe Müdürlüğü verileri**.
- Anonim, 2019. **Hatay ili iklim verileri**. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=> (Erişim tarihi: 29.01.219)
- Bouyoucos, G.J., 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. **Agronomy Journal**, 43:434-438.
- Bower, C.A., 1959. Cation exchange equilibrium in soils affected by sodium salts. **Soil Science**, (88): 32-35.
- Chhabra, R., 2005. Classification of salt-affected soils. **Arid Land Res. Manag.**, 19: 61–79.
- Chun-Ming, C., Chang-Wei, Z., Xiao-Sing, S. and Zhi-Chun, W., 2011. Estimating exchangeable sodium percentage from sodium adsorption ratio of salt-affected soil in the Songnen Plain of Northeast China. **Pedosphere**, 21(2): 271-276.
- Dinç, U., Kumova, Y., Bahtiyar, M., Çevik, B., Çullu, M.A., Bahçeci, İ., Özer, N. Ve Yanar, M. 1999. Toprak tuzlulaşması. **Workshop**. 7 Ekim 1998, Şanlıurfa. Tema Vakfı Yayınları No: 30. İstanbul.
- Elseewi, A., A., Elattar, H., A. and Daoud, M., 1977. Relationship between soluble and exchangeable sodium in some soils of The Nile Delta: an examination of the SAR Cconcept. **Soil Science**, 124 (4): 249-254.
- Faulkner, H., Wilson, B. R, Solman, K. and Alexander, R., 2001. Comparison of three extraction methods and their use in determination of sodium adsorption ratios of some sodic soils. **Commun Soil Sci. Plant Anal.**, 32:1765–1777.
- Ghassemi, F., Jackeman, A. J., Nix, H. A. 1995. **Salinization of land and water resources: Human causes, extent, management and case studies**. CAB International, Wallingford Oxon, UK.

- Harron, W.R.A., Webster, G.R. and Cairns, R.R., 1983. Relationships between exchangeable sodium and sodium adsorption ratio in a solonchic soil association. **Can. J. Soil Sci.**, 63: 461-467.
- Işık, E. ve Usta, S., 2004. Ankara-Polatlı sulu tarım arazilerinde değişebilir sodyum yüzdesi, sodyum adsorbsiyon oranı ve gapon katsayısı ilişkileri. **Tarım Bilimleri Dergisi**, 10 (2) 174-181.
- Jackson, M.L., 1964. **Soil chemical analysis**. Prentice Hall. Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Jurinak, J., Amrhein, C. and Wagenet, R. J., 1984. Sodic hazard; the effect of SAR and salinity in soils and overburden materials. **Soil Science**, 137 (3): 152 – 159.
- Kamphorst, A., Bolt, G. H., 1978. Saline and sodic soils. (G.H. Bolt ve M.G.M. Bruggenwert Editor) **Soil Chemistry. A Basic Elements**. Elsevier Scientific Publishing Company. 155 P. Amsterdam-Oxford-New York.
- Lewy, R. and Mor, E., 1965. Soluble and exchangeable cation ratios in some soils of israel. **Journal of Soil Science**, 16 (2): 290-295.
- Mace, J. E. and Amrhein, C., 2001. Leaching and reclamation of a soil irrigated with moderate SAR waters. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, 65:199–204.
- Mehta, S., Poonia, S., R. and Pal, R., 1985. Dependence of different exchange selectivity coefficients on sodium saturation of soils. **J. Indian Soc Soil Sci.**, 33: 15-19.
- Miller, W.P., Frenkel, H. K. D. and Newman, D., 1990. Flocculation concentration and sodium/calcium exchange of kaolinitic soil clays. **Soil Sci. Soc. Amer. J.**, 54: 346-351.
- Rengasamy P. and Churchman, G.J., 1999. Cation exchange capacity, exchangeable cations and sodicity (K. Peverill et al., Editör). **Soil Analysis and Interpretation Manual**, CSIRO. 147-155. Australia.
- Porębska, G. and Ostrowska, A., 2016. Relationships between exchangeable and water-soluble cations in the forest soil. **Environmental Protection and Natural Resources**, 27 (69): 1-7.
- Qadir, M. And Schubert, S. 2002. Degradation processes and nutrient constraints in sodic soils. **Land Degrad. Dev.**, 13: 275-294.
- Qadir, M., Oster, J. D., Schubert, S., Noble, A. D. and Sahrawat, K. L., 2007. Phytoremediation of sodic and saline-sodic soils. **Adv. Agron.**, 96: 197–247.
- Quirk, P., 1986. **Soil permeability in relation to sodicity and salinity**. Phil. Trans. R. Soc. Lond. A 316. Printed in Great Britain. 297-317.
- Richard, L., 1954. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. U.S. Agriculture Handbook No.60. 159 S.
- Rozema, J. and Flowers, T., 2008. Crops for a salinized world. **Science**, 322 (5907): 1478–80. doi:10.1126/science.1168572.
- Saltalı K., 1996. **A study on salt dynamics and determination of tendency for alkalization of Tokat-Kazova soils**. Gaziosmanpaşa University Graduate School of Natural and Applied Science, Department of Soil Science (Ph D Thesis). 95.p. (in Turkish).
- Sinuanuwong, S. and El-Swaify, S.A., 1974. Predicting exchangeable sodium ratios in irrigated tropical vertisols. **Soil Sci. Amer. J.**, 38 732-737.
- Suarez, D. L., 2001. Sodic soil reclamation: modeling and field study. **Aust. J. Soil Res.**, 39: 1225–1246.

- Yeşilsoy, M.,Ş., 1969. **Trakya topraklarında katyon değişim karakteristikleri.** Türkiye Toprak ilmi Derneği 1,2,3. Bilimsel Toplantı Tebliğleri. San Matbaası. 47-59. Ankara.
- Zhang, X.-Y., Yue-Yu, S., Zhang, X.-D., Kai, M. And Herbert, S., 2007. Spatial variability of nutrient properties in black soil of northeast China. **Pedosphere**, 17(1):19-29.
- Zhou, X. H., Obuchowski, N. A. and McClish, D. K., 2011. **Statistical methods in diagnostic medicine**, 2nd Edition. ISBN: 978-0-470-18314-4, 592 P.

