

TUZLULUK VE ALKALİLİĞİN TOPRAĞIN BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Tuğrul YAKUPOĞLU Nutullah ÖZDEMİR
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Samsun

Geliş Tarihi: 01.09.2006

ÖZET: Bu makalede tuzluluk ve alkaliliğin toprakların bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri tartışılmıştır. Değerlendirmede tuzluluk ve alkaliliğin flokülasyon, dispersiyon, infiltrasyon, hidrolik iletkenlik, yüzey akış ve kabuk oluşumuna etkileri esas alınmıştır. Çoğu çalışmalarda topraktaki yüksek sodyum konsantrasyonunun, toprağın tekstürü, strüktürü, çözeltideki Ca ve Mg konsantrasyonu gibi birçok faktörle ilişkili olarak, toprağın infiltrasyon ve hidrolik iletkenlik değerlerini düşürdüğü, yüzey kabuğu oluşumunu ve dispersiyonu teşvik ettiği belirtilmektedir. Ayrıca, sulama suyunun EC değerindeki artışa paralel olarak topraktaki agregat oluşumunun teşvik edildiği, yüzey akış değerinin ise azaldığı görülmektedir. Toprak fiziksel özelliklerindeki bu olumlu değişimin derecesini, topraktaki baskın kil minerali çeşidi ve toprak tekstürü belirlemektedir. Kaolinit grubu (1:1 tipi) killerin yaygın olduğu topraklarda sodyumun dispers edici etkisi, montmorillonit grubu (2:1 tipi) killerin baskın olduğu topraklara göre daha düşük seviyededir. Tekstür özellikleri bakımından ise ince bünyeli topraklar kaba bünyeli topraklara göre daha fazla dispers olma eğilimindedirler.

Anahtar Kelimeler: Tuzluluk, Alkalilik, Fiziksel özellikler, Arazi degradasyonu

EFFECTS OF SALINITY AND SODICITY ON SOME SOIL PHYSICAL PROPERTIES

ABSTRACT: Effects of salinity and sodicity on some soil physical properties were discussed in this article. Effects of salinity and sodicity on flocculation, dispersion, infiltration, hydraulic conductivity, runoff and seal formation were taken into consideration in assessment. In many studies it is indicated that high sodium concentration of soil decreases infiltration and hydraulic conductivity values and stimulates crust formation and dispersion occurrence associated with many factors such as texture, structure, Ca and Mg concentration in solution. In addition to that, it was emphasized that aggregate formation increased and runoff decreased while EC values of irrigation water increased. Dispersion effects of sodium in soils including dominant kaolinite clay minerals is lower than in soils that found dominantly montmorillonite clay minerals. In addition, fine soils have trend for dispersion more than coarse soils in terms of textural properties of soils.

Key Words: Salinity, Sodicity, Physical properties, Land degradation

1. GİRİŞ

Bitkilere zarar verecek düzeyde çözünen tuz veya değişebilir sodyum ya da bunların ikisini birden içeren topraklar tuzlu toprak olarak isimlendirilmektedir. Tuzlu toprak terimi yüzeyden itibaren 125cm derinlik içerisinde (kaba bünyelilerde 125cm, orta bünyelilerde 90cm ve ince bünyelilerde 75cm) tuzlu horizona sahip veya yüzeyden itibaren 25cm katmanda 2dS m^{-1} 'den daha fazla elektriksel iletkenliğe sahip toprakları ifade etmektedir. Eğer bu topraklarda $\text{pH} \leq 8.5$ (1:1 toprak su ekstraktı) ise söz konusu topraklarda elektriksel iletkenlik (EC) değeri 15dS m^{-1} 'den fazla olmalıdır (Munsuz ve ark., 2001; Anonymous 2006a).

Tuzlulaşmaya neden olan faktörlerin başında arazide drenajın zayıf olması gelmektedir. Toprağın su geçirgenliği az veya taban suyu düzeyi yüksek olduğu durumlarda topraktaki tuz birikimi gerçekleşmektedir. Taban suyu seviyesinin yüksekliği başta topoğrafya olmak üzere düzgün olmayan ıslah işlemleri ve kontrolsüz sulama uygulamaları ile ilgilidir. Drenaj yolları iyi oluşmamış kapalı havzalarda etraftaki yüksek araziden sızan sular, arazinin alçak yerlerinde toplanmakta ve taban suyunu yükseltmektedir. Böyle koşullar altında tuzlu taban suyunun yukarıya doğru hareketi veya yüzey suyunun buharlaşması, tuzlu toprakların oluşu ile sonuçlanmaktadır (Ergene, 1993). Başlangıçta tuzluluk problemi bulunmayan topraklar elverişsiz sulama suyu kullanılması, uygun olmayan sulama sistemleri ve amenajman işlemleri yada yetersiz drenaj gibi faktörler nedeniyle kısa bir süre

sonra çorak topraklar haline gelebilmektedirler (Çiftçi ve ark., 2004).

Sodyumun neden olduğu toprak alkaliliği, tuzluluğun bir biçimidir. Kil yüzeyindeki Na^+ iyonu adsorbsiyonunun (değişebilir sodyum yüzdesinin) toplam kation değişim kapasitesine oranı %6'yı

geçtiğinde ($ESP = \frac{[Na^+]}{KDK} > \%6$ olduğunda) toprak,

“alkali” olarak nitelendirilmektedir (Rengasamy ve Olsson, 1993; Gordon, 2003). Sodyum tuzları topraktaki daima kalsiyum ve magnezyum tuzlarından daha fazla çözündürür ve bu çözünürlük özel problemler oluşturmaktadır (Patterson, 2001). Alkali topraklar, oluştukları iklim bölgeleri bakımından geniş bir yayılım gösterirlerken özellikle yarı kurak ve yarı humid bölgelerde oluşmaktadır. Tuzlu topraklardan tuzların yıkanması ya da kapillar yükselme sonucu toprak çözeltisinin kimyasal bileşiminde meydana gelen değişim, kil partikülleri tarafından adsorbe edilen kationların bileşiminde bir değişime neden olmaktadır. Toprak çözeltisinin evapotranspirasyon yoluyla su kaybederek yoğunlaşması sonucunda konsantrasyonu artmaktadır. Bu durum, toprak kolloidleri tarafından adsorbe edilen sodyum miktarının artmasını sonuçlamaktadır. Çünkü toprak çözeltisi içerisinde oransal olarak artan Na^+ iyonu, toprak kolloidlerine bağlı bulunan Ca^{++} ve Mg^{++} iyonları ile yer değiştirmektedir. Topraktaki değişebilir kationlar arasında sodyumun hakim

duruma geçmesiyle kil partikülleri ve humus dispers olarak toprağın alt tabakalarına taşınmakta ve orada birikebilmektedirler. Toprak strüktürü bu durumdan olumsuz yönde kuvvetli derecede etkilenmektedir. Topraktaki yüksek sodyum konsantrasyonu, özellikle 2:1 tipi killerin yaygın olduğu topraklarda dispersiyonu daha fazla artırmaktadır. Topraktaki kil partikülleri önemli derecede şiştiğinde dispersiyon meydana gelmekte, kurak koşullarda toprak masif ve strüktürsüz bir yapı kazanmaktadır. Üst toprağın kaba bünye ve gevşek yapıda olmasına karşılık bunun altında killerin birikmesi sonucu toprakta ağır, prizmatik yapı gösteren geçirimsiz bir tabaka oluşmaktadır (Irvine ve Doughton, 2001).

Bu çalışmanın amacı, tuzluluk ve alkaliliğin toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine olan etkilerini ortaya koyarak çorak alanlarda arazi yönetim planlanmaları yapılmadan önce problemin orijininin toprak fiziği odaklı olarak anlaşılmasını sağlamaktır.

2. TUZLULUK VE ALKALİLİĞİN TOPRAĞIN BAZI FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Tuzluluk ve alkaliliğin, toprağın sahip olduğu bazı fiziksel özellikler üzerine doğrudan etkileri flokülasyon ve dispersiyon yoluyla olmaktadır. Flokülasyon ve dispersiyon sonucunda infiltrasyon, hidrolik iletkenlik ve kabuk oluşumu gibi bazı toprak fiziksel özelliklerde değişimler meydana gelmektedir. Bu nedenle konu, dört alt başlık altında irdelenebilir.

2.1. Tuzluluğun Flokülasyondaki Rolü

Toprak çözeltisindeki yüksek tuz konsantrasyonu, kil partiküllerinin flokülasyonunu teşvik etmektedir. Bu oluşum sonucunda, toprak agregatları arasındaki boşluklar dispers topraklara oranla daha geniş olmakta, toprak daha yüksek geçirgenlik değerine ulaşmakta ve toprakta su dolu gözeneklerin hacmi artmaktadır. Agregasyondaki bu artış havalandırma çok kök gelişimine ve kök penetrasyonuna fayda sağlamaktadır (McNeal, 1968; Öztürk, 2004). Toprak tuzluluğu yaklaşık olarak 1.5 dS m^{-1} 'i geçtiğinde ya da sulama suyunun tuzluluk değeri 0.5 dS m^{-1} 'i geçtiğinde genellikle flokülasyon artmaktadır. Toprak çözeltisindeki oransal yüksek tuz konsantrasyonu, adsorbe katyonları, toprak partiküllerinin yüzeyine daha sıkı bir şekilde itmekte ve katyonların toprak parçacıkları tarafından tutulmasını artırmaktadırlar (Bauder ve Brock, 2001). Flokülasyona kil mineralojisi, toprak bünyesi, sulama uygulamaları ve yağış miktarı etki etmektedir. Toprak çözeltisindeki tuzluluğun artışı, toprak agregasyonu ya da stabilizasyonu üzerine olumlu bir etkiye sahipken, tuzluluğun yüksek seviyeleri, bitkilerin ürün miktarını etkilemekte ve bu etki negatif doğrultuda olmaktadır. Ürün miktarının tuz zararından ne ölçüde etkileneceği, tuzun miktarına ve bitki çeşidine göre değişiklik göstermektedir. Örneğin saturasyon çamurunda belirlenen EC değeri 10 dS m^{-1} olduğunda, arpa bitkisindeki ürün azalması %10 olmakta, saturasyon

çamurunda belirlenen EC değeri 13 ve 18 dS m^{-1} 'e ulaştığında ise ürün azalması sırasıyla %25 ve 50 olmaktadır. Söz konusu bitki soya olduğunda, saturasyon çamurunda belirlenen 5.5, 6.2 ve 7.5 dS m^{-1} 'lik EC değerleri, üründe sırasıyla %10, 25 ve 50'lik bir azalma meydana gelmesine neden olmaktadır (Western Fertilizer Handbook, 1995).

Toprağın katı kısmı ile toprak çözeltisi arasındaki osmotik potansiyel farkı nedeni ile tuzsuz su, mikrogözeneklerde daha fazla akış göstermektedir. Eğer toprak çözeltisinin tuzluluğu agregatların tuzluluğundan düşükse, su hareketi, kil tabakalarının şişmesine ve dispersiyona neden olmaktadır. Buna karşın yüksek EC değerlerine sahip olan su tersi bir etki oluşturmaktadır. İkinci durumda (toprak çözeltisinin tuzluluğu > toprak agregatlarının EC'si olduğunda) topraktaki su makrogözenekler içerisinde daha fazla akış göstermektedir. Bu nedenle kil tabakaları arasındaki alanlar azalmakta ve bundan dolayı partiküller daha çok bir arada kalmakta ve toprak strüktürü korunmaktadır. Sonuç olarak makrogözeneklere giren su, mikrogözeneklere giren suya benzer olan bir dispersif etkide değildir. Buna ek olarak daha yüksek tuzluluktaki su daha fazla çözünmüş iyon taşıdığından dolayı bir yük artışı sağlamaktadır. Artan yükler, kil tabakalarında iyon dengesinin sağlanmasında daha az total solüsyonun gerekli olduğu anlamına gelmektedir. Bu nedenle kil tabakaları arasında, su tuzlu olduğunda, tuzsuz olduğu zamandan daha az su bulunmaktadır (Warrence ve ark. 2002).

2.1.1. Toprak Tekstürünün Etkisi

Toprakta tuzluluk ve alkaliliğin değerlendirilmesinde, üzerinde durulması gerekli faktörlerin başında tekstür gelmektedir. Tekstür, toprağın permeabilite, infiltrasyon, yarayışlı su kapasitesi, KDK gibi özellikleri ile yakından ilişkilidir (Warrence ve ark., 2002).

Killi topraklar yapısal özellikleri nedeniyle diğer bünye sınıfında yer alan topraklara oranla daha yüksek su tutma kapasitesine ve yavaş drene olma özelliğine sahiptirler. Buna karşın kumlu topraklar daha az su tutmakta ve daha hızlı drene olmaktadır. Bu nedenle kumlu topraklar daha yüksek tuzluluk seviyesindeki sularla yapılan sulamalara direnebilmektedirler. Çünkü söz konusu tuzlar, kumlu toprakların ince bünyeli topraklara göre yüksek yıkanma fraksiyonu (LF: Leaching fraction) değerine sahip olması nedeniyle, bu topraklarda kök bölgesinin aşığına yıkanabilmektedir.

Toprak tekstürünün bir diğer önemli yönü katyonların tutulması ve değişimi ile ilişkilidir. Killer, küçük parçacık çapları nedeniyle geniş yüzey alanına ve buna bağlı olarak diğer fraksiyonlara oranla daha büyük değişim yüzeyine sahiptirler. Sonuç olarak killi topraklar, aşırı miktarda Na^+ iyonu bağlama kapasitesine sahip oldukları için dispersiyon riskiyle karşı karşıyadırlar. Kumlar daha büyük partikül büyüklükleri nedeniyle daha az toplam yüzey alanına

sahiptirler ve bu nedenle değişim yüzeyleri daha azdır. Bu açıdan siltler, kil ve kum fraksiyonları arasında bir özellik taşımaktadırlar.

Sulama suyunda kalsiyumun belirli bir konsantrasyonun üzerinde olması toprağın hava ve su geçirgenliğini artırırken sodyum konsantrasyonunun yüksek olması tersi bir durumu ortaya çıkarmaktadır (Ekmekçi ve ark., 2005). Toprağın değişim yüzeyleri tarafından Na^+ iyonunun adsorpsiyonu toprak çözeltisinin kimyası tarafından kontrol edilmektedir. Toprak çözeltisine sulama suyuyla, Ca^{++} ve Mg^{++} iyonlarına göre yüksek konsantrasyonda Na^+ iyonu girdiği durumda, toprak partiküllerinin değişim yüzeylerindeki katyonlar daha yüksek Na^+ iyonu konsantrasyonu yansıtmaya başlamaktadırlar. Sonuçta, toprağın değişim yüzeyleri ile toprak solüsyonu arasında kimyasal bir denge kurulmaktadır. Diğer taraftan +2 ve +3 yüklü katyonlar kil partikülleri tarafından +1 yüklü katyonlara göre daha kuvvetle tutulmaktadır. Bu durum, kil bünyeli toprakların, ESP değeri artışına diğer bünye sınıfında yer alan topraklara göre daha dirençli olduklarını ortaya koymaktadır.

Özet olarak killer, doğal olarak dispersiyona silt ve kumdan daha eğilimlidirler. Bu nedenle Na^+ iyonu dahil birçok tuz, kumlu toprakların tersine, nispeten düşük LF ve yüksek yüzey alanı değerlerine sahip olan killi topraklarda birikmektedirler. Killi topraklar, özellikle dispers olmaya başladıklarında, diğer bünye sınıfında yer alan topraklara göre daha zor çalışılır duruma gelmekte, daha zor işlenmekte, mekanik özellikleri, yıkanma durumları, drenajları daha da kötüleşmektedir. (Western Fertilizer Handbook, 1995).

2.1.2 Kil Tipinin Etkisi

Tuzluluk ve alkaliliğin toprak özellikleri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde kil tipi üzerinde durulması gereken önemli bir parametredir. Her bir kil minerali grubunun farklı bir kafes yapısına sahip olması, taşıdığı negatif yük miktarı ve buna bağlı olarak sahip olduğu KDK değerindeki farklılıklar toprak-su sistemine eklenen tuza karşı farklı davranışların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Warrence ve ark., 2002). Bu özelliklerden dolayı Na^+ iyonunun geçirgenliği azaltıcı etkisi montmorillonit grubu killerin başat olduğu topraklarda, illit ile kaolinit grubu killerin başat olduğu topraklardan daha fazladır.

Üç tabakalı (2:1) kafes yapısına sahip olan montmorillonitte kristal üniteleri birbirine silisyum tetrahedron tabakasının yüzeylerinde bulunan oksijen atomları aracılığı ile bağlanırlar. Bu bağlar zayıf bağlardır. Bu nedenle tabakalar arasında su ve diğer iyonlar girebilir. Bu özelliklerinden dolayı genişleyip daralabilirler. KDK değerleri diğer grup kil minerallerine göre yüksek olup 80-120meq 100g^{-1} arasında değişir. Montmorillonitte kristal üniteleri arasındaki mesafe ise 9.6-21.4Å° arasında değişmektedir (Bayraklı, 1998; Özdemir, 1998).

İki tabakalı (1:1) kil minerallerinden toprakta yaygın olarak rastlanan kaolinitte kristal üniteleri arasındaki mesafe 7.2Å°'dür. Elementer katlar arasında hidrojen köprüleri (OH-O-) kurulmuştur. Bu bağlar (hidrojen bağları) kuvvetli olduğundan kristal üniteleri arasında diğer iyonlar ve su giremez. Coulomb yasası gereğince gerçekleşen katyon değişimi olayı çok az gerçekleşir. Kil minerallerinde katyon değişimine neden olan daimi (permanent) ve değişken (variabl) yükler, kaolinit grubu kil minerallerinde diğer grup kil minerallerine göre daha düşüktür. KDK değerleri 3-15meq 100g^{-1} arasında değişir (Ünal ve Başkaya, 1981).

İllit minerali, iki silisyum ve bir alüminyum tabakasından meydana gelir. İllitin oluşumu esnasında Si^{+4} 'ün yerine Al^{+3} 'ün geçmesi sonucu açık kalan negatif yükler K^+ tarafından kapatılmıştır. Bu mineralde de kristal üniteler birbirleriyle silikat levhasındaki oksijen atomları aracılığı ile bağlanmaktadır. Ancak kristal üniteler arasında silika levhalarındaki hegzagonal oksijen halkaları ortasındaki boşluklara uyabilecek yarıçapa sahip K^+ iyonu ($r=1.33\text{Å}^\circ$) bulunmakta ve tabakalar arasındaki fazla negatif yükler bu iyonla dengelenmektedir. İki kristal ünite yüz yüze gelen silika levhalarına ait oksijen yüzeylerindeki karşılıklı boşluklar arasında giren K^+ iyonları nedeniyle birbirine sıkı bir şekilde bağlanmakta ve minerale genişlemeyen bir özellik kazandırmaktadır. Mineralin KDK değeri 10-40 meq 100g^{-1} 'dir. İllitin şişme, plastiklik, kohezyon gibi özellikleri smektit grubu killerden az, kaolinit grubu killerden fazladır. İzomorfik değişme daha çok silika levhasındadır. Kristal ünitesi 10Å° kalınlığındadır (Özdemir, 1998).

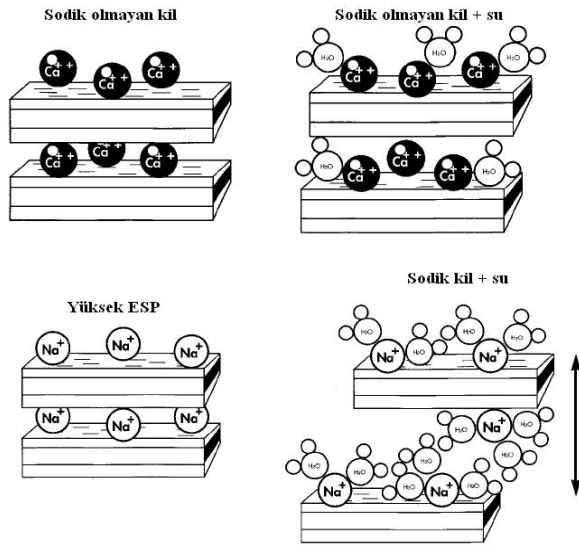
Montmorillonit killeri, diğer kil mineralleriyle karşılaştırıldığında, toprağın belli bir birimi başına en büyük değişim yüzeyine sahiptir. Sodyum bu değişim yüzeylerine bağlanıp kil partiküllerinin dispersiyonuna neden olabilir. Kaolinit ve illit killeri ise sodyumun dispersif etkilerine karşı koyan kimyasal bağlar içerirler. Şişme kapasitesi bakımından montmorillonit killerini sırasıyla illit grubu ve kaolinit grubu killer takip eder.

2.2. Sodyumun Dispersiyondaki Rolü

Toprak çözeltisinin tuzluluğu ile toprağın fiziksel özellikleri arasındaki ilişkilerin değerlendirilmesinde, çözünmüş tuz bileşenlerinin, özellikle de sodyum konsantrasyonunun bilinmesine gerek duyulmaktadır. Topraklarda Na^+ iyonu, davranışları bakımından diğer iyonlardan farklılık göstermektedir. Toprak çözeltisinde artan elektrolit konsantrasyonu flokülasyonu teşvik ederken, artan Na^+ doygunluğu dispersiyona neden olmaktadır. Nispeten hidrate çapının büyük oluşu (7.90Å°) ve tek elektron yükü nedeniyle adsorbe Na^+ iyonları, toprak partiküllerinin fiziksel olarak ayrılmasına neden olmaktadır. Toprak partiküllerinin fiziksel olarak ayrılması sonucunda benzer moleküller arasındaki itici güçler bağlayıcı güçleri aşmakta ve dispersiyon gerçekleşmektedir. Bu

nedenle toprak dispersiyonu özellikle sodyum konsantrasyonu ile ilişkili olan fiziksel bir işlem olarak değerlendirilmelidir (Pearson, 2003).

Sodyumla ilişkilendirilen bir diğer özellik ise agregat şişmesidir. Sodyum ile doymuş topraklar kalsiyum ile doymuş topraklara oranla daha fazla hidrate ve dispers olmaktadır. Bunun sonucunda sodyum konsantrasyonu yüksek olan topraklar şişmekte ve geçirimsiz bir duruma gelmektedirler. Oysaki kalsiyum konsantrasyonu yüksek olan topraklarda böyle bir durum görülmemektedir (Özdemir, 1998). Ca^{++} ve Mg^{++} gibi iyonlar Na^+ iyonu ile benzer etkiye sahip değildirler. Hidrate olmayan +2 yüklü katyonlar kil partiküllerine daha sıkı küme oluşturma eğilimindedirler. Bu nedenle +2 yüklü katyonlar, kil yüzeylerinde, +1 yüklü katyonlardan daha güçlü bir çekime maruz kalmaktadırlar. Aslında kil partikülleri içerisinde bağlayıcı olan çekici güçler, Na^+ iyonu kil partiküllerinin arasına alındığı zaman parçalanmaktadır (Western Fertilizer Handbook, 1995). O zaman itici güçler baskın olmakta ve toprakta dispersiyon meydana gelmektedir. Kil partiküllerinde adsorbe haldeki katyon kalsiyum olduğunda tabakalar nispeten birbirine daha yakınken söz konusu katyon sodyum olduğunda tabakalar arasındaki mesafe genişlemekte (Şekil 1) ve dispersiyon olayının ön basamağı gerçekleşmektedir (Anonymous, 2006b).



Şekil 1. Kalsiyum ve sodyum moleküllerinin fiziksel düzenlemedeki farklılığı.

Toprak gözeneklerinin kimyasal olarak tıkanması genellikle toprağa infiltre olan çözeltinin elektrolit konsantrasyonu ve sodyum içeriği ile ilişkilidir. Toprakta dispers olan kil miktarı toprağın sodyum adsorbsiyon oranındaki

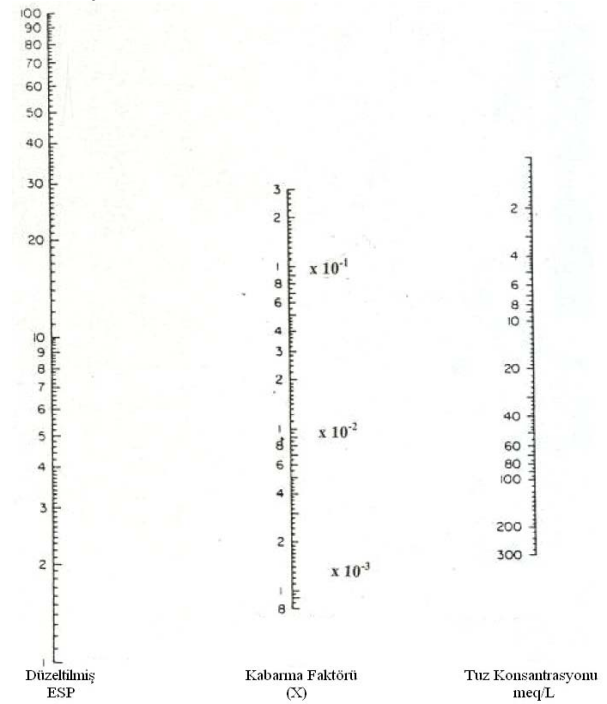
$$(SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{[Ca^{++}] + [Mg^{++}]}{2}}}) \text{ artış ile ilişkilidir}$$

(Gülser, 1999). Kil partiküllerinin dispersiyonu, toprak gözeneklerin tıkanmasına neden olmaktadır.

Tekrarlanan ıslanma-kuruma ile de ilişkili olarak, dispersiyon sonucunda topraklar strüktürsüz bir yapı kazanmaktadır. Ortaya çıkacak yapı, sodyum konsantrasyonu ve kil tipine bağlıdır. Oluşan bu yapı infiltrasyon ve hidrolik iletkenlik değerlerini etkilemekte ve kabuk oluşumunu teşvik etmektedir.

Tuzluluk ile alkalilik arasındaki ilişki toprakta sodyumun ve diğer tuzların etkilerini belirlemede bir faktör olarak kabul edilmektedir. Toprak suyunun tuzluluğu, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde özel etkilere sahiptir. Toprak çözeltisindeki Na^+ iyonu konsantrasyonu ve toprağın değişim komplekslerindeki adsorbe Na^+ iyonu, toprağın fiziksel özellikleri üzerinde farklı etkiye sahip olabilmektedir. Toprak çözeltisinde bulunan tuzlar toprak profili içerisinde genellikle drene olan su ile aşağı katmanlara hareket ederler.

Toprakta dispersiyona neden olan Na^+ iyonu ile flokülasyona neden olan tuzların karşılıklı ilişki derecesi "kabarma faktörü" olarak tanımlanmaktadır. Kabarma faktörü, toprak matrisi içerisinde su tutulurken toprağın genişleme derecesinin ölçüsüdür. Tutulan suyun miktarı direkt olarak hem ESP hem de EC değerlerine etki etmektedir. Bu konuda yürütülen bir araştırmanın sonuçları (McNeal, 1968) Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Kabarma faktörünün değerlendirilmesinde kullanılan ECxSAR nomografi.

Şekil 2'nin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere ESP değerinin artışı ya da tuz konsantrasyonunun azalışı kabarma faktöründe bir artışa neden olmaktadır. Örneğin düzeltilmiş ESP=2 ve EC=40meq L^{-1} arasında çizilen çizgi, yaklaşık 0.003 değerinde bir kabarma faktörünü göstermektedir. Bu örnekte

kabarma ve sonraki dispersiyon problem olmamaktadır. Buna karşın düzeltilmiş $ESP=30$ ve $EC=2$ için kabarma faktörü 0.28 gibi yüksek bir rakam olarak belirlenmektedir. Diğer taraftan EC değerinin düşük olduğu durumlarda, düşük olan düzeltilmiş ESP değerleri de kabarmaya neden olmaktadır. Örneğin düzeltilmiş $ESP=7$ ve $EC=1$ olduğunda kabarma faktörü 0.1 olarak belirlenmekte, bu da bir problem oluşturmaktadır (McNeal, 1968).

2.3. Tuzluluk ve Alkaliliğin İnfiltrasyona Etkisi

Suyun toprak yüzeyinden toprak içerisine girişini tanımlayan infiltrasyon olayı toprağın içermiş olduğu sodyum miktarından önemli düzeyde etkilenmektedir. 3mmh^{-1} 'lik bir infiltrasyon oranı düşük kabul edilirken 12mmh^{-1} 'in üzerindeki bir oran ise nispeten yüksektir (Munsuz ve ark., 2001). Warren ve ark. (2002)'nin bildirdiğine göre, sodyuma bağlı olarak dispers olan kil partikülleri toprak gözeneklerini tıkayabilmektedir. Tıkanan gözenekler ve oluşan yapı, bitkilerin gelişimi sınırlandırmakta, suyun infiltrasyonu ve su akışını engellemektedir. Toprak hidrolik özelliklerinde meydana gelen bu değişim iki açıdan önem taşımaktadır. Bunlar;

- Toprağa infiltre olan su miktarının azalması, buna bağlı olarak toprakta depolanan yarayışlı su miktarı ile yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının azalması,
- Yüzey akış kayıpları ve buna bağlı olarak erozyonun artmasıdır.

Su kalitesi ile ilişkili olarak infiltrasyonu etkileyen faktörler suyun toplam tuzluluğu ile sodyum konsantrasyonunun kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarına oranıdır (Yurtseven, 2004). İnfiltrasyon hızındaki değişim toprağın ve suyun ESP değerleri ile ilişkilidir. Bu konuda Agassi ve ark. (1981) tarafından yürütülen bir araştırmanın sonuçları Şekil 3 ve Şekil 4'de verilmiştir.

Şekil 3'ün incelenmesinden de anlaşılacağı üzere, toprağın ESP değeri arttıkça infiltrasyon azalmakta, uygulanan suyun EC değeri arttığında ise infiltrasyon artmaktadır.

Şekil 4'de ise toprakların ESP ve uygulanan suyun EC değerlerine bağlı olarak meydana gelen yüzey akış miktarları verilmiştir. Şekil 4'den de görüleceği üzere yüzey akış yüzdesi, her iki toprakta da uygulama suyunun EC değeriyle ters, toprakların ESP değeriyle doğru orantılı olarak değişmektedir. En yüksek yüzey akış yüzdesi, çok düşük EC değerlerinde meydana gelmekte ve bu durum suyun artan EC değerine bağlı olarak flokülasyonun artacağı anlamına gelmektedir. Bu durum kuvvetli olasılıkla toprak strüktürünün korunması ya da strüktür gelişiminin teşvik edilmesine bağlı olarak infiltrasyonun artacağına ve toprakta daha az yüzey akış meydana geleceğine işaret etmektedir. İnfiltrasyon oranının artması, toprakta yüzey akışın neden olduğu tabaka, oluk ve oyuntu erozyonu riskini azalmaktadır. Artan ESP değerleri söz konusu olduğunda ise dispersiyon nedeni ile toprak strüktürü

bozulacağından infiltrasyon oranı azalacak ve yüzey akış miktarı artacaktır.

2.4. Tuzluluk ve Alkaliliğin Hidrolik İletkenliğe Etkisi

Hidrolik iletkenlik (K) değeri toprak gözeneklerinin büyüklük, şekil, uzamsal dağılım ve sürekliliğine bağlıdır. Alkali özellikteki ağır tekstürlü topraklarda hidrasyon, şişmeyi, toprak kollidlerinin dispersiyonunu, agregatların bozulmasını ve makrogözeneklerin tıkanmasını artırır. Toprakta total gözeneklilik artarken gözenek çapı ve makrogözenek sayısı azalır. Sodyum değeri yüksek olan topraklarda K değeri oransal olarak düşmektedir (Varallyay, 2002).

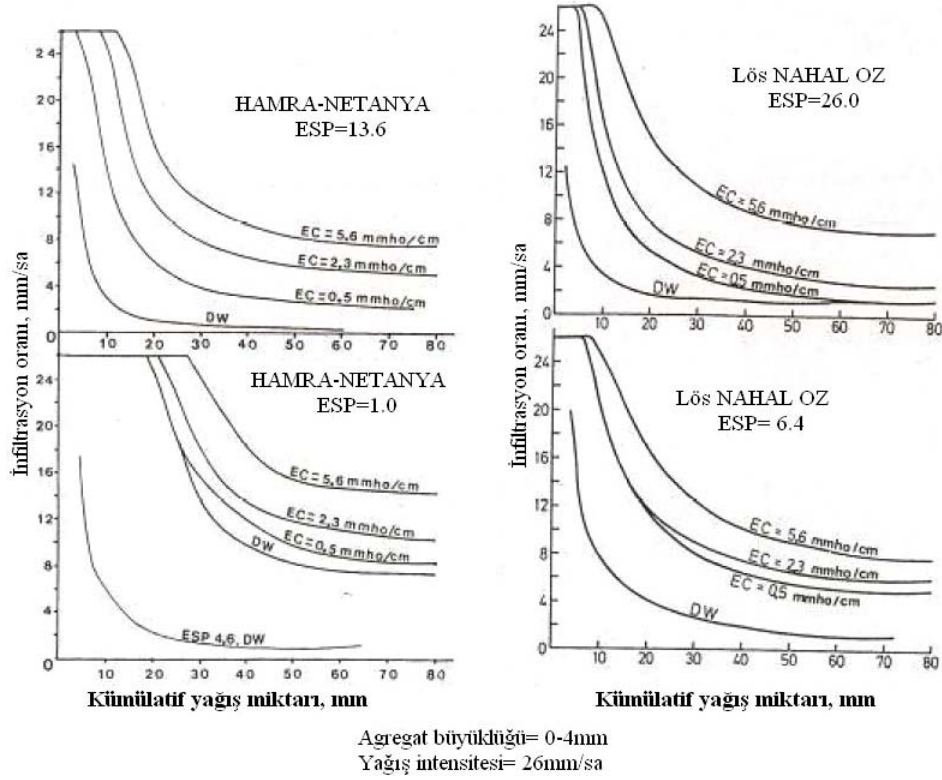
Toprağın sahip olduğu çözünebilir tuzların konsantrasyonu ve SAR değerleri dispersiyon yoluyla toprak strüktürünün bozulmasına neden olarak K değerini önemli ölçüde etkilemektedir. Bunun nedeni dispers kil partiküllerinin, toprakta hidrolik akışın gerçekleştiği makrogözenekleri tıkamasıdır (Karimpour-Reihan, 2002).

Şekil 5'de (Patterson, 2001) CL tekstür sınıfına sahip bir toprakta, farklı SAR değerine sahip sular kullanılarak yürütülen bir araştırmanın sonuçları verilmiştir. Toprağa, üç saatlik aralıklarla altı defa su uygulaması yapılarak yürütülen çalışma sonucunda, doymuş koşullardaki K değerinin, sulama suyunun artan SAR değerine bağlı olarak azaldığı belirlenmiş, meydana gelen bu azalma, araştırmacı tarafından sodyumun toprak partiküllerini dispers edici etkisine atfedilmiştir.

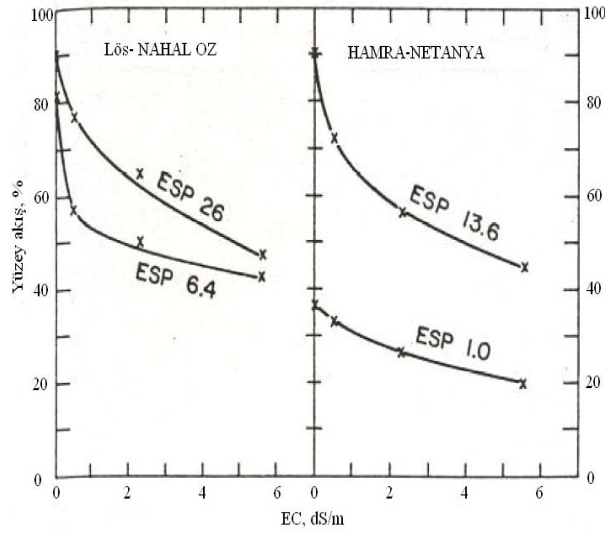
2.5. Tuzluluk ve Alkaliliğin Yüzey Kabuğu Oluşumuna Etkisi

Yağmur damlalarının yaptığı darbeler ve güneşin neden olduğu kurutma gibi doğal süreçler sonucunda toprak yüzeyinde meydana gelen, toprak yüzeyini ince bir katman şeklinde kaplayan, su hareketini, havalanmayı ve tohum çıkışını engelleyen tabaka toprak kabuğu olarak tanımlanmaktadır. Kabukların kalınlıkları genellikle 5cm 'den daha küçüktür. Kabuklar yüzey akış, yağmur damlası ya da donma-çözünme etkisi ile strüktürel ünitelerin bozulmasıyla oluşmaktadır. Kabuklaşmanın varlığı, arid ve semi-arid bölgelerde, tuz ve sodyum etkisinde kalan topraklarda sıkça rastlanan bir olgudur (Anonymous, 2006c).

Toprak partiküllerinin dispersiyonu çoğunlukla kabuk oluşumunu sonuçlamakta (Anonymous, 2006d) ve bu dispersiyon olayına etki eden etmenlerin başında toprağın sodyum, kalsiyum, magnezyum içeriği ve ESP değeri gelmektedir. Toprağın artan ESP değeri dispersiyonu artırarak kabuk tabakası oluşumunu teşvik etmektedir. Kalsiyum ve magnezyum kabuk tabakasının şekillenmesinde önemli bir role sahiptir. Toprak veya sulama suyunun kalsiyum içeriği arttığı durumda sodyumun dispers edici etkisi azalmaktadır. Toprak-su sisteminin EC değerinin azalması killerin şişmesine ve gözenek büyüklüğünün azalmasına neden olmaktadır (Bresson ve Boiffin, 1990).



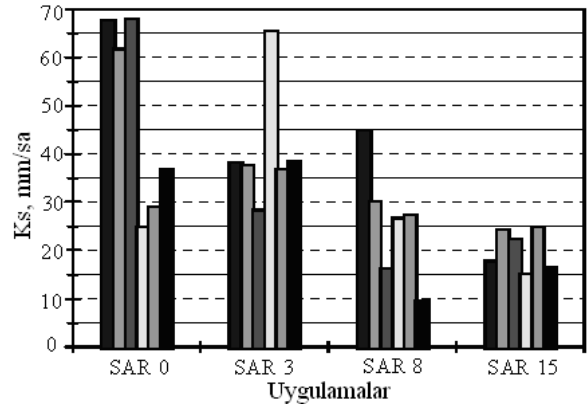
Şekil 3. İnfiltrasyon oranının, uygulanan suyun EC'si, toprağın ilk ESP'si ve kümülatif yağış miktarına göre değişimi.



Şekil 4. Toprağın ilk ESP değeri ve uygulanan suyun EC değerinin yüzey akışa etkisi.

Üç farklı SAR değerine sahip sularla killi tın (CL) bünyeli bir toprakta sulama uygulamaları yapan Emdad ve ark. (2004), kabuk oluşumu ve buna bağlı olarak toprağın infiltrasyon değeri üzerine, düşük SAR değerine sahip sulama suyunun etki etmediğini,

orta ve yüksek derecede SAR değerine sahip suların etkinliğinin ise önemli ($p < 0.05$) olduğunu belirlemişlerdir.



Şekil 5. Farklı SAR değerlerinde değişik toprakların satire haldeki hidrolik iletkenlik (Ks) değerleri.

3. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sulama suyunun EC değerindeki artışın agregat oluşumunun ilk basamağı olan flokülasyonda etkili olduğu, sodyumun yüzey kabuğu oluşumunu teşvik ettiği, flokülasyonu geriletmediği, hidrolik iletkenlik ve infiltrasyon değerlerini azalttığı, yüzey akışı artırdığı

söylenbilir. Diğer taraftan sulama suyunun EC değeri düşük olduğunda, sodyumun düşük seviyelerinin dahi dispersiyona neden olduğu anlaşılmaktadır. 2:1 tipi kil minerallerince zengin toprakların, 1:1 tipi kil minerallerinin baskın olduğu topraklara göre daha fazla dispers olma eğiliminde olduğu, düşük LF değeri ve geniş yüzey alanı değeri nedeniyle kil bünyeli toprakların, diğer bünye sınıflarında yer alan topraklara göre sodyum zararından daha fazla etkileneceği ifade edilebilir.

Arazi degradasyonu ile mücadelede ilk basamak; problemin net bir şekilde ortaya konulması ve sorunun nedenlerinin tespiti olmalıdır. Toprak etüd çalışmalarını sonucunda oluşturulacak tuzluluk ve alkalilik haritaları, belirli bir arazi için, on yıllar boyunca, sağlıklı bir şekilde ıslah ve yetiştiricilik tavsiyelerinin yapılmasını mümkün kılacaktır. Tuzluluk ve alkaliliğin, toprakların fiziksel özellikleri üzerine etkileri günümüz bilimsel koşullarında açıklanabilmişken, olumsuz etkilerin giderilebilmesi ya da mevcut olumsuz koşulların en az girdi kullanımı ile optimum düzeyde iyileştirilebilmesi için tuzluluk ve alkalilik haritalarının hazırlanması ve yönetim uygulamalarının bu haritalar rehberliğinde belirlenmesi en akılcı yoldur.

4. KAYNAKLAR

- Agassi, M., Shainberg, I. and Morin, J., 1981. Effect of electrolyte concentration and soil sodicity on infiltration rate and crust formation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48: 848-851.
- Anonymous, 2006a. Salinity and sodicity in Dakota soils. URL:<http://www.ag.ndsu.edu/pubs/plantsci/soilfert/eb57-1.htm>
- Anonymous, 2006b. Effect of sodicity and salinity on soil structure. URL:www.ricecra.org/reader/csp-backinfo/csp-e3.pdf.
- Anonymous, 2006c. Soil Quality Indicators: Soil Crust. URL:http://soils.usda.gov/sqi/files/sq_sev_1.pdf.
- Anonymous, 2006d. Diagnosing salinity problems. URL:http://waterquality.montana.edu/docs/methane/was_kom_summary.shtml
- Bauder, J. W. and Brock, T. A., 2001. Irrigation water quality, soil amendment and crop effects on sodium leaching. *Arid Land Research and Management*. 15: 101-113.
- Bayraklı, F., 1998. Toprak Kimyası. O.M.Ü. Zir. Fak. Ders Kitabı. No: 26, 1. Baskı, Samsun.
- Bresson, L. M. and Boiffin, J., 1990. Morphological characterization of soil crust development stages on experimental field. *Geoderma* 47: 301-325.
- Çiftçi, N., Topak, R., Yılmaz, A. M. ve Süheri, S. 2004. Konya Ovası tuzlu sodyumlu topraklarında jips uygulaması. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. 20-21 Mayıs, Ankara. T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Gen. Müd. Bildiri Kitabı, 117-121.
- Ekmekçi, E., Apan, M. ve Kara, T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 20 (3): 118-125.
- Emdad, M. R., Raine, S. R., Smith, R. J. Ve Fardad, H., 2004. Effect of water quality on soil structure and infiltration under furrow irrigation. *Irrig Sci.* 23: 55-60.
- Ergene, A., 1993. Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Ders Notu, Yayın No: 267.
- Gordon, I., 2003. Defining soil salinity and its potential implications for road design in Queensland. URL:<http://www.mainroads.qld.gov.au>.
- Gülser, C., 1999. Toprak gözeneklerinin tıkanma mekanizması ve kontrolü. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 14 (2): 184-197.
- Irvine, S. A. and Doughton, J. A., 2001. Salinity and Sodcity, Implications for farmers in Central Queensland. Proceedings of the 10th Australian Agronomy Conference, Hobart. URL:www.regional.org.au/au/asa/2001/3/b/irvine.htm.
- Karimpour-Reihan, 2002. Effect of salinity and sodicity on soil physical properties (structure&hydraulic conductivity) in Damghan Playa. 17th WCSS, 14-21 August, Thailand. Symposium No:33. Paper No: 2054.
- McNeal, B. L., 1968. Prediction of the effect of mixed salt solutions on soil hydraulic conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 31: 190-193.
- Munsuz, N., Çaycı, G. ve OK, S. S., 2001. Toprak Islahı ve Düzenleyiciler Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları, No: 1518, Yardımcı Ders Kitabı: 471.
- Özdemir, N., 1998. Toprak fiziği. OMÜ Yayınları, Ders Kitabı No: 30.
- Öztürk, A., 2004. Tuzluluk ve sodyumluluğun oluşumu, bitki ve toprağa etkileri. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. 20-21 Mayıs, Ankara. T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Gen. Müd. Bildiriler Kitabı, 1-15.
- Patterson, A. R., 2001. Consideration of soil sodicity when assessing land application. Environmental&Health Protection Guidelines Technical Sheet Reference 01/7. URL:www.dlg.gov.au/dlg/dlghome/document/septicSAFE/draftsodicity.pdf.
- Pearson, E. K., 2003. The basic of salinity and sodicity effects on soil physical properties. Adapted by Krista E. Pearson from a paper Warrence, Pearson and Bauder. URL:http://waterquality.montana.edu/docs/methane/basic_highlight.shtml.
- Rengasamy, P. and Olsson, K. A., 1993. Irrigation and Sodcity. *Aust. J. Soil Res.* 31: 821-37.
- Ünal, H. ve Başkaya, H. S., 1981. Toprak Kimyası. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları: 759. Ders kitabı: 218. 39-94.
- Varallyay, G., 2002. Environmental stresses induced by salinity/alkalinity in the Carpathian Basin. 17th WCSS, 14-21 August, Thailand. Symp. No:33. Paper No: 1570.
- Warrence, N. J., Bauder, J. W. and Pearson, E. K., 2002. Basic of salinity and sodicity effects on soil physical properties. URL:www.iav.ac.ma/agro/dss/chimieso/basics_salinity.htm
- Western Fertilizer Handbook, 1995. Produced by the soil improvement committee of the California Fertilizer Association. Interstate Publishers, Inc., Sacramento, California.
- Yurtseven, E., 2004. Sulanan alanlarda tuzluluk yönetimi kavramı ve prensipleri. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. 20-21 Mayıs, Ankara. T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Gen. Müd. Bildiri Kitabı, 17-48.