

Farklı Kuruma Seviyelerinde Aralıklı Yıkamaların Topraktaki Tuz Dağılımına Etkisi

Selda ÖRS¹ Ömer ANAPALI¹

¹ Atatürk Üniversitesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 25240, Erzurum (seldaors@atauni.edu.tr)

Geliş Tarihi : 29.01.2015

Kabul Tarihi : 24.02.2016

ÖZET: Tuz yıkanımı ve hareketini etkileyen yıkama stratejilerinin karşılaştırılması amacıyla laboratuvar koşullarında toprak kolonlarla yürütülmüş bu çalışmada, hafif ve orta bünyeli topraklarda 93 cm yıkama suyu, 5 dilim halinde eşit miktarlarda (18,6 cm) uygulanmıştır. Her bir yıkama toprak kolonlarında farklı nem kayıplarına (%15, %30, %45) ulaşıldığında uygulanmıştır. Yıkama uygulamaları sonucu topraklarda nem kaybı oranları ve tüm derinliklerdeki uygulama sonuçları istatistiki olarak önemli seviyede farklı sonuçlar vermiştir. Hafif ve orta bünyeli topraklarda %45 nem azalmasının takip edildiği su uygulamaları ile toprak kolonundan en yüksek seviyede tuz yıkanımı sağlanmıştır. Yıkama suyunun %45 nem kaybı takip edilerek uygulanmasıyla, toprak derinliğinin 1,5 katı olarak seçilmiş yıkama derinliği ile hafif bünyeli toprakta mevcut tuzların %91,52'si, orta bünyeli toprakta ise, %87,57'si yıkanabilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak tuzluluğu, tuz taşınması, fasıllı yıkama, toprak nem seviyesi

Effects of Intermittent Leaching at Different Drying Leves on Soil Salt Distribution

ABSTRACT: This study was conducted to compare leaching strategies effective on salt movement and leaching from soil columns under laboratory conditions by applying 93 cm leaching water intermittently into 5 intervals. The leaching water were applied on light and medium textured soils. Time between leaching intervals were decided according to three different moisture drying ratios (15%, 30% 45%). There were statistically significant differences among the results of leaching applications at different moisture levels of soils at all depths. The most effective salt leaching from the soil profile was %45 moisture drying level for both light and medium textured soils. Under the conditions of 45% moisture drying level with leaching water depth as 1,5 fold of soil depth; 91,52% of total salt for light textured soil, 87,57% of total salt at medium textured soil were leached out.

Keywords: Soil salinity, salt movement, intermittent leaching, soil moisture level

GİRİŞ

Tuzluluk sorunu denetim altına alınmadığı taktirde zamanla toprak verimliliğini azaltmakta, arazi değeri düşmekte ve birçok durumda arazi tümüyle üretim dışı kalmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2010). Arazi ıslahının esas kademelerinden birisi yıkamadır ancak yıkama uygulamasında birçok bölge ve iklim koşullarında yetersiz olan suyun aşırı miktarda ve bilgisizce kullanılması uygun değildir. Genel anlamda küresel iklim değişikliği neticesinde oluşan kuraklık sorunu az veya yetersiz olan su kaynaklarının her alanda olduğu gibi ıslah işleminde de çok daha dikkatli kullanımını zorunlu hale getirmiştir.

Yıkama çalışmalarında güdülen amacın topraktaki özellikle bitki kök bölgesindeki fazla çözünebilir tuzların uzaklaştırılması olmakla birlikte uygulamanın fizibil olması göz ardı edilmemelidir. Bu durum daha çok esas alınacak ıslah ölçütlerinin belirlenmesi ve uygulanabilirliği ile yakından ilişkilidir. Tuzlu, sodyumlu toprakların iyileştirilmesi ile ilgili yürütülen çalışmalar daha çok, iyileştirme için gerekli yıkama suyu miktarı, yıkama süresi ve iyileştirici miktarı gibi ölçütlerin saptanmasını amaçlayan araştırmalardır. Bu çalışmalarda aralıklı

göllendirme şeklinde yıkama suyu uygulanmaktadır. Yıkama suyu dilimleri arasında ise çoğunlukla 24 veya 48 saat beklenilmektedir. Yapılan ıslah çalışmaları farklı bölgelerde, farklı iklim ve toprak koşullarında yürütülmüş olmasına rağmen, uygulanan su dilimleri arasındaki zaman genellikle aynı seçilmiştir (Yıldırım, 1981; Anapalı, 1991).

Al-Sibai vd., (1997) çözünmüş maddenin gözenekli ortamda taşınması olayını, gözenek boşluklarının iki bölgeden oluştuğu, çift yönlü porozite yaklaşımıyla açıklamaktadır. Toprak partiküllerinin veya daha büyük boşlukların içinde konveksiyon veya dispersiyon ile iletimin sağlandığı hareketli-su bölgesi ve agregatların içindeki sadece difüzyon olayının gerçekleşebildiği küçük gözeneklerde bulunan hareketli su bölgesi olarak tanımlanabilir. Tuz yıkanmasının aktif olarak gerçekleştiği bölge büyük gözeneklerin bulunduğu hareketli su bölgesidir. Toprağın suya doygunluk derecesi bir noktaya kadar aralıklarla su uygulanmasıyla kontrol ediliyorsa da uygulamada verilen aralığın toprakta ne derinlikte ve ne kadar bir doyma açığı ve kuruma oluşturduğu bilinmemektedir. Ayrıca toprak suyu gözenek hızı,

toprağın başlangıçtaki su içeriği ve ıslanma derinliği gibi faktörler yeterince değerlendirilememektedir.

Bu çalışma tuz yıkanmasını kontrol eden faktörlerden yıkama suyu miktarı ve topraktaki nem kaybının etkilerini toprak yapısına göre belirlemeyi amaçlamıştır. Laboratuvar koşullarında hafif ve orta bünyeli toprak örnekleri ile hazırlanan toprak kolonlar üzerinde üç farklı kuruma seviyesinde yürütülmüş yıkama uygulamalarında gerçekleşen tuz taşınımı incelenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırmada kullanılmak üzere 0-30 cm'lik işleme katmanından alınan bozulmuş toprak örnekleri oda sıcaklığında kurutulmuş ve 1 cm açıklıklı elekten geçirilmiştir. Ayrıca, her toprak örneği için 2 mm'lik elekten geçirilmiş alt örneklerde toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır (Çizelge 1). Şimşek (1993)'e göre örneklerden birisi hafif bünyeli topraklar grubunda olup kumlu tın, diğeri ise orta bünyeli topraklar grubunda siltli tın sınıflandırmaları içerisinde yer almıştır.

Çizelge 1. Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

| Toprak | Tane Büyüklük Dağılımı | | | | Hac. Ağ. gcm ⁻³ | S.N %w | T.K %w | D.N %w | KDK me/100g | Kireç % | pH | EC* dS/m |
|------------|------------------------|--------|-------|-------|----------------------------|--------|--------|--------|-------------|---------|-----|----------|
| | Kum % | Silt % | Kil % | Bünye | | | | | | | | |
| Kumlu tın | 66.1 | 29.9 | 4 | SL | 1,34 | 13,1 | 23 | 42 | 13.1 | 6.85 | 7.6 | 0.11 |
| Siltli tın | 22 | 53 | 25 | SiL | 1,21 | 17,3 | 30,25 | 48 | 20.2 | 7.72 | 7.8 | 0.17 |

S.N: Solma Noktası, T.K. Tarla Kapasitesi, D.N: Doyma Noktası, *1:5 süspansiyon

Kolonların hazırlanması: Denemede kullanılan kolonlar, 10 cm çapında 120 cm uzunluğunda plastik borulardan hazırlanmış ve altlarına su çıkışını kolaylaştıracak plastik süzekler yerleştirilerek deneme için hazır hale getirilmiştir. Kolon tabanında oluşturulan kum-çakıl filtre üzerine tuz yıkanımının inceleneceği 62 cm yüksekliğinde toprak yerleştirilmiş ve hazırlanan kolonlar bir düzeneğe yerleştirilmiştir. Bu ayaklı düzeneğe kolonlar yere temas etmeyecek şekilde üst kısmından askılı ölçü aletlerine asılmıştır. Kolon içerisine toprak yerleştirilirken kolonun 10 cm'lik üst kısmını oluşturacak toprak 250 g tuz (NaCl) ile karıştırılarak kolona yerleştirilmiş böylece tüm kolonlarda tuzluluğun yüzeyde yoğunlaşmış durumu temsil edilmiştir.

Yıkama suyunun uygulanması: Yıkama uygulamalarının yapıldığı süre içerisinde laboratuvardaki sıcaklık 24±2°C arasında değişmiştir. Yıkama suyu olarak 0.201 dS/m elektriksel iletkenlik ve 0.28 sodyum adsorbsiyon değerine sahip şebeke suyu kullanılmış ve su miktarı ölçülü olarak verilmiştir. Aralıklı su uygulama yönteminde esas olan suyun belirli aralıklarla dilimler halinde verilmesidir. Bu çalışmada toplam yıkama suyunun 5 dilime ayrılarak uygulanması planlanmıştır. Toprak derinliğinin 1,5 katı olarak kabul edilen 93 cm yıkama suyunun 18,6 cm'lik eşit miktarlarda dilimler oluşturulmuş ve yıkama uygulamalarında, %15, %30 ve %45 oranlarında nem azalmaları esas alınarak yıkama aralıkları belirlenmiştir. Toprak yüzeyine uygulanan suyun çekilmesinden sonra takip edilen

ağırlık ölçümlerine dayanarak kolonda istenilen nem azalması oranı elde edildiğinde ikinci uygulamaya geçilmiştir.

Kolon ağırlıklarının düzenli olarak takip edilebilmesi için kolonlar deneme süresince özel hazırlanan düzeneğe tutulmuş ve 10 g hassasiyete sahip askı terazilerle ağırlıklarındaki değişiklik gözlenerek yıkama aralıkları arasındaki zaman belirlenmiştir. Her bir yıkamadan sonra her alt konudan üç kolon devre dışı bırakılarak yıkama uygulamalarının her bir diliminin meydana getirdiği tuz hareketi belirlenmiştir. Bu izlenen yöntem, tuzların değişik derinliklerdeki miktarlarının zaman içerisindeki değişimlerini toprak örneği almaya gerek kalmadan izlemeye olanak vermiştir. Toprak kolonları düzgün bir şekilde boşaltılmış (Şekil 1) ve her 10 cm'lik kalınlıktan 3 tekerrürlü toprak örnekleri alınarak elektriksel iletkenlik değerleri EC metre ile ölçülmesiyle belirlenmiştir. Toprak profilinde elektriksel iletkenlik değerleri belirlenirken saturasyon ekstraktı yerine gerek tuzun gözenekler arasındaki hareketinin takibini mümkün kılan gerekse yöntemde pratiklik sağlayan 1:5 toprak:su süspansiyonunda (Rhoades, 1996) EC ölçümlerini yapılması uygun görülmüştür.

Faktöriyel deneme desenine uygun olarak planlanan bu çalışmada toprak grupları, yıkama yöntemleri, nem azalma oranları ve derinliğin incelenen özellik üzerindeki etki değerlerinin belirlenmesinde ANOVA ve Duncan'ın çoklu karşılaştırma test yöntemi uygulanmıştır (SPSS, 1999).



Şekil 1. Yıkama uygulamaları sonrası kolondaki toprak profili

Yıkama eğrileri ve eşitliklerinin çıkarılması: Yıkama uygulamaları sonrasında, toprak kolonlarından her bir yıkama suyu diliminden sonra 10 cm'lik tabaka için elde edilen EC değerleri yıkama eğrilerinin çizilmesi için kullanılmıştır. Toplam çözünebilir tuzların yıkama eğrisi ve eşitliğini elde edebilmek için her dilim yıkama suyu uygulamasından sonraki toprak tuzluluk değerlerinin yıkamadan önceki değerine göre yüzdesi ($EC/EC_0 \cdot 100$) alınmıştır. Yıkama eğrisini toprak derinliğinden bağımsız kılabilmek için toprakta başlangıca göre kalan tuzun yüzdesi, yıkama suyu derinliğinin (Dys) toprak derinliğine (Dt) oranının fonksiyonu olarak değerlendirilmiştir. Tuz yıkama eşitlikleri ise regresyon analizleri ile belirlenmiştir (Reeve vd., 1955).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Toprak kolonlarında mevcut çözünebilir tuzların durumunu incelemek için her kolonun her bir 10 cm'lik toprak katmanından 3 tekerrürlü alınan örneklerin tuz miktarları elektriksel iletkenlik ölçümleriyle belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerleri 1:5'lik toprak:su solüsyonunda ölçülmüş ve dS/m birimiyle verilmiştir.

Hafif bünyeli toprakta kolon boyunca gerçekleşen tuz hareketleri

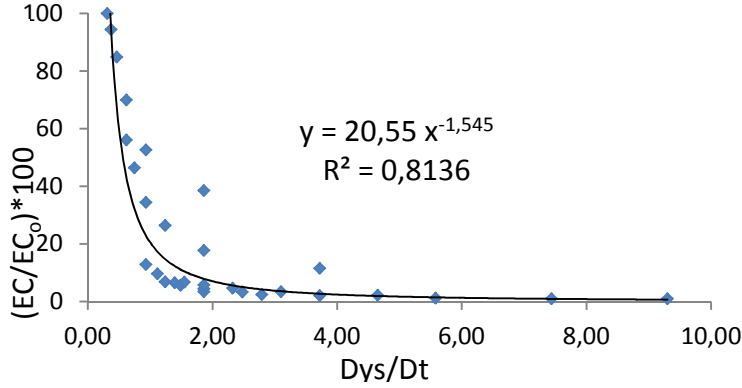
Hafif bünyeli toprakta %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak kolonunda 10 cm'lik tabakalar için belirlenmiş I. dilim su uygulaması sonrasında 20-30 cm ve 30-40 cm'lik tabakalarda birikme olmuş, II. dilim suyun uygulanması ile birikme 40-50 cm derinliğe kadar inmiştir. III. IV. ve V. dilim su uygulamaları ise tabakalarda birikme meydana gelmeden tuzlar aşağıya doğru taşınmıştır. I. dilim su uygulaması 60 cm'lik kısma kadar tuzları taşıyabilmiş, ancak kolondan dışarı su çıkışı olmadığı için kolon içerisindeki tuz miktarı toplamda aynı kalmıştır. Yıkama suyunun bütün tabakayı doyurmadan, öncelikli akış yolları ile makro gözeneklerden aşağılara akmış olması tuzun 60 cm derinliğe kadar inebilmesini sağlamıştır. Daha sonraki su uygulama dilimlerinde ise kolondan

dışarıya su çıkışının başlamasıyla beraber kolon içerisindeki tuz miktarı giderek azalmıştır.

Yıkama eğrilerinin çıkartılması için, başlangıca göre toprakta kalan tuzun yüzde değerleri hesaplanmış ve hesaplanan ($EC/EC_0 \cdot 100$) değerleri yıkama suyu derinliğinin toprak derinliğine oranı olan Dys/Dt arasındaki ilişki grafiklendirilmiş ve ilişkinin eşitliği hesaplanmıştır (Şekil 2). Yıkama eğrisinin oluşturduğu eşitlik ($EC/EC_0 \cdot 100$) ile Dys/Dt değerleri arasındaki ilişkiyi çok önemli seviyede ($p < 0,001$) göstermiştir.

Yıkama eğrisinde tuzun büyük bir kısmının daha küçük Dys/Dt değerlerinde yıkandığını daha sonra yıkamanın Dys/Dt oranının artmasına rağmen azalarak sabitleştiği görülmektedir. Dys/Dt 'nin küçük oranlarında yani, yıkamanın başlangıcında toprakta bulunan kolay çözünebilir tuzların varlığı hızlı yıkamanın gerçekleştiği bir bölge oluşturmaktadır. Yıkamanın azalarak sabitleştiği bölgede ise, toprakta kalan tuzların hem miktar olarak azalmış olması hem de nispeten daha zor yıkanan tuzların varlığı ile açıklanabilir. Benzer sonuçlar Omer (1994), tarafından da bulunmuştur. Grafikten açık bir şekilde görüleceği gibi, Dys/Dt oranının 4 ve 4'e kadar değerler alması durumunda toprak kolonundaki toplam tuz miktarının %97,59'una kadarlık kısmı yıkanmışken Dys/Dt oranının 10'a kadar artırılmasıyla bu oranın ancak %99,41'e çıkması söz konusudur.

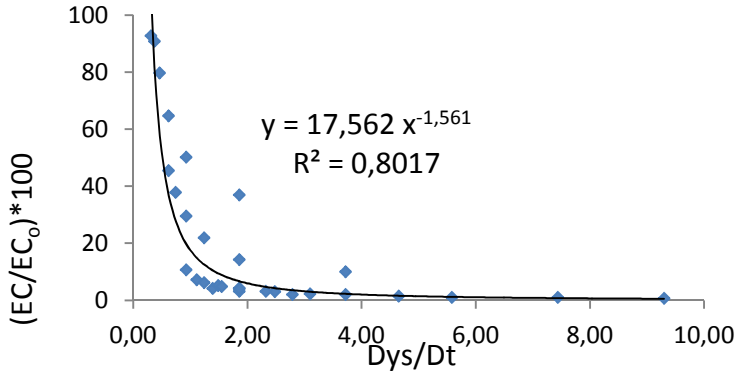
Yıkama aralıklarının %30 nem azalmasına göre belirlendiği konuda kolon boyunca aşağıya doğru tuz yıkanımında, 20-40 cm'ler arasında tuz birikimi görülür iken, bu birikim II. dilim suyun uygulanması ile 40-50 cm'ler arasına taşınmıştır. III. uygulamada kolon tabanında 40-60 cm'lerde görülen tuz birikimi daha sonra devam eden yıkama uygulamalarıyla kolonda kararlı bir yıkama sağlamıştır.



Şekil 2. Hafif bünyeli toprakta %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.

Hafif bünyeli toprakta %30 nem azalması ile elde edilen Dys/Dt ile (EC/EC₀*100) arasındaki ilişkiye ait yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 3' de verilmiştir. İlişkiye ait çıkarılan eşitlik istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0,001$) bulunmuştur. Toprakta yıkanan tuzların büyük bir kısmı küçük Dys/Dt oranlarında elde edilmiştir. Dys/Dt oranının sırayla 1, 2 ve 3 olması durumunda yıkanan tuzların yüzdeleri 82,44, 94,05 ve 96, 84 olarak hesaplanmıştır.

Çalışmada Dys/Dt olarak seçilen 1,5 oranının bu konuda sağladığı yıkanan tuz yüzdesi ise %90,67 olmuştur. Dys/Dt oranının 10'a kadar yükseltilmesiyle, yıkanan tuzların yüzdesinde yalnızca 2,68'lik bir artış sağlanmaktadır. Buradan görüleceği üzere, Dys/Dt'nin yüksek oranlarda olması tuz yıkanması üzerine aynı oranda bir artış sağlamamaktadır.



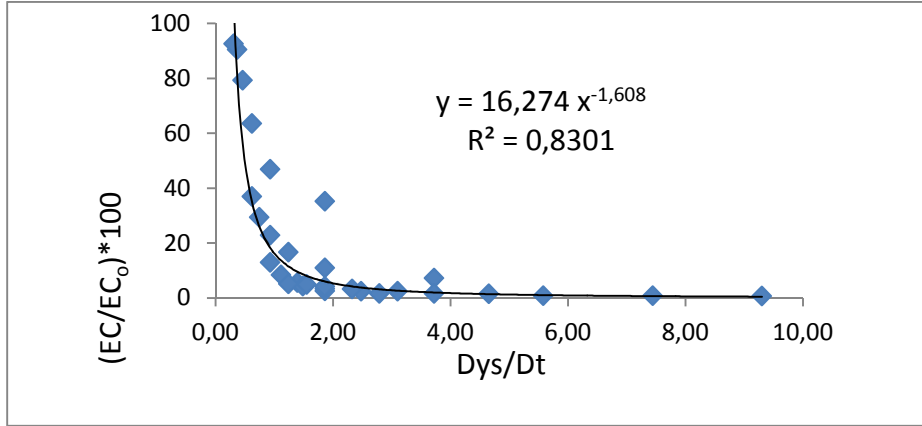
Şekil 3. Hafif bünyeli toprakta %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.

Hafif bünyeli toprakta %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları başlangıç olarak toprak kolonunun ilk 0-10 cm'lik derinliğinde ölçülmüş 52,50 dS/m olan elektriksel iletkenlik değeri, ilk dilim su uygulamasının ardından 18,50 dS/m değerine düşmüş, yüzeydeki tuz tüm kolona dağılmış ve bir kısım su ise toprak kolonundan drenaj suyu olarak uzaklaşmıştır. Toprak kolonlarında, I. dilim su uygulaması sonrasında 20-40 cm'lik aralıkta tuz birikiminin olduğu açıkça görülmektedir.

Yapılan yıkama işleminde %45 nem kaybı takip edilerek yürütülmüş olan uygulamaya ait yıkama eğrisine bakıldığında, eğrinin diğer %15 ve %30 nem

kaybı takip edilerek yapılmış uygulamalara benzer şekilde bir eğilime sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4). Eğriye ait eşitlik $p < 0,001$ seviyesinde çok önemli bulunmuştur.

Dys/Dt oranlarına ve tüm toprak kolonundan yıkanmış tuz yüzde değerlerine bakıldığında oranın 3 olarak alınması durumuna kadar görülen artış, daha sonraki artan oran değerlerinde yıkanan tuz yüzdesini neredeyse sabitleyecek kadar az bir artış göstermiştir. Yürütülen laboratuvar çalışmalarında alınmış olan Dys/Dt'nin 1,5 olması durumunda ise toprak kolonundaki toplam tuz miktarının %91,52'sinin uzaklaştırıldığı görülmektedir.



Şekil 4. Hafif bünyeli toprakta %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.

Toprak kolonunda oluşturulmuş tuzluluğun tüm yıkamalar sonrasında %95,06'sı toprak kolonundan uzaklaştırılabilmektedir.

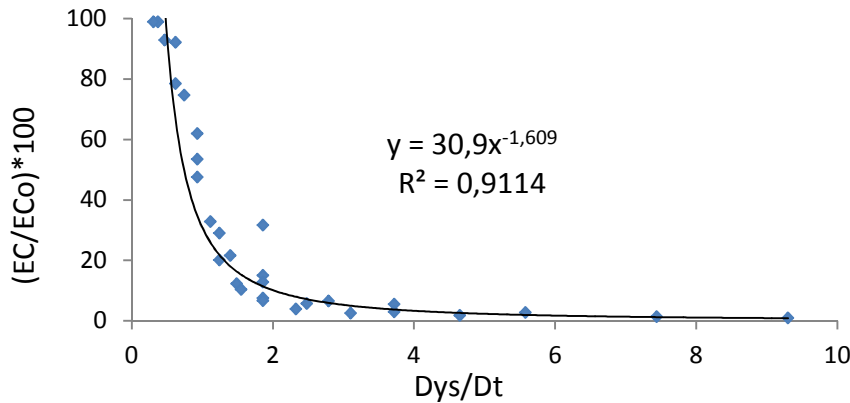
Bunun yanı sıra toprak kolonundan ilk dilim su uygulamasıyla kolondaki toplam tuz miktarının %7,43'lük miktarı yıkanabilmişken, II. ve III. dilim su uygulamalarında bu değer 63,03 ve 87,09 değerlerine ulaşmış, IV. uygulama sonunda ise kolondan yıkanan tuz miktarı %94,86 olmuştur.

0-10 cm'lik toprak kolonu derinliğinde ilk 18,6 cm'lik su uygulaması %64,76 oranında bir tuz yıkanması sağlarken, 0-20 cm'lik toprak derinliğinde ise %53,06 oranında bir tuz yıkanması sağlamıştır. Buna karşın, II. su uygulamasının ise 30 cm'lik derinlikten başlayarak 60 cm'lik derinliğe kadar büyük oranlarda bir yıkama oluşturduğu

görülmektedir. Tüm kolondan yıkanan tuzların yüzdesi üzerine en büyük etki II. dilim suyun uygulanması ile elde edilmiştir.

Orta bünyeli toprakta kolon boyunca gerçekleşen tuz hareketleri

Yürütülen çalışma süresince orta bünyeli toprağın hafif bünyeli topraktan ayrılan belirlenmiş ilk farkı olarak tüm kolonların ilk katmanlarına eklenen 250 g tuz miktarının orta bünyeli toprakta oluşturmuş olduğu yüksek EC_{1:5} değeri söylenebilir. Toprak gözenek dağılımı ve içerdiği kil miktarı gibi bazı karakteristik özelliklerin etkili olabileceği bu durum toprakların farklı bünye sınıflarında bulunmaları ile açıklanabilir (Öztürk, 2000).



Şekil 5. Orta bünyeli toprakta %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.

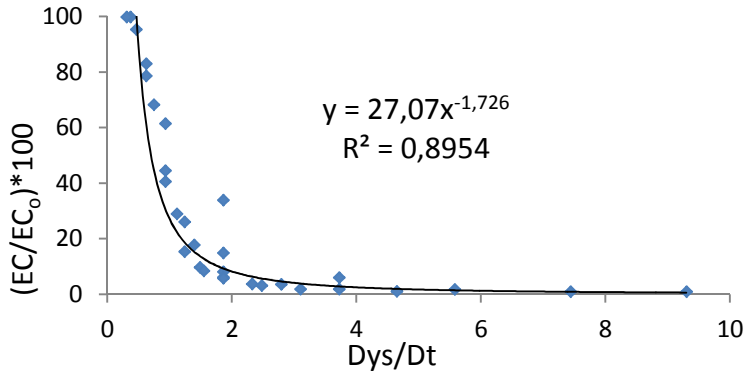
Eğriye ait eşitlik p<0,001 seviyesinde istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Dys/Dt oranının 1 alınması durumunda yıkanan tuz %94,72 değerini alırken, bu oranın 3'e çıkarılmasıyla %94,72, ve 10'a çıkarılmasıyla ancak %99,24 değerine ulaşmıştır (Şekil 5). Toprak kolonunda deneme başlangıcında oluşturulmuş toplam tuz miktarının

tüm yıkamalar sonucunda %89,70'i uzaklaştırılırken, toplam yıkanan tuz miktarına I. dilim su uygulamasının kısmi katkısı ancak %1,08'dir Toprak kolonundan uzaklaştırılan tuz miktarına her bir yıkamanın oluşturduğu kısmi etkiler III. dilim su uygulanmasına kadar artarken, devam eden uygulamalarda azalma görülmektedir.

Orta bünyeli toprakta %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları incelendiğinde ilk yıkama suyu miktarı olan 18,6 cm'lik yıkama suyu kolonun ancak 0-50 cm'leri arasında kolonda tuz dağılımını meydana getirmiş fakat %15 nem kaybının takip edildiği konuda olduğu gibi yine kolon dışına yıkama suyu çıkışı söz konusu olmamıştır. I. uygulama hariç diğer yıkama uygulamaları sonrasında toprak kolonunda 0-30

cm'ler arasındaki tuzluluk değerleri ile 30-60 cm'ler arasındaki tuzluluk değerleri iki ayrı bölge oluşturmuştur.

Şekilde tuzların büyük bir kısmının düşük Dys/Dt değerlerinde yıkandığını, Dys/Dt oranı büyük değer aldıkça yıkanan tuz miktarının giderek azalıp sabitleştiği görülmektedir (Şekil 6).



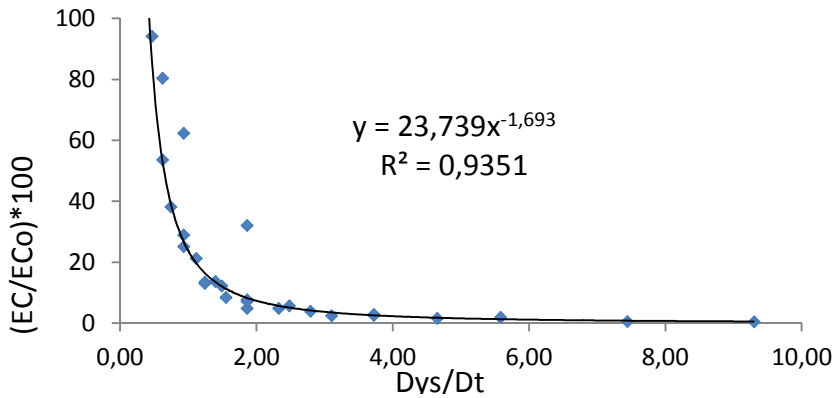
Şekil 6. Orta bünyeli toprakta %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Çalışılan orta bünyeli toprakta %30 nem azalmasının takip edilerek yapılan yıkamada Dys/Dt değerinin 10 olması durumunda yıkanan tuz miktarı %99,49 değerine ulaşabilecektir. Dys/Dt 'nin 1'e indirilmesi durumunda yıkanan tuz yüzdesinde 26,56'lık bir azalma ile, %72,93'e düşmektedir. Dys/Dt oranının 4'e kadar yükseltilmesiyle yıkanan tuzun yüzdesi, 24,6 miktarında artarken Dys/Dt oranının 4'ten 10'a çıkartılmasıyla sadece yıkanan tuzlarda %1,96'lık bir artış olmaktadır. Bu konu için Dys/Dt 'nin 4 oranı ciddi bir dönüm noktasıdır.

uygulaması sonunda tuzlar 0-50 cm derinliğe dağılmış olup kolon dışına su çıkışı olmamıştır. Bunun yanı sıra, II. dilim su uygulamasından sonra kolonda %15 ve %30 nem azalmasının takip edildiği konularda görülen tuz birikimi bu konuda görülmemiştir.

Dys/Dt oranlarının artmasıyla, yıkanan tuz yüzdesi giderek azalmakta bu artışa paralel olarak hemen sabitlenmektedir. Dys/Dt oranının 1 olması ile topraktan %76,26 oranında bir tuz yıkanması gerçekleşirken, bu oranının 10'a yükseltilmesi ile yıkanılan tuz yüzdesi de 99,52'ye çıkmaktadır (Şekil 7).

Orta bünyeli toprakta %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları incelendiğinde %15 ve %30 nem azalmalarının takip edilerek yürütüldüğü konularda olduğu gibi I. yıkama



Şekil 7. Orta bünyeli toprakta %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Dys/Dt'nin 10 birim artırılması durumunda, yıkanan tuz yüzdesinde ancak 23,46'lık bir artış olabilmektedir. Bu artışın, %21,47'lik kısmı, Dys/Dt oranının 4'e yükseltilmesi durumunda elde edilirken, arta kalan 1,79'luk kısım ise, Dys/Dt oranının 4'ten 10'a çıkarılmasıyla ancak elde edilebilmektedir. Dolayısıyla, bu konuda başarılı bir yıkama uygulaması için Dys/Dt oranının 4'ten küçük alınması uygun olacaktır.

Toprak derinliğinin 1,5 katı olarak seçilen yıkama suyu derinliği, %45 nem azalması koşulunda, toprakta başlangıçta bulunan tuzların yıkanım yüzdeleri hafif bünyeli toprakta, %91,52, orta bünyeli toprakta ise; %88,05 oranında olmuştur.

Çalışmada materyal olarak kullanılan hafif bünyeli topraktaki tuz yıkanım başarısı orta bünyeli toprağa göre daha yüksek çıkmıştır. Hafif bünyeli topraklarda yıkama randımanı, diğerlerine kıyasla daha yüksektir (Kanber ve Ünlü, 2010). Hafif bünyeli toprakların ağır bünyeli topraklara göre yüksek yıkanma değerine sahip olmaları, tuzların kök bölgesinin aşağısına yıkanabilmesi kolaylaştırmaktadır (Öztürk, 2000). Yine çalışmanın sonuçlarını destekler nitelikte, Ghuman and Prihar, (1980) ve Barnard vd., (2010) tarafından da hafif bünyeye sahip topraklarda yapılan yıkamanın, hafif bünyeli topraklarda gözenek hacmi daha fazla ve nem miktarı daha az olduğundan diğer bünyelere sahip topraklara oranla daha yüksek yıkama randımanı verdiği belirtilmiştir.

Sonuçlardan anlaşılacağı üzere her iki toprak grubunda da, kuruma seviyesi arttırıldıkça, daha düşük EC_{1.5} değerleri elde edilmiştir. Bu durum, yıkama uygulamaları arasındaki kuruma sürecinde küçük gözenekler içinde yer alan tuzların, difüzyon ile büyük gözeneklere taşınması ve bir sonraki yıkama ile uzaklaşmasını sağladığından, aralıklı sulamanın etkilerinin uzun kuruma dönemlerinde daha açık olarak görülmesini sağlamıştır. Konukcu vd., (2005)'de de yapmış oldukları çalışmada benzer sonuçları vurgulamışlardır.

Bu çalışmada, yıkama aralıkları arasındaki süreyi belirleyen kuruma seviyeleri, toprak içindeki difüzyonun gerçekleşmesine fırsat tanıyan zaman aralıklarıdır. Konukcu vd. (2005), yapmış oldukları çalışmada, aralıklı yıkamada tuzların aralıklar arasında difüzyon ile agregatların yüzeyine doğru hareket ettiklerini ve bir sonraki yıkama ile makro

porlardan daha etkili bir biçimde uzaklaştırdıklarını bildirmişlerdir.

Burada kuruma seviyesinin yıkanan tuz miktarı üzerine etkisi, toprak içerisindeki suyun doygun koşullarda, doygun olmayan koşullara göre daha az tuz yıkaması olabilir. Çünkü toprak kurudukça suyun akışı, doygun olmayan koşullardaki akışa dönüşmektedir. Birçok araştırmacı da tuz yıkanımın doygun olmayan koşullarda daha yüksek yıkama randımanı verdiğini bildirmişlerdir (Biggar ve Nielsen, 1962b). Terkeltoub ve Babcock (1971), toprak profilinde yavaş hareket eden suyun hızlı hareket edenden, düşük nem düzeyinde hareket edenin doymuş halde hareket edenden daha etken bir yıkama sağladığını belirtmektedir. Büyük boşluklar boyunca hızlı akan su yavaş akan suya göre tuz yıkanmasında daha az etkili olduğu van der Molen (1973) tarafından da bildirilmiştir. Abbas (1984), tuzlu toprakların profillerinde yapılan yıkama deneylerinde doygun olmayan koşullarda, doymuş koşullardan %25 daha fazla yıkama randımanı bulmuştur. Yine bir çok laboratuvar çalışması (Miller vd., 1965; Nielsen ve Biggar 1961) ve tarla denemeleri (Biggar ve Nielsen, 1962a, Nielsen vd., 1962; Oster vd., 1972) belirli bir miktar su ile ortamdaki uzaklaştırılan tuz miktarının toprağın doygunluk noktasının altında yani doymamış koşullarda olmasıyla önemli miktarda arttığını göstermişlerdir. Tarla koşullarında bunun aralıklı göllendirme veya infiltrasyon değerinin altındaki bir hızla aralıklı yağmurlama ile sağlanabileceğini önermişlerdir.

Yine, yıkama suyunun aralıklı olarak verilmesi durumunda, toprakta meydana gelen kurumalar, toprağın infiltrasyon hızını arttırarak tuzlarında dolaylı bir şekilde hızlı yıkanmasına neden olmuş olabilir. Ayyıldız (1983) hidrolik iletkenliği az olan topraklarda yıkama suyunun aralıklı olarak verilmesi yani toprağın periyodik olarak kuruma ve ıslanması toprağın infiltrasyon hızını da arttırdığını bildirmişlerdir.

SONUÇ

Faklı kuruma seviyelerine bağlı, aralıklı olarak hafif ve orta bünyeli toprakta laboratuvar koşullarında yürütülmüş yıkama uygulamalarının incelenen toprak kolonlarındaki tuz yıkanımının derinliğe bağlı olarak değişimleri değerlendirilmiş, yıkama işlemleri sonucu hafif bünyeli toprakta daha

çok tuz yıkanması gerçekleşmiştir. Denemeler sonucu farklı nem azalmalarına göre çizilmiş yıkama eğrileri regresyon katsayıları orta bünyeli toprakta daha yüksek çıkmıştır. Orta bünyeli toprakta yapılan yıkama işlemleri hafif bünyeli topraklara göre daha kararlı olmuştur.

Deneme süresince yıkama aralıkları toprak kolonlarının kaybettikleri nem oranlarına bağlı olarak belirlenmiş ve bir sonraki yıkama uygulamasına üç farklı azalma oranı dikkate alınarak geçilmiştir. Deneme topraklarında bütün yöntemlerde en yüksek tuz miktarları %15 nem azalmasını takiben yapılan yıkamaların uygulandığı toprak kolonlarında görülmüştür. En iyi sonuçlar ise %45 nem azalmasına bağlı olarak yapılan yıkama uygulamalarının yürütüldüğü toprak kolonlarında görülmüştür. Bu sonuçlar kuruma seviyelerinin tuzlu toprakların ıslahındaki önemini vurgulamaktadır. Ancak daha yüksek nem azalması durumunda yıkamalar arasındaki sürenin artmasına ve dolayısıyla ıslah işleminin uzamasına neden olacaktır. Özellikle aşırı kuruma durumunda toprak yüzeyinde meydana gelecek çatlaklar uygulanan yıkama suyunun etkinliğini azaltacak ve yıkama suyu gereksinimini arttıracaktır. Yine, arazi koşullarında evaporasyon gibi bazı doğal koşullar da dikkate alındığında nem kayıpları için optimum değerler farklılık gösterebilir.

KAYNAKLAR

- Abbas, F.M., 1984. A Simplified Model for Salt and Boron Transport in Soils. Ph.D. Thesis. Utah University, Logan. USA.
- Anapalı, Ö., 1991. İğdır ovası tuzlu, sodyumlu ve borlu topraklarının kademeli jips uygulaması ve yıkama ile ıslahı. Erzurum Köy Hizmetleri Araş. Enst. Müd. Yayın No:31, Erzurum.
- Ayyıldız, M., 1983. Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk problemleri, A.Ü.Zir. Fak. Yayın No: 879. Ders Kitabı. 244. Ankara.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344, Ankara, 282s.
- Barnard, J.H., van Rensburg L.D., Bennie A.T.P., 2010. Leaching irrigated saline sandy to sandy loam apedal soils with water of a constant salinity. Irrigation Sci., 28:191-201.
- Biggar, J.W. and Nielson D.R., 1962a. Improved leaching practices- save water reduce drainage problems. California Agr., 16:5.
- Biggar, J.W. and Nielson D.R., 1962b. Miscible Displacement. II. Behavior of Traces. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26, 125-128.
- Ghuman, B.S., and Prihar S.S., 1980. Chloride displacement by water in homogenous columns of three soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44, 17-21.
- Kanber, R., ve Ünlü M., 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 281, Kitap Yayın No: A-87. Adana.
- Konukcu, F., İstanbulluoğlu A., Kocaman İ. ve Delibaş L., 2005. "Faslılı Yıkamanın Tuzlu Topraklarda Yıkama Etkinliği ve Yıkama Suyu Miktarı Üzerine Etkisi," GAP IV. Tarım Kongresi. Cilt II, 1116-1119, Şanlıurfa.
- Miller, R.J., J.W. Biggar, and D.R. Nielsen. 1965. Chloride displacement in Panoche clay loam in relation to water movement and distribution. Water Resour. Res. 1:63-73.
- Nielson, D.R. and Biggar, J.W., 1961. Miscible displacement in soil: Experimental information. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 25, 1-5.
- Nielson, D.R. and Biggar, J.W., 1962. Miscible displacement in soil: III. Theoretical Consideration/ Soil Sci. Soc. Am. Proc., 26; 216-221.
- Omer, S.M., 1994. Tuzlu-alkali topraklarda iyon taşınmasına ait simulasyon modeli ve programlanması, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Oster, J.D., Willardson L.S., Hoffman G.J., 1972. Sprinkling and ponding techniques for reclaiming saline soils. Transactions ASCE 15: 1115-1117.
- Öztürk, H.S., 2000. Tuzlu Topraklarda Su Akış Hızının İyon Hareketi Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Ankara.
- Reeve, R.C., Pillsbury A.F. and Wilcox L.V., 1955. Reclamation of a saline and high boron soil Coachella Valley of California. Hilgardia. 24, 69-91.
- Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods, Ed: Sparks D.L., Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin.
- SPSS, 1999. SPSS for Windows Release 10.0, SPSS Inc. Chicago.
- Şimşek, G., 1993. Toprak Etüd ve Haritalama. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 146, Erzurum.
- Terkeltoub, R.W. and Babcock K.L., 1971. A Simple Method for Predicting Salt Movement through Soil. Soil Sci. 111, 182-187.
- van Der Molen, W.H., 1973. Salt balance and leaching requirement in "Drainage Principals and Application" Wageningen, The Netherlands.
- Yıldırım, B., 1981. Eskişehir Beylikahır yöresi tuzlu sodyumlu ve borlu topraklarının ıslahı için gerekli jips yıkama suyu miktarı ve ıslah süresinin tespiti. Eskişehir Bölge Topraksu Araş. Enst. Müd. Yayınları, Yayın No:167. Eskişehir.