

## Tuzlu sulama suyunun farklı tekstürdeki toprakların verimlilikleri üzerine etkileri

### Effects of saline irrigation water on productivity of different textured soils

Dilek Saadet ÜRAS, Sahriye SÖNMEZ

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 07070, Antalya

Sorumlu yazar (Corresponding author): D.S. Üras, e-posta (e-mail): dsuras@akdeniz.edu.tr

#### MAKALE BİLGİSİ

Alınış tarihi 02 Aralık 2011  
Düzeltilme tarihi 07 Şubat 2012  
Kabul tarihi 16 Şubat 2012

#### Anahtar Kelimeler:

NaCl  
Bitki besin maddesi  
pH  
Toprak tuzluluğu

#### ÖZ

Tuzlu sulama suyu uygulamalarının bitkiler üzerine olan etkileri pek çok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. Ancak tuzlu sulama suyu uygulamalarının farklı tekstürlerdeki toprakların verimlilikleri üzerine etkileriyle ilgili konularda yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, farklı tekstürlerdeki toprakların verimlilikleri üzerine sulama suyu tuzluluk düzeylerindeki değişimin etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, kil, kum ve killi tın tekstürlü topraklarda biber bitkisi yetiştirilmiş, tesadüf blokları deneme desenine göre kurulan 4 tekerrürlü saksı denemesinde; NaCl kullanılarak hazırlanmış farklı tuz içeriklerinde sulama suyu (kontrol [0,7], 1, 2 ve 3 dS m<sup>-1</sup>) uygulaması yapılmıştır. Araştırmanın sonucunda, kil bünyeli topraklarda sulama suyu tuz içeriğinin artmasıyla birlikte toprakların pH'larının, toplam N ve değişebilir Ca içeriklerinin azaldığı; alınabilir P, Fe, Cu, Zn, Mn ve değişebilir K içeriklerinin arttığı görülmüştür. Değişebilir Mg içerikleri ise artan tuz uygulamalarından etkilenmemiştir. Kum bünyeli topraklarda sulama suyundaki tuz içeriğinin artışıyla birlikte toprakların pH'larının, alınabilir P, Fe, Zn ve değişebilir Ca içeriklerinin arttığı, değişebilir K ve alınabilir Cu içeriklerinin azaldığı belirlenmiştir. Toplam N, değişebilir Mg ve alınabilir Mn içeriklerindeyse bir değişiklik olmamıştır. Killi tın bünyeli topraklarda ise sulama suyundaki tuz içeriğinin artmasıyla birlikte toprakların pH'ları ve Cu içeriklerinde bir azalış görülmüştür. Toplam N, alınabilir P, değişebilir K, Ca, Mg ve alınabilir Fe içeriklerinde bir artış belirlenmiştir. Mn içerikleri artan tuz uygulamalarından etkilenmemiştir. Genel olarak; tüm toprak tekstürlerinde, artan tuz uygulamalarının toprakların bitki besin elementi içerikleri üzerine etkili olduğu; bu nedenle bitkisel üretim, potansiyel tuzlanma riski olan bölgelerde veya düşük kaliteli sulama suyu kullanılarak yapılacaksa; toprak tekstürünün de toprağın tuzlanma sürecinde göz önünde bulundurulması gereken önemli bir faktör olduğu sonucuna varılmıştır.

#### ARTICLE INFO

Received 02 December 2011  
Received in revised form 07 February 2012  
Accepted 16 February 2012

#### Keywords:

NaCl  
Plant nutrient  
pH  
Soil salinity

#### ABSTRACT

The effects of the saline irrigation water applications on plants have been extensively studied. However, studies related to the effects of applications of saline irrigation waters to different textured soils on productivity are insufficient. Therefore, in this study, the effects of the changes in the irrigation water salinity levels upon the fertility of different textured soils have been investigated. For this purpose, a pot experiment was prepared with pepper plant growing on clay, sandy and clay loam textured soils. Plants were irrigated with waters having different EC values (control [0,7], 1, 2 ve 3 dS m<sup>-1</sup>) which were prepared by addition of NaCl salt. The experiment was set up in a randomized factorial plot design with four replicates. At the end of the experiment, increasing salt content of irrigation water in clay textured soils caused a decrease in pH level, total N and exchangeable Ca contents, yet it caused an increase in the available P, Fe, Cu, Zn, Mn and exchangeable K. On the other hand, exchangeable Mg content was not affected by the increasing salt applications. Increasing salt content of irrigation water in sandy textured soils caused an increase in pH levels, available P, Fe, Zn and exchangeable Ca content while leading to a decrease in exchangeable K and available Cu contents. There has not been any change in total N, changeable Mg and available Fe contents. Increasing salt content of irrigation water in clay loam textured soils generally caused a decrease in pH level and Cu contents, and an increase in total N, available P, exchangeable K, Ca, Mg and available Fe contents while having no effect on Mn contents. Consequently, in all the soil textures, increasing salt content of irrigation water was effective on the contents of plant nutrients. Therefore, if agricultural production is to be realized in the areas of potential salinity risk or low quality irrigation water is to be used, soil texture is a crucial factor that should be taken into consideration in the process of salinization of soils.

## 1. Giriş

Tuzluluk, sulara veya topraklarda var olan çözünmüş mineral tuzların konsantrasyonundan ileri gelmektedir. Çözünmüş mineral tuzlar; Na, Ca, Mg ve K katyonlarını ve Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, CO<sub>3</sub> ve NO<sub>3</sub> anyonlarını içine alan başlıca çözünebilir maddeleri kapsamaktadır. Son derece yüksek tuzlulukta sulara B, Sr, Li, SiO<sub>2</sub>, Rb, F, Mo, Mn, Ba ve Al mineral maddeleri de tuzluluğa katkı sağlamaktadır (Tanji 1990). Tuzluluk; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yıkanarak yeraltı suyuna karışan çözünebilir tuzların yüksek taban suyuyla birlikte kapillarite yoluyla toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu suyun topraktan ayrılarak tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölümünde birikmesi olayıdır (Ergene 1982, Kwiatowsky 1998, Kara 2002). Yağışlı bölgelerde ise tuzluluk; yüksek tuzlu sulama sularıyla, toprağa ilave edilen tuz miktarının, bitkiler tarafından alınanlar ve yıkananların miktarından fazla olmasından ileri gelmektedir (Bahtiyar 2002).

Tuzların toprakta birikimi, toprağın tekstürü ve hidrolik iletkenliği ile de yakından ilişkilidir. Örneğin killi (ağır bünyeli) bir toprağın tuzlulaşma tehlikesi, kumlu (hafif bünyeli) bir topraktan daha fazladır (Henderson 1958). Çünkü toprak çözeltisinin hareketi doğrudan topraktaki gözeneklerin büyüklüklerine bağlıdır. Gözenek boyutlarının küçük olduğu ağır bünyeli topraklarda suyun hareketi zor ve yavaştır. Ayrıca bu tür topraklar kuruduğu zaman oluşan çatlaklardan dolayı sulama suyu, toprak çözeltisi ile temas etmeden hızla yer altı suyuna karışabilmektedir (Van Der Molen 1973).

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 aşağısına yıkanabilmektedir (Yakupoglu ve Özdemir 2007).

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 (özellikle smektitik olanlar), aşırı miktarda Na iyonu bağlama kapasitesine sahip oldukları için dispersiyon riskiyle karşı karşıyadırlar. Kumlar daha yüksek partikül büyüklükleri nedeniyle daha az toplam yüzey alanına sahiptirler ve bu nedenle değişim yüzeyleri daha azdır. Siltler ise kil ve kum fraksiyonları arasında bir özellik taşımaktadırlar (Yakupoglu ve Özdemir 2007).

Artan tuzluluk düzeylerinde, toprak tekstürlerinin toprak özellikleri üzerine etkileri ile ilgili genel bilgiler bilinmekle beraber; tuzlu sulama suyu uygulamalarının toprakların verimlilikleri üzerine etkileri ile ilgili çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Bu nedenle çalışmada; farklı tekstürlerdeki toprakların verimlilikleri üzerine farklı tuzluluk oranlarındaki sulama sularının etkileri incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Araştırma polietilen serada Eylül 2008-Ocak 2009 ayları arasında gerçekleştirilmiş ve tesadüf blokları deneme desenine göre faktöriyel düzende dört tekerrürlü olarak kurulmuştur. Antalya İli ve çevresinden temin edilen 3 farklı tekstürdeki (killi, kumlu ve killi tınlı) topraklar, doğal halleri olabildiğince bozulmadan ve herhangi bir uygulama yapılmadan 10 L'lik saksılara doldurulmuştur. Araştırmada kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Toprakların verimlilik seviyeleri toprak analiz sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.

Deneme toplam 48 saksı (3 tekstür x 4 uygulama x 4 tekerrür) ile kurulmuştur. Saksılara 12.09.2008 tarihinde Mert F1 çeşidi biber fidelerinin dikimi yapılmıştır. Dikimden önce biber fideleri kök çürüklüğüne karşı önlem olarak ilaçlanmış, dikimden sonra ise tüm fidelere can suyu olarak kuyu suyu uygulanmıştır. Saksılar klimalı serada kuzey-güney yönünde, iki bitki arası mesafe 50 cm olacak şekilde 4 blok halinde yerleştirilmiştir.

Deneme süresince sulama sularının EC'leri NaCl tuzu kullanılarak 1, 2 ve 3 dS m<sup>-1</sup> olacak şekilde ayarlanmış ve 3 farklı EC değerine sahip sular elde edilmiştir. Kontrol uygulamasına ise NaCl tuzu ilave edilmemiş, kuyu suyu (EC: 0,70 dS m<sup>-1</sup> ve pH: 6,50) kullanılmıştır.

**Çizelge 1.** Araştırmada kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Parametre	1. Toprak	2. Toprak	3. Toprak
Bünye	Kil	Kum	Killi-Tınlı
Kum (%)	32	88	25
Kil (%)	55	4	35
Silt (%)	13	8	40
Toplam N (%)	0,08	0,05	0,04
Alınabilir P (mg kg <sup>-1</sup> )	11,20	3,31	4,55
Değişebilir K (me 100 g <sup>-1</sup> )	0,70	0,52	0,64
Değişebilir Ca (me 100 g <sup>-1</sup> )	26,30	30,20	40,20
Değişebilir Mg (me 100 g <sup>-1</sup> )	1,30	1,55	6,80
Alınabilir Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	4,50	6,30	5,40
Alınabilir Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	1,15	0,90	1,03
Alınabilir Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	0,65	0,40	0,70
Alınabilir Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	7,20	3,34	6,20
Kireç (%)	28	24	31
Organik Madde (%)	1,64	0,91	0,74
EC (1:2.5, dS m <sup>-1</sup> )	0,14	0,68	0,22
pH (1:2.5)	7,98	7,69	8,10

Toprak analiz sonuçları göz önüne alınarak; bitkilerin gübrelenmesinde IFA (2008)'in önermiş olduğu bitki indeksi kullanılmış; bitkinin ihtiyaç duyacağı NPK değerleri, toplam 18 kg da<sup>-1</sup> N, 8 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 12 kg da<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O olacak şekilde saksılara taban ve üst gübreleme olarak uygulanmıştır. Belirtilen bitki besin maddeleri, belirlenen EC değerlerinde hazırlanmış olan sulama sularına gübre solüsyonları şeklinde karıştırılmıştır. Sulama miktarlarının belirlenmesi amacıyla toprakların tarla kapasiteleri belirlenmiştir. Biber bitkisinin sulama isteğine göre tarla kapasitesindeki su miktarının % 70'inin altına düşülmeyecek şekilde, uygun zamanlarda sulama yapılmıştır. Deneme 23.01.2009 tarihinde sonlandırılmıştır.

Deneme sonunda toprak örnekleme Chapman ve ark. (1961) bildirdiği esaslara göre saksıyı temsil edecek şekilde alınmıştır. Toprak örnekleri laboratuarda hava kuru hale getirildikten sonra 2 mm'lik eleklerden geçirilmiştir. Bünye tayini Bouyoucos (1955) tarafından bildirilen esaslara göre, hidrometre yöntemiyle yapılmıştır ve analiz sonuçlarına göre bünye sınıflarının belirlenmesinde, toprak bünyesi sınıflandırma üçgeninden yararlanılmıştır (Black 1957). Toprak örneklerinin pH'sı 1:2,5 toprak:su karışımında (Jackson 1967), kireç (CaCO<sub>3</sub>) içeriği Scheibler kalsimetreleri kullanılarak (Çağlar 1949), elektriksel iletkenlik (EC) 1:2,5 toprak:su karışımında, organik madde oranı ise Walkey-Black metoduna göre (Black 1965) belirlenmiştir. Toplam N modifiye Kjeldahl methoduna göre, alınabilir P Olsen methoduna göre (Olsen and Sommers 1982), değişebilir K, Ca ve Mg IN Amonyum Asetat (pH: 7) metoduna (Kacar 1995); alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn ise DTPA ekstraksiyonuyla (Lindsay and Norvell 1978) ve atomik absorpsiyon spektrofotometresi kullanılarak (Kacar 1995) belirlenmiştir.

Araştırmada uygulama konularının incelenen özellikler üzerine etkisini belirlemek için her bir özelliğe ait ortalama değerler bilgisayar ortamında SPSS istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. Ortalamalar arası farklılıklar Duncan testi ile araştırılmış ve farklı grupların harflendirilmesinde % 5 önemlilik düzeyi esas alınmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Farklı toprak tekstürünün ve sulama suyu tuz içeriklerinin biber bitkisi yetiştirilen toprakların EC'si, pH'ı ve bitki besin elementi içerikleri üzerine etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. Çalışmanın sunulmasında sulama suyu tuz içeriğindeki değişiklikler sulama suyu EC düzeylerindeki artış ya da azalış şeklinde ifade edilmiştir. Toprakların EC'leri 0,453-2,298 dS m<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir. Toprakların EC'leri Soil Survey Staff (1951)'a göre sınıflandırıldığında tüm toprakların tuzsuz (2,5 dS m<sup>-1</sup>) sınıfına girdiği belirlenmiştir. Toprakların pH'ları 7,57-8,15 arasında değişiklik göstermiştir. Toprakların pH'ları Kellog (1952)'a göre sınıflandırıldığında hafif alkali (pH 7,4-7,8) ve alkali (pH 7,9-8,4) sınıfına girmişlerdir.

Toprakların toplam N içerikleri % 0,057-0,108 arasında değişiklik göstermiştir. Toplam N içeriği bakımından Loué (1968)'ya göre sınıflandırıldığında; kil bünyeli topraklar orta (% 0,091-0,110), kum bünyeli topraklar fakir (% 0,070-0,090), killi tın bünyeli topraklar ise çok fakir (% 0,070>) sınıflarında yer almışlardır.

Toprakların alınabilir P içerikleri 4,13-14,08 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir. Olsen ve Sommers (1982)'a göre sınıflandırıldığında; kil bünyeli toprakların yüksek (10 mg kg<sup>-1</sup><), kum bünyeli toprakların düşük (5 mg kg<sup>-1</sup>>) ve killi tın

bünyeli toprakların orta (5-10 mg kg<sup>-1</sup>) düzeyde alınabilir P kapsadığı belirlenmiştir.

Toprakların değişebilir K içerikleri 0,81-1,26 me 100 g<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir. Pizer (1967)'e göre sınıflandırıldığında; kil ve killi tın bünyeli toprakların tamamının değişebilir K bakımından çok yüksek (0,821 me 100 g<sup>-1</sup><) sınıfında olduğu; kum bünyeli toprakların ise yüksek (0,641-0,821 me 100 g<sup>-1</sup>) ve çok yüksek sınıfına girdiği belirlenmiştir.

Toprakların değişebilir Ca içerikleri 27,13-44,20 me 100 g<sup>-1</sup>, Mg içerikleri ise 1,71-8,21 me 100 g<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir. Loué (1968)'ya göre sınıflandırıldığında; tüm toprak tekstürlerinde toprakların değişebilir Ca ve Mg içerikleri bakımından iyi (sırasıyla 14,30 me 100 g<sup>-1</sup>< ve 0,951 me 100 g<sup>-1</sup><) sınıfa girdikleri belirlenmiştir.

Toprakların alınabilir Fe içerikleri 4,32-6,58 mg kg<sup>-1</sup>, alınabilir Zn içerikleri 1,85- 3,64 mg kg<sup>-1</sup>, alınabilir Cu içerikleri 1,92-4,54 mg kg<sup>-1</sup> ve alınabilir Mn içerikleri 3,26-7,19 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişiklik göstermiştir. Lindsay ve Norvell (1978)'e göre alınabilir Fe, Zn, Cu ve Mn bakımından sınıflandırıldığında; kil bünyeli toprakların alınabilir Fe bakımından genel olarak noksanlık gösterebilir (2,5-4,5 mg kg<sup>-1</sup>), kum ve killi tın bünyeli toprakların ise iyi (4,5 mg kg<sup>-1</sup><) sınıfına girdiği belirlenmiştir. Tüm toprakların alınabilir Cu ve alınabilir Mn içerikleri bakımından yeterli (0,2 mg kg<sup>-1</sup>< ve 1,0 mg kg<sup>-1</sup><, sırasıyla), alınabilir Zn içeriği bakımından iyi (1,0 mg kg<sup>-1</sup><) sınıfına girdikleri belirlenmiştir.

Çizelge 2'de görüldüğü üzere toprak EC'si üzerine; tuz uygulaması ile artan sulama suyu EC'lerinin (P<0,001), toprak tekstürünün (P<0,001) ve bu iki faktör arasındaki etkilerin (P<0,001) etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tüm toprak tekstüründe artan sulama suyu tuz içeriğinin, toprakların EC'sini arttırdığı belirlenmiştir. Taiz ve Zeiger (2008) tarım topraklarında yaygın olarak görülen tuzlulaşmanın asıl nedeninin, sulama suyu tuzluluğu olduğunu bildirmişlerdir. Parlak ve Parlak (2006), 5 farklı düzeyde tuzluluğa sahip (0,29, 3, 6, 9 ve 12 dS m<sup>-1</sup>) sulama suları kullanarak silajlık sorgum bitkisi yetiştirmişler ve çalışmalarının sonucunda sulama suyu tuzluluğunun artışına bağlı olarak toprak tuzluluğunun artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Bizim çalışmamızda da, bu çalışmalarla uyum içerisindeyiz. Ayrıca bizim çalışmamızda, en fazla EC artışını kil ve killi tın bünyeli topraklarda elde edilmiştir. Bu durumun; kil ve killi tın bünyeli toprakların, kumlu olanlara göre daha yüksek değerlerde kation değişim kapasitesi (KDK)'ne sahip olma potansiyelleri nedeniyle, tuzları bağlama yeteneklerinin daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Toprak pH'ı üzerine; artan sulama suyu EC'lerinin (P<0,05), toprak tekstürlerinin (P<0,001) ve bu iki faktör arasındaki etkilerin (P<0,05) etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Kil bünyeli topraklarda sulama suyundaki tuz miktarının dolayısıyla suyun EC'sindeki artışla pH'sı ilk önce yükselmiş, daha sonra ise azalma göstermiştir. Killi tın bünyeli topraklarda sulama suyu tuz içeriğindeki artışla toprakların pH'ları, kontrol uygulamalarına kıyasla azalış gösterirken, kum bünyeli topraklarda artış göstermiştir. Ayrıca, denemenin başlangıcında bütün toprak tekstürlerinde; toprakların başlangıç pH'ının yüksek olduğu, artan düzeylerde yapılan EC uygulamaları sonucunda toprakların pH'larının düştüğü belirlenmiştir. Bu durumun; kullanılan sulama suyunun pH'sının, toprakların pH'larına kıyasla düşük olmasından ve hafif asit (pH 6,50) reaksiyon göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

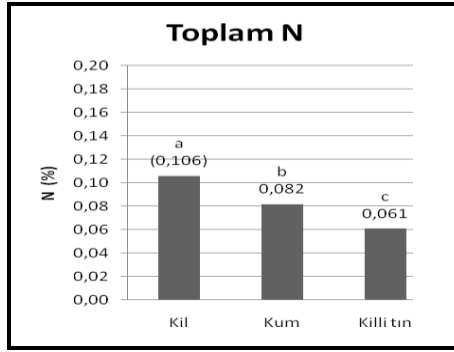
**Çizelge 2.** Farklı toprak tekstürlerinin ve farklı EC değerlerindeki tuzlu sulama suyu uygulamalarının toprakların EC'si, pH'sı ve bitki besin elementi içerikleri üzerine etkileri.

Tekstür	Sulama Suyu EC'si (dS m <sup>-1</sup> )	EC (dS m <sup>-1</sup> )	pH (1:2,5)	N (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )	K (me 100 g <sup>-1</sup> )	Ca (me 100 g <sup>-1</sup> )	Mg (me 100 g <sup>-1</sup> )	Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg kg <sup>-1</sup> )
Killi	0,7	0,581d <sup>z</sup>	7,63b	0,108	11,68	1,16	28,53	1,79a	4,41	2,03	3,15b	6,98b
	1	0,737c	7,73a	0,108	13,45	1,26	27,13	1,76a	4,70	1,92	3,37ab	7,19a
	2	1,554b	7,58b	0,102	14,08	1,20	28,65	1,71a	4,32	2,03	3,20b	7,17a
	3	2,155a	7,57b	0,106	13,63	1,22	28,05	1,82a	4,48	2,19	3,64a	7,16a
Kumlu	0,7	1,420b	7,58b	0,082	4,13	0,84	31,35	1,99a	6,40	2,42	1,98b	3,29a
	1	1,407b	7,64ab	0,081	4,15	0,82	32,13	2,02a	6,58	2,35	1,86b	3,26a
	2	2,298a	7,65ab	0,082	4,65	0,86	31,30	2,04a	6,50	2,35	1,98b	3,27a
	3	2,293a	7,68a	0,082	5,28	0,81	31,58	1,93a	6,58	2,35	2,49a	3,29a
Killi Tınlı	0,7	0,453d	8,15a	0,057	7,05	1,00	40,60	7,62b	5,38	4,54	2,35a	6,15a
	1	0,634c	8,07b	0,064	7,53	1,03	43,43	7,61b	5,71	4,39	1,96b	6,17a
	2	1,425b	7,91c	0,063	7,20	1,05	44,20	7,75b	5,20	4,51	2,35a	6,15a
	3	1,888a	7,95c	0,061	9,43	1,03	41,13	8,21a	5,45	4,47	1,85b	6,17a
<i>Önemlilik</i>												
Tekstür (T)	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
EC	***	*	ÖD	*	ÖD	*	ÖD	ÖD	*	ÖD	ÖD	ÖD
TxEC	***	*	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	ÖD	**	ÖD	ÖD	*	*

ÖD, \*, \*\*, \*\*\*: Sırasıyla, önemli değil, 0,05, 0,01 ve 0,001 düzeyinde önemli.

<sup>z</sup>: Sütunlarda, aynı toprak tekstürü içinde Duncan testine göre % 5 önem düzeyinde farklı ortalamalar ayrı harflerle gösterilmiştir.

Topraktaki toplam N içeriği üzerine; sadece toprak tekstürünün ( $P<0,001$ ) etkisi önemli bulunmuş, sulama suyu tuz içeriğinin artışı ve iki faktör arasındaki interaksiyonun hiçbir etkisi görülmemiştir (Çizelge 2). Toprak tekstürleri bakımından genel olarak incelendiğinde, en yüksek toplam N içeriği % 0,106 ile kil bünyeli toprakta elde edilmiştir. En düşük toplam N içeriği ise % 0,061 ile killi tın bünyeli toprakta elde edilmiştir (Şekil 1). Bu durumun, denemeye başlamadan önce killi tın bünyeli toprağın toplam N içeriğinin çok fakir ( $\% 0,070>$ ) olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



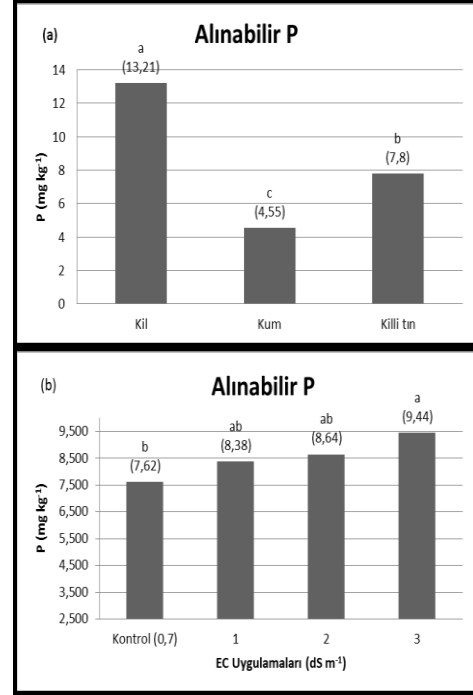
Şekil 1. Farklı toprak tekstürlerinin toprakların toplam N içerikleri üzerine etkileri.

Toprakların alınabilir P içeriği üzerine; sulama suyu EC'lerinin ( $P<0,05$ ) ve toprak tekstürünün ( $P<0,001$ ) etkileri istatistiksel olarak önemli bulunurken; bu iki faktör arasındaki interaksiyonun etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Artan sulama suyu tuz içeriklerine bağlı olarak toprakların alınabilir P içerikleri artış göstermiştir (Şekil 2b). Sönmez ve Beyazgül (2008), sodyum içeriği yüksek olan topraklarda, sodyum karbonatın çözünebilir sodyum fosfat oluşumuna yol açtığını ve EC ile toprağın çözünebilir P kapsamı arasında pozitif bir korelasyonun ortaya çıkmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Bizim çalışmamız, bu çalışma ile uyum içerisindedir.

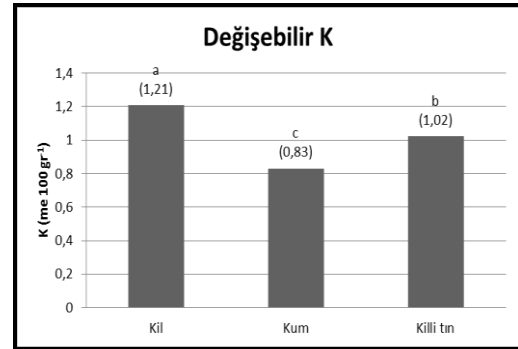
Toprak tekstürleri bakımından değerlendirildiğinde ise, en yüksek alınabilir P içeriği  $13,21 \text{ mg kg}^{-1}$  ile kil bünyeli toprakta, en düşük alınabilir P içeriği ise  $4,55 \text{ mg kg}^{-1}$  ile kum bünyeli toprakta elde edilmiştir (Şekil 2a). Bu durumun, denemeye başlamadan önce toprakların alınabilir P içeriğinin kil bünyeli toprakta yüksek ( $10 \text{ mg kg}^{-1}<$ ) olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Toprak değişebilir K içeriği üzerine; sadece toprak tekstürünün ( $P<0,001$ ) etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Artan sulama suyu tuz içeriklerinin toprakların değişebilir K içerikleri üzerine hiçbir etkisi bulunmamıştır (Çizelge 2). Toprak tekstürü bakımından değerlendirildiğinde, en yüksek değişebilir K içeriği  $1,21 \text{ me } 100 \text{ g}^{-1}$  ile kil bünyeli toprakta, en düşük değişebilir K içeriği ise  $0,83 \text{ me } 100 \text{ g}^{-1}$  ile kum bünyeli toprakta elde edilmiştir (Şekil 3). Kil bünyeli toprakların K içeriklerinin daha yüksek olmasının; denemeye başlamadan önce kil bünyeli toprağın, kum ve killi tın bünyeli toprağa kıyasla değişebilir K içeriğinin daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Toprakların değişebilir Ca içeriği üzerine; sadece toprak tekstürlerinin ( $P<0,001$ ) etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Toprak tekstürü bakımından değerlendirildiğinde, en yüksek toprak değişebilir Ca içeriği  $42,34 \text{ me } 100 \text{ g}^{-1}$  ile killi tın bünyeli toprakta elde edilmiştir. En düşük toprak değişebilir Ca içeriği ise  $28,09 \text{ me } 100 \text{ g}^{-1}$  ile kil

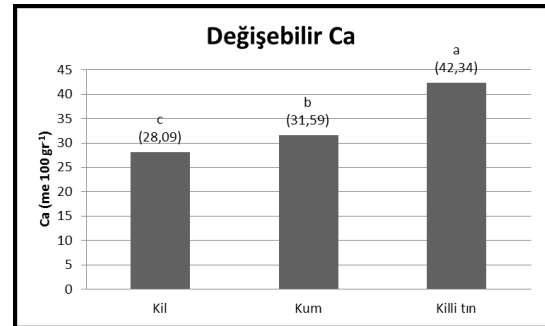


Şekil 2. Farklı toprak tekstürlerinin (a) ve sulama suyu EC uygulamalarının (b) toprakların alınabilir P içerikleri üzerine etkileri.



Şekil 3. Farklı toprak tekstürlerinin toprakların değişebilir K içerikleri üzerine etkileri.

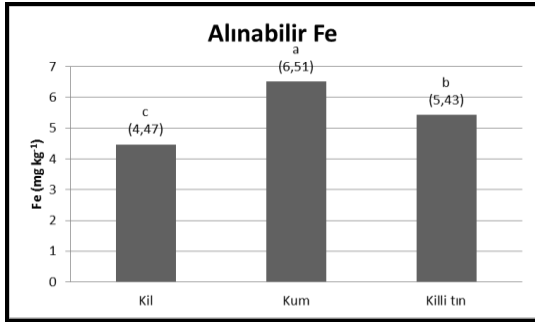
bünyeli toprakta elde edilmiştir (Şekil 4). Killi tın bünyeli toprakların değişebilir Ca içeriklerinin daha yüksek olması; denemeye başlamadan önce killi tın bünyeli toprağın, kum ve kil bünyeli topraklara kıyasla değişebilir Ca içeriğinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4. Farklı toprak tekstürlerinin toprakların değişebilir Ca içerikleri üzerine etkileri.

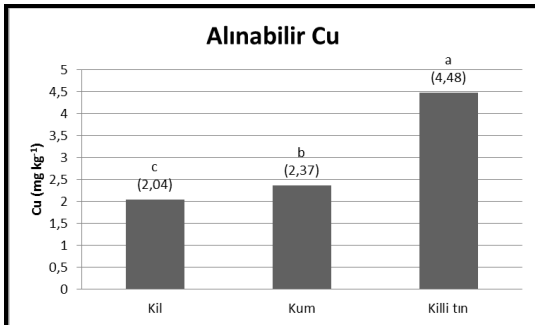
Toprakların değişebilir Mg içeriği üzerine; sulama suyu EC'lerinin ( $P<0,05$ ), toprak tekstürünün ( $P<0,001$ ) ve bu iki faktör arasındaki interaksiyonun ( $P<0,01$ ) etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Artan sulama suyu tuz içeriğinin kil ve kum bünyeli topraklarda, toprakların değişebilir Mg içerikleri üzerine hiçbir etkisi olmazken, killi tın bünyeli topraklarda artışa sebep olmuştur. Toprak tekstürü bakımından incelendiğinde, en yüksek değişebilir Mg içeriği killi tın bünyeli toprakta, en düşük değişebilir Mg içeriği ise kil bünyeli toprakta elde edilmiştir. Killi tın bünyeli toprakların değişebilir Mg içeriklerinin daha yüksek olması değişebilir K ve Ca'da olduğu gibi; denemeye başlamadan önce killi tın bünyeli toprağın, kum ve kil bünyeli topraklara kıyasla değişebilir Mg içeriğinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Toprakların alınabilir Fe içeriği üzerine; sadece toprak tekstürünün ( $P<0,001$ ) etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken; sulama suyu EC uygulamalarının ve bu iki faktör arasındaki interaksiyonun etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Toprak tekstürü bakımından, en yüksek alınabilir Fe içeriği  $6,51 \text{ mg kg}^{-1}$  ile kum bünyeli toprakta, en düşük alınabilir Fe içeriği ise  $4,47 \text{ mg kg}^{-1}$  ile kil bünyeli toprakta elde edilmiştir (Şekil 5). Kum bünyeli toprakların alınabilir Fe içeriklerinin daha yüksek olması; denemeye başlamadan önce, kil ve killi tın bünyeli topraklara kıyasla alınabilir Fe içeriğinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5. Farklı toprak tekstürlerinin toprakların alınabilir Fe içerikleri üzerine etkileri.

Toprakların alınabilir Cu içeriği üzerine; sadece toprak tekstürünün ( $P<0,001$ ) etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken; sulama suyu EC uygulamaları ve bu iki faktör arasındaki interaksiyon önemsiz bulunmuştur (Çizelge 2). Toprak tekstürü bakımından değerlendirildiğinde, en yüksek toprak alınabilir Cu içeriği  $4,48 \text{ mg kg}^{-1}$  ile killi tın bünyeli toprakta, en düşük toprak alınabilir Cu içeriği ise  $2,04 \text{ mg kg}^{-1}$  ile kil bünyeli toprakta elde edilmiştir (Şekil 6). Killi tın bünyeli toprakların alınabilir Cu içeriklerinin daha yüksek olması;



Şekil 6. Farklı toprak tekstürlerinin toprakların alınabilir Cu içerikleri üzerine etkileri.

denemeye başlamadan önce sözü edilen toprağın, kil ve kum bünyeli topraklara kıyasla alınabilir Cu içeriğinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Toprakların alınabilir Zn içeriği üzerine; sulama suyu EC uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; toprak tekstürünün ( $P<0,001$ ) ve bu iki faktör arasındaki interaksiyonun ( $P<0,05$ ) etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Artan sulama suyu tuz içerikleri; kil ve kum bünyeli toprakların alınabilir Zn içeriklerinin artışına neden olurken; killi tın bünyeli toprakta düzenli bir artış veya azalış belirlenmemiştir.

Toprakların alınabilir Mn içeriği üzerine; sulama suyu EC uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunurken; toprak tekstürlerinin ( $P<0,001$ ) ve bu iki faktör arasındaki interaksiyonun ( $P<0,05$ ) etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Kum ve killi tın bünyeli topraklarda artan düzeylerde sulama suyu EC uygulamalarının alınabilir Mn içerikleri üzerine hiçbir etkisi olmazken; kil bünyeli toprakta artışa sebep olmuştur.

#### 4. Sonuç

Farklı tekstür gruplarına dahil olan topraklarda bitkisel üretim yapılırken kullanılacak olan suyun EC değerinin; toprakların EC'si, pH'ı, makro ve mikro besin elementi içerikleri üzerine etkili olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada incelediğimiz parametrelerin tamamında, toprak tekstürü istatistiksel olarak önemli ( $p<0,001$ ) bulunmuştur. Nitekim toprak tekstürünün; su tutma kapasitesi, kapillarite, besin maddelerinin bağlanması vb. toprak özellikleri üzerinde belirleyici rol oynadığı birçok literatürde de belirtilmektedir (Karaçal 2008). Bu toprak özellikleri de, toprağın tuzlulaşma sürecini doğrudan etkilemekte ve toprak tekstürüne bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu nedenle, eğer bitkisel üretim potansiyel tuzlanma riski olan bölgelerde veya düşük kaliteli sulama suyu kullanılarak yapılacaksa; toprağın tuzlulaşma sürecinde toprak tekstürünün, göz önünde bulundurulması gereken önemli bir faktör olduğu sonucuna varılmıştır.

#### Kaynaklar

- Bahtiyar M (2002) Çorak Topraklar. www.tema.org.tr. Erişim Eylül 2009.
- Black CA (1957) Soil-Plant Relationships. John Wiley and Sons, Newyork.
- Black CA (1965) Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, Wisconsin.
- Bouyoucos GJ (1955) A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. Agronomy Journal 4: 434.
- Chapmann ND, Pratt PF, Parker F (1961) Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences, California.
- Çağlar KÖ (1949) Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Sayı:10, Ankara.
- Ergene A (1982) Toprak Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No:267, Ders Kitapları Serisi No:42, Erzurum.
- Henderson DW (1958) Influence on soil permeability of total concentration and sodium in irrigation water. Water Resoueces Center University of California 14:153-157.
- IFA (2008) Fertilizer Sampling and Analysis. www.fertilizer.org/ifa. Accessed 21 July 2008.
- Jackson MC (1967) Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India



- Private' Limited, New Delhi.
- Kacar B (1995) Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, III. Toprak Analizleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.
- Kara T (2002) Irrigation scheduling toa present soil salinization from a shallow water table. Acta Horticulture 573: 139-151.
- Karaçal İ (2008) Toprak Verimliliği. Nobel Yayınları No:1335, Ankara.
- Kellog CE (1952) Our Garden Soils. The Macmillan Company, Newyork.
- Kwiatowsky J (1998) Salinity classification, mapping and managment in alberta. <http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity/>. Accessed 20 July 2011.
- Lindsay WL, Norvell WA (1978) Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of American Proceeding 42: 421-428.
- Loué A (1968) Diagnostic Petiolaire de Prospection. Etudes Sur la Nutrition et la Fertilisation Potassiques de la Vigbe Societe Commerciale des Potasses d'Alsace Services. Agroomiques. 31- 41.
- Olsen SR, Sommers LE (1982) Phosphorus. American Society of Agronomy, pp.539-579, Madison, Wisconsin.
- Parlak M, Parlak AÖ (2006) Sulama suyu tuzluluk düzeylerinin silajlık sorgumun (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) verimine ve toprak tuzluluğuna etkisi. Tarım Bilimleri Dergisi 12: 8-13.
- Pizer NH (1967) Some advisory aspect. Soil potasssium and magnesium. Technology Bulletin,14: 184.
- Soil Survey Staff (1951) Soil Survey Manuel. Agricultural Research Administration, U.S. Dept. Agriculture, Handbook No: 18.
- Sönmez B, Beyazgül M (2008) Türkiye'de tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahı ve yönetimi, 5. Dünya Su Forumu Sulama Tuzlanma Toplantısı, Şanlıurfa.
- Taiz L, Zeiger E (2008) Plant Physiology, 3th Edition, Sinauer Associates, Massachusetts.
- Tanji KK (1990) Agricultural Salinity Assessment and Management. Published by American Society of Civil Engineers, New York.
- Van Der Molen WH (1973) Salt balance and leaching requirements. Drainage Principles and Applications, ILRI, 16 Vol. II: 60-100, Wageningen.
- Yakupoğlu T, Özdemir N (2007) Tuzluluk ve alkaliliğin toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 22: 132-138.