

# Farklı Sulama Suyu Kalitesi ve Yıkama Oranı Uygulamalarında Profil Tuzluluğunun Değişimi<sup>1</sup>

E. Yurtseven<sup>1</sup>, H. S. Öztürk<sup>2</sup>, S. Avcı<sup>3</sup>, S. Altınok<sup>4</sup>, M. F. Selenay<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

<sup>3</sup>Hacettepe Üniversitesi Hidrojeoloji Bölümü, Ankara

<sup>4</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara

**Özet:** Bu çalışmada lizimetre koşullarında farklı sulama suyu tuzluluğu ve yıkama oranı uygulamaları altında toprak profilindeki tuzluluğun değişimi incelenmiştir. Denemeler 3 sulama suyu tuzluluğu (250, 1500 ve 3000  $\mu\text{S/m}$ ) ve 4 yıkama oranı (%10, 20, 35 ve 50) uygulaması ile 3 tekrarlı olmak üzere toplam 36 lizimetrede, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme biçiminde yürütülmüştür. Toprak örnekleri 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 ve 80-100 cm derinliklerden aylık periyot ile alınmış, toprak tuzlukları 1:2.5 toprak- su ekstraktında incelenmiştir. Toprak profil tuzlulukları incelendiğinde, ortalama profil tuzluluklarının sulama suyu tuzluluklarına bağlı olarak daha az değişim gösterdiği, buna karşın yıkama hacmindeki artışlara bağlı olarak belirgin seviyede etkilendiği görülmüştür. Ortalama toprak profil tuzlulukları yıkama hacmindeki artışlara bağlı olarak azalmıştır. Aynı zamanda bütün lizimetrelerde, derinlik artışı ile tuzluluk değerlerinin de arttığı görülmektedir. Tuzluluk bileşenlerinden  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$  içerikleri analiz edilmiş ve klor iyonunun diğer iyonlara oranla profilden daha kolay yıkanabildiği, özellikle  $\text{Na}^+$  iyonunun ise profilde değişiminin daha sınırlı düzeyde kaldığı gözlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sulama suyu tuzluluğu, toprak tuzluluğu, yıkama

## Soil Salinity Changes Due to Different Irrigation Water Salinity and Leaching Fractions

**Abstract:** In this study, soil profile salinity variations were investigated with different irrigation water salinity and leaching fractions in lysimeters, under the open-rain conditions. Experiments were carried out with three irrigation water salinity levels (0.25, 1.5 ve 3.0 dS/m) and four leaching fractions (%10, 20, 35 ve 50) with three replications, totally in 36 lysimeters, with fully randomized factorial design. Soil samples were taken out from 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 ve 80-100 cm soil depths in monthly basis. Soil salinity were measured in 1:2,5 soil water ratio. Average soil salinities in the profile were not affected significantly from the irrigation water salinity level, but leaching fraction effected the soil salinities. Soil salinity decreased with increasing leaching fraction, and also increased with depth for all treatments. Soil salinities of each layer increased with the increasing salinity level of irrigation water throughout the irrigation period. Variations of some salinity components in the soil profiles which are  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ , and  $\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$  were also analyzed. It was found that  $\text{Cl}^-$  was highly soluble and leached easily from the profiles. In contrary  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  and especially  $\text{Na}^+$  were not easily leached and accumulated in the profile even in lysimeters applied more leaching water.

**Key Words:** Irrigation water salinity, soil salinity, leaching

### GİRİŞ

Sulu tarım, kullanılabilir kalitede yeterli su kaynağına bağımlıdır. İyi kalitede su kaynakları bol ve kolayca elde edilebilir olduğu için su kalitesi sorunu çoğunlukla ihmal edilmiştir. Şimdi birçok alanda bu durum değişmektedir. Bugün artık neredeyse bütün iyi kaliteli suların yoğun kullanımları nedeniyle yeni veya destekleyici su sağlanması, daha düşük kaliteli veya daha az istenen su kaynaklarına dayanmaktadır. Bu düşük kaliteli su kaynakları kullanıldığında ortaya çıkabilecek problemlerden sakınmak için yeterli bilgiye sahip olmak ve doğru planlama gerekmektedir.

Sulamaya açılan bir tarım alanı herşeyden önce tuzlaşma periyoduna dahil edilmiş demektir. Sulama ile amaçlanan verim artışı olmaktadır ancak, sulama amacıyla kullandığımız su kaynaklarının içerdiği tuzlar nedeniyle, bu tarım alanı sulamaya açılmasından itibaren tuzlaşma sürecine de girmektedir. Sulama suyunu kök bölgesinde depolarken, içerisinde barındırdığı erimiş katı maddelerin hemen tamamı da kök bölgesine yığılmaktadır. Suyun tüketilmesi aşamaları sonrasında ise bu iletilen tuzların çok büyük bir kısmı kök bölgesi içerisinde biriktirilmektedir. Bu nedenle bir

<sup>1</sup>Tübitak Tarafından Desteklenmiştir.

Sorumlu yazar : Engin Yurtseven

E-posta : yurtsev@ankara.edu.tr

sulama alanında sulama mevsimi boyunca toprak tuz içeriği artmakta, kış periyodunda ise yağışların yıkama etkisi ile azalabilmektedir (Yurtseven ve Güngör, 1990; Yurtseven ve Sönmez, 1996).

Toprak tuzluluğu olarak ifade edilen saturasyon ekstraktı elektriksel iletkenlik değeri  $EC_e$  doymuş toprak koşullarında ölçülmesi nedeni ile doğal toprak koşullarını belirtmemektedir. Bitkinin etkisinde kaldığı tuzluluk değeri tarla koşullarındaki  $EC_e$  değerinden daha yüksektir. Bunun da ötesinde toprak genelde tarla kapasitesi neminden de daha az nem içermesi nedeniyle, bitkiyi etkileyecek olan toprak tuzluluk değeri, tarla kapasitesi nemi tuzluluk değerinden  $EC_{fc}$  daha büyük bir değer olacaktır. Sonuçta bitkinin etkisinde kaldığı tuzluluk düzeyi "anlık-apparent" tuzluluk değeridir ve bunu  $EC_a$  olarak nitelendirmek yerinde olacaktır (Corwin ve Lesch, 2005a).

Toprak profilindeki tuzluluğun değişimi konusunda değişik ortamlarda ve farklı araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalar sonucunda; profil tuzluluğunun sulama suyu tuzluluğu ve uygulanan sulama ve tarım tekniği biçimlerine göre farklılık gösterdiği ancak, her koşulda farklı düzeylerde de olsa profil tuzluluklarının artış gösterdiği belirlenmiştir (Yurtseven ve Sönmez, 1996). Kaliforniya San Joaquin Vadisinde yapılan bir çalışmada ise EM tekniği ile belirlenen  $EC_a$  değerleri ile toprak örnekleme sonucunda elde edilen saturasyon ekstraktı değerleri arasındaki ilişkilerde;  $EC_e$ , Cl,  $HCO_3$ ,  $SO_4$ , Na, K ve Mg ile değişebilir Na ve SAR değerleri arasında güçlü ilişkiler olduğu görülmüştür (Corwin ve Lesch, 2005c).

Yıkama, sürdürülebilir sulu tarım açısından, eriyebilir tuzların kök bölgesindeki birikimini önlemek için mutlak zorunlu bir uygulamadır. Ancak, çoğu alanda, sulama yönteminden kaynaklanan yetersiz sulama verimliliği sonucu, istenmeyen düzeylerde yıkama oluşabilmektedir. Tuzların kök bölgesinden yıkanmaları demek, drenaj suyunun tuzluluğunun artırılması demektir. Bu nedenle yıkama oranının azaltılması yani sulama verimliliğinin artırılması, her ne kadar kök bölgesinin alt kısımlarındaki tuz konsantrasyonunun artması demek olsa da, drenaj suyu tuz yükünün azaltılması anlamına gelmektedir (Oster ve Rhoades, 1978). Sonuçta sulama yönetimi belirli koşullar altın-

da drenaj suyunun tuzluluğunun da kontrolü anlamına gelmektedir. Suarez ve Rhoades (1977), sulama verimliliğinin yükseltilmesinin kapalı nehir havzasında yeraltı suyu tuzluluğuna etkisini incelemişlerdir; suyun kimyasal yapısına bağlı olarak, kararlı su ve tuz akımında, sulama verimliliğindeki farklılıkların, akış aşığı su kalitesini bazı koşullarda etkileyebildiklerini belirtmişlerdir. Bu çalışmada yonca ekili ve açıkta yetiştiricilik koşullarındaki lizimetrelerde, farklı sulama suyu kalitesi ve yıkama hacmi uygulamaları altında toprak profil tuzluluğunun değişimi incelenmiştir.

### MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışmalar, 3 farklı sulama suyu tuzluluk düzeyi ( $T_1=250\mu S/cm$ -kontrol/şehir şebeke suyu,  $T_2=1500$ ,  $T_3=3000\mu S/cm$ ) ve 4 farklı yıkama oranı ile ( $Y_1=\%10$ ,  $Y_2=\%20$ ,  $Y_3=\%35$ ,  $Y_4=\%50$ ) tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme düzeninde 3 tekrarlamalı olarak, 115cm yüksekliğinde ve 40cm çapında toplam 36 adet PVC lizimetrede yürütülmüştür. Lizimetreler Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dışkapı yerleşkesinde yer alan deneme tarlaları içerisine yerleştirilmiş ve denemeler açıkta yonca (*Medicago sativa*) yetiştiriciliği şeklinde Mayıs 2010-Kasım 2010 tarihleri arasında yürütülmüştür (Şekil 1).

Denemelerde şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Bu suyun analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Sulama suyu tuzluluklarının oluşturulmasında ise NaCl ve  $CaCl_2$  tuzları kullanılmıştır. Sulama sularının SAR değerleri <1 olarak korunmuş, gerekli tuz miktarları bir BASIC programı yardımıyla hesaplanmıştır (Yurtseven ve Güngör, 1990). Denemelerde kullanılan toprak, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dışkapı Yerleşkesi deneme alanlarından alınmış ve elendikten sonra lizimetrelere doldurulmuştur. Deneme toprakları hafif-orta bünyeli, içerisindeki kum, kil ve silt oranları sırasıyla %58, %21 ve %21 olup, kumlu-killi-tın (SCL) bünyelidir. Lizimetrelerdeki toprakların tuzluluklarının zaman içerisindeki değişimlerinin incelenmesi amacıyla aylık periyot ile 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 ve 80-100 cm derinliklerden bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Örnekler laboratuvarında 1:2.5 saturasyon ekstraktı hazırlanarak (Ayers ve Westcot, 1989), toplam tuzluluk ile anyon ve katyon içerikleri bakımından analiz edilmişlerdir. Alınan örneklerde Anonymous, (1954)'e göre, EC ölçümleri 25°C'de elektriksel iletkenlik aleti (YSI 3000)

ile pH ölçümleri cam elektrodlu pH metre cihazı (Martini MI151) ile yapıldıktan sonra, anyon (Cl<sup>-</sup>) ve katyon (Na<sup>+</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mg<sup>+2</sup>) analizleri *DIONEX 1600* marka iyon kromatografisi sisteminde; anyonlar için *Ion-pac AG9-SC* kolon ile 9mM sodyum karbonat uygulaması, katyonlar için ise *Ion-Pac CG12A* kolon ile 20 mN metansülfonik asit uygulaması ile yapılmıştır (Anonymous, 1993).

Denemelerde sulamalar içerisinde sulama sularının hazırlandığı plastik bidondan ve küçük bir motopomptan yararlanarak, damla sulama tekniği ile yapılmıştır. Vejetasyon dönemi süresince toplam 10 kez sulama yapılmıştır. Sulama zamanları iklim, bitki fenolojik gözlemleri ve hasat dönemleri göz önüne alınarak belirlenmiştir. Bitki toplamda 5 kez hasat edilmiştir.

Sulama suyu miktarları, yedek lizimetrelerden alınan toprak örnekleri ve bazı lizimetrelere yerleştirilen TDR problemlerinden yapılan okumalar ile belirlenmiştir. Hesaplanan miktar  $Y_1$  olarak ayarlandıktan sonra uygulanmış ve drenaj suyu çıkışları gözlemlenmiştir. Drenaj suyu çıkışı oluştuğunda diğer yıkama oranı konuları ( $Y_2$ ,  $Y_3$  ve  $Y_4$ ) için gerekli sulama suları, hesaplanan sulama miktarları sırasıyla %20, %35 ve %50 oranında artırılarak uygulama yapmak suretiyle tamamlanmıştır. Gerçekleşen yıkama hacmi (LF) oranları ise, Drenaj suyu hacmi ( $D_d$ ) ve sulama suyu hacmi(I) değerlerinden aşağıdaki Eşitlik 1 yardımıyla hesaplanmıştır (Ayers ve Westcot, 1989).

$$LF = \frac{D_d}{I} \quad (1)$$



Şekil 1. Denemelerin genel görünüşü ve sulama ekipmanları

Çizelge 1. Ankara şehir şebeke suyu tuzluluk analiz sonucu

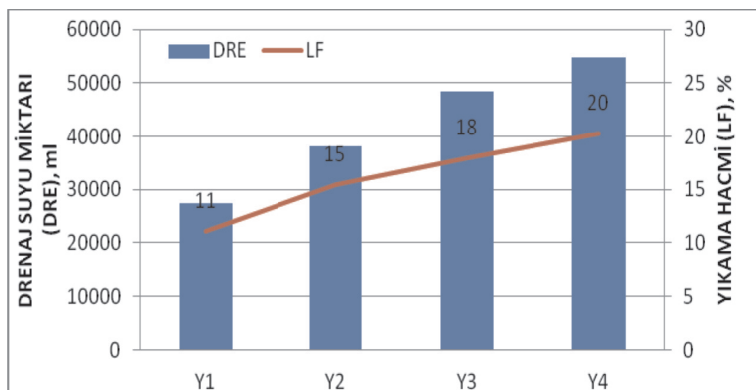
pH	EC μS/m	Katyonlar, me/l					Anyonlar, me/l				SAR
		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Top	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Top	
7.11	250	0.43	0.07	0.70	1.14	2.34	1.60	0.50	0.24	2.34	0.45

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Denemelerde, uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen drenaj suyu miktarlarından yararlanarak hesaplanan gerçekleşen yıkama oranı (LF) değerleri  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  ve  $Y_4$  konuları için sırasıyla %11, 15, 18 ve 20 olmuştur (Şekil 2).

### Ortalama profil tuzluluklarının değişimi

Denemelerden elde edilen toprak tuzluluk analizleri (1:2.5'lük ekstrakta EC ölçümleri şeklinde) incelendiğinde, toprak tuzluluklarının hem deneme süresince hem de sulama suyu tuzluluk düzeylerine bağlı olarak değişiklik gösterdiği görülmektedir. Konu ortalamaları olarak tuzluluk değerleri sulama suyu tuzluluğu konularına göre farklılık göstermektedir (Yurtseven ve Güngör, 1990). Aylık toprak tuzluluk değerleri kendi içerisinde incelendiğinde, daha tuzlu sulama sularının toprakta daha fazla tuz birikimine neden olduğu görülmektedir. Örneğin haziran ayında toprak profil tuzlulukları konu ortalamaları olarak  $T_1=578$ ,  $T_2=542$  ve  $T_3=615$   $\mu\text{S}/\text{cm}$  olmuştur.  $T_1$  ila  $T_3$  arasındaki farklılık %6.4 dür. Aynı farklılıklar Temmuzda %32.1, Ağustosta %40.1, Eylülde %205.7, Ekimde %181.6 olmuştur. Bir başka ifade ile devam eden sulamalar nedeniyle profilde tuz birikimi zaman içerisinde artmıştır (Çizelge 2). Sonuçta, bir sulanan alanda mevsim içerisinde profil tuzluluğunun sürekli bir artış göstermesi karakteristik bir durumdur (Yurtseven ve Sönmez, 1996; Yurtseven vd. 1999; Yurtseven ve Öztürk, 2001).



Şekil 2. Denemelerde (Y) konuları için ortaya çıkan toplam drenaj suyu hacimleri ile gerçekleşen yıkama hacmi (LF) oranları

Ortalama profil tuzlulukları üzerine yıkama oranlarının genel etkilerini incelediğimizde, kumlu deneme toprağında yıkama oranlarının, toprak tuzluluğunun değişimi üzerine çok belirgin bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Şekil 3). Bunun nedeni kumlu toprağın düşük katyon tutum ve değiştirme özelliği nedeniyle düşük yıkama oranlarında dahi önemli düzeyde ve yeterli bir yıkamanın oluşabilmesidir. Bir başka deyişle, %10 luk bir yıkama hacmi etkisinde kumlu toprakta yıkanabilir nitelikteki tuzların hemen tamamı yıkanabilmekte, daha fazla verilen yıkama hacimleri etkisinde dikkat çekici bir farklılık oluşmamaktadır.

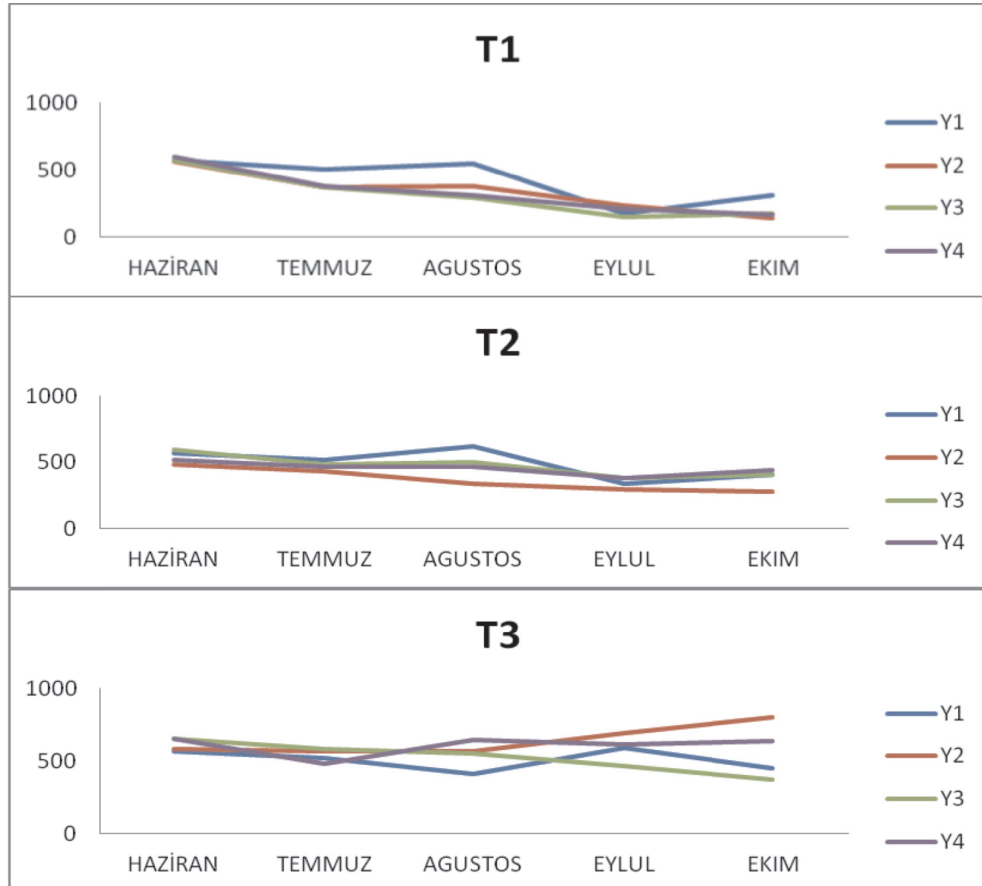
### Profil tuzluluğunun ( $EC_{1:2.5}$ ) derinlik ile değişimi

Profil tuzluluklarının derinlikler göz önüne alınarak belirlenen tuzluluk değerleri Şekil 4'de gösterilmiştir. Genel olarak bakıldığında, toprak profilindeki tuzlulukların derinlik ile her tuzluluk düzeyinde artma gösterdiği görülmektedir (Yurtseven vd. 2000). Bu artışlar en düşük düzeyde  $T_1$  konularında oluşurken, profile iletilen tuzların daha fazla olduğu  $T_2$  ve  $T_3$  konularında daha yüksek olmuştur. Ancak, profilde tuz birikme deseni yıkama oranları (Y) tarafından belirgin biçimde etkilenmemektedir. Bir başka ifade ile yıkama oranı konuları, profilde tuz birikimine görünür bir etki yapmamıştır.

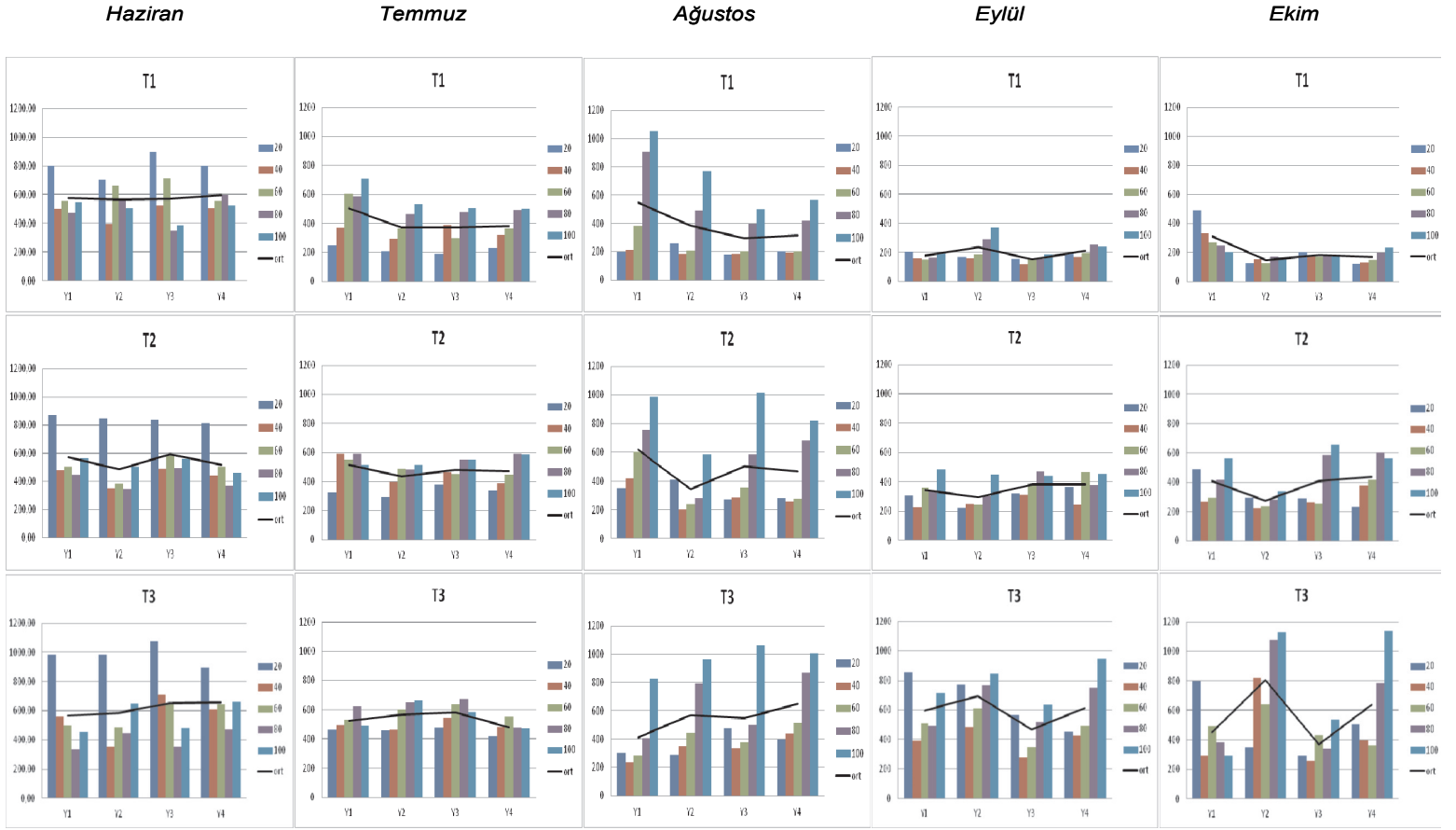
$T_1$  konusunda (250  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) deneme süresince zaman boyutunda her derinlikteki tuzların yıkanarak azalma gösterdiği görülmektedir.  $T_2$  konusunda (1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) daha az belirgin olan bu durum,  $T_3$  konusunda (3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) profil tuzluluğun görülür bir değişim yoktur. Bu durum bize, iyi kaliteli suların profildeki tuzların yıkanmasında daha etkin olduğunu göstermektedir. Buna karşın tuzluluğu yüksek olan sularla yapılan yıkama uygulamalarından, yıkama suyu ile aynı zamanda tuz eklenmesi de söz konusu olduğu için, profilde tuzların toplam miktarının azalması konusunda fazla bir etkinlik görülmemektedir. Başlangıçta yüksek olan yüzey toprağı tuzluluğu, zaman içerisinde hemen her konuda azalma gösterebilmiştir (Yurtseven vd. 2002).

**Çizelge 2.** Sulama suyu tuzlulukları (T) ve yıkama hacmi oranları (Y) için aylık süreçte, ortalama profil tuzlulukları

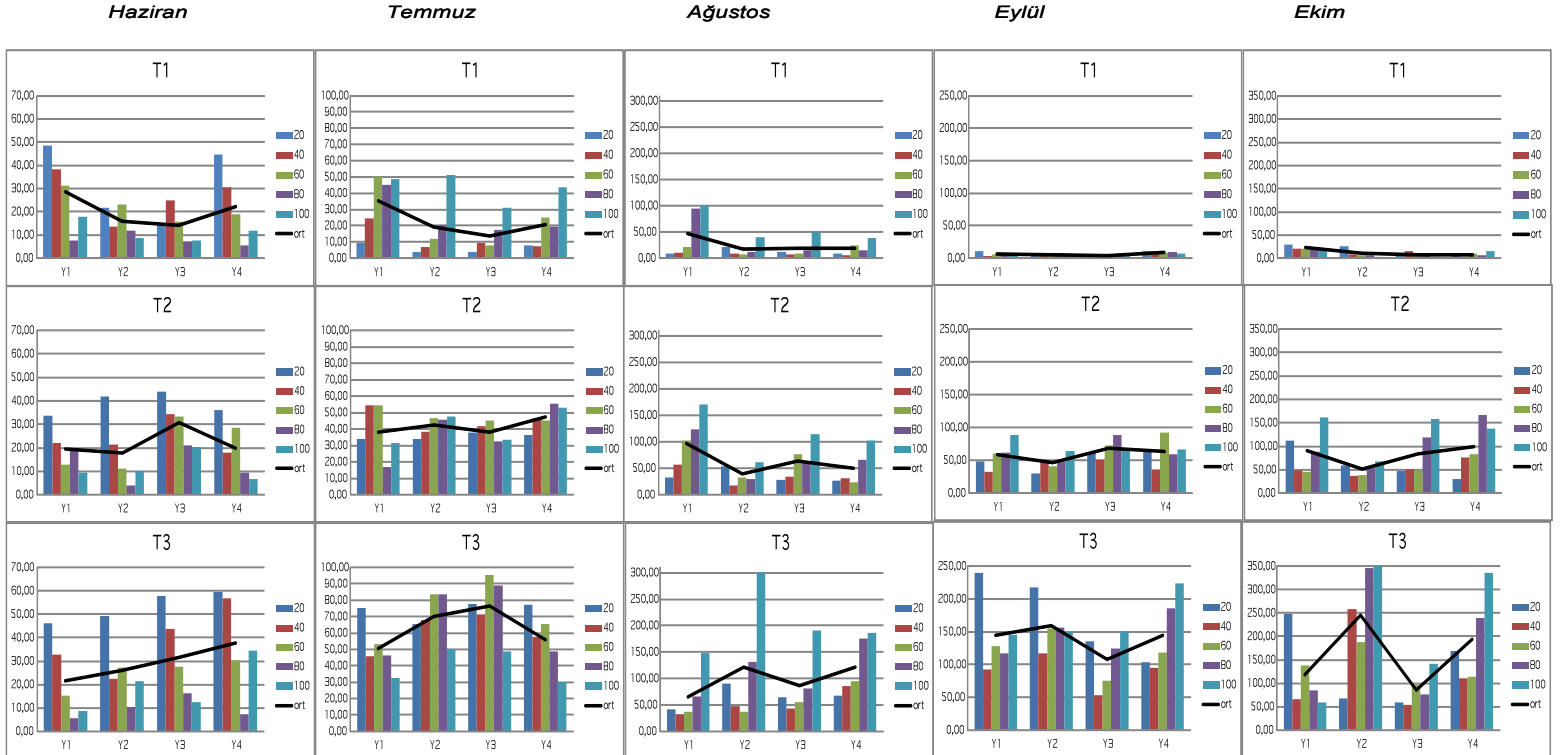
Ortalama profil tuzlulukları (µS/cm)													
		Y1	Y2	Y3	Y4	ort			Y1	Y2	Y3	Y4	ort
HAZİRAN	T1	577	565	573	598	<b>578</b>	T1	HAZİRAN	577	565	573	598	<b>578</b>
	T2	571	485	593	517	<b>542</b>		TEMMUZ	504	372	373	382	<b>408</b>
	T3	566	585	655	655	<b>615</b>		AGUSTOS	550	383	294	317	<b>386</b>
	ort	<b>572</b>	<b>545</b>	<b>607</b>	<b>590</b>			EYLUL	177	236	155	210	<b>194</b>
TEMMUZ	T1	504	372	373	382	<b>408</b>	T2	EKİM	310	148	181	167	<b>201</b>
	T2	515	434	480	469	<b>475</b>		ort	<b>423</b>	<b>341</b>	<b>315</b>	<b>335</b>	
	T3	521	569	584	480	<b>539</b>			Y1	Y2	Y3	Y4	ort
	ort	<b>514</b>	<b>458</b>	<b>479</b>	<b>444</b>			HAZİRAN	571	485	593	517	<b>542</b>
AGUSTOS	T1	550	383	294	317	<b>386</b>	T3	TEMMUZ	515	434	480	469	<b>475</b>
	T2	622	343	504	465	<b>483</b>		AGUSTOS	622	343	504	465	<b>483</b>
	T3	411	569	550	647	<b>544</b>		EYLUL	343	293	385	383	<b>351</b>
	ort	<b>527</b>	<b>432</b>	<b>449</b>	<b>476</b>			EKİM	407	275	409	440	<b>383</b>
EYLUL	T1	177	236	155	210	<b>194</b>	T3	ort	<b>492</b>	<b>366</b>	<b>474</b>	<b>455</b>	
	T2	343	293	385	383	<b>351</b>			Y1	Y2	Y3	Y4	ort
	T3	593	696	468	614	<b>593</b>		HAZİRAN	566	585	655	655	<b>615</b>
	ort	<b>371</b>	<b>408</b>	<b>336</b>	<b>402</b>			TEMMUZ	521	569	584	480	<b>539</b>
EKİM	T1	310	148	181	167	<b>201</b>	T3	AGUSTOS	411	569	550	647	<b>544</b>
	T2	407	275	409	440	<b>383</b>		EYLUL	593	696	468	614	<b>593</b>
	T3	451	804	372	638	<b>566</b>		EKİM	451	804	372	638	<b>566</b>
	ort	<b>389</b>	<b>409</b>	<b>321</b>	<b>415</b>			ort	<b>509</b>	<b>644</b>	<b>526</b>	<b>607</b>	



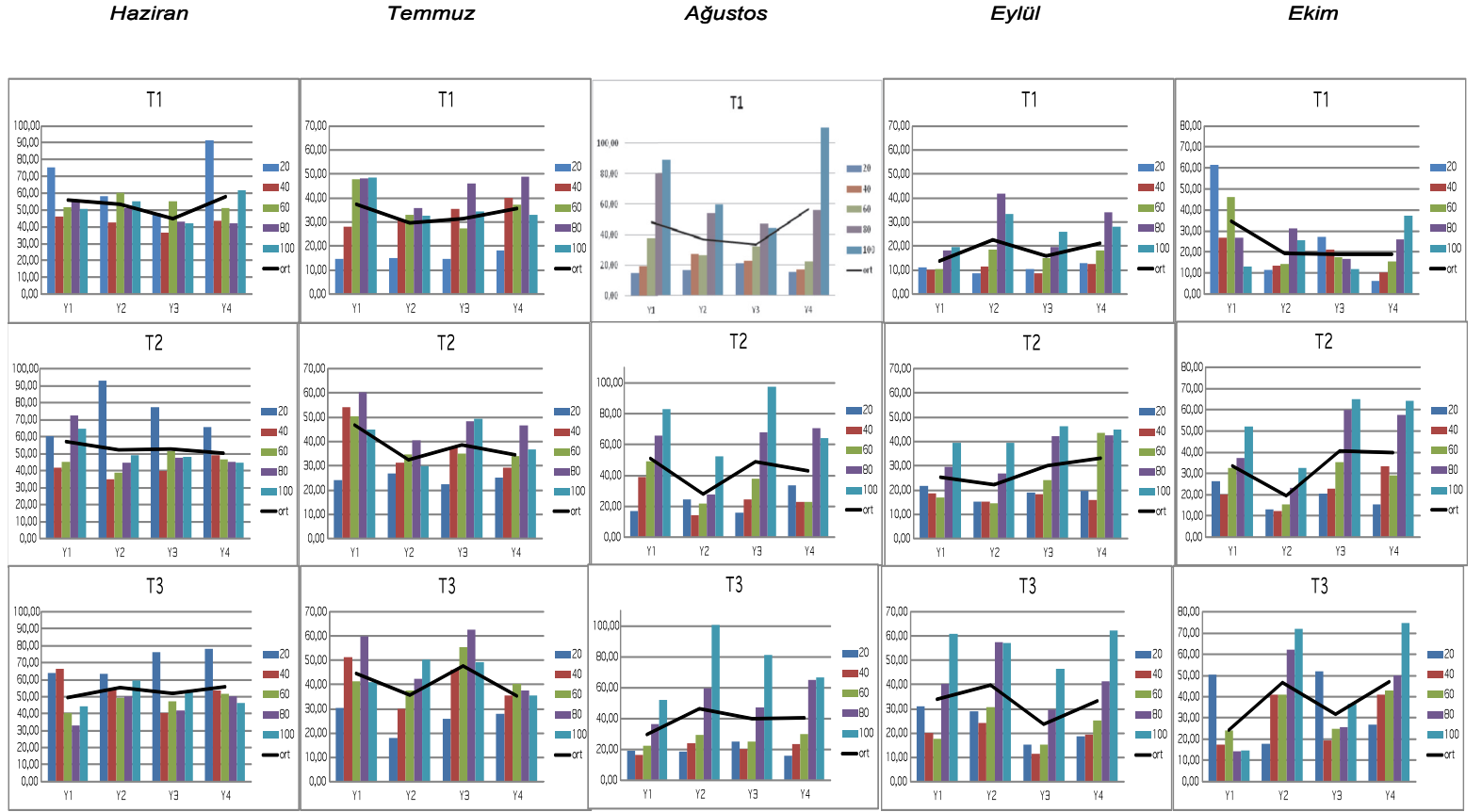
**Şekil 3.** Ortalama profil tuzluluklarının deneme süresince konulara göre değişimleri (µS/cm)



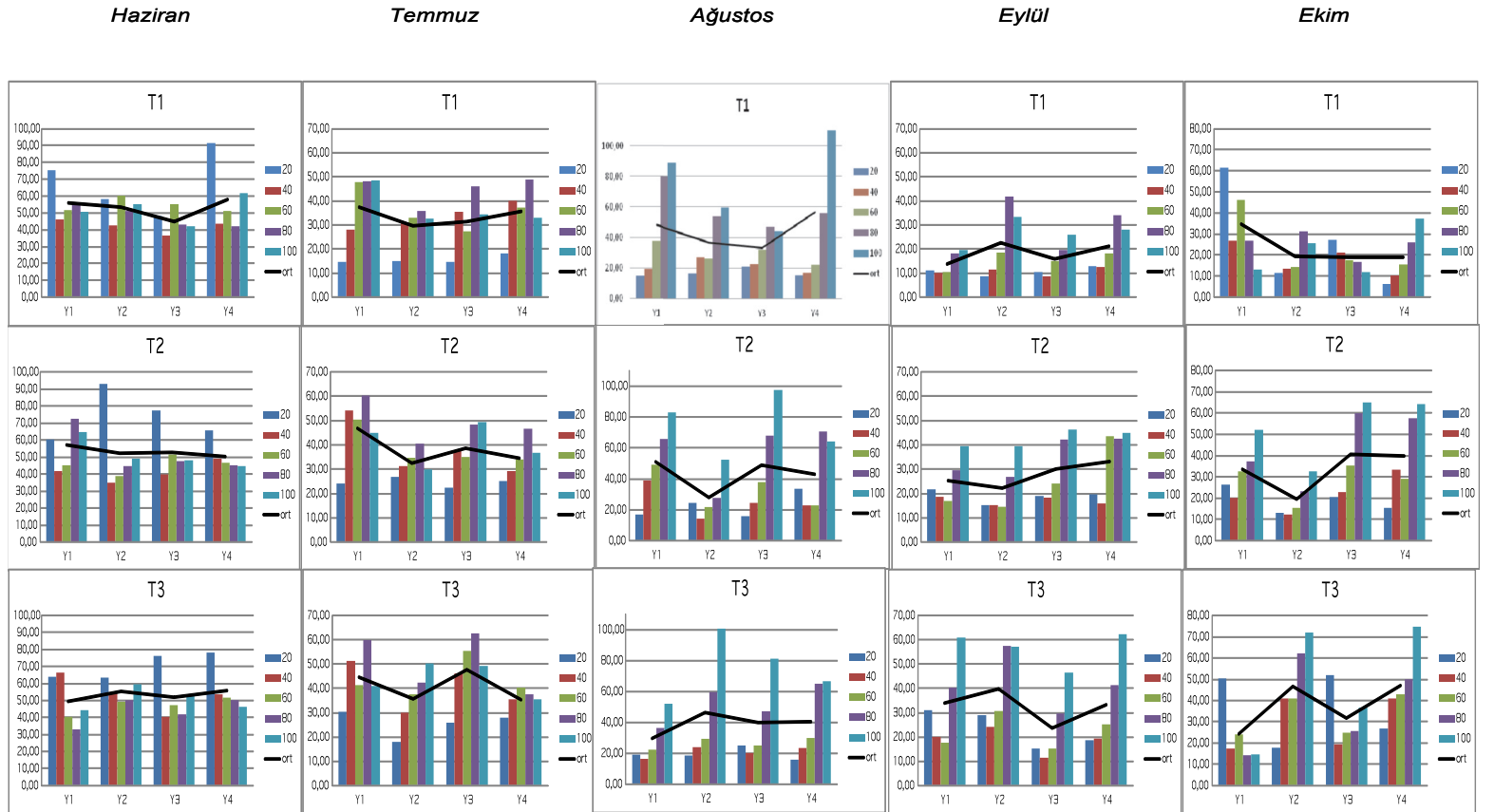
Şekil 4. Deneme süresince aylar itibariyle toprak profil tuzluluğunun değişimi (EC, µS/cm)



Şekil 5. Deneme süresince aylar itibariyle toprak profil C1 içeriğinin değişimi (ppm)



Şekil 6. Deneme süresince aylar itibariyle toprak profil Na<sup>+</sup> içeriğinin değişimi (ppm)



Şekil 7. Deneme süresince aylar itibariyle toprak profil (Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) içeriğinin değişimi (ppm)

### **Klor (Cl<sup>-</sup>) İçeriklerinin derinlik ile değişimi**

Klor miktarı aylar itibariyle toprakta artış göstermiştir (Şekil 5). Devam eden sulamalar sonucunda toprağa iletilen klor miktarları artmaktadır. Bu durum özellikle T<sub>3</sub> konusunda çok belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Alınan örneklerin tümünde daha tuzlu sulama sularının kullanıldığı lizimetrelerdeki klor miktarları daha yüksektir. Aylar ilerledikçe özellikle T<sub>1</sub> konusundaki yani hiç klorür tuzu verilmeyen konulardaki klor içerikleri bütün lizimetrelerde azalma göstermiştir. Örneğin haziran temmuz aylarında ortalama 40-50 ppm olan klor içerikleri Ağustos ayından başlayarak azalmış ve 20-25 ppm düzeylerine gerilemiştir.

Klorür tuzu uygulanan lizimetrelerde ise zaman içerisinde klor içerikleri 40 -50 ppm düzeylerinden T<sub>2</sub> konularında 100-150 ppm T<sub>3</sub> konularında ise 200-300 ppm düzeylerine yükselmiştir.

Yıkama oranı ile klor içerikleri incelendiğinde ise ilerleyen aylarda toprak klor içerikleri T<sub>1</sub> konularında genelde yüksek yıkama hacmi etkisinde daha düşük olmuş, T<sub>2</sub> ve özellikle T<sub>2</sub> konularında ise belirgin bir değişim gözlenmemiştir. Profil derinliği olarak ise ilerleyen süreçte daha derinlerde daha fazla klor içeriği analiz edilmiştir. Yani, yıkama etkisi ile klor profilin derinliklerine doğru yıkanmıştır.

### **Soydum (Na<sup>+</sup>) İçeriklerinin derinlik ile değişimi**

Sodyum içerikleri tuzluluk konuları itibariyle bakıldığında, eklenen tuzların etkisiyle T<sub>2</sub> ve T<sub>3</sub> konularında genelde T<sub>1</sub> konusundan zaman içerisinde bir miktar artma göstermiştir (Şekil 6). Aylar itibariyle bakıldığında tüm konularda sodyum içerikleri azda olsa azalma göstermektedir. Başlangıçta 50ppm civarında olan sodyum içerikleri Ağustos ayından itibaren azalma göstermiş Eylül, Ekim aylarında 20 -30 ppm ortalama değerlere azalmıştır. Yıkama oranının artması ile sodyum içeriklerinde belirgin bir değişim gözlenmemektedir. Ancak derinlikle sodyum içeriklerinin artış gösterdiği görülmektedir. Genel olarak bakıldığında, daha önce klorda görünen yıkanma etkileri sodyum için çok düşük düzeylerde kalmaktadır. Bu durum sodyumun düşük yıkanabilirliğinden kaynaklanmaktadır.

### **(Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) İçeriklerinin derinlik ile değişimi**

Toprakların (Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) içerikleri aylar itibariyle (Şekil 7) bakıldığında azalma göstermektedir. Başlangıçta 60-70 ppm düzeyindeki konsantrasyonlar Ağustosun itibaren azalmaya başlamış ve Eylül, Ekimde 20-60 ppm düzeylerine azalmıştır. T<sub>1</sub> konusunda düşük olan (Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) içerikleri T<sub>2</sub> ve T<sub>3</sub> konularında daha yüksektir. Bu durum eklenen kalsiyum klorür tuzu etkisiyle meydana gelmiştir. Genelde aylar ilerledikçe özellikle T<sub>3</sub> konularındaki (Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) içerikleri artmaktadır. Bu artış sulamalarla eklenen tuzlar nedeniyle olmuştur. Yıkama düzeylerinin topraktan (Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) yıkanmasına olan etkileri çok belirgin olmamakla beraber Eylül, Ekim aylarında T<sub>1</sub> düzeyinde gözlenmektedir. Daha tuzlu konularda ise yıkamanın etkisi görülmemektedir. Genel olarak profile derinlik ile (Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) içerikleri de artmaktadır. Üst bölümlerden yıkanan (Ca<sup>+2</sup>+Mg<sup>+2</sup>) alt tabakalara taşınmıştır.

### **SONUÇ**

Toprak profili boyunca tuzluluk değerleri sulama suyu miktarına, kalitesine ve sulama biçimine göre değişecektir. Bu çalışmada sulama dönemi süresince yonca ekili lizimetrelere farklı kalitede Sulama suları ile farklı yıkama hacmi içeren sulamalar uygulanmıştır. Profil tuzluluklarının genelde derinlik ile artma gösterdiği görülmektedir. Bunun yanında tüm lizimetrelerde artan yıkama oranı etkisiyle tuzlulukların daha aşağı seviyelere azaldığı gözlenmiştir. Ancak daha tuzlu Sulama sularının uygulanması durumunda tuzluluk düzeyleri, profile daha fazla tuz yığılması sonucunda azalmamaktadır. Tuzların erirlikleri profiledeki birikimleri ile yada profilden uzaklaştırılabilme nitelikleri açısından önemlidir. Eririliği yüksek ve kolay yıkanabilir Cl<sup>-</sup> tuzları ile daha zor yıkanabilen Ca, Mg ve özellikle Na tuzlarının profile birikme deseneleri farklı olmaktadır. Klörür daha kolaylıkla yıkanabilir ancak, özellikle sodyum zor yıkanabilen iyonlardır. Tuzların yıkanabilirlikleri aynı zamanda toprak tekstürü ile de yakından ilişkilidir. Denemede kullanılan kumlu toprak yapısında, düşük yıkama oranlarında dahi yıkamaların oluşabildiği görülmektedir. Bu şekilde orta-hafif bünyeli topraklarda bu nedenle %10'dan daha fazla yıkama hacimlerinin göz önüne alınması, daha fazla tuz yıkanması konusunda etkili olmayacaktır.



## KAYNAKLAR

- Anonymous, (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S. Dept. of Agric. No: 60, USA.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W. (1989). Water quality for agriculture. FAO Irr. and Drain Paper No:29, p.1-174, Rome.
- Corwin, D.L. and Lesch, S.M. (2005a). Apparent soil electrical conductivity measurements in agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 46:11-43.
- Corwin, D.L. and Lesch, S.M. (2005b). Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity, I. Survey protocols. Computers and Electronics in Agriculture, 46:103-133.
- Corwin, D.L. and Lesch, S.M. (2005c). Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity, II. Case study. Computers and Electronics in Agriculture, 46:135-152.
- Oster, J.D. and Rhoades, J.D. (1978). Calculated drainage water compositions and salt burdens resulting from irrigation with river waters in the Western United States. J. of Environmental Quality, 4:73-79.
- Suarez, D.L. and Rhoades, J.D. (1977). Effect of leaching fraction on river salinity. J. of Irrig. And Drain. Div., 103(IR2):245-257.
- Van Hoorn, J.W. and van Alpen, J.G. (1988). "Salinity Control, Salt Balance and Leaching Requirement of Irrigated Soils," ICAMAS Istituto Agronomico Mediterraneo di Bari, Italy.
- Yurtseven, E. ve Sönmez, B. (1996). Sulama suyu tuzluluğunun domates verimine ve toprak tuzluluğuna etkisi. Tr.J. of Agriculture and Forestry, 20(1):27-33.
- Yurtseven, E. Güngör, Y. (1990). Değişik tuzluluk düzeylerindeki sulama sularının toprak tuzlulaşmasına etkisi. Tr.J. of Agriculture and Forestry, 14:555-561.
- Yurtseven, E., Öztürk, A., Çaycı, G. and Parlak, M. (2000). Effects of leaching with irrigation waters in different salinity levels on change of profile salinity. Proceedings of International Symposium of Desertification (ISD) 13-17 June 2000, Konya/Turkey, ISBN 975-19-2485-5, pp.397-402.
- Yurtseven, E., Çaycı, G., Sevimay, C.S., Öztürk, A., Parlak, M. (2002). Tuzluluk ve su miktarlarının macar fiği (*Vicia pannonica*, Crantz) verimi ve toprak tuzluluğuna etkisi: II.Değişik tuzluluktaki sularla yıkama yapılması koşulu. A.Ü. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 8(2):101-108.
- Yurtseven, E., Öztürk, H.S., Ünlükara, A., and Kesmez, G.D. (2002). Effects of Irrigation Water Quality on Leaching and Salinity in Soil Profiles. OECD Workshop on Innovative Soil-Plant Systems For Sustainable Agricultural Practices (Poster), 3-7 June 2002, İzmir/Türkiye. Workshop on ISPS-SAP(WISPS) Programme and Abstracts pp.50.
- Yurtseven, E., Öztürk, H.S., Ünlükara A., Kesmez, G.D. (2001). Sulama suyu tuzluluğunun toprak tuzlulaşmasına ve yıkanmaya etkisi. 1. Ulusal Sulama Kongresi Bildiriler Kitabı, 8-11 Kasım 2001, Antalya/Belek, s. 333-338.