

## Tuzlu-Sodyumlu Helvacı Serisi Topraklarının Tuzluluk ve Sodyumluluk Belirteçlerinin Değişimi

Deniz Levent KOÇ<sup>1\*</sup>, Rıza KANBER<sup>2</sup>

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-4495-3060>, <sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0001-7758-8787>

✉: [leventk@cukurova.edu.tr](mailto:leventk@cukurova.edu.tr)

### ÖZET

Bu çalışma, 2010-2011 yıllarında Çukurova Üniversite'sinde, yağış koşullarından etkilenmemek amacıyla üstü kapalı bir alanda gerçekleştirilmiştir. Helvacı serisi tuzlu-sodyumlu toprakları, büyük tanklara yerleştirilerek; jips ihtiyacı (JI) ve JI+0.5JI (13 ve 20 kg.m<sup>-2</sup>) kadar jips, ilk 10 cm'ye ve tüm toprak profiline karıştırılarak uygulanmıştır. Yıkama yöntemi olarak damla ve aralıklı göllendirme sulama teknikleri kullanılmıştır. Çalışma, bölünen-bölünmüş bloklar deneme desenine göre düzenlenmiştir. Çalışmada, farklı jips miktarlarının, farklı uygulama biçimlerinin ve farklı sulama yöntemlerinin EC, pH, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Deneme sonuçlarına göre; tüm toprak profilinde ESP azalmasına, 20 kg.m<sup>-2</sup> jipsin tüm toprak profiline karıştırılması ve göllendirme yöntemiyle yıkama yapılması diğer kombinasyonlara göre 0.95 güvenle istatistiki olarak daha önemli bulunmuştur.

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihi

Geliş Tarihi : 29.07.2019

Kabul Tarihi : 20.03.2020

#### Anahtar Kelimeler

Tuzdan etkilenen topraklar

Yıkama yöntemleri

Jips uygulama biçimleri

## Change of Salinity and Sodicty Criteria of Saline-Sodic Helvacı Series Soils

### ABSTRACT

This study was performed in a covered area in Çukurova University in 2010-2011 in order not to be affected by rainfall conditions. Saline-sodic Helvacı series soils were placed in large tanks and gypsum requirement (GR) and GR+0.5GR (13 and 20 kg.m<sup>-2</sup>) gypsum were applied by mixing into upper 10 cm and the whole soil profile. Drip and intermittent ponding irrigation techniques were used as leaching methods. The study was planned according to strip-strip plot design. The effects of different amounts of gypsum, different applications and irrigation methods on EC, pH, sodium adsorption rate (SAR) and exchangeable sodium percentage (ESP) were investigated in the study. According to the results of the study: ESP reduction in the whole soil profile; it has been found that mixing 20 kg.m<sup>-2</sup> gypsum into the whole soil profile and leaching by intermittent ponding irrigation were more effective statistically than the other treatment combinations at 0.95 confidence level.

### Research Article

#### Article History

Received : 29.07.2019

Accepted : 20.03.2020

#### Keywords

Salt-affected soils

Leaching methods

Gypsum application methods

**To Cite :** Koç DL, Kanber R 2020. Tuzlu-Sodyumlu Helvacı Serisi Topraklarının Tuzluluk ve Sodyumluluk Belirteçlerinin Değişimi. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 23 (4): 1064-1077. DOI: 10.18016/ksutarimdog.vi.597992.

### GİRİŞ

Tuzlar, etkiledikleri alanların değerini ve verimliliğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Toprak tuzluluğu ve bununla ilişkili sorunlar, genellikle yağışın topraktaki çözünabilir tuzları yıkamak için yetersiz olduğu kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde ya da yüzey veya yüzey altı drenajın sınırlı olduğu yerlerde meydana gelir. Ayrıca, tuzluluk problemleri, özellikle sulama suyu niteliğinin kötü olduğu ve aşırı sulanan alanlarda da ortaya çıkmaktadır.

Türkiye'de 1.5 milyon hektar tuzdan etkilenen alan

bulunmaktadır. Konu edinilen alanlar, daha çok, Konya-Ereğli, Aksaray, Malya, Aşağı Seyhan, Iğdır, Menemen, Bafra, Söke, Acıpayam ve Salihli Ovalarında bulunmaktadır. Sorunlu alanların %60'ı hafif tuzlu, %19.6'sı tuzlu, %0.4'ü sodyumlu (alkali) ve %8'i tuzlu-sodyumludur. Tuzdan etkilenen toprakların ana bileşeninin sodyum tuzları olmasına karşın; Denizli-Acıpayam'da magnezyumlu, Niğde-Bor ve Kayseri'de potasyum-alkali, İç Anadolu'da ise kireçli topraklar bulunmaktadır (FAO, 2015).

Sorunlu toprakların yönetimi ve iyileştirilmesi çok

önemlidir. Tuzdan etkilenen ağır bünyeli topraklar, tuzluluk ve sodyumluluk sorunlarından dolayı bitki gelişimi için elverişsiz olarak bilinirler. Toprakta fazla miktarda toplam çözünebilir tuzların bulunması; bitkiler için elverişli suyu sınırlandırarak toprak çözeltisindeki su potansiyelinin azalmasına neden olur ve böylece bitkiler strese girer. Ayrıca, yüksek tuz derişimleri, özellikle toksik iyonlar (klor, sodyum, bor) bitki metabolizmasına engel olur. Diğer yandan, toprakta fazla miktarda değişebilir sodyum bulunması; killerin ayrışmasına (dispersiyon) bunun sonucu olarak toprak yapısının bozulmasına ayrıca sodyumun bitkilerde yüksek düzeyde zehirli etkiye yol açmasına neden olur. Kil ayrışması ve toprak yapısının bozulması, hidrolik iletkenliğin düşmesine yol açar (Abrol ve ark., 1988).

Dünyada 100 yıldan fazla bir süredir, kimyasal iyileştiricilerin kullanıldığı çok sayıda araştırma ve iyileştirme projeleri yapılmıştır. Bu çalışmalarda yaygın olarak kullanılan iyileştirici maddelerinin etkinlikleri değerlendirilmiştir (Alsharari, 1999).

Sorunlu toprakların iyileştirilmesinde, Türkiye’de genel olarak yalnızca, tava sulama yöntemi ile sürekli/fasılalı yıkama yaklaşımı kullanılmaktadır (Kanber ve Ünlü, 2010). Ancak su kaynaklarının sınırlı olması; iklim değişikliği ve çevre kirliliği yüzünden su kaynaklarının miktar olarak azalması nedeniyle tuzlu suların ve damla sulama tekniği gibi yöntemlerin toprak iyileştirilmesinde kullanılmasını gerektiren yeni yaklaşımlara gerek bulunmaktadır. Bu amaçla yeni sulama yaklaşımları ve sulama teknolojilerinin dikkate alınması gerekmektedir. Zira tuzluluk ile ilgili temel bilgiler, örneğin sorunlu toprakların sınıflamasına ilişkin kimyasal analiz sonuçlarının yorumlanması, sulama sularının sınıflandırılması; tuzlu-sodyumlu toprakların ve geleneksel olmayan suların kullanılması ile ilgili olarak; yıkama gereksinimi gibi, tuz yıkama eşitliği gibi, tuzlu sodyumlu toprakların iyileştirme ilkeleri gibi daha nice bilimsel kavram ve ölçütler, geleneksel

karık/tava yöntemleri ile sulanan orta-hafif bünyeli bir toprak esas alınarak düzenlenmiştir (Bauder ve Brock, 2001; Sönmez 2004). Tuzlu-sodyumlu topraklarda jipsin etkisi konusunda fazla çalışma olmasına karşın (Murtaza ve ark., 2013; Abo-Ogiala ve Khalfallah, 2019), tuzdan etkilenen topraklar üzerine jipsin ve uygulama yöntemlerinin etkileri konusunda çok az çalışma vardır (Makoi ve Verplancke, 2010; Qadir ve ark., 2001). Bu çalışmada, Aşağı Seyhan Ovası’nda yaygın olarak bulunan tuzlu-sodyumlu toprakların iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Araştırma, büyük toprak tankları kullanılarak jips materyalinin farklı miktar ve uygulama biçimlerine göre düzenlenmiştir. Ayrıca, yıkamada damla ve aralıklı göllendirme yöntemleri, ön yıkamalarda çok tuzlu sular kullanılmıştır. Böylece, tuzdan etkilenen toprakların iyileştirilmesi için farklı kavram ve ilkelerin geliştirilmesine katkıda bulunmaya çalışılmıştır.

### MATERYAL ve METOD

Çalışma, 2010-2011 yıllarında Çukurova Üniversitesi’nde, yağış koşullarından etkilenmemek amacıyla üstü kapalı bir alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan toprak örnekleri, Aşağı Seyhan Ovası’nda yer alan Sirkenli Köyü yakınlarından alınmıştır. Sirkenli toprakları; Helvacı serisi içerisinde yer alır. Anılan seri toprakları delta tabanı çukurlarında depolanan alüvyal materyaller üzerinde oluşmuştur ve ABC horizonludur. İnce bünyeli ve kil kapsamı yüksektir. Yüzey horizonları grimsi kahve, alt horizonları ise zeytuni gri renkli olan bu toprakların, tüm profilleri kireçlidir. Bu seri fena drenajlı, şiddetli tuzlu ve % 0.1-0.2 eğime sahiptir. Doğal bitki örtüsüne terk edilen arazi; yabani üçgül, karışık çayır ve salicarna türünden çeşitli tuzcul bitkilerle kaplıdır (Pekmezci, 1988).

Tuzlu-sodyumlu özelliğe sahip deneme yeri topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of experimental soils

Drz cm	TK (FC) g.g <sup>-1</sup>	SN (PWP) g.g <sup>-1</sup>	As g.cm <sup>-3</sup>	pH	EC <sub>e</sub> dS.m <sup>-1</sup>	ESP	KDK (CEC) me.100g. <sup>-1</sup>	İrilik Dağılımı (Soil Particle Size Distribution)%			Bünye Sınıfı (Soil Texture)
								Kil (Clay)	Silt (Silt)	Kum (Sand)	
0-20	44.36	26.46	1.28	8.2	9.67	49.1	33.0	62.4	18.3	19.3	Kil
20-40	49.51	28.31	1.33	9.0	7.92	54.3	29.9	71.6	3.7	24.7	Kil
40-60	56.80	31.55	1.32	9.0	7.29	61.8	33.0	73.9	4.4	21.6	Kil
60-80	56.00	31.33	1.32	8.4	6.26	62.0	30.2	67.5	11.9	20.5	Kil

Drz=Derinlik (Depth), TK=Tarla Kapasitesi (FC=Field Capacity), SN= Sürekli Solma Noktası (PWP=Permanent Wilting Point), As=Hacim Ağırlığı (Bulk Density), EC=Elektriksel İletkenlik (Electrical Conductivity), ESP=Değişebilir Sodyum Yüzdesi (Exchangeable Sodium Percentage), KDK= Katyon Değişim Kapasitesi (CEC= Cation Exchange Capacity)

Denemede, iyileştirici olarak jips (CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) kullanılmıştır. Araştırmada, toprakların ön yıkamalarında belirli bir oranda seyreltilen deniz suyu kullanılmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri, (3x3=9 m<sup>2</sup>)

boyutlarında bir alanın 80 cm derinliğinden, 20 cm’lik katmanlar halinde alınmıştır. Her 20 cm’den alınan toprak örnekleri ayrı ayrı kapalı bir yerde tutularak kurumaya bırakılmıştır. Topraklar, kuruduktan sonra

6 mm'lik elekten geçirilmiştir. Bozulmuş toprak örnekleri çapı 40 cm ve boyu 100 cm olan plastik tanklara yerleştirilmiştir. Bir sehpa üzerine oturtulan büyük toprak tankların tabanına elek teli, üzerine 10 cm kum ve tekrar elek teli konulduktan sonra, topraklar, araziden alındıkları gibi aynı sırayla 20'şer cm'lik katmanlar halinde, yerleştirilmiştir. Toprak tanklarının 20 cm'lik katmanlarına yatay olarak yaklaşık 1 cm çapında delikler açılarak buralara 2.5 mm çapında poroz toprak su örnekleyicileri yerleştirilmiştir.

Denemede, farklı yıkama yöntemleri, iyileştirici miktarları ve uygulama biçimleri ele alınmıştır. Konular aşağıda açıklandığı biçimde oluşturulmuştur. İyileştiricinin (jips) uygulama miktarı (UM): UM1: 13 kg.m<sup>-2</sup>, UM2: 20 kg.m<sup>-2</sup>. İyileştiricinin uygulama biçimi (UB): UB1: İyileştiricinin üst toprak katmanına uygulandığı konu. Hesaplanan iyileştiriciler, büyük tanklarda toprağın ilk 10 cm derinliğine karıştırılmıştır. UB2: İyileştiricinin tümünün toprak profiline karıştırıldığı konu. Jips, katman esaslı olarak toprağın tümüne karıştırılarak tanklara yerleştirilmiştir.

Yıkama yöntemleri (YY): G: Aralıklı göllendirme yöntemi, D: Damla yöntemi

Denemede, yıkama suyu aralıklı göllendirme yönteminde tanklara ölçülü silindireler aracılığıyla uygulanmıştır. Damla sulama yöntemi ile yıkamada, yerden 262 cm yüksekliğe yerleştirilen 3 adet su tankından yararlanılmıştır. Elde edilen su yükü ile damla sistemi çalıştırılmıştır. Denemede elde edilen veriler, bölünen-bölünmüş bloklar deneme desenine göre düzenlenmiştir. Yıkama yöntemleri ana parselde, iyileştirici miktarları alt parselde, uygulama biçimleri ise mini parsellere yerleştirilmiştir. Her konu 3 kez yinelenmiş ve toplam 24 büyük toprak tankı kullanılmıştır.

İyileştirici miktarı, Kovda eşitliği ile hesaplanmıştır. Bu amaçla toprağın 80 cm derinliğindeki değişebilir sodyum yüzdesini 15'e düşürmek için gereken jips miktarı; iyileştirilecek toprak derinliği, hacim ağırlığı, başlangıç ve ulaşılması planlanan ESP değerleri ile KDK dikkate alınarak, hesaplanmıştır (Kovda, 1967).

$$JG = (EA \times 10^{-5}) (A \times D_t \times A_s) \left( \frac{ESP_b - ESP_s}{100} \right) KDK \quad (1)$$

JG: Jips gereksinimi (ton.da<sup>-1</sup>), EA: Eşdeğer ağırlığı, A: Arazi alanı (da)

D<sub>t</sub>: Yıkanan toprak derinliği (cm), A<sub>s</sub>: Hacim ağırlığı (g.cm<sup>-3</sup>), ESP<sub>b</sub>: Başlangıçtaki değişebilir sodyum yüzdesi, ESP<sub>s</sub>: Hedef değişebilir sodyum yüzdesi, KDK: Katyon değişim kapasitesi (me.100 g<sup>-1</sup>)

Eşitlikle kestirilen değer ile bunun %50 fazlası denemede iyileştirici miktarları olarak kullanılmıştır (UM1 ve UM2). Çalışmada ESP değerleri, aşağıda verilen eşitlik yardımıyla bulunmuştur (Kovda, 1967).

$$ESP = \frac{NaX}{KDK} \times 100 \quad (2)$$

NaX: Değişebilir sodyum (me.100 g<sup>-1</sup>)

Toprak parçacıkları üzerindeki Na iyonları, belli miktarda toprağı 1 N amonyum asetat çözeltisi ile çalkalamak suretiyle çözeltilmeye alınarak fleym fotometre ile belirlenmiştir. Ekstrakte edilebilen katyon derişiminden suda çözünen katyon derişimi çıkartılarak değişebilir sodyum derişimi elde edilmiştir (Tüzüner, 1990). Katyon değişim kapasitesi, sodyum asetat yöntemi ile belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).

Yıkama uygulamaları arasında 48 saat zaman aralıkları bırakılmıştır. Tanklara koyulan sular, her seyreltmeden sonra değiştirilmiştir. Damla sulama yönteminde damlatıcı debileri 1.0-2.0 L h<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Aralıklı göllendirme yönteminde yıkama suları; suyun tank yüzeyinde göllenmemesi için küçük porsiyonlar halinde verilmiştir. Tanklarda tabandan su çıkışları ve çıkan su miktarları deneme konularına bağlı olarak farklı zamanlarda ve farklı miktarlarda olmuştur. Deneme başladıktan 140 gün sonrasına kadar (6/5/2010) tüm konulara eşit miktarda yıkama suyu verilmiştir. Bundan sonra, yıkamayı hızlandırmak için yıkama suyu miktarları artırılmıştır. Fakat, bu kez konularda yıkama suları, toprak yüzeyinden 48 saati aşan sürelerde kaybolmaya başlamıştır. Suyun toprak yüzeyinde uzun sürelerle beklemesinin neden olacağı sakıncaları ortadan kaldırmak için, 48 saat sonra infiltre olmayan sular, enjektörle çekilerek ölçülmüştür ve bu konular bir sonraki yıkamaya kadar (48 saat) kuru olarak bırakılmıştır. Konulara verilen yıkama suyu miktarlarından, enjektörle çekilen miktarlar çıkarılmış ve kalan yıkama suyu miktarı veya toprak profiline giren su miktarı olarak kabul edilmiştir. Yıkamalar 4/1/2011 tarihinde bitirilmiştir. Konulara verilen toplam yıkama suyu ve toplam drene olan su miktarları Çizelge 2' de verilmiştir.

Toprağın hidrolik iletkenliğini artırmak için; deniz suyu 6 kat seyreltilerek EC=43.2 dS.m<sup>-1</sup>'den EC=6.28 dS.m<sup>-1</sup>'e düşürülmüştür. EC=6.28 dS.m<sup>-1</sup> ile denemeye başlanmış ve yıkama suyu şebeke suyuna doğru seyreltilmiştir (Çizelge 3).

Tanklarda toprak profiline ilk 20 cm'lik katmandan çıkan süzüğün değişebilir sodyum yüzdesi (ESP<sub>s</sub>) değerinin yıkama suyunun değişebilir sodyum yüzdesi (ESP<sub>ys</sub>) değerine eşit olduğu durumda tuzlu su (1+1) oranında seyreltilerek, yıkamalara devam edilmiştir.

Deneme süresince belirli aralıklarla tankların 20 cm, 40 cm ve 60 cm'lik katmanlarına yatay olarak yerleştirilen poroz toprak su örnekleyicilerinden el vakum pompası yardımıyla su örnekleri alınmaya çalışılmıştır. Deneme boyunca 60 cm derinlikten analiz yapacak miktarda su örneği alınmamıştır. 20 cm, 40 cm ve kolondan çıkan su örnekleri (80 cm) laboratuvarda analiz edilmiştir. Öncelikle, suların SAR değerleri elde edilmiş, anılan değerden

yararlanarak ESP değerleri hesaplanmıştır. SAR ve ESP'ler eşitlik 3 ve 4 yardımıyla belirlenmiştir (NSSC, 1996).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (3)$$

$$ESP = \frac{100(-0.0126+0.0145SAR)}{1+(-0.0126+0.0145SAR)} \quad (4)$$

Deneme başlangıcında topraktaki çözünebilir katyon ve anyonlar belirlenmiştir. Deneme sonunda

tanklardan derinlik esasına göre toprak örnekleri alınarak açık havada sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Bu toprak örneklerinde EC, pH, SAR, NaX ve ESP saptanmıştır. Deneme başlangıcında elde edilen değerler ile deneme sonunda elde edilen değerlere deneme konularının etkilerinin istatistiksel olarak önemli olup olmadığı irdelenmiştir. Konu ortalamaları arasındaki farkın, istatistiksel olarak karşılaştırılmasında LSD testi uygulanmıştır.

Çizelge 2. Konulara verilen toplam yıkama suyu ve tank tabanından çıkan toplam drenaj suyu miktarları  
Table 2. Total leaching water amounts applied to the treatments and amounts of total drainage water discharged from tank bottom

Konular (Treatments)	Toplam Yıkama Suyu Miktarı (Total Amount of Leaching Water) (cm)	İlk Drenaj Suyu Çıkışının Olduğu Yığılımlı Yıkama Suyu Miktarı (The Amount of Cumulative Leaching Water When First Drainage Water Discharged) (cm)	Toplam Drenaj Suyu Miktarı (Total Amount of Drainage Water) (cm)
GUM1UB1	136	82	27
GUM1UB2	144	45	45
GUM2UB1	136	69	25
GUM2UB2	136	43	43
DUM1UB1	121	77	23
DUM1UB2	137	37	49
DUM2UB1	120	46	28
DUM2UB2	125	37	31

G: aralıklı göllendirme (intermittent ponding), D:damla (drip), UM:uygulama miktarı (gypsum application amount), UB:uygulama biçimi (gypsum application method)

Çizelge 3. Yıkamada kullanılan suların bazı kimyasal özellikleri  
Table 3. Some chemical properties of water used in leaching applications

	EC, dS.m <sup>-1</sup>	Ca+Mg, me.L <sup>-1</sup>	Na, me.L <sup>-1</sup>	SAR
Deniz Suyu (Sea Water)	43.20	91.87	340.83	50.29
1. Seyreltme (First Dilution)	6.28	17.60	57.68	19.45
2. Seyreltme (Second Dilution)	3.47	12.54	34.54	13.79
3. Seyreltme (Third Dilution)	2.25	10.12	24.93	11.08
Şebeke Suyu (Mains Water)	0.70	5.37	2.97	1.81

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Toprak profilinin tümünde, uygulanan konulara ilişkin deneme başlangıcındaki satürasyon çamuru süzüğü EC<sub>e</sub> değerleri ile deneme sonunda elde edilen EC<sub>e</sub> değerlerinin ortalama değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 4'de verilen EC<sub>e</sub> değerleri, toprak tanklarının 20, 40, 60 ve 80 cm derinliklerinden elde edilen verilerin ortalamaları alınarak hesaplanmıştır. Böylece, tüm profil boyunca EC<sub>e</sub> değerlerindeki değişim, belirlenmiştir. Diğer öğelerin belirlenmesinde de (pH, SAR, NaX ve ESP) aynı yaklaşım kullanılmıştır.

Çizelge 4'den, en etkili kombinasyon olarak, UM1-UB1 ve UM1-UB2 konuları, ortaya çıkmaktadır. Göllendirme yıkama biçiminde UM1-UB2'de başlangıca göre azalan EC<sub>e</sub> 3.01±1.97 ve damla yıkama biçiminde UM1-UB1'de başlangıca göre azalan EC<sub>e</sub> 3.08±0.58 ile en fazla olmuştur. Tüm toprak profilinde EC<sub>e</sub> miktarının çok fazla azalmamasının nedeni olarak, jipsle birlikte toprağa Ca eklenmesi ve

dolayısıyla bununla EC<sub>e</sub>'yi artırmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülebilir. Üst katmanlardaki tuzun yıkanarak alt katmanlarda (60-80 cm) birikmesi profil ortalama EC<sub>e</sub>'sini etkilemiştir. Yapılan varyans analizi sonuçlarından (Çizelge 5) anlaşılacağı gibi, yineleme (Y), jips miktarı (UM) ve uygulama biçimi (UB) x uygulama miktarı (UM) etkileşimi, istatistiksel olarak, 0.95 güvenle farklı bulunmuştur. LSD testi sonuçlarına göre; m<sup>2</sup>'ye 13 kg (UM1) jipsin toprak profiline karıştırılması (UB2) diğer bileşenlere göre, tuz yıkanmasında (EC<sub>e</sub> azalması) daha etkili olmuştur (p≤0.05).

Deneme başlangıcında ve deneme sonunda satürasyon ekstraktlarının pH değerleri arasındaki farkların oluşmasında, jips uygulama biçiminin diğer uygulamalara göre daha etkin olduğu söylenebilir (Çizelge 6). Toprakta pH azalması, istatistiksel anlamda olmamakla birlikte, UM2-UB2 uygulaması, en etkin konu olarak ortaya çıkmıştır. Anılan uygulamalarda, pH düşüşleri 1.21±0.04-1.16±0.03

olarak elde edilmiştir. Jips miktarının 20 kg.m<sup>-2</sup> olması ve tüm toprak profiline karıştırılması durumunda, pH

düşümünde, diğer uygulamalara göre, daha etkili sonuç alınabileceği, izlenimi edinilmiştir.

Çizelge 4. Uygulamaların EC<sub>e</sub> üzerine etkisi

Table 4. Treatment effects on EC<sub>e</sub>

Konular (Treatments)	Denemede EC <sub>e</sub> Değişimi (EC <sub>e</sub> Change in the Treatments) dS.m <sup>-1</sup>		EC <sub>e</sub> Azalması (Decrease of EC <sub>e</sub> ) dS.m <sup>-1</sup>
	Başlangıç (Beginning)	Bitiş (Final)	
GUM1UB1	7.79	5.36	2.43±1.22
GUM1UB2	7.79	4.78	3.01±1.97
GUM2UB1	7.79	5.27	2.52±1.21
GUM2UB2	7.79	5.91	1.88±0.62
DUM1UB1	7.79	4.71	3.08±0.58
DUM1UB2	7.79	5.12	2.67±1.83
DUM2UB1	7.79	4.85	2.94±0.60
DUM2UB2	7.79	6.33	1.46±0.69

Çizelge 5. Ölçülen parametrelerin varyans analizi

Table 5. Analysis of variance for the measured parameters

VK (CV)	EC <sub>e</sub>	pH	NaX	SAR	ESP
	Kareler Ortalaması (Mean Square)				
Yineleme (Y)-Replication (R)	2.87*	0.02ns	3.72ns	9.16ns	32.46ns
YB (LM)	0.04ns	0.03ns	1.62ns	29.44*	16.02ns
H1 (E1)	0.07	0.005	0.345	0.745	2.645
UM (GAA)	2.15*	0.01ns	9.89*	4.25ns	35.18*
UM x YB (GAA x LM)	0.04ns	0.0003ns	0.13ns	3.50ns	21.99*
H2 (E2)	0.16	0.002	1.051	1.05	1.97
UB (GAM)	1.40ns	0.70*	11.05*	89.22**	186.61**
H3 (E3)	0.82	0.01	0.45	0.74	1.23
UB x YB (GAM x LM)	1.25ns	0.05ns	9.11ns	15.87ns	30.76ns
H4 (E4)	7.16	0.05	0.96	11.97	28.13
UBxUM (GAM x GAA)	1.96*	0.003ns	2.49ns	0.005ns	24.36ns
UBxUMxYB (GAM x GAA x LM)	0.007ns	0.008ns	2.29ns	2.04ns	19.56ns
H5 (E5)	0.25	0.04	1.92	2.28	17.01
Genel (General)	-	-	-	-	-
LSD	Y3*UB2(UM1)* 1.04*-1.17*	UB2* 0.34*	UM2*UB2* 1.28*-1.36*	D*-UB2** 2.21*-3.85**	GUM2*-UB2** 4.34*-5.57**

\*istatistiksel olarak p≤0.05 düzeyinde önemli (\*significance level of 0.05), \*\* istatistiksel olarak p≤0.01 düzeyinde önemli (\*\*significance level of 0.01), ns: önemsiz (not statistically significant), VK: varyasyon kaynakları (CV: sources of variation), H:hata (E: Error), YB: yıkama biçimi (LM: leaching method), UM: uygulama miktarı (GAA:gypsum application amount), UB: uygulama biçimi (GAM: gypsum application method), G:aralıkli göllendirme sulama yöntemi (intermittent ponding irrigation method), D: damla sulama yöntemi (drip irrigation method)

Çizelge 6. Uygulamaların pH üzerine etkisi

Table 6. Treatment effects on pH

Konular (Treatments)	Denemede pH Değişimi (pH Change in the Treatments)		pH Azalması (Decrease of pH)
	Başlangıç (Beginning)	Bitiş (Final)	
GUM1UB1	8.67	7.93	0.74±0.09
GUM1UB2	8.67	7.56	1.11±0.0.7
GUM2UB1	8.67	7.95	0.72±0.18
GUM2UB2	8.67	7.46	1.21±0.04
DUM1UB1	8.67	7.82	0.85±0.16
DUM1UB2	8.67	7.55	1.12±0.03
DUM2UB1	8.67	7.76	0.91±0.30
DUM2UB2	8.67	7.51	1.16±0.03

Çalışmanın başlangıcında ve sonunda doyumluk çamuru süzüklerinden elde edilen değişebilir sodyum (NaX) değerleri arasındaki farklar incelendiğinde başlangıca göre ortalama en yüksek NaX azalmalarının, her iki yıkama biçiminde de, UM2-UB2 uygulamasından elde edilmiştir. Anılan uygulamalarda, NaX azalmaları, sırasıyla, 13.25±1.33 ve 13±1.18 olarak ölçülmüştür (Çizelge 7). NaX'deki en

az düşüş ise; her iki yıkama biçiminde, UM1-UB1 uygulamalarından elde edilmiştir. Değinilen uygulamalarda, göllendirmede 9.23±1.24, damlada ise 11.74±0.94 değerlerine ulaşılmıştır. Buradan, aralıklı göllendirme ve damla yıkama biçimlerinde azalan ya da artan jips miktarlarında, iyileştiricinin mutlaka toprağa karıştırılması gerektiği, söylenebilir.

Çizelge 7. Uygulamaların NaX üzerine etkisi

Table 7. Treatment effects on NaX

Konular (Treatments)	Denemede NaX Değerlerinin Değişimi (NaX Change in the Treatments) me.100g. <sup>-1</sup>		NaX Azalması (Decrease of NaX) me.100g. <sup>-1</sup>
	Başlangıç (Beginning)	Bitiş (Final)	
GUM1UB1	18.01	8.78	9.23±1.24
GUM1UB2	18.01	4.93	13.08±1.07
GUM2UB1	18.01	6.09	11.92±0.32
GUM2UB2	18.01	4.76	13.25±1.33
DUM1UB1	18.01	6.27	11.74±0.94
DUM1UB2	18.01	5.10	12.91±1.93
DUM2UB1	18.01	6.12	11.89±0.93
DUM2UB2	18.01	5.01	13.00±1.18

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, jips uygulama miktarları (UM) ve uygulama biçimlerinin (UB), NaX azalması üzerine, birbirinden bağımsız olarak, p<0.05 düzeyinde önemli etkiye sahip oldukları anlaşılmıştır (Çizelge 5). Bu durumda, UM ve UB'ye ilişkin ortalamalar, LSD testi ile karşılaştırılmıştır. Uygulama biçimlerine göre yapılan test sonunda, UB2'nin (jipsin toprağın tamamına karıştırılması), NaX azaltılmasında önerilebileceği belirlenmiştir. Öte yandan, UM2 (20 kg.m<sup>-2</sup>) uygulama miktarının, NaX azaltılmasında, UM1'e göre önemli derecede etkili olduğu saptanmıştır. Bu durumda, Helvacı Serisi sorunlu topraklarında, değişebilir sodyumun (NaX) düşürülmesi için 20 kgm<sup>-2</sup> jipsin toprak profilinin tümüne karıştırılmasının, önerilebileceği, söylenebilir. Ancak, bu uygulama tarımsal pratik açısından arazi koşullarında mümkün olmayabilir.

Çalışmanın başlangıcında ve sonunda, çamur süzüklerinden elde edilen SAR değerleri ve aralarındaki farkların konu ortalamaları Çizelge 8'de verilmiştir. Jipsin toprak profilinin tümüne

karıştırılarak uygulanması (UB2), her iki yıkama yönteminde de daha etkin uygulama olmuştur. Yıkama biçimlerinde ortalama SAR azalması, damla yönteminde 71.07±0.57; göllendirmede ise 71.35±0.47 olarak hesaplanmıştır. Yapılan analiz sonunda, jips uygulama yöntemleri (UB) arasında 0.99, yıkama biçimleri (YB) arasında ise 0.95 güvenle istatistiksel anlamda fark olduğu saptanmıştır (Çizelge 8). Buradan, tuzlu-sodyumlu Helvacı Serisi topraklarında SAR değerinin düşürülmesi üzerine, jips miktarından ziyade; jips uygulama ve yıkama biçimlerinin ana etkilerinin önemli olduğu söylenebilir. Yapılan analizde, jipsin toprak profiline karıştırılması (UB2) ve yıkanmanın damla yöntemiyle (D) yapılması yoluyla SAR değerinin daha etkin biçimde düşürülebileceği saptanmıştır. Sonuç olarak, Helvacı Serisi tuzlu-sodyumlu topraklarının iyileştirilmesinde, SAR değerlerinin düşürülmesi için, iyileştiricinin (jipsin) tüm toprak profiline karıştırılması ve damla yöntemiyle yıkamanın yapılmasının, etkin uygulama olarak kabul edilebileceği söylenebilir.

Çizelge 8. Uygulamaların SAR üzerine etkisi

Table 8. Treatment effects on SAR

Konular (Treatments)	Denemede SAR Değerlerinin Değişimi (SAR Change in the Treatments)		SAR Azalması (Decrease of SAR)
	Başlangıç (Beginning)	Bitiş (Final)	
GUM1UB1	77.13	12.87	64.26±2.62
GUM1UB2	77.13	8.00	69.13±1.43
GUM2UB1	77.13	11.88	65.25±3.43
GUM2UB2	77.13	5.78	71.35±0.47
DUM1UB1	77.13	8.85	68.28±2.16
DUM1UB2	77.13	6.06	71.07±0.57
DUM2UB1	77.13	8.21	68.92±1.58
DUM2UB2	77.13	6.54	70.59±0.97

Deneme konularının ESP azalışına etkileri, çalışmanın başlangıcında ve sonunda elde edilen ESP değerleri dikkate alınarak saptanmıştır. Konulara ilişkin ortalama değerler, Çizelge 9'da verilmiştir. Çizelge 9'dan, başlangıca göre en fazla ESP azalması, her iki yıkama biçiminde de UM2-UB2 uygulamasından elde edilmiştir. Konu edinilen uygulama ile ESP, 42.38±4.01 (G) ve 41.64±3.59 (D) düzeylerinde azalmıştır. ESP'deki en az düşüş ise; aralıklı göllendirmede 30.20±3.76 ile UM1-UB1; damla sulama yönteminde ise 37.82±2.84 ile yine UM1-UB1 konusunda meydana gelmiştir.

Yapılan istatistiksel analizde (Çizelge 5), jips

Çizelge 9. Uygulamaların ESP üzerine etkisi

Table 9. Treatment effects on ESP

Konular (Treatments)	Denemede ESP Değerlerinin Değişimi (ESP Change in the Treatments)		ESP Azalması (Decrease of ESP)
	Başlangıç (Beginning)	Bitiş (Final)	
GUM1UB1	56.81	26.61	30.20±3.76
GUM1UB2	56.81	14.95	41.86±3.26
GUM2UB1	56.81	18.45	38.36±0.98
GUM2UB2	56.81	14.43	42.38±4.01
DUM1UB1	56.81	18.99	37.82±2.84
DUM1UB2	56.81	15.47	41.34±5.83
DUM2UB1	56.81	18.27	38.54±2.39
DUM2UB2	56.81	15.17	41.64±3.59

Tüm toprak profilinde, jipsin kullanılmasıyla birlikte toprak çözeltisinde tuzluluk ( $EC_e$ ) başlangıca göre 1.46±0.69 ile 3.08±0.58; pH, 0.72±0.18 ile 1.21±0.04; NaX, 9.23±1.24 ile 13.25±1.33; SAR, 64.26±2.62 ile 71.35±0.47 ve ESP, 30.20±3.76 ile 42.38±4.01 azalmıştır. Özellikle son zamanlarda yapılan çalışmalar, jipsin özellikle NaX,  $EC_e$ , SAR, ESP ve AWC (toprak su içeriği) değerlerini iyileştirdiğini göstermiştir (Makoi ve Verplancke, 2010; Murtaza ve ark., 2017; Hafez ve ark., 2015). Makoi ve Verplancke, (2010), 20 cm derinliğinde toprak kolonları kullanarak yaptıkları çalışmada; jipsi toprak yüzeyine serpererek, toprağın ilk 5 cm'sine ve toprak derinliğinin 20 cm'sine karıştırarak uygulamışlardır. Sonuçta, bu çalışma ile benzer biçimde jipsin toprağın tümüne karıştırılması,  $EC_e$ , NaX, SAR, ESP ve AWC'yi istatistiksel olarak önemli ölçüde iyileştirmiştir.

Murtaza ve ark. (2017), tuzdan etkilenen (tuzlu-sodyumlu) buğday ve pirinç yetiştirilen topraklarda yaptıkları 2 yıllık bir tarla denemesinde; 5 farklı konu denemişlerdir. Bunlar: 1) Gübresiz ve jipsiz konu, 2) gerek duyulan azot+jips gereksiminin %50'sinin verildiği konu, 3) gerek duyulan azotun %30 fazlasının verildiği+jips gereksiminin %50'sinin verildiği konu 4) gerek duyulan azot+jips gereksiminin tamamının verildiği konu, 5) gerek duyulan azotun %30 fazlası+jips gereksiminin tamamının verildiği konu. Deneme sonuçlarına göre, azot+jips verilen konularda pH,  $EC_e$ , SAR, NaX ve ESP miktarının azaldığı

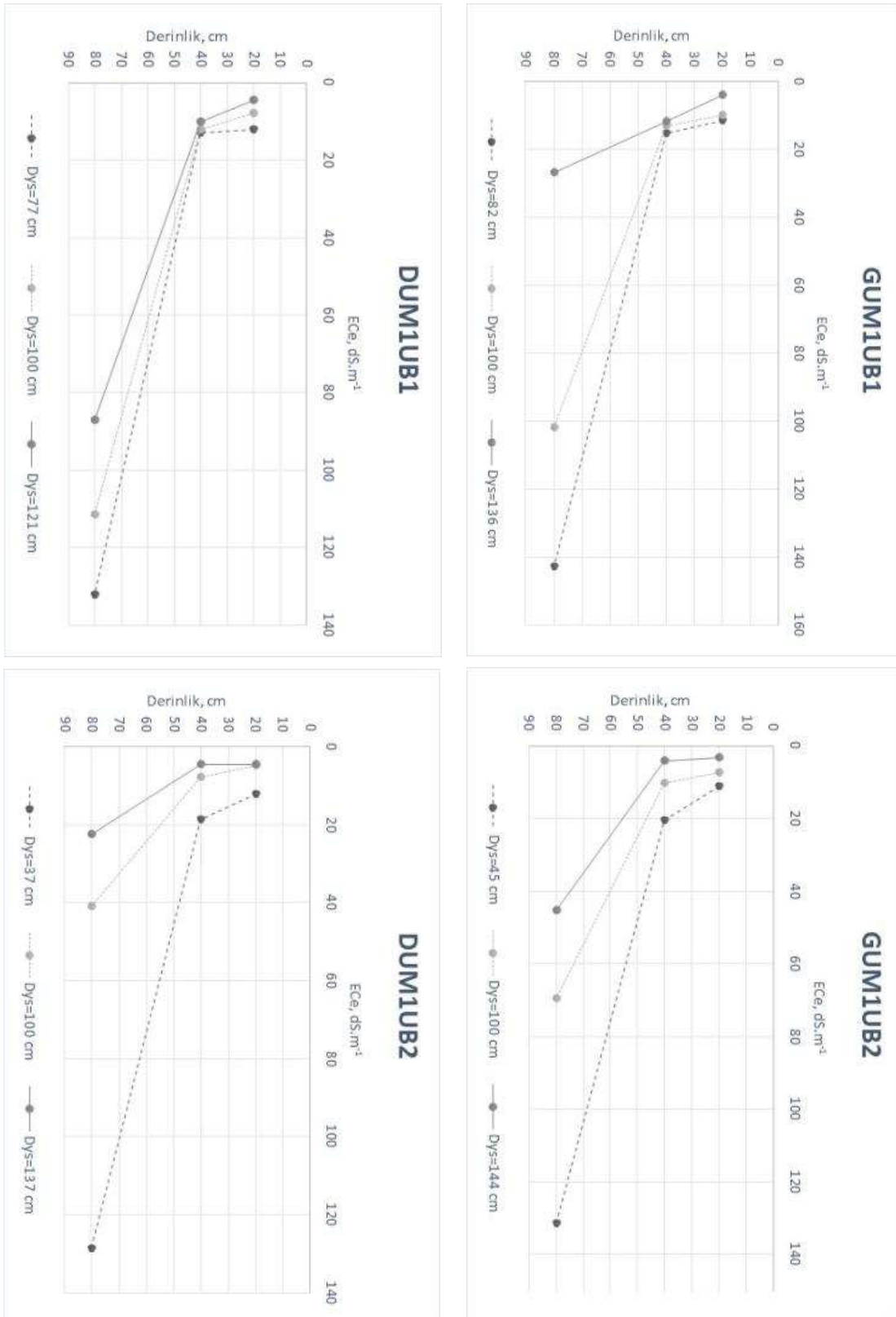
uygulama biçimleri (UB), uygulama miktarları (UM) ve uygulama miktarları ile yıkama biçimleri (UM x YB) etkileşiminin, sırasıyla, 0.01 ve 0.05 düzeylerinde, istatistiksel olarak, farklı oldukları belirlenmiştir. Buradan, ESP azaltımı üzerine, uygulanan jips miktarlarının yıkama biçimlerine bağlı olarak; jips uygulama biçimlerinin ise bağımsız olarak, farklı etki ettikleri söylenebilir. Konu ortalamaları arasındaki farkların önem dereceleri LSD testi ile denetlenmiştir. Buna göre, 20 kg.m<sup>-2</sup> jipsin (UM2) toprak profiline karıştırılmasının (UB2) ve göllendirme yöntemiyle (G) yıkama yapılmasının diğer kombinasyonlara göre 0.95 güvenle daha etkili olduğu anlaşılmıştır.

görülmüştür. Ancak, bu azalmaya en çok etki eden konu jips gereksiminin %50'sinin verilmesi durumunda olmuştur.

Hafez ve ark. (2015), pirinç ekiminden önce toprağa eklenen jipsin ve çiçek tomurcuğunun açmasından sonra sulama aralıklarının (4, 6 ve 8 gün) kil bünyeli tuzlu-sodyumlu toprağın kimyasal özelliklerine olan etkisini araştırmışlardır. Jips gereksiminin karşılandığı ve suyun 4 ve 6 gün aralıklarla verildiği konuda SAR, NaX ve  $EC_e$  istatistiksel olarak önemli oranda azalmıştır.

Abo-Ogiala ve Khalfallah (2019), tuzlu sodyumlu topraklarda yaptıkları bir çalışmada; jips ve kompost (bitki atığı) birlikte kullanıldığında yüzeyde evaporasyonun azaldığını, toprak su tutma kapasitesinin ve toprak nem yüzdesinin arttığını görmüşlerdir. Benzer şekilde tarla kapasitesi, solma noktası ve elverişli su düzeylerinde de iyileşme görülmüştür.

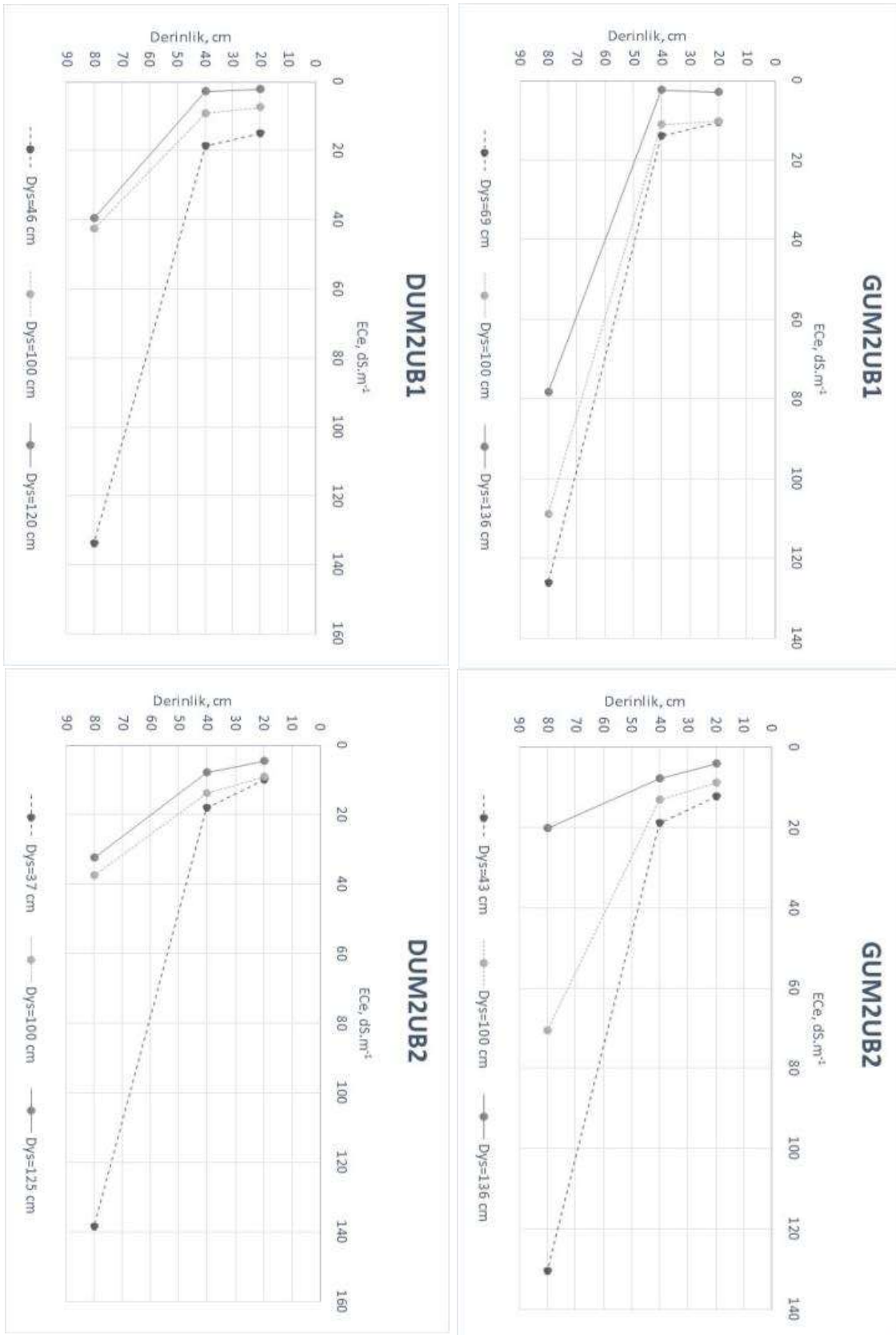
Murtaza ve ark. (2013), tuzlu-sodyumlu topraklarda sorgum-İskenderiye üçgülü rotasyonunu takiben jips ve kötü nitelikli su kullanmışlardır. Çalışmada kötü nitelikli suyu jips ve jipsiz kullanarak; bunun kil bünyeli tuzlu-sodyumlu toprakların iyileştirilmesinde etkinliğini ve ekonomisini araştırmışlardır. Kuyu suyu ( $EC=3.94$  dS.m<sup>-1</sup>, SAR=19.73)+kanal suyu ( $EC=2.86$  dS.m<sup>-1</sup>, SAR=11.81) ve jips gereksiminin tamamının sağlandığı konuda; sorgum-iskenderiye üçgülü hasatından sonra pH,  $EC_e$  ve SAR'da istatistiksel olarak önemli azalmalar meydana gelmiştir.



Şekil 1. Yıkama suyunun fonksiyonu olarak farklı uygulamalarda (G-D UM1UB1 ve G-D UM1UB2) toprak kolonundaki EC<sub>e</sub> değişimi

Figure 1. EC<sub>e</sub> variation in soil column for G-D UM1UB1 and G-D UM1UB2 treatments as function of magnitude of leaching water





Şekil 2. Yıkama suyunun fonksiyonu olarak farklı uygulamalarda (G-D UM2UB1 ve G-D UM2UB2) toprak kolonundaki EC<sub>e</sub> değişimi  
Figure 2. EC<sub>e</sub> variation in soil column for G-D UM2UB1 and G-D UM2UB2 treatments as function of magnitude of leaching water

Çalışmada, toprak kolonunun farklı katmanlarından küçük el vakum pompası yardımıyla alınan toprak suyu örneklerinde ölçülen  $EC_e$  değerlerinin değişimleri Şekil 1 ve 2'de verilmiştir. Şekillerden anlaşılacağı gibi;  $EC_e$  değerleri, konulara ve uygulanan yığışımly yıkama suyu miktarlarına göre değişmiştir. Ele alınan her bir konunun, ilk drenaj suyu çıkış zamanları ve miktarları farklı olmuştur. Bu nedenle, toplam yıkama suyu miktarları da farklı olmuştur. En fazla yıkama suyu 144 cm ile göllendirme yıkama biçiminde UM1-UB2 konusuna verilmiştir.  $EC_e$  değişimleri, 3 farklı yıkama suyu düzeyi için irdelenmiştir. Değinilen yıkama suyu düzeyleri, başlangıç temsil eden ilk su çıkışının olduğu yığışımly yıkama suyu miktarı, 100 cm yıkama suyu ve çalışma sonunu temsil eden toplam yıkama suyu miktarları şeklinde düzenlenmiştir. Başlangıç değeri, ilk drenaj suyunun ve katmanlardan alınan toprak sularının  $EC_e$  ölçümleri olarak kabul edilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi, toprak profilinde en fazla  $EC_e$  azalması, göllendirme yıkama biçiminin kullanıldığı UM2-UB2 uygulamasından elde edilmiştir. Örneğin, anılan konuda ilk drenaj suyunun  $EC_e$  değeri  $130.5 \text{ dS.m}^{-1}$  iken, 100 cm yıkama suyu sonucu  $70.6 \text{ dS.m}^{-1}$  ve 133 cm yıkama suyunda ise  $20.1 \text{ dS.m}^{-1}$ 'ye düşmüştür. Buna karşı, toplam yıkama suyunun uygulanmasından sonra, tartışılan konuda ilk 20 cm toprak derinliğindeki tuz miktarı yaklaşık  $4.2 \text{ dS.m}^{-1}$  dolaylarında bulunmuştur. Buna karşı, en az yıkama suyu verilen damla yıkama biçiminde UM2-UB1 konusunda, değinilen  $EC_e$  değerleri; 46 cm yıkama suyu sonucu  $134.7 \text{ dS.m}^{-1}$ ; 100 cm yıkama suyu sonucu  $42.6 \text{ dS.m}^{-1}$  ve 120 cm yıkama suyunda  $39.8 \text{ dS.m}^{-1}$ 'ye düşmüştür. Aynı konuda, denemenin sonunda ilk 20 cm toprak derinliğinde  $EC_e$  değeri,  $2.39 \text{ dS.m}^{-1}$  olarak ölçülmüştür. Buradan,  $20 \text{ kg.m}^{-2}$  jips miktarının toprak profiline karıştırılarak verilmesi ve göllendirme yöntemiyle yıkamanın yapılması durumunda, toprak profilinden tuz eksilmesinin daha fazla olduğu söylenebilir. Anılan konunun önemli olduğu, önceki bölümde yapılan ve sonuçları verilen varyans analizleri ile de doğrulanmıştır.

Deneme sonunda yapılan analiz sonuçlarında, toprak kolonunda yüzeyden itibaren 40-80 cm arasında tuzların yığıldığı saptanmıştır. Bahçeci (2009), başlangıç yıkamasıyla birlikte tuzların üst topraktan aşağı doğru daha derinlere yıkandığını ve o katmanlarda biriktiğini saptamıştır. Yine Bahçeci ve Nacar (2009) tarafından kapalı drenaj sisteminin bulunduğu bir alanda yapılan bir başka çalışmada, yıkamalarla üst toprak katmanında (20 cm) başlangıçta  $10.3 \text{ dS.m}^{-1}$  olan tuzun, dönem sonunda  $2.1 \text{ dS.m}^{-1}$ 'ye düştüğü; en etkili yıkamanın bu katmanda gerçekleştiği ve toprağın 160-200 cm derinliği için başlangıçta  $10.1 \text{ dS.m}^{-1}$  olan tuz derişiminin,  $7.5 \text{ dS.m}^{-1}$  kadar azaldığı rapor edilmiştir. Bu durum teknik olarak ilgili katmandan geçen yıkama suyunun ve jipsin safiyeti ve çözünme özelliği, toprak koloitlerinin

özellikleri ve tekstürün bir fonksiyonudur. Toprak kolonları boyunca, katmansal olarak, farklı yıkama suyu düzeylerinde ESP değişimleri izlenmiştir. Bu amaçla, farklı toprak katmanlarından alınan ve kolondan çıkan drenaj sularında ölçülen SAR değerlerinden elde edilen ESP değerleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 3 ve 4'de gösterilmiştir.

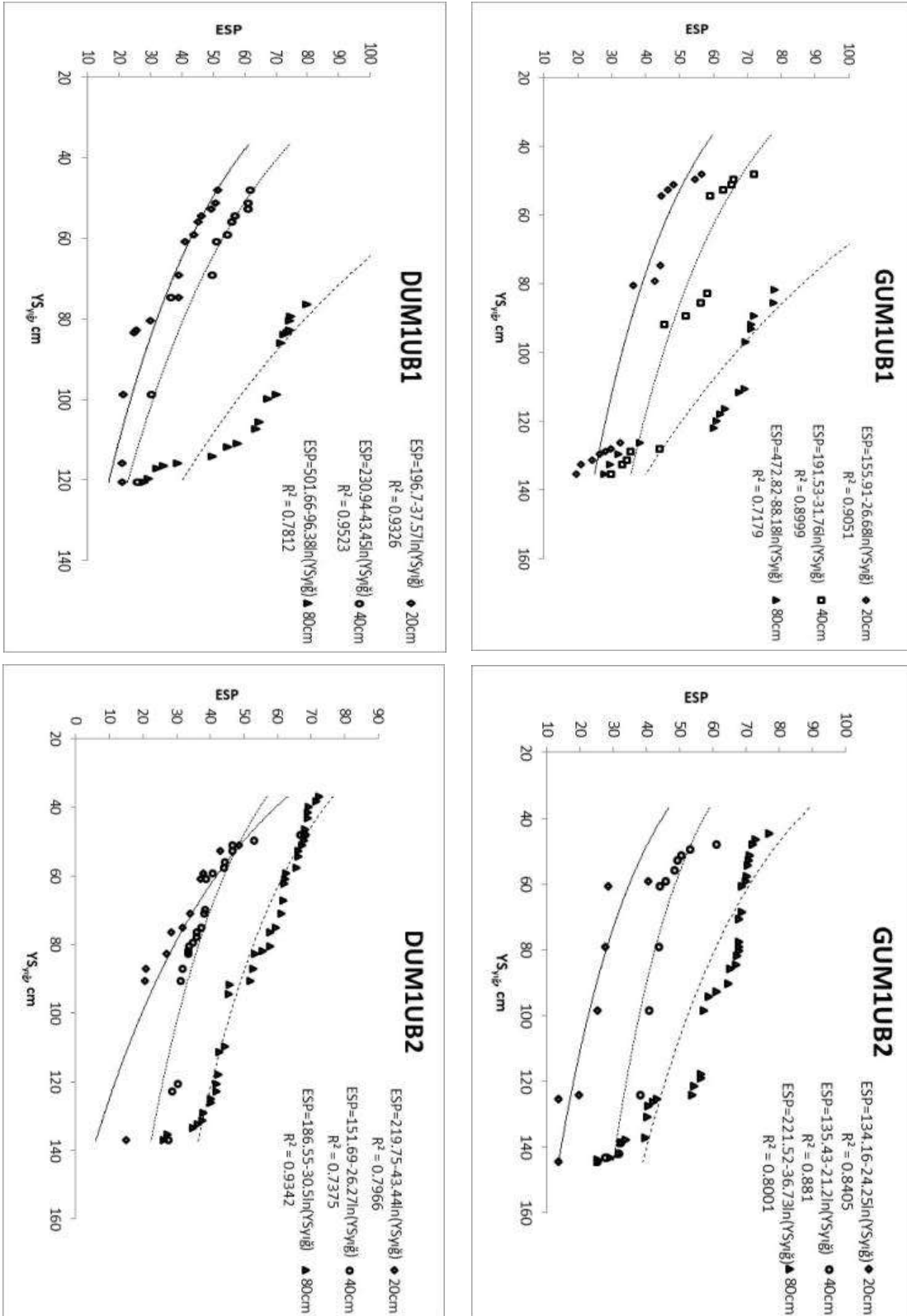
Şekil 3 ve 4'de görüldüğü gibi, ele alınan tüm konularda toprağın farklı katmanlarında yığışımly yıkama suyu miktarı ile ESP miktarları arasında logaritmik bir ilişki bulunmaktadır. Deneme konularında, tüm toprak profili için, yığışımly yıkama suyu miktarlarına karşı, ESP değişim tavırları birbirinden oldukça farklıdır. Bu durumun, modellerin oluşturulmasında kullanılan nokta sayısı ve uygulanan yıkama suyu miktarlarının farklı olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Konularda, drenaj sularının çıkışına bağlı olarak (zaman ve miktar), değişik sayıda nokta kullanılmıştır. En az nokta sayısı, GUM1UB1 konusunda elde edilmiştir.

Farklı toprak katmanlarından toprak suyu, ortalama 48 cm yıkama suyu uygulandıktan sonra alınabilmiştir. Bütün konularda 20, 40 ve 80 cm toprak katmanlarına ilişkin elde edilen ESP değişim tavırları ve buna bağlı denklemler bulunmuştur. Şekil 3 ve 4'e bakıldığında, yıkamaların ve buna bağlı olarak en fazla ESP azalmasının ilk katmanlarda olduğu söylenebilir. Toprağın 40-60 ve 60-80 cm'lik katmanlarında ESP değerlerinin, hemen tüm konularda istenen düzeyin daha üzerinde olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3 ve 4'de görüldüğü gibi, yıkama uygulamaları sonunda kolondan çıkan drenaj sularında en küçük ESP değeri, 22.70 ile damla yıkama biçiminde UM2-UB2 konusunda ölçülmüştür. Konulara ilişkin elde edilen modeller dikkate alındığında, eğim değerlerine göre, en fazla ESP azalmaları, Şekil 4'de verilen damla ve göllendirme yıkama biçimlerinde uygulanan UM2-UB2 konusunda elde edilmiştir. Kolondan çıkan drenaj sularında en büyük ESP değerine ise 27.81 ile yine damla yıkama biçiminde UM1-UB1 konusunda ulaşılmıştır (Şekil 3). Bu durumda, UM1-UB1 konusunda daha az ESP düşüşü olduğu anlaşılmaktadır.

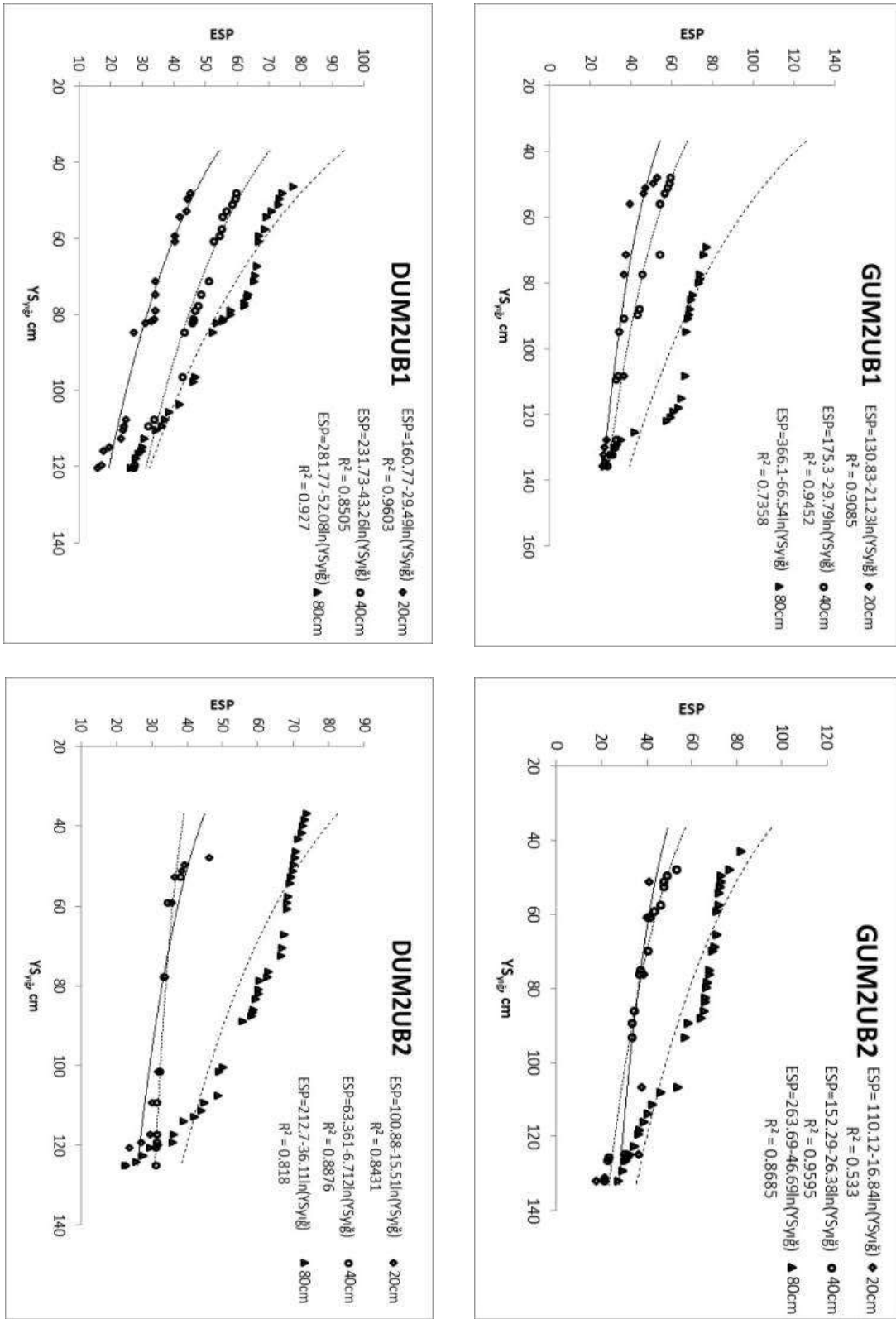
Elde edilen sonuçlar, yapılan varyans analizleri ile de örtüşmektedir. Bu sonuçlara göre; her iki yıkama biçimi ile  $20 \text{ kg.m}^{-2}$  jipsin toprağın tamamına karıştırılması durumunda, ESP'nin en etkin biçimde düşürülebileceği söylenebilir. Buna karşı, damla yıkama biçimi ile  $13 \text{ kg.m}^{-2}$  jipsin toprak yüzeyine serpilerek uygulanmasının, ESP azalmasında çok etkili olmayacağı sonucuna varılabilir.

## SONUÇ ve ÖNERİLER

Tüm toprak profilinde,  $\text{m}^2$ 'ye  $13 \text{ kg}$  (UM1) jipsin toprağa karıştırılması (UB2), 0.95 güvenle, diğer bileşenlere göre, tuz yıkanmasında daha etkili olmuştur.



Şekil 3. Yıkama suyunun fonksiyonu olarak farklı uygulamalarda (G-D UM1UB1 ve G-D UM1UB2) toprak kolonundaki ESP değişimi  
 Figure 3. ESP variation in soil column for G-D UM1UB1 and G-D UM1UB2 treatments as function of magnitude of leaching water



Şekil 4. Yıkama suyunun fonksiyonu olarak farklı uygulamalarda (G-D UM2UB1 ve G-D UM2UB2) toprak kolundaki ESP değişimi

Figure 4. ESP variation in soil column for G-D UM2UB1 and G-D UM2UB2 treatments as function of magnitude of leaching water

Yine, jips miktarı arttıkça yüzeye serpmenin, jips miktarı azaldıkça profile karıştırmanın EC<sub>e</sub>

azalmasında daha etkin olduğu saptanmıştır. pH azalmasına konuların etkisi istatistiksel olarak önemli

bulunmamıştır. Fakat jips miktarının 20 kg.m<sup>-2</sup> olması ve tüm toprak profiline karıştırılması durumunda, pH düşümünde, istatistiksel olmasa da, diğer uygulamalara göre, daha etkili sonuç alınabileceği, izlenimi edinilmiştir. Jips uygulama miktarları (UM) ve uygulama biçimlerinin (UB), NaX azalması üzerine, birbirinden bağımsız olarak, 0.05 düzeyinde önemli olarak farklı etki ettikleri anlaşılmıştır. UB2'nin (jipsin toprağın tamamına karıştırılması), NaX azaltılmasında, 0.95 güvenle önerilebileceği belirlenmiştir. UM2 (20 kg.m<sup>-2</sup>) uygulama miktarının, NaX azaltılmasında, UM1'e göre, 0.95 güvenle daha fazla etkili olduğu saptanmıştır. SAR değerinin düşürülmesi üzerine, jips miktarı değil; jips uygulama ve yıkama biçimlerinin ayrı ayrı, birbirinden bağımsız olarak, etki ettiği belirlenmiştir. Jipsin toprak profiline karıştırılması (UB2) ve yıkamanın damla yöntemiyle (D) yapılması yoluyla SAR değerinin daha etkin biçimde düşürülebileceği saptanmıştır. Tüm toprak profiline ilk 20 cm'de UB2 (20 kg.m<sup>-2</sup>) tuzların yıkanmasında daha etkili bulunmuştur. Yine, m<sup>2</sup>'ye 20 kg jipsin toprak profiline karıştırılması durumunda, en fazla ESP azalması meydana gelmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; tuzlu-sodyumlu toprakların iyileştirilmesinde damla sisteminin kullanılabilirliği ve iyileştiricinin toprağa karıştırılarak verilmesinin gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada, damla yöntemi ile aralıklı göllendirme yöntemine göre %9 daha az su kullanılmıştır. Buna göre; damla sulama tekniğinin Aşağı Seyhan Ovası tuzlu-sodyumlu topraklarının iyileştirilmesinde kullanılması ile ilgili projelendirme ölçütleri şimdiden araştırılmalıdır. İlerde su kaynaklarının çok sınırlı olması durumunda, daha tuzlu veya kötü nitelikli sayılabilecek sularla sorunlu toprakların iyileştirilebileceği konusu irdelenmelidir. Bundan sonraki çalışmalarda, jipsin toprağa etkin biçimde karıştırılması ile ilgili olanak, teknoloji ve ekipman geliştirilmesine öncelik verilmelidir.

## TEŞEKKÜR

Bu makale, 5 Aralık 2011 tarihinde kabul edilen bir doktora tez çalışmasından elde edilen sonuçlar kullanılarak ve yeni literatürlerle güncellenerek hazırlanmıştır. Bu çalışmayı finansal olarak destekleyen Çukurova Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: ZF2008D8) teşekkür ederiz.

## Çıkar çatışması beyanı

Yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

## Yazar Katkı Oranları

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağladıklarını beyan ederler.

## KAYNAKÇA

- Abo-Ogiala A, Khalafallah N 2019. Effect of Gypsum and Compost on Growth and Yield of Washington Navel Orange under Saline-Sodic Soils. *Egyptian Journal of Horticulture* 46 (1):83- 93.
- Abrol IP, Yadav JSP, Massoud FI 1988. Salt-Affected Soils and Their Management. *FAO Soils Bulletin* 39, Rome, 131 p.
- Alsharari MA 1999. Reclamation of Fine-Textured Sodic Soil Using Gypsum, Langbeinite and Calcium Chloride. The University of Arizona The Department of Soil Water and Environmental Science Doctoral Dissertation, 179 p.
- Bahçeci İ 2009. Determination of Salt Leaching and Gypsum Requirements with Field Tests of Saline-Sodic Soils in Central Turkey. *Irrigation and Drainage* 58:332-345.
- Bahçeci İ, Nacar AS 2009. Subsurface Draniage and Salt Leaching in Irrigated Land in South-East Turkey. *Irrigation and Drainage* 58:346-356.
- Bauder JW, Brock TA 2001. Irrigation Water Quality, Soil Amendment and Crop Effects on Sodium Leaching. *Arid Land Research and Management* 15:101-113.
- FAO 2015. Status of the World's Soil Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 650 p.
- Hafez EM, Hassan WH, Gaafar IA, Seleiman MF 2015. Effect of Gypsum Application and Irrigation Intervals on Clay Saline-Sodic Soil Characterization, Rice Water Use Efficiency, Growth, and Yield. *Journal of Agricultural Science* 7 (12):208-2019.
- Kanber R, Ünlü M 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yay. No. 281 Kitap Yay. No. A-87, Adana, 307 sy.
- Kovda VA 1967. Irrigation and Draniage of Arid Lands in Relation to Salinity and Alkalinity. *FAO/UNESCO*, Rome, 663 p.
- Makoi JHJR, Verplancke H 2010. Effect of Gypsum Placement on the Physical Chemical Properties of A Saline Sandy Loam Soil. *Australian Journal of Crop Science* 4(7): 556-563.
- Murtaza B, Murtaza G, Sabir M, Owens G, Abbas G, Imran M, Shah GM 2017. Amelioration of Saline-Sodic Soil with Gypsum Can Increase Yield and Nitrogen Use Efficiency in Rice-Wheat Cropping System. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63(9):1267-1280.
- Murtaza G, Murtaza B, Usman HM, Ghafoor A 2013. Amelioration of Saline-Sodic Soil using Gypsum and Low Quality Water in Following Sorghum-Berseem Crop Rotation. *International Journal of Agriculture and Biology* 15(4):640-648.
- National Soil Survey Center (NSSC) 1996. Soil Survey Method Laboratory Manual, USDA-NRCS.
- Pekmezci A 1988. Endüstri Atıklarının Çorak Toprakların Islahında Kullanılma Olanakları.

- Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enst. Kültürteknik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 88 sy.
- Quadir M, Ghafoor A, Murtaza G 2001. Use of Saline-Sodic Waters Through Phytoremediation of Calcareous Saline-Sodic Soils. *Agriculture Water Management* 50:197-210.
- Sönmez B 2004. Türkiye’de Çorak Islahı Araştırmaları ve Tuzlu Toprakların Yönetimi. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu 20-21 Mayıs 2004, Ankara, 157-162.
- Tüzüner A 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 375 sy.