

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**KARAMAN - AYRANCI TUZLU ALKALİ TOPRAKLARININ MEVCUT  
DURUMUNUN VE YIKAMA ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

**İsmail TAŞ**

**TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**ANKARA**

**2009**

**Her hakkı saklıdır.**

## TEZ ONAYI

İsmail TAŞ tarafından hazırlanan “**Karaman - Ayrancı Tuzlu Alkali Topraklarının Mevcut Durumunun ve Yıkama Etkinliğinin Belirlenmesi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir. Sunum Tarihi : 08.09.2009

**Danışman** : Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

### **Jüri Üyeleri :**

**Başkan** : Prof. Dr. A. Zeki ERÖZEL

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Sadık USTA

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Selçuk ALBUT

Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Orhan ATAKOL

Enstitü Müdürü

## ÖZET

Doktora Tezi

### KARAMAN - AYRANCI TUZLU ALKALİ TOPRAKLARININ MEVCUT DURUMUNUN VE YIKAMA ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

İsmail TAŞ

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

Gerek toprak tuzluluğunun belirlenmesi, gerekse tuzlu alkali toprakların ıslahı her zaman dikkat çeken konuların başında gelmektedir. Gelişen teknoloji, toprak tuzluluğunun belirlenmesinde yeni imkanlar ve kolaylıklar sunmaktadır. Yürütülen bu çalışmada, son yıllarda kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşan elektromanyetik indüksiyon aletlerinden EM38, toprak tuzluluğunun ölçülmesinde kullanılmıştır. Ayrıca arazi koşullarında ıslah materyali olarak sülfürik asit, jips ve kükürtle birlikte denemeye alınmıştır. Çalışmanın sonunda, EM38'in mevcut toprak tuzluluğunun ölçülmesinde (ECa) ve de bunun mekansal olarak değişiminin belirlenerek haritalarının hazırlanmasında son derece kullanışlı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, elektriksel iletkenli 40.6 dS/m'ye ve DSY değeri 49 kadar çıkan alanda 60 cm'lik ıslah derinliği dikkate alınarak yapılan ıslah çalışması sonucunda, 1. serideki jips ve 3. serideki kükürt konularının dışındaki tüm seri ve konularda, planlanan toprakta DSY değeri olan 10'un altına düşürülmüştür. Sülfürik asit uygulaması, jips ve kükürt konusunun 150 cm yıkama suyu uygulaması sonunda sağlanan iyileşmeyi 90 cm yıkama suyu ile sağlamıştır. 150 cm yıkama suyu uygulaması sonunda sülfürik asit parsellerinin tamamında 90 cm toprak derinliğinin planlanan DSY değerinin altına düştüğü belirlenmiştir.

**Eylül 2009, 171 sayfa**

**Anahtar Kelimeler :** Tuzluluk , Alkalilik, EM38, Yıkama

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

### DEFINITION OF KARAMA– AYRANCI SALINE-ALKALI SOILS STATUS AND LEACHING EFFICIENCY

İsmail TAŞ

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Farm Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK

Both the determination of soil salinity and the reclamation of saline and alkaline soils always lead the topics that draw particular attention. The developing technology provides new opportunities and facilities to the determination of soil salinity. In this study, EM38, which, is one of the electromagnetic induction tools and is being widely used in the recent years, was used to measure the soil salinity. In addition, sulfuric acid has been taken to trial under field conditions together with gypsum and sulphur. As a result of the study, it was found that EM38 was a very useful tool in the determination of the existing salinity of the soil (ECa) and its spatial variation and the preparation of the salinity maps. Moreover, as a result of reclamation study covering 60 cm soil depth in the study area, which electrical conductivity and exchangeable sodium percentage reach to 40.6 dS/m and 49 respectively, all soils series and treatments excluding gypsum treatment in the 1. series and sulphur treatment in the 3. series, have lowered the exchangeable sodium percentage to below 10 which was planned before. Sulphuric acid application with 90 cm leaching water has provided the same reclamation with that of gypsum and sulphur 150 cm leaching water. As a result of applying 150 cm leaching water on sulphuric acid parcels, it has been determined that exchangeable sodium percentage in all the parcels at a depth of 90 cm, were below the planned value.

**September 2009, 171 pages.**

**Key Words :** Salinity, Alkali, EM38, Leaching

## TEŞEKKÜR

Çalışmamı yönlendiren, ihtiyaç duyulan aşamalarda bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek destekleyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Ahmet ÖZTÜRK'e, tez çalışmam esnasında gerek akademik gerekse sosyal anlamda büyük desteklerini gördüğüm değerli hocam Prof. Dr. Y. Ersoy YILDIRIM'a, yine aynı şekilde tez çalışmam sırasında özellikle Tez İzleme Komitesi toplantılarında bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım hocam sayın Prof. Dr. Sadık USTA'ya teşekkür eder saygılarımı sunarım. Ayrıca, tezin değerlendirilmesinde ve düzenlenmesinde katkılar sağlayan değerli jüri üyeleri sayın Prof. Dr. A. Zeki ERÖZEL ve sayın Prof. Dr. Selçuk ALBUT'a teşekkür eder saygılar sunarım.

Çalışmamın ıslah bölümünün planlanması sırasında, değerli bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren sayın Dr. Ahmet AĞAR'a, teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Toprak örneklerimin analize hazırlanması ve analizleri sırasında yardımda bulunan değerli meslektaşlarım Ziraat Mühendisleri Tuğba BULUT, Ceren YENİCİ ve Mustafa SONGÜR'e en içten teşekkürlerimi sunarım. .

Çalışmalarımın özellikle laboratuvar aşamasında büyük desteğini gördüğüm değerli arkadaşım Çevre Yüksek Mühendisi Fatma ÖZKAY'a, toprak örneklerinin analizleri sırasında tecrübe ve önerilerinden yararlandığım laborant sayın Aydın YETİM'e analizlerin düzenli ve uygun yürütülmesinde büyük yardımlarını gördüğüm laborant İsmail UĞURLU, Hanefi İMAM ve Mustafa KILINÇ'a; örneklerin analizlerinin yapılmasında kurum imkanlarından yararlanmamı sağlayan Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü yönetimine ve emeği geçen diğer personele, özellikle ihtiyaç duyduğum anlarda yardımlarını esirgemeyen Müdür Muavini sayın Dr Suat AKGÜL'e, teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Arazi çalışmalarım sırasında büyük yardımlarını gördüğüm Ziraat Mühendisleri Tolga ÖRENCİK ve Hasan ARA'ya teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Doktora öğrenimim boyunca emeği geçen Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Bölüm Başkanı sayın Prof. Dr. Turhan AKÜZÜM'e, Bölüm Öğretim Üyelerinden sayın Prof. Dr. Süleyman KODAL'a ve diğer akademik personele teşekkür eder saygılarımı sunarım. Ayrıca bölüm idari personellerinden Tülay EFE'ye, Fatma IŞIKAL'a, Ali NACAĞ'a, Murat ÇETİN'e ve Bayram BAKIR'a, ayrıca yine yardımlarını gördüğüm Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün değerli personelleri Kader AĞAOĞLU, Övsel ÇUHA, Esra TAMER ve Mevlüt ERTEKİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Doktora öğrenimim süresince büyük desteklerini gördüğüm değerli dostlarım, Ziraat Mühendisi Serap SARI BALALAN ve kıymetli eşi Mehmet Ali BALALAN'a sonsuz teşekkür eder saygılarımı sunarım.

İsmail TAŞ

Ankara 2009

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	v
SİMGELER DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	x
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	6
2.1. Toprak tuzluluk Konusunda Yapılmış Olan Çalışmalar .....	9
2.2. Toprak tuzluluğu - bitki verim ilişkisi konusundaki çalışmalar .....	18
2.3. Yıkama ve Islah Konusundaki Çalışmalar .....	24
2.4 Toprakta Tuz Hareketi İle İlgili Çalışmalar .....	45
2.5. EM38 ve Tuzluluk Haritalarının Hazırlanması Konusundaki Çalışmalar .....	59
3. MATERYAL YÖNTEM .....	77
3.1. Materyal .....	77
3.1.1. Çalışma alanı yeri .....	77
3.1.2 Çalışma alanı toprakları .....	77
3.1.3 Çalışma alanı iklimi .....	79
3.1.4 Deneme alanı toprakları .....	81
3.1.5 Islah maddesinin özellikleri .....	83
3.1.6 Yıkama suyu ve taban suyunun özellikleri .....	83
3.1.7 Toprak tuzluluğun belirlenmesinde kullanılan elektromanyetik ölçer (EM38) .....	84
3.2. Yöntem .....	87
3.2.1 Toprak tuzluluğun belirlenmesi .....	87
3.2.2 Deneme konularının saptanması ve deneme düzeni .....	89
3.2.3 Deneme yerinin hazırlanması .....	91
3.2.4 Islah maddesinin uygulanması ve yıkamaların yapılması .....	93
3.2.5 Toprak örneklerinin alınması .....	96
3.2.6 Laboratuvar analiz metotları .....	97
3.2.6 Analiz ve değerlendirme metotları .....	101
3.2.6.1 Sodyumluluk yönünden değerlendirilmesi .....	101
3.2.6.2 Tuzluluk yönünden değerlendirilmesi .....	101
4. BULGULAR VE TARTIŞMA .....	103
4.1. Toprak tuzluluğun belirlenmesi .....	103
4.2 Yıkamaların toprak pH'sı üzerine olan etkileri .....	105
4.3 Sodyumluluk yönünden değerlendirilmesi .....	112
4.4 Tuzluluk yönünden değerlendirilmesi .....	121
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	143
5.1. Sonuçlar .....	143
5.2 Öneriler .....	146
KAYNAKLAR .....	149

<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>169</b>
-----------------------	------------

## SİMGELER

A.B.D.	Amerika Birleşik Devletleri (USA)
Atm	Atmosfer basıncı
B	Bor
Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
CO <sub>3</sub>	Karbonat
dS/m	Desi-siemens/metre
DSY / ESP	Değişebilir sodyum yüzdesi
EC	Elektriksel iletkenlik
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sülfürik asit
HCO <sub>3</sub>	Bikarbonat
K	Potasyum
KDK	Katyon değişim kapasitesi
LF	Yıkama suyu oranı
LR	Yıkama gereksinimi
me	Miliekivalan
mg	Miligram
Mg	Magnezyum iyonu
MgSO <sub>4</sub>	Magnezyum sülfat
Na	Sodyum
°C	Santigrat derece
ppm	Milyonda bir kısım
RSC	Kalıcı sodyum karbonat
SAR	Sodyum adsorpsiyon oranı
SO <sub>4</sub>	Sülfat

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma alanının coğrafi konumu .....	78
Şekil 3.2 Çalışma alanı haritası ve koordinatları .....	78
Şekil 3.3 Araştırma alanı seri bazlı toprak haritası .....	81
Şekil 3.4 Toprak tuzluluğunun belirlenmesinde kullanılan EM38 aleti .....	85
Şekil 3.5 Koordinatların alınmasında kullanılan GPS sistemi .....	86
Şekil 3.6 Toplanan verilerin kayıt edildiği el bilgisayarı .....	86
Şekil 3.7 Her seride kurulan ıslah deneme planı .....	90
Şekil 3.8 Mol drenajın yapılması .....	91
Şekil 3.9 Toprağın denemeye hazırlanması .....	92
Şekil 3.10 Yıkama yapılacak deneme parseli .....	92
Şekil 3.11 Islah maddesinin toprağın ilk 15 cm'sine karıştırılarak tırmıkla tesviye edilmesi .....	94
Şekil 3.12 Yıkama suyunun ölçümünde kullanılan su sayacı .....	95
Şekil 3.13 Parsellere yıkama suyunun uygulanması ve aşındırmanın engellenmesi .....	96
Şekil 3.14 90 cm derinlikten toprak örneklerinin alınması .....	97
Şekil 4.1 Çalışma alanı topraklarının tuzluluk haritası .....	104
Şekil 4.2 Yıkama sırasında 1 nolu toprak serisinde belirlenen pH değişimi ...	108
Şekil 4.3 Yıkama sırasında 2 nolu toprak serisinde belirlenen pH değişimi ...	109
Şekil 4.4 Yıkama sırasında 3 nolu toprak serisinde belirlenen pH değişimi ...	110
Şekil 4.5 Yıkama sırasında 4 nolu toprak serisinde belirlenen pH değişimi ...	111
Şekil 4.6 Yıkama sırasında 1 nolu toprak serisinde belirlenen DSY değişimi .	117
Şekil 4.7 Yıkama sırasında 2 nolu toprak serisinde belirlenen DSY değişimi .	118
Şekil 4.8 Yıkama sırasında 3 nolu toprak serisinde belirlenen DSY değişimi .	119
Şekil 4.9 Yıkama sırasında 4 nolu toprak serisinde belirlenen DSY değişimi .	120
Şekil 4.10 Yıkama sırasında 1 nolu toprak serisinde belirlenen tuz yüzdesi değişimi .....	127
Şekil 4.11 Yıkama sırasında 2 nolu toprak serisinde belirlenen tuz yüzdesi değişimi .....	128
Şekil 4.12 Yıkama sırasında 3 nolu toprak serisinde belirlenen tuz yüzdesi değişimi .....	129
Şekil 4.13 Yıkama sırasında 4 nolu toprak serisinde belirlenen tuz yüzdesi değişimi .....	130
Şekil 4.14 Yıkama sonunda belirlenen 1 nolu toprak serisine ait tuz yıkama eğrisi .....	131
Şekil 4.15 Yıkama sonunda belirlenen 2 nolu toprak serisine ait tuz yıkama eğrisi .....	132
Şekil 4.16 Yıkama sonunda belirlenen 3 nolu toprak serisine ait tuz yıkama eğrisi .....	133
Şekil 4.17 Yıkama sonunda belirlenen 4 nolu toprak serisine ait tuz yıkama eğrisi .....	134
Şekil 4.18 Yıkama sırasında 1 nolu toprak serisinde belirlenen bor yüzdesi değişimi .....	135

Şekil 4.19 Yıkama sırasında 2 nolu toprak serisinde belirlenen bor yüzdesi değişimi .....	136
Şekil 4.20 Yıkama sırasında 3 nolu toprak serisinde belirlenen bor yüzdesi değişimi .....	137
Şekil 4.21 Yıkama sırasında 4 nolu toprak serisinde belirlenen bor yüzdesi değişimi .....	138
Şekil 4.22 Yıkama sonunda belirlenen 1 nolu toprak serisine ait bor yıkama eğrisi .....	139
Şekil 4.23 Yıkama sonunda belirlenen 2 nolu toprak serisine ait bor yıkama eğrisi .....	140
Şekil 4.24 Yıkama sonunda belirlenen 3 nolu toprak serisine ait bor yıkama eğrisi .....	141
Şekil 4.25 Yıkama sonunda belirlenen 4 nolu toprak serisine ait bor yıkama eğrisi .....	142

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Araştırma alanına ilişkin bazı iklim elemanları uzun yıllık ortalama değerleri .....	80
Çizelge 3.2 Araştırma alanı topraklarına ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal parametreler .....	82
Çizelge 3.3 Yıkama suyu kalite özellikleri .....	84
Çizelge 3.4 Toprak tuzluluğunun ölçülmesinde kullanılan EM38'in teknik özellikleri .....	85
Çizelge 3.5 Gerekli kimyasal ıslah maddesi miktarı .....	95
Çizelge 4.1 Toprak pH'sının uygulanan yıkama suyu ile değişimi .....	106
Çizelge 4.2 Toprak SAR ve DSY değerlerinin uygulanan yıkama suyu ile değişimi .....	113
Çizelge 4.3 Toprağın Elektriksel iletkenlik ve Bor değerlerinin uygulanan yıkama suyu ile değişimi .....	123

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun 2000'li yıllara kadar ki artış hızıyla artması durumunda gıda üretiminin 2025 yılına kadar %38, 2050 yılına kadar da %57 oranında artması gerekmektedir (Wild, 2003). Günümüzde tarım yapılan alanların miktarını artırmak neredeyse imkansız hale gelmiştir. Bu nedenle mevcut üretim alanlarındaki birim alan başına düşen verimi artırmak tarımsal üretimde öncelikli amaç olmalıdır. Bunun gerçekleştirilmesi sırasında üretim alanlarının mevcut üretkenliğinin düşürülmemesine de dikkat edilmelidir. Dünyadaki tarım alanlarının %15'i erozyonla birlikte fiziksel ve kimyasal bozulmayı da içeren toprak tuzluluğunun etkisinde bulunmaktadır (Wild, 2003). Bu oran ülkemizde sulanan alanlar içinde %32 civarındadır. FAO'nun tahminlerine göre de sulanan alanların neredeyse yarısı yani %50'si tuzluluk tehdidi altında bulunmaktadır.

Yağışın yetersiz veya olmadığı bölgelerde bitkilerin ihtiyaç duydukları su, sulama ile sağlanmaktadır. Bu işlem sırasında, bitki kök bölgesine sulama suyu ile birlikte suda çözülmüş olan tuzlarda verilmektedir. Koşullara ve zamana bağlı olarak bu tuzlar toprakta birikim yaparak bitkiler için uygun olmayan ortamın oluşmasına neden olur. Sulamanın olduğu yerde yetersiz drenaj koşullarında tuzlulaşma kaçınılmaz bir olgudur. Bu bağlamda hem tuzlulaşmanın önlenmesi hem de tuzlu alanların gerekli çalışmalar neticesinde ıslah edilerek tekrar potansiyel tarım alanına kazandırılması her zaman dikkati çeken konulardan birisi olmuştur. Gerek dünyada gerekse ülkemizde hem sulamadan kaynaklı hem de doğal nedenlerle oluşmuş tuzlu alanlar bulunmaktadır. Bu alanların tespit edilmesi ve tuzluluk düzeylerinin belirlenerek ıslahları için gerekli koşulların sağlanmasıyla tarıma kazandırılması gereklidir.

Çoğu eski medeniyetlerin çöküşündeki ana faktörlerin başında gelen tuzlu ve alkali toprak koşulları, tüm dünya üzerindeki tarım alanlarının büyük bir bölümünün üretkenliğini ve değerini çok ciddi şekilde azaltmakta ve hatta ortadan kaldırmaktadır.

Son yıllarda toprak tuzluluğu tüm dünya ülkelerinde tarımsal üretimi kısıtlayan önemli sorunlardan birisi olmuştur. Özellikle dünyada yılda 10 milyon ha arazinin tuzluluk etkisi ile kullanılamaz duruma gelmesi, sorunun boyutunu daha iyi gözler önüne sermektedir (Anaç ve Aksoy, 2000). Özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yetersiz yağış ve yüksek buharlaşma, tuzluluğun başta gelen sebeplerindendir. Nadir de olsa okyanus kenarlarındaki delta ovalarında okyanus etkisi nedeniyle tuzluluk görülebilmektedir. Öte yandan yanlış sulama uygulamaları da özellikle drenaj koşullarının kötü olduğu yerlerde tuzluluğa sebep olmaktadır (Ergene, 1982). Dünyada tarım arazilerinin sınırlı olduğu ve dünya nüfus artışından dolayı besin ihtiyacının katlanarak arttığı dikkate alınır en azından mevcut arazilerin daha verimli kullanılmasının gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle tuzlu toprakların ıslah edilmesi ve ekonomik bir biçimde değerlendirilmesi son derece önem kazanmaktadır (Woods, 1996).

Alkali toprakları nadiren bakiye topraklardır. Yani birincil kaynakların yerinde ufalanmalarıyla meydana gelmeleri çok nadirdir. Ancak büyük bir kısmı fazlaca ufalanarak taşınmış maddelerden oluşmuş olanları dünyamızda oldukça bol bulunmaktadır. Yani dünyadaki alkali toprakların büyük bölümü alvüol orijinlidir. Eğer gerekli çalışmalar yapılırsa bu ovaların büyük bölümü sulamaya açılabilir (Kelley, 1951).

Alkali (yada sodyumlu) toprak yetiştirilen bitkilerin gelişmesini engelleyecek düzeyde değişebilir yada adsorbe edilebilir sodyum içerir (Anonuyumus, 1954). Toprak yüksek oranda alkalilik gösterebilir fakat aşırı miktarda çözülmüş tuz içermeyebilir. Bu tür topraklar siyah alkalilik sorumlu olup genellikle küçük sulama alanlarında bulunur ve parlak leke (slick spots) olarak adlandırılır. Alkali topraklarda genellikle sodyum baskın durumdadır. Değişebilen sodyum oranı arttığı zaman, toprakta dispersiyona yol açar ve su ve hava için geçirimsizleşir. Bu duruma bağlı olarak da bitki kök bölgesine sulama yoluyla suyun girişini sağlamak giderek güçleşir. Öte yandan bu zor koşullar altında bitkinin çimlenmesi ve büyümesi yana doğru olur (Fireman, 1957). Bu nedenlerden dolayı çalışmalar, hem tuzlu alkali toprakların ıslahı konusunda gerçekleştirilmekte hem

de söz konusu topraklarda tarımın nasıl yapılabileceği ve bitkilerin bu ortamlardaki davranışları incelenmektedir.

Tuzlu ve sodyumlu toprakların yapısı, oluşumu ve ıslahına ilişkin yürütülen çalışmalar 1900 yılların başlarında başlamış olmasına karşın artan teknolojiye paralel olarak geliştirilen yöntemlerle ve artan önemle günümüze kadar ulaşmıştır. Bu durumun artan önemle günümüze kadar ulaşmasının en belirgin sebebi, zaman içerisinde tarımsal üretimi artırmak için sulamaya açılan ovaların artması ve sulamayla birlikte ovaların en düşük kottaki noktalarında artan tuzlu alanlarında artmasıdır.

Bu güne kadar elde edilen deneyimler gösteriyor ki, çözünebilir tuzların hakim olduğu topraklarda, başka sorunların olmaması koşuluyla sadece uygun yıkama suyu iyileştirme için yeterli olabilir. Eğer toprak içerisinde değişebilir sodyumu fazla oranda bulunduruyorsa, ıslah için muhakkak kalsiyum kaynağına ihtiyaç vardır. Yıkama suyundan önce ortama kalsiyum verilmeli ve arkasın yıkama suyu uygulanmalıdır.

Tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslah edilmesinde kullanılabilecek en güvenilir yöntem, sorunlu alanlarda yürütülecek tarla denemelerinden elde edilen verilerden yararlanılarak o alana ilişkin ıslah maddesi ve yıkama suyu miktarının belirlenmesidir. Deneme parsellerinden eşit miktarda yıkama suyunun geçirilmesi zorunludur. Çünkü uygulanan kimyasal ıslah maddesinin tam olarak aktifliğinin sağlanması buna bağlıdır.

Tuzlu ve sodyumlu özelliğe sahip toprakların ıslahı üç aşamalı olarak gerçekleştirilir. Bu aşamalardan ilki; tuzun ve sodyumun bitki köklerinin ulaşacağı kök derinliğinin altına düşürülmesi, ikincisi tuzluluğun ve sodyumluluğun yayılmasının ve tekrarlanmasının önlenmesi ve son aşama olarak da, çözünebilir tuzların toprakta yapmış oldukları hasarın düzeltilmesidir (Kelley, 1951).

Türkiye Geliştirilmiş Toprak Haritası etütlerinde kullanılan tuzluluk ve alkalilik kriterlerine göre ülkemizde 1 518 722 ha alanda tuzluluk ve alkalilik (çoraklık) sorunu bulunmaktadır. Bu miktarın %41'i hafif tuzlu, %33'ü tuzlu, %0.5'i alkali, %8'i hafif tuzlu alkali ve %17.5'i tuzlu alkalidir. Çorak araziler ülkemiz yüzölçümünün %2'sine, toplam işlenen tarım arazilerinin %5.48'ine eşdeğer büyüklüktedir. Toplam çorak alanların %74'ü tuzlu, % 25.5'i tuzlu-alkali ve % 0.5'i alkali (sodyumlu) topraklardan oluşmaktadır. Çorak toprakların büyük bir kısmını tuzlu topraklar oluşturmuştur. Mülagi Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğünün il arazi varlığı raporlarına göre 2000'li yıllarda yapılan değerlendirmeler çerçevesinde, arazilerin kullanma şekilleri itibariyle Türkiye'de kuru tarım alanlarının 163 638 hektarında, sulu tarım alanlarının 449 709 hektarında, bağ-bahçe alanlarının 9 050 hektarında, çayır-mera kullanım alanlarının 733 422 hektarında, Orman-funda alanlarının 11 436 hektarında çoraklık sorunu bulunmaktadır (Sönmez ve Beyazgül, 2008).

Çalışma sahası olarak belirlenen alan Karaman ili Ayrancı ilçesi sınırlarında yer almaktadır. Ancak, alana İvriz ve Ereğli sularının tahliyesinin verildiği eskiden Konya ili Ereğli ilçesi sınırlarında kalan ve Ak göl olarak isimlendirilen alanın kuzey bölümüdür. Alan, içe dönük drenaj özelliği göstermektedir. Topraklar yüksek pH (8,6-9,3) ve DSY (%19-76) değerleri göstermektedir. Tüm bu koşullar göz önüne alınarak yapılan arazi derecelendirmesi sonucunda alan 5. sınıf olarak belirlenmiştir (Anonim, 1978).

Bu çalışmada, Karaman - Ayrancı Tuzlu Alkali Topraklarının Mevcut Durumunun ve Yıkama Etkinliğinin Belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda tarımsal üretimde kullanılmayan ve tuzlu sodyumluluk özelliği gösteren bir alanda tuzluluğun mekansal olarak değişiminin belirlenmesinde ve haritalarının hazırlanmasında son yıllarda kullanımı giderek yaygınlaşan elektromanyetik indüksiyon aletlerinden birisi olan EM38 tuzluluk ölçerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Ayrıca, haritası hazırlanan alanda ıslahı için gerekli kimyasal ıslah maddesi ve yıkama suyu miktarının belirlenmesi için yıkama denemsi seri bazlı toprak etüdüne dayandırılarak kurulmuştur. Çalışmada kimyasal ıslah maddesi olarak jips öngörülmüştü. Ancak alternatif kimyasal ıslah

maddesi araştırması da çalışmaya dahil edilmiştir. Bu kapsamda da jipse alternatif kimyasal ışlah maddeleri olarak değerlendirmeye sülfürik asit ve kükürt konuları dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen söz konusu sülfürik asit ve kükürt konularına ilişkin olarak değerlendirilen veriler, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TBTAK) tarafından 1080265 nolu projeden alınmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Sulu tarım alanları artarken sulama suyu kaynakları hem niceliksel hem de niteliksel açıdan azalma göstermektedir. Son yıllarda yaşanan çevre kirliliğinin sonucunda doğal dengeler bozulmakta ve özellikle atmosferdeki CO<sub>2</sub> oranının artmasıyla sera etkisi olarak adlandırılan olay oluşmaktadır. Sera etkisi, dünya ölçülen sıcaklıkların önemli oranda yükselmesine neden olmaktadır. Bu sıcaklık artışına bağlı olarak da dünyadaki bazı bölgelerde su kaynakları hacminde oldukça belirgin azalmalar yaşanmaktadır. Bir taraftan artan dünya nüfusu ve genişleyen sulu tarım alanları, diğer taraftan giderek ısınan dünya iklimi ve azalan temiz su kaynakları düşük kaliteli suların tarımsal sulamada kullanılmasını gün geçtikçe zorunlu hale getirmektedir. Bu zorunluluklar hayati öneme sahip kaynaklarımızdan olan toprağın tuzluluk ve alkalilik açısından korunarak sürdürülebilir bir şekilde üretimde kullanımını gerektirmektedir.

Tuzluluk; iklim, hidrojeoloji ve tarımsal faktörlerin neden olduğu karmaşık bir problemdir. Tuzlu alanlar iklim ve hidrojeolojik etkilerden kaynaklı sınırlı ya da geniş alanlarda görülebilir. Bu nedenle uygun tarım uygulamaları tuzluluğun kontrolünde ve önlenmesinde çok önemlidir.

Tuzlu ve sodyumlu toprakların orijinleri ile ilgili olarak toprak genesisindeki doğal nedenler dışında, sulama toprak tuzluluğunu ve sodyumluluğunu artırmaktadır. Artışın derecesi ise, sulama suyunun kimyasal bileşimi, miktarı ve toprak profilinden uzaklaştırılan drenaj suyu arasındaki dengeye bağlıdır. Sulamada kullanılan sular, içerdikleri tuzların cins ve miktarına bağlı olarak çok değişik nitelikte olabilirler. Bu tuzların esas kaynağı ise kayaların ve toprak zerrelerinin ayrışma ve parçalanma olaylarıdır. Bunlar içerisinde kireç, jips ve diğer yavaş ayrışabilen toprak mineralleri vardır. Bunlardan ayrışan tuzlar, sularla arazilere taşınarak bitki kök bölgesinde birikirler. Bu tuzlar eğer kök bölgesinden yağış veya yıkama ile uzaklaştırılmaz ise toprakta tuzluluk sorunu zamanla kaçınılmaz hale gelmektedir. Toprakta tuz birikimine neden olan diğer bir etken sulama yöntemidir. Türkiye’de uygulanan sulama

yöntemlerinin %92'si karık sulama yöntemi gibi fazla su kullanılan yöntemlerdir (Sönmez ve Beyazgül, 2008).

Dünya'da özellikle de gelişmekte olan ülkelerde, nüfusun çok hızlı bir şekilde artması tarımsal üretimin de aynı oranda arttırılmasını zorunlu kılmaktadır. Dünya nüfusunun büyük bir kısmının yaşadığı kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal üretimi arttırmada etkili faktörlerden biri de sulamadır (Şener 1993).

Türkiye'deki tüm mevcut veriler çoraklığın oluşmasında iklim, drenaj, tarımsal işlemler ve toprak karakteristiklerinin etkili olduğunu, bu faktörlerin etkilerini birbirinden ayrı olarak değerlendirmenin çok zor olduğunu ortaya koymaktadır (Beyce, 1974). Türkiye'de kurak ve yarı kurak iklim koşullarının etkisiyle beraber, kuru tarımdan sulu tarıma geçilen ilk dönemlerde yüksek ürün artışına aldanarak, birçok sulama projesi tarla içi hizmetleri tamamlanmadan, çiftçilere sulama konusunda gerekli bilgiler aktarılmadan ve önlemler alınmadan hayata geçirilmiş, bunun sonucunda da verimli topraklarda çoraklaşma başlamıştır. Böylece doğal olarak var olanlara, yeni çorak topraklar eklenmiştir. Bu süreç sonunda, alt yapı olmadan sulanan alanlarda sürekli bir üretim artışı sağlamanın söz konusu olamayacağı, sulama yatırımlarının toprak ve su kaynakları açısından entegre bir proje olmasının gerekliliği açık bir şekilde anlaşılmıştır. Çoraklığın genellikle ovalarda ve kapalı havzalarda, sulamaya elverişli derin topraklarda oluşumu, aslında verim potansiyelinin yüksek olması gereken bu toprakları hemen hemen istifade edilemez duruma getirmiştir. Çoraklığın ortadan kaldırılması halinde bunların birinci sınıf tarım toprağına dönüşeceği şüphesizdir (Sönmez ve Beyazgül, 2008).

Kwiatkowski *et al.* (1994) çalışmalarında, hidrojeoloji, yüzey akışı, jeoloji, topografya ve toprağı dikkate alarak yaptıkları sınıflamada kuru alan, artezyenik, temas ve eğimle değişen, geçit dibi, çöküntü dibi, çıkıntı, bataklık, sulama, kanal sızıntı ve doğal sulama tuzluluğı gibi 8 sınıf tuzluluğun olduğunu belirtmektedirler. Bu sınıflama sistemi, kontrol uygulamaları yaklaşımlarında büyük kolaylıklar sağlamasından dolayı çok yararlıdır.

Sönmez ve Beyazgül (2008)'ün bildirdiğine göre, Türkiye toprakları tuzluluğu genellikle üç tiptir. Bunlar; (1) tuzların eski göl yataklarında olduğu gibi su basmalarıyla biriktiği, (2) tuzların yüzeye yakın taban altı suyundan kapillarite ile yükselerek birikmesi, (3) bu iki oluşum şeklinin müşterek etkisiyle tuzlanmanın meydana geldiği durumlardır. Hidromorfik tuzlu alüvyal topraklar ise esas olarak ara sıra meydana gelen su taşkınlarının etkisinde kalan veya uzun müddet yaş kalan zayıf drenaja sahip sahalarda meydana gelmişlerdir. Ayrıca, kıyı kumul ve bataklık komplekslerinde tuza dayanıklı bazı otların ve sazların yetişebildiği, bu sahaların drenaj vasıtasıyla ıslahının mümkün olduğu ancak ıslahın doğal yaşam da göz önünde tutulacak olursa pratik ve devamlı olmayacağı ifade edilmiştir. Türkiye Arazi Varlığı Envanterine göre Türkiye'de 2 775 115 ha alanda yaşlık (drenaj) sorunu vardır. Toplam miktara göre 1 689 358 hektar alan yetersiz drenajlı, 776 312 hektar alan fena drenajlı, 283 381 hektar alan bozuk drenajlı, 26 064 hektar alan aşırı drenajlıdır.

Toprakların tuzlulaşma ve alkalileşmesini sulama, drenaj toprak özellikleri ve iklim etmenleri gibi elemanlar önemli ölçüde etkilemektedir. Dünya Tarım Örgütü'nün (FAO) tahminlerine göre, sulanan alanların yaklaşık yarısı “sessiz düşman” olan tuzluluk, alkalilik ve yüzeyde göllenme tehdidi altındadır (Kanber vd. 2005). Tuzluluk nedeniyle bitkisel üretimin ya da verimin düşmesinde bitkilerin, tuz düzeyi sürekli artan çevreye uyum gösterememeleri ana etmen olmaktadır (Kanber vd. 1992).

Tarımsal üretimi artırmak için geniş ovalar sulamaya açılırken, bu durum aynı zamanda topraklarda tuz ve sodyum birikimini de beraberinde getirmiştir. Kurak ve yarı kurak bölgede yer alan bir çok ovada tuzluluk ve sodyumluluk nedeniyle terk edilen arazilere bilgisizce yapılan sulamalar sonucu yenileri de katılmaktadır (Bahçeci, 1983). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, sulu tarım için doğal kaynakların azalması veya kirlenmesi, düşük kaliteli sulama suyu ile sulama yapılması genellikle geniş üretim alanlarının tuzlanması ve üretim dışı kalmasına neden olmuştur. Sularda kalite belirlenirken sadece tuz miktarının dikkate alınması yeterli olmaz. Anyonların ve katyonların, ayrıca toksik iyonlarında belirlenmesi gerekebilir. Suların çoğunda tuz

konsantrasyonunun %99'unu Ca, Mg, Na, K, Cl, SO<sub>4</sub> ve nadiren de NO<sub>3</sub> oluşturur (Erözel ve Ağar 1992).

Pupisky and Shainberg (1979), suların tuz konsantrasyonu ile sodyumun zararlı ölçütü olan DSY değerlerinin kumlu toprakların hidrolik geçirgenliğine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada düşük DSY ve tuz içeriği koşullarında killerin taşınarak porları tıkanmasıyla veya yüksek DSY ve tuz içeriği koşullarında killerin şişmesiyle hidrolik geçirgenliğin azaldığı gözlenmiştir.

Lamsal *et al.* (1999), toprak suyundaki tuzluluğun, bitki yetiştirme periyodunda kök bölgesindeki kısıtlı nem ve tuzun yarattığı osmotik potansiyelin etkisini incelemişlerdir. Çalışma sonunda, tuzların toprak suyunda osmotik potansiyeli arttırdığını ve buna bağlı olarak da transpirasyonun azaldığını, bu duruma bağlı olarak da verimin azaldığını dile getirmişlerdir. Zaman boyutu dikkate alınarak yapılan tahminde toprak nem içeriği ve tuz konsantrasyonu arasında doğrusal olmayan bir ilişkinin olduğu saptanmıştır.

## **2.1. Toprak tuzluluk konusunda yapılmış olan çalışmalar**

Tuzluluk ile alkalilik arasındaki ilişki toprakta sodyumun ve diğer tuzların etkilerini belirlemede bir faktör olarak kabul edilmektedir. Toprak suyunun tuzluluğu, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde özel etkilere sahiptir. Toprak çözeltisindeki Na<sup>+</sup> iyonu konsantrasyonu ve toprağın değişim komplekslerindeki adsorbe Na<sup>+</sup> iyonu, toprağın fiziksel özellikleri üzerinde farklı etkiye sahip olabilmektedir. Toprak çözeltisinde bulunan tuzlar toprak profili içerisinde genellikle drene olan su ile aşağı katmanlara hareket ederler. Topraktaki yüksek sodyum konsantrasyonunun, toprağın tekstürü, strüktürü, çözeltideki Ca ve Mg konsantrasyonu gibi birçok faktörle ilişkili olarak, toprağın infiltrasyon ve hidrolik iletkenlik değerlerini düşürdüğü, yüzey kabuğu oluşumunu ve dispersiyonu teşvik ettiği belirtilmektedir. Ayrıca, sulama suyunun EC değerindeki artışa paralel olarak toprakta agregat oluşumunun teşvik edildiği, yüzey akış değerinin ise azaldığı görülmektedir (Yakupoglu ve Özdemir, 2007).

Kazman vd. (1983), düşük DSY değerlerine karşı toprağın infiltrasyon hız değerlerinin çok, hidrolik iletkenlik değerlerinin az duyarlı olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmada kireçli topraklarda bile infiltrasyonun korunmasında, mevcut kirecin etkili olmadığı; ancak bu tür topraklarda değişebilir sodyum miktarının azlığından dolayı; hidrolik iletkenliğin düşmesinin önlenmesinde etkili olduğu görülmüştür.

Tuz konsantrasyonu yüksek olan suların sulamada kullanılması sonucunda zamanla infiltrasyon hızı düşerken, birikimli infiltrasyon değeri de azalır. Buna bağlı olarak toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri bozulur. Özelliğini yitirmiş toprak, gerek tarımsal açıdan gerekse diğer açılardan sorunlar oluşturabilir. Oluşacak sorunlar daha çok toprak ve su kirliliğinin yanında çevresel bir takım olumsuzluklara da neden olabilir. İnfiltrasyon sorunu olan topraklarda şiddetli yağışlar sonrasında toprak yüzeyinde göllenen ve uzun süre toprak yüzeyinde kalan su,, zaman içerisinde bulunduğu bölgede çevre sorunlarına da neden olabilmektedir (Taş ve Zaimoğlu, 2001).

Yadaw and Girdhar (1980), yıkama suyundaki Mg:Ca oranının artması ile toprakta ayrışmanın arttığını ve hidrolik iletkenliğin düştüğünü belirtmişlerdir. Bu özelliğin yüksek SAR değerlerinde daha belirgin görüldüğünü, kalsiyuma göre magnezyumun toprakta sodyumluluğu artırdığını saptamışlardır.

Toprağın su geçirgenliği az veya taban suyu düzeyi yüksek olduğu durumlarda toprakta tuz birikimi gerçekleşmektedir. Taban suyu seviyesinin yüksekliği başta topografya olmak üzere düzgün olmayan ıslah işlemleri ve kontrolsüz sulama uygulamaları ile ilgilidir. Drenaj yolları iyi oluşmamış kapalı havzalarda etraftaki yüksek araziden sızan sular, arazinin alçak yerlerinde toplanmakta ve taban suyunu yükseltmektedir. Böyle koşullar altında tuzlu taban suyunun yukarıya doğru hareketi veya yüzey suyunun buharlaşması, tuzlu toprakların oluşumu ile sonuçlanmaktadır (Ergene, 1993). Başlangıçta tuzluluk problemi bulunmayan topraklar elverişsiz sulama suyu kullanılması, uygun olmayan sulama sistemleri ve amenajman işlemleri ya da yetersiz drenaj gibi faktörler nedeniyle kısa bir süre sonra çorak topraklar haline gelebilmektedirler (Çiftçi vd. 2004).

Karık sulama yönteminin uygulandığı kumlu-tınlı bir toprakta, 4 yıl boyunca iyi ( $EC_w=1.5$  dS/m,  $SAR=4.5$ ) ve düşük ( $EC_w=12$  dS/m,  $SAR=11$ ) kalite sulama suları 3 değişik oranda karıştırılmıştır. Çözünabilir tuz miktarının, düşük kalite su ile sulanan parsellerde önemli ölçüde arttığı bildirilmiştir. Toprak eriyiği EC değerlerinin ise sulanmayan parsellerde 0.4 dS/m'ye, düşük kalite su ile sulanan parsellerde 6.0 dS/m'ye kadar yükseldiği, hidrolik iletkenlik değerlerinin ise düşük kalite su ile sulanan parsellerde belirgin şekilde azaldığı kaydedilmiştir (Zartman and Gichuru, 1984).

Sodyumun neden olduğu toprak alkaliliği, tuzluluğun bir biçimidir. Kil yüzeyindeki  $Na^+$  iyonu adsorbsiyonunun (değişebilir sodyum yüzdesinin) toplam katyon değişim kapasitesine oranı %6'yı geçtiğinde toprak, "alkali" olarak nitelendirilmektedir (Rengasamy and Olsson, 1993; Gordon, 2003). Sodyum tuzları toprakta daima kalsiyum ve magnezyum tuzlarından daha fazla çözündür ve bu çözünlük özel problemler oluşturur (Patterson, 2001).

Uzun dönem boyunca aynı sulama suyu ile sulanan alanlarda, sulama suyunun SAR değeri ile toprağın değişebilir sodyum yüzdesi (DSY) arasında bir ilişki olduğu gözlenmiştir (Harron *et al.* 1983; Rahman and Rowell, 1979). Gapon denklemi olarak anılan ilişki, toprakların sodyumlulaşma eğilimini göstermektedir (Ağca, 1990). Gapon denklemi gerçekte toprakta kalsiyum ile sodyumun yer değiştirme hızını yansıtmaktadır. Genellikle, değişebilir sodyumun % 40'tan küçük olduğu durumlarda, tarla bazında SAR ve DSY'nin birbirine dönüştürülebilecek ölçüde benzer olduğu belirtilmiştir (Kanber vd. 1992).

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

Tuzlu suların kullanımları ile ilgili işletim teknikleri 5 başlık altında toplanmıştır. Bunlar; a) sulama suyuna ilişkin işletim teknikleri: yıkama (gereksinimi ve sıklığı), sulama (sistemi ve sıklığı), drenaj (sistemi, derinliği ve aralığı) ile farklı nitelikteki sulama sularının döngülü veya karıştırılarak kullanılması, b) arazi yapısına ve kullanımına ilişkin işletim teknikleri: arazi tesviyesi, toprak işleme, derin sürüm ve arazinin ekime hazırlanması, tohum yatağının hazırlanması, toprağa kum eklenerek karıştırılması c) kimyasal maddelerin kullanılması: ıslah maddeleri, toprak yapısının düzeltilmesi ve gübreleme d) biyolojik işletim teknikleri: organik veya yeşil gübre kullanımı, ürün deseni ve nöbetleşe ekim, buharlaşmayı azaltacak (malçlama) önlemleri ve biyolojik ıslah uygulamaları e) insan kaynaklı işletim teknikleri; çiftçilerin çabaları, sosyal, ekonomik, çevresel ve politik önlemlerdir (Hamdy, 1998).

Tuzlu su ile sulanan topraklarda geçirgenliğin artırılması ve toprak yüzeyinde oluşan kaymak tabakasının kırılması için toprak işlemenin çok önemlidir. Eğer, toprağın işlenmesi, tekniğine uygun yapılmazsa toprakta pulluk tabanı ile yüzeye yakın bir tuzlu katman oluşur. Sodyumlu topraklar özellikle balçıklaşma ve kaymak tabakası oluşumu eğiliminde olduklarından toprağın dikkatli bir şekilde işlenerek kuru olmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca, iş makineleri sıklıkla topraklar yüzeyinde dolaştırılarak toprağın sıkışması engellenmelidir. Diğer yandan da çok sık yapılan sulamalar, özellikle çimlenme ve çıkış döneminde, kaymak tabakasının yumuşamasını sağladığı için önemlidir (Rhoades *et al.*, 1992).

Suyun toprak yüzeyinden toprak içerisine girişini tanımlayan infiltrasyon olayı toprağın içermiş olduğu sodyum miktarından önemli düzeyde etkilenmektedir. 3 mm/h'lik bir infiltrasyon hızı düşük kabul edilirken 12 mm/h'in üzerindeki bir hız ise nispeten yüksektir (Munsuz vd. 2001). Warrence *et al.* (2002)'nin bildirdiğine göre, sodyuma bağlı olarak dispers olan kil partikülleri toprak gözeneklerini tıkayabilmektedir. Tıkanan gözenekler ve oluşan yapı, bitkilerin gelişimini sınırlandırmakta, suyun infiltrasyonunu ve su akışını engellemektedir. Toprak hidrolik özelliklerinde meydana gelen bu değişim iki açıdan önem taşımaktadır. Bunlar; toprağa infiltre olan su miktarının azalması, buna

bağlı olarak toprakta depolanan yarayışlı su miktarı ile yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının azalması ve yüzey akış kayıpları sonucu olarak erozyonun artmasıdır.

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

Kültürel önlemlerin uygulanmasında derin sürüm oldukça önemlidir. Sodyumlu topraklarda, 60 cm derinliğe kadar yapılan derin sürümler, agregatları gevşetmekte, bu katmandaki fiziksel koşulları iyileştirmektedir. Ayrıca, toprağın su tutma kapasitesini artırmakta ve böylece tuzlu su kullanıldığında tuz birikiminin denetlenmesine yardımcı olmaktadır. Üç veya dört yılda bir sürüm derinliğinin değıştirilmesi ile bitkisel üretimde verim artırılabilir. Doğru pulluk tipinin seçilmesi, pullukların sırası ve aralarındaki mesafe, pulluk derinliği ve sürüm esnasındaki toprak nem içeriği iyi bir toprak işleme ve toprak yapısının geliştirilmesine imkan sağlar. Özel toprak işleme aletleri ile toprağı 2.2 m derinliğe kadar sürmek ve suyun derine sızmasını engelleyen geçirimsiz katmanı kırmak ve tüm toprak derinliğini tersine çevirmek bu tür toprakların işleminde gerekli olabilir. Minhas and Khosla (1987), tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada, toprak yüzeyinin sığ bir şekilde sürülmesiyle buharlaşma oranı azaltılmış ve yıkama etkinliği % 10 oranında artırılmıştır

Organik ve yeşil gübrelemenin tuzlu-sodyumlu topraklara ve yüksek SAR içerikli tuzlu sularla sulanan topraklara iki önemli etkisi bulunmaktadır. Bunlar; toprak geçirgenliğinin artırılması ve organik ayrışma sırasında oluşan karbondioksit ve bazı organik asitlerin serbest kalmasıdır. Bu olay, toprak pH'sının azalması ve böylece, CaCO<sub>3</sub> ve diğer minerallerin çözünmesi sonucu kalsiyumun serbest kalması sonucu gelişmektedir. Böylece, Na'un, Ca ve Mg ile yer değışebilirliği artmakta ve sonuçta

DSY düşmektedir Yeşil gübre de, organik gübreye benzer etki göstermektedir (Rhoades *et al.* 1992).

Tuzlu suların uygulandığı koşullarda bitkilerin ekilip/dikildikleri yerler, özellikle yüzey sulama yöntemlerinde çok önemlidir. Çimlenme ve çıkışın sağlanması için, anılan işlemin, tuzun en az olduğu yerlere yapılmasını öneren Hamdy (1998), karık sulamasında, karık sırtları yerine şevlerinin kullanılmasını önermektedir. Oster (1994), İsrail ve ABD'deki çiftçilerin sulama suyu tuzluluğunun etkisini önlemek için karıkları değişimli olarak suladıklarını ve tohumların karık sırtı sınırlarına ekildiğini bildirmiştir.

Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde, yıllık yağış miktarı evaporasyonun çok altında olduğundan, toprak ana materyalinin ayrışması sonucunda ortaya çıkan eriyebilir tuzlar, yağışlarla uzak mesafelere taşınmamakta, hatta toprak suyu ile toprağın alt bölgelerine kadar yıkanarak profilin herhangi bir noktasında birikebilmektedirler (Hansen and Israelsen 1965).

Çorak topraklar; iklim, ana materyal, drenaj yetersizliği, tuzlu veya kalitesiz sulama suyu kullanılması, gereğinden fazla sulama suyu kullanılması, akarsuların ve denizlerin etkisi, yüksek tabansuyu, uygun olmayan fizyografi ve toprak bünyesine bağlı olarak dünyanın her yerinde bir kaç m<sup>2</sup>'den, binlerce hektarlık alanlara kadar değişen boyutlarda oluşabilmektedir (Kelley, 1951).

Çiftçi vd. (1995), Konya ovasında sulama suyu olarak drenaj şebekesi suyunun kullanıldığı arazilerde tuzluluk ve sodyumluluk sorunlarının belirlenmesi amacı ile yapılan çalışmada 12 farklı noktadan toprakta kapilarite ile tuz birikiminin en yoğun olabileceği düşünülen Ağustos ayında örnekler alınmıştır. Alınan örneklerde fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Çalışmanın sonunda, toprak fiziksel özellikleri benzer olan arazilerden, şebeke suyu ile sulanan toprakların tamamına yakınında tuzluluk ve sodyumluluk sorunu belirlenemezken, drenaj kanalından alınan sulama suyu ile sulanan toprakların tamamına yakınında tuzluluk ve sodyumluluk sorunu saptanmıştır. Bölgede,

taban suyu seviyesinin yüksek ve tuzlu olmasının yanında tarla içi drenajı sisteminin tesis edilmemiş olması dikkate alındığında; drenaj kanalı suyu ile sulama yapılan bu alanlarda uygulamanın devam etmesi durumunda, tuzluluk ve sodyumluluk sorununun daha da artacağı ve sonuçta toprakların tarım dışı kalmasının kaçınılmaz olacağı vurgulanmaktadır.

Kelley (1960), topraktaki sodyum ve tuz birikimine neden olan bir kaç faktörden en önemlisinin, topraktaki kapilarite varlığı olduğunu dile getirmektedir. Aynı kaynakta, tuzlu sulama suyunun kullanıldığı yerler dışında, tuzların birikmesinin daha çok tuzlu ve yüksek taban suyunun kapilarite ile yükselmesi ve buharlaşması sonucu toprağın üst katlarına taşınması olduğu bildirilmektedir. Bir bölgede taban suyu tuz konsantrasyonunun yüksek olmasının yanında transpirasyon ve buharlaşmada yüksek ise tuzlanma hızı yüksek olur. Topraklardaki tuzlanmanın nedenleri birincil kaynaklı (toprak ana materyalinin tuz içermesi) ya da ikincil kaynaklı (tuzların sular, rüzgar vb. araçlarla taşınması) sebeplerden kaynaklanabilir.

Tuzlu topraklarla daha çok kurak bölgelerde karşılaşılır. Çünkü kurak bölgelerde tuzların yıkanması ve denizlere taşınması, yağışlı bölgelerdeki kadar kolay olamamaktadır. Tuzları yıkayacak ve taşınmasına yardımcı olacak yağışların azlığı yanında kurak iklimler de kendilerine has özellikleriyle tuzluluğun oluşmasında önemli bir etkidir (Ergene,1962). Toprakların tuzlu hale gelmeleri için geçecek süre sulama suyu kalitesine, özellikle de içerdiği tuz miktarına ve toprak bünyesine bağlıdır (Ayyıldız,1976).

Mondal and Sharma (1979), Hindistan'ın Haryana bölgesinde lizimetrelerle yaptıkları bir araştırmada, iki farklı toprak tipinde, yapay olarak tuzlandırılmış, elektriksel iletkenliği (EC) 0.6–16 dS/m arasında değişen sulama sularını, buğday bitkisinin sulanmasında kullanmışlardır. Kumlu ve kumlu tınlı bünyeli topraklar verimleri açısından karşılaştırdıklarında; yaz ve kış yağışlarının az olduğu ve sulama suyu EC'si 8 dS/m'den yüksek olduğu koşullarda buğday gelişimi ve verimi kumlu topraklarda

kumlu tın bünyeli topraklardakine göre daha az gerçekleşmiştir. Kumlu-tın topraklarda verimi ve gelişmeyi etkileyen EC değerleri yağışlara bağlı olarak 8–12 dS/m arasında değişmiştir. Buğdayın hasadından sonra yağın 627 mm yaz yağmuru kumlu bünyeye sahip alanda profilde biriken tuzların tamamını yıkamada yeterli olmuştur. Kumlu tınlı toprak profilinde ise (EC) 8 dS/m den fazla tuz içeren sulama suyu konularında farklı miktarlarda tuz birikimi gerçekleşmiştir.

Singh and Narain (1980), farklı tuz konsantrasyonları içeren sulama sularının buğday verimine ve toprakta tuz birikimine etkisi konusunda yaptıkları bir araştırmada, yüksek tuz konsantrasyonuna sahip sulama suları ile sulanan topraklarda 0–60 cm toprak katmanında önemli derecede tuz birikimi saptandığını belirtmişlerdir.

Prichard *et al.* (1983), A.B.D.'nin California eyaletinde organik topraklarda yaptıkları bir araştırmada sulama suyunun kalitesinin toprak tuzluluğunu etkileyen en önemli etkenlerden biri olduğunu, bunun yanında kış yağışları, toprak özellikleri, sulama suyu kalitesi, sulama ve yıkama suyu uygulamaları, taban suyu yüksekliği ve tuz konsantrasyonunun da toprak tuzluluğunu etkileyen önemli öğeler olduğunu belirtmektedirler.

Meiri and Plaut (1985), tuzlu koşullar altında verim azalmasını en aza indirmek, kök bölgesi tuzluluğunun kontrolü ve ürüne gelebilecek hasarın azaltılması gibi üç konu üzerinde araştırmalar yürütmüşlerdir. Araştırmalarında, kök bölgesinin tuzluluk kontrolü için sık aralıklarla yapılan yıkamanın, seyrek aralıklarla yapılabildiğine göre daha etkili olduğunu gözlemlemişlerdir. Toprak veya sulama suyu tuzluluğunun yüksek olduğu koşullarda, arazideki ürünün kurtarılmasının tuza dayanıklı bir bitki seçimiyle mümkün olabileceğini bunun yanı sıra bitkilerin tuz toleransının farklı işletmecilik şartlarıyla belli miktarlarda değiştirilebileceğini dile getirmektedirler.

Subba Rea *et al.* (1987), Hindistan'ın Andhia Pradesh Eyaletinde kumlu tınlı bünyeli topraklarda yaptıkları bir çalışmada, tuzlu sulama sularının domates bitkisinin

gelişmesine ve verimine etkisini araştırmışlar. Sulama suyunun tuz konsantrasyonunun artması bitki gelişmesini ve verimini önemli ölçüde etkilemiştir. Sulama suyunun tuzluluğu 6.0 dS/m'den fazla olduğu zaman domates verimi %50 oranında azalmıştır. Ayrıca tuz konsantrasyonu arttıkça toprak profilinde tuz birikimi de oransal olarak artmış ve üst toprak katmanlarında tuz birikimi, alt katmanlara oranla daha fazla olmuştur. En fazla birikim gösteren katyonun Na, anyonun ise Cl olduğu ifade edilmiştir.

Tanji and Karajeh (1991), Drenajdan dönen suların kullanımı ve taban suyunun seviyesinin düşürülmesiyle ilgili yaptıkları bir çalışmada okalipütüs ağacı dikilerek alanda taban suyu seviyesi düşürülmüş tuzlu sularla okalipütüs yetiştirilmesinin mümkün olduğunu, fakat uzun süre sonunda toprakta tuz ve bor birikiminin olması nedeniyle yıkama gereksiniminin ortaya çıktığını bildirmişlerdir.

Üç farklı SAR değerine sahip sularla killi tın (CL) bünyeli bir toprakta sulama uygulamaları yapan Emdad *et al.* (2004), kabuk oluşumu ve buna bağlı olarak toprağın infiltrasyon değeri üzerine, düşük SAR değerine sahip sulama suyunun etki etmediğini, orta ve yüksek derecede SAR değerine sahip suların etkinliğinin ise %5 önem düzeyinde önemli olduğunu belirlemişlerdir.

Toprağın özellikleri tuzlulaşma sürecini doğrudan etkilemektedir. Toprak bünyesi, suyun infiltrasyonu ve geçirgenliği üzerine etkilidir. Ayrıca, toprağın fiziksel özellikleri, tekstürü, gözenekliliği tuzların topraktan yıkanabilirliğine etkilidir. Toprak içindeki tuzlar, toprak suyunun hareketiyle hareket ederler. Tuzlar, toprak içersinde çözelti hareketi ve difüzyon ile yer değiştirirler. Suyun akış hızı büyük porlar içersinde, küçük porlara göre ve yine por merkezinde kenarlara göre daha hızlıdır. Bu nedenle suyun akış hızı her yerde aynı değildir. Bunun dışında, çözelti ortamında iyon yer değişimi, tuzların erimesi tuzların çökmesi gibi faktörlerde tuz hareketini etkilemektedir (Yurtseven, 1999).

Kök bölgesi tuzluluğun en önemli faktörü, sulama suyunun tuz konsantrasyonu ya da yüksek tuzluluktaki taban suyu olabilir. Belli bir konsantrasyonda toprağa iletilen sulama suyu, toprak içersinde tutulduktan sonra, bitki kullanımı ve buharlaşma ile eksilmeye başlar. Bu sırada iletilen tuzların büyük bölümü toprak içinde kalarak birikim yapar. Bu durumda sulama suyu tuzluluğu ( $EC_i$ ), toprak içersinde kendisinden daha konsantre olan, toprak çözeltisi  $EC_{fc}$  (tarla kapasitesi tuzluluğu) ( $EC_{fc} \cong 2EC_e$ ) şekline dönüşür (Yurtseven vd., 1999). Diğer bir deyişle 2–10 kez daha konsantre hale gelir (Van Hoorn *et al.*, 1988). Bu arada eğer var ise yüksek taban suyu nedeniyle, taban suyu konsantrasyonu da tuzluluğa katkıda bulunarak, kök bölgesi tuzluluğunu artırır. Sonuçta oluşan tuz dengesi şöyle ifade edilir;

$$EC_i + EC_p + EC_g = EC_e + EC_r \pm \Delta Z$$

Burada;  $EC$ :tuz konsantrasyonu;  $i$ :sulama suyu;  $p$ :yağış;  $g$ : taban suyu;  $e$ :toprak saturasyonu;  $r$ ;derine sızma (drenaj suyu) ve  $\Delta Z$ : toprak tuzluluğundaki değişimi ifade eder.

Topraktaki tuzlar, su içinde eriyik haldedir ve topraktaki su ile hareket ederler. Suyun ve tuzun hareketi, toprağın çeşitli katmanlarının geçirgenlikleri, yüzey rölyefi, yüzey akışlar ve sulama tarafından etkilenir. Karık sulamanın uygulandığı tarlalarda topraktaki tuz içeriği karıkların sırtlarında, karık tabanındakinden daha fazladır. Böylece toprağın tuz içeriği, düşey olarak farklı derinliklerde ve yatay olarak farklı yerlerde büyük ölçüde değişiklik gösterebilmektedir. Ayrıca belli bir alandaki tuz dağılımı farklı zamanlarda gözle görülür derecede değişiklik gösterebilmektedir (Bower 1963).

## **2.2. Toprak tuzluluğu - bitki verim ilişkisi konusundaki çalışmalar**

Rhoades *et al.* (1992), kök bölgesindeki aşırı tuzluluğun, metabolik sentez ve hücre büyümelerini kapsayan büyüme oranlarına olumsuz etki gösterdiğini dile getirmektedirler. Ayrıca aşırı tuzluluk transpirasyondaki azalmalar nedeni ile bitki gelişmesinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır. Aşırı tuzluluk, stres altındaki bitki, yaşaması için gerekli biyokimyasal düzenlemeyi yapabilmek ve kök bölgesindeki

topraktan suyu alabilmek için ihtiyaç duyduğu enerjiyi, büyüme ve verim için kullanacağı enerjiden sağlamakta ve buda verimde azalmalara neden olmaktadır.

Sulamalar arasında toprak katmanlarındaki tuz derişiminin zamanla artması, öncelikle bitki su tüketimini etkiler (Shaw and Thorburn, 1985). Su, toprak yüzeyinden buharlaştıkça veya bitki tarafından kullanıldıkça geride tuz birikimine neden olur. Evaporasyonun derecesine bağılı olarak en fazla tuz yoğunluğu toprak yüzeyine yakın katmanlarda oluşur (Anonuyumus, 1954).

Bitkilerin tuza olan toleransları farklı seviyelerdedir. Tuzlu sularla sulanan yonca bitkisi üzerinde yürütölen bir çalışmada; 7.8 dS/m tuzluluğa sahip sularla sulanan çeşitlerde, ürün miktarı, tuz tolerans seviyesi ve protein içeriği incelenmiş ve ele alınan çeşitler arasında farklılık olmadığı belirlenmiştir. Tuzlu sulama suları ile sulanarak her bir kesimde yaş ağırlık olarak 11–12 ton/ha ürünün alınması mümkündür (Hussain *et al.* 1995 ).

Mısır'ın tuzlu alanlarında hayvan yemi üretimi amaçlı olarak halofitler yetiştirilmiştir. Söz konusu bitkilerin sulanmasında % 12,5-25 oranlarda deniz suyu karıştırarak yapılan sulamalarla yetiştirilen bitkilerin verimlerinde (yaş ve kuru ağırlık olarak) artışlar saptanmıştır (Ashour *et al.* 1997).

Grieve and Shannon (1999), drenaj suyu kalitesinde tuzlulaştırılmış sularla sulanan okaliptüslerde farklı iyon alımlarını incelemişlerdir. 28 dS/m tuzluluk ve Cl konsantrasyonu fazla olan sularla yapılan sulamaya tabi olan gruplarda, dört haftalık uygulama sonucunda, Cl alımı yönündeki eğilim düşük bulunmuştur. K ve P genç yapraklarda birikirken, Mg, Ca ve Na'un daha yaşlı yapraklarda birikim gösterdiği belirlenmiştir. Bitkide tuzluluk etkisi artarken, Na alımını kısıtlayan mekanizmaların bitki bünyesinde geliştirildiği yorumlamasında bulunulmuştur.

Tuzun bitki gelişimi üzerine en önemli etkisi, suyun bitki tarafından alınımı düşürmesidir (Anonuyms, 1954), Temelde, bitkinin tuzlu ortamlarda gelişmesi ve verimi, ortama uyum yeteneklerine bağlıdır. Bilindiği gibi, bitkilerin bünyelerine tuzu aldıkları halde fazla zarar görmemesi dayanım; tuzu almayarak dışlaması ise direnç terimleri ile tanımlanmaktadır (Van Genuchten and Hoffman, 1984). Tuz dayanımı, sabit bir değer değildir; bitkiden bitkiye değişir. Kimi bitki tuza karşı duyarlıyken; bir kısmı daha dayanıklıdır. Örneğin, bir bitki için çok tuzlu sayılan bir toprak veya su; bir diğeri için çok uygun olabilir (Rhoades *et al.* 1992; Ayers and Westcot, 1989). Bazı bitkiler, topraktan daha çok su çekebilmek için daha fazla osmotik düzenleme yapabilme yeteneğindedirler. Bitkilerin değinilen yetenekleri, yeterli bitkisel gelişim ve ekonomik verim düzeyine ulaşmak için kabul edilebilir bir tuzluluk düzeyinin oluşturulamadığı sorunlu alanlarda yetiştirilecek bitki türünün seçiminde, büyük önem taşır (Ayers and Westcot 1989). Ancak farklı büyüme dönemlerine ve aynı tür içerisinde farklı çeşitlere göre tuz dayanımı değiştiğinden (Maas and Hoffman 1977; Shalhevet and Yaron 1973), bitkiler kök bölgesinde oluşması beklenen tuz düzeyine göre verim kapasiteleri dikkate alınarak seçilmelidir (Maas and Hoffman, 1977).

Bitkilerin tuza karşı gösterdikleri dayanım ve direnç, aynı zamanda, bitkinin su gereksinimini etkileyen çevresel etmenlerle de, örneğin atmosferin buharlaştırma açığı, rüzgar, nemlilik, sıcaklık vb. gibi, değişir (Rhoades *et al.* 1992).

Toprak tuzluluğu 0'dan 4 milimhos/cm (dS/m)'e kadar sadece çok hassas bitkiler etkilenir. Bu bitkilerin bazıları fasulyeler, turp, yeşil fasulye, yoncalar ve avokado, narenciye, şeftali, kayısı, badem, erik, elma ve armut gibi. 4'den 8 milimhos/cm'e kadar olan düzey çok ciddi etkilidir ve orta derecede toleranslı bitkiler önemli ölçüde etkilenirler. Orta derecede toleranslı bitkiler keten, mısır, pirinç, buğday, çoğu yem bitkileri, domates, marul, patates gibi. Tuzluluğun 8 'den 16 mmhos/cm'e kadar olması durumunda hassa bitkiler çok ciddi şekilde etkilenirken orta duyarlı bitkilerde önemli ölçüde etkilenirler. Bu tuzluluk aralığında ancak toleranslı bitkiler gelişir. Bu gruba dahil olan bitkiler ise; arpa, pancar, pamuk, kuşkonmaz, ıspanak, hurma ağacı ve bazı alkaliliğe dayanıklı çimlenir. 16 mmhos/cm'den yüksekte hiç bitki yetişmez. Tuzlu toprak

için bitkiyi seçerken, özellikle çimlenme dönemindeki tuz toleransına dikkat edilmelidir (Fireman, 1957).

Bitkilerin normal gelişmeleri için toprakta sürekli olarak, gelişmelerini engellemeyecek düzeyde suyun bulunması gerekmektedir. Kök bölgesinde suyun azalması ile bitkilerin su kullanımlarında da azalma görülmektedir. Tuzluluk toprak ortamında bitkinin suyu kolaylıkla almasını engelleyen durumlardan birisidir. Kök bölgesi çözelti ortamında tuz konsantrasyonunun artması ile bitkinin bu suyu alabilmek için harcamak zorunda kaldığı enerji miktarı da artar ve sonuçta tuzluluk arttıkça bitkinin su kullanımı azalır. Bitkinin su kullanımının zorlaşması ve su kullanımının azalması, bitki verimi ve kalitesini azaltıcı etkide bulunur (Yurtseven ve Bozkurt, 1997; Yurtseven 2000; Yurtseven vd. 2001; Kara ve Apan, 2000).

Tuzlu suların kullanıldığı durumlarda, bitkisel verim ile tuzluluk düzeyleri arasındaki ilişkinin bilinmesi gerekir. Maas and Hoffman (1977), birim tuzluluk artışına karşı verimde meydana gelen azalışı, çok sayıda deneme sonucunu kullanarak incelemiş ve konu edilen ilişkinin bölümlü parçalı doğrusal bir fonksiyonla açıklanabileceğini belirlemişlerdir.

Meiri and Plaut (1985), tuzluluk ve verimle ilgili yaptıkları çalışmada, toprak tuzluluğunun verim üzerindeki etkisini yansıtmada en iyi ölçütün, çamur süzümü EC değerlerinin olduğunu belirtmişlerdir.

Yurtseven (2000), patlıcan yetiştirilen alanlarda, farklı tuzluluk ve Ca/Mg oranlarındaki sulama sularının, toprak profil (0–90 cm) tuzluluğunun değişimine olan etkilerini incelemişler. Araştırma sonucunda bütün parsellerde toprak tuzluluğu iki yıl içinde artış göstermiş, yüksek tuz konsantrasyonuna sahip sulama suyu ile sulanan toprak profilinde tuzluluğun özellikle 0-40 cm de yoğunlaştığı belirtilmiştir. Ayrıca, toprağa iletilen Mg tuzlarının Ca tuzlarından daha fazla olmasının, profilde çökelmelere neden olduğunu dile getirmişlerdir.

Akyol (1990), yürütmüş olduğu yüksek lisans çalışmasında, 0.727 dS/m'lik sulama suyu ile killi bir toprakta LR değerlerini buğdayda % 11.2, arpada % 9.1, şekerpancarında % 10.4 sebze % 40.4, lahanada, patateste % 42.8, soğanda % 60.2, yoncada % 36.4, taze fasulyede % 72.7 ve meyvede % 45.4 olarak hesaplamıştır. Benzer şekilde Öztürk (1989)'da yüksek lisans çalışmasında, 0.475 dS/m'lik su ile sulanan killi toprakta yıkama gereksinimlerini hububatta 28.2, yem bitkilerinde 203.2, mısırdaki 190.4, baklagilde 176.0, şeker pancarında 58.5, patateste 225.8, domateste 128.1, kavun ve karpuzda 155.6, bağda 165.1 ve meyvede 215.6 mm/yıl olarak belirlemiştir.

Ülkemizin sahip olduğu bazı tuzlu ve sodyumlu topraklarda sulu çayır ve çeltik yetiştirilerek , tuzluluk ve sodyumluluk kimyasal ıslah maddesi kullanmaksızın ıslah edilebilir (Alap, 1959 ve Beyce, 1962).

Sulama suları ile toprağa iletilen tuzlar, toprak çözeltisi içerisinde birikerek üzerinde yetiştirilen bitkiyi farklı biçimlerde etkilerler. Bu tuzlar toprak fiziksel özelliklerini etkileyebileceği gibi doğrudan bitki üzerine toksik yani zehir etkisi de yapabilirler ve sonuçta verimde azalmalar oluşacaktır (Kara ve Apan 2000).

Hoffman and Jobes (1983), yaptıkları çalışmada sulama suyu  $EC_w$ 'sinin 2.3 dS/m olduğu koşullarda LR değerlerini, arpanın tane verimi için 0.10, sapı için 0.13 olarak bulmuşlardır. Aynı şekilde hayvan yemi'nin tohumu ve sapsı için 0.16 ve 0.17, kereviz için 0.14 olarak belirlemişlerdir.

Rhoades *et al.* (1992), bitki kök bölgesindeki toprakta aşırı tuzluluğun, metabolik senteze ve hücre büyümelerini kapsayan büyüme organlarına zararlı etki ettiğini belirtmektedirler. Ayrıca bu aşırı tuzluluk transpirasyondaki azalmalar nedeni ile bitki gelişmesinde de olumsuz etkiler yaratmaktadır. Aşırı tuzluluk, stres altındaki bitkinin yaşaması için gerekli biyokimyasal ayarlamayı yapması ve kök bölgesindeki topraktan suyu alması için harcaması gerekli enerjiyi artırarak bitki gelişmesini yavaşlatmaktadır.

Bitki, yaşaması için gerekli olan bu enerjide oluşan açığı büyüme ve verim için kullanacağı enerjiden sağlamakta ve böylece verimde azalmalar ortaya çıkmaktadır.

Shalhevet and Bernstein (1967), toprak tuzluluğunun bitki gelişmesi ve su alımı üzerine etkisini araştırmak için yaptıkları çalışmada; topraktan kalsiyum, potasyum ve magnezyum alımının tuzluluktan bağımsız olduğunu, buna karşılık sodyum ve klor içeriğinin düşük tuz değerleri tarafından kuvvetlice etkilendiğini saptamışlardır. Ayrıca yüksek tuzlu koşullarda verimin de büyük ölçüde etkilendiğini belirtmişlerdir.

Sulanan alanlarda, bitki kök bölgesine sulama mevsimi boyunca sürekli olarak tuz eklenir. İlave olan bu tuzlar, yıkamanın olmadığı koşullarda bitkilerin tolere edemeyeceği düzeylere ulaşır. Gerekli yıkama kış yağışları ile sağlanamıyorsa, sulama ile bir miktar yıkama suyu bitki kök bölgesine verilebilir. Tarımda esas amaç sürdürülebilirliği sağlamak olduğuna göre, toprakta tuz birikiminin oluşmaması arzu edilir. Toprakta tuz birikiminin oluşması, gelecek yıllardaki vejetasyonun riske atılması anlamına gelmektedir (Van Hoorn and Van Alphen 1991).

Van Hoorn and Van Alpen (1990), bitkilerin tuza toleransını ifade ederken, tuzluluğun göstergesi olarak en çok kullanılan değer in toprak saturasyon eriyiği elektriksel iletkenliği olduğunu belirtmiştir.

Tuzlu sular ile sulanan tarımsal alanlarda, toprak tuzlanması beklenen bir sonuçtur. Topraklarda tuzlanma fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler üzerinde etkili olur. Tuzluluğun fiziksel ve kimyasal etkileri yanında, biyolojik etkileri de araştırılmalıdır. Garcia et al. (1996), farklı konsantrasyonlarda NaCl ya da Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> içeren (0.1M,0.3M, 0.6M, 0.8M, 1M ve 1.3M) sularla yapılan sulamaların, biyolojik ve biyokimyasal özelliklere etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak; genelde eklenen tuzlarla toprak EC'sindeki artışla, verimlilik üzerine negatif etki NaCl uygulamasında daha fazla bulunmuştur.

Sulama sularının kaliteleri kadar, içerdikleri iyonların çeşidi de önemlidir. Yapılan bazı araştırmalar, bitkiler tarafından alınan iyonların, alımının ortamdaki iyon türlerine göre değiştiğini göstermektedir. Grieve *et al.* (1999), hayvan ve insanlar için temel besin olan buğdayın selenyum alımını, bitkinin sulanmasında kullanılan Cl ve SO<sub>4</sub> anyonları içeriği yoğun olan farklı sulara selenyum ilave edilmiş ve bunlarla sulama yapılmıştır. Cl yoğun olan tuzlu sularla yapılan denemede buğday taneleri ve yapraklarında toksik seviyede Se birikirken benzer durum SO<sub>4</sub> olan sularla verilen selenyumda da bulunmaktadır. Bitki tarafından alınan selenyum seviyesi tüketici sağlığı açısından zararlı olacak seviyelerde birikim göstermiştir.

Brown and Glenn (1999), drenajdan dönen yüksek tuzlulukta sularla SL bünyeli toprakta, drenajlı lizimetlerde bir tür halofit bitki olan *Sesteroa* yetiştirmişlerdir. Bitkiye artan oranlarda su verilmiş, verilen su miktarı arttıkça bitki gelişiminde artış gözlenmiştir. Drenaj sularında yapılan analizlerde, nitrat konsantrasyonu deneme boyunca ve sulama suyu arttıkça azalmıştır. P konsantrasyonu ise deneme süresi ve sulama suyu miktarı arttıkça, drenaj suyunda artmıştır. Sonuçta bitki besin maddesi olarak fosforun kısıt oluşturmadığı yerlerde halofitlerin üretiminde, yüksek tuzlu geri dönüşüm suları kullanılabilirliği önerisinde bulunmuşlardır.

Toprak suyu tuzluluğu bitki gelişmesini doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Toprak suyundaki tuz konsantrasyonu fazlalığı ozmotik basıncın artmasına neden olmakta ve dolayısıyla bitkilerin topraktan su almalarını sınırlayarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir. Tuzluluğun bitki gelişimi üzerine olan olumsuz etkilerinden bir diğeri de özel iyon etkisi olup buda bitkilerin temel bitki besin elementlerini dengeli bir biçimde alabilmelerini engellemektedir (Ekmekçi vd. 2005).

### **2.3. Yıkama ve ıslah konusundaki çalışmalar**

Çözünebilir tuz içeren tuzlu topraklarla, borlu topraklar sadece yıkama yaparak, sodyumlu topraklar ise eriyebilir kalsiyum kaynağı ihtiva eden kimyasal ıslah maddeleri

uygulanarak ve yıkama yapılar ıslah edilebilmektedir. Son yıllarda endüstri atık maddeleri de kimyasal ıslah maddesi olarak kullanılmaktadır (Balçın ve Çelik 1992).

Tuzdan etkilenmiş toprakların iyileştirilmeleri için yapılacak çalışmalardaki başarı, tuzluluk probleminin şiddetinin ve özelliğinin doğru bir şekilde bilinmesine bağlıdır. Yetersiz bilgi, çiftçilerin tuza dayanıklı bitkiler yerine tuza hassas bitki yetiştirmelerine ya da kimyasal ıslah maddelerini başarısız olarak kullanmalarına sebep olabilir. Topraktaki tuz problemini teşhis etmek için toprakta ve bitkinin yetişmesi üzerinde gözlem yapmak yeterli değildir. Böyle gözlemler genelde toprakta tuzluluk problemi olduğunu gösterir. Fakat tuzluluk problemleri her zaman gözle görülebilecek kadar açık değildir. Tuzluluk gözle görülebilir bir etki yaratmaksızın verimde %25'e varan bir azalma yaratabilir. Daha da ötesi tuz bulunmayan bir toprak yüzeyinde jips nedeniyle beyaz lekeler gözüktüğünden tuzluluk varmış gibi teşhis yapılabilir. Tuzluluğun güvenilir teşhisi, toprağı iyi temsil eden örnekler üzerinde doğru laboratuvar testleri gerektirir. Bu şekilde örnek alma ve test etme zaman ve para gerektirmesine rağmen yapılan çalışmalar bu işlemlerin faydasının masrafından daha yüksek olduğunu göstermiştir (Bower 1963).

Tuzlu topraklarda tuzlar kendini toprak yüzeyinde çiçeklenme şeklinde veya kar yağmış gibi gösterir. Buharlaşmanın meydana geldiği yere ve yıkanma durumuna bağlı olarak çeşitli tuzlar üst horizonların herhangi bir noktasında birikebilir. Hakim iyonlar sırasıyla; Na, Ca, Mg ve az miktarda K ile Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>'tür. Hangi iyonların daha fazla birikebileceği ve yıkanabileceği, yağışlara, doğal yıkama koşullarına ve sulama suyunun kalitesine bağlıdır (Dieleman, 1963a).

Reeve and Doering (1965), yüksek tuzlu suların seyreltilmesi yöntemiyle sodyumlu toprakların ıslah edilebilme olanakları üzerinde yaptıkları çalışmada; sodyumlu topraklarda, yüksek permeabiliteyi korumak için, tuzluluk düzeyi yüksek olan suyun, floküle etme özelliğinden yararlanmışlar ve çalışma sonunda üstten itibaren 90 cm'lik toprak profilinde değişebilir sodyumun % 75'ten % 23'e düştüğünü dile getirmişlerdir.

Balba (1976), tuzlu sular ile sulama sonucu oluşan tuzluluk üzerine yaptığı çalışmada, topraktan uzaklaştırılan tuz miktarının, verilen yıkama suyunun tuz konsantrasyonu arttıkça, azaldığını ve tuzlu suyla toprağı bir kez yıkadıktan sonra toprağın tuz içeriğinin, iki ya da daha fazla yıkama sonrası oluşan tuz içeriğı ile hemen hemen aynı olduğunu belirlemiş, bunun nedeni de sonradan verilen suda tutulan tuz miktarıyla, uzaklaştırılan tuz miktarı arasında bir dengenin olması şeklinde açıklamıştır.

Gardner and Brooks (1956), toprakta belli bir derinlikteki tuz miktarını, istenilen bir değerin altına düşürmek için gerekli olan yıkama miktarının tahmin edilmesine yönelik yaptıkları çalışmada; matematiksel çözümler geliştirmişler ve elde ettikleri sonuçların geçerliliğini laboratuvar ve arazi çalışmalarıyla test etmişlerdir.

Beyce (1977), Kayseri-Karasaz, Manisa-Salihli ve Antalya-Serik ovalarında yaptığı yıkama denemeleri ile her üç ova ile ilgili yapılacak bir ıslah çalışmasında kullanılmak üzere, ıslah sürelerini yıkama suyu ile ıslah maddesi miktarlarını ve yıkama suyu uygulama metotlarını saptamıştır. Karasaz organik topraklarında toplam çözünebilir tuzların %80'inin yıkanabilmesi için aralıklı yağmurlamada toprak derinliğinin 3 katı, devamlı göllendirmede 4,25 katı, aralıklı göllendirmede 5.25 katı suya gereksinimin olduğu bildirilmektedir. Ayrıca klor iyonlarının yıkanması için daha az su gerektiğini saptamıştır. Diğer taraftan Serik ovasındaki denemede hiç jips verilmeyen konuda değişebilir Na yüzdesinin azaldığını ve yapılan analizlerde toprakta jips olduğunu saptamıştır. Benzer durum Salihlide de ortaya çıkmıştır. Elde edilen deneysel sonuçları jips gereksinim denkleminde yerine yazarak parsellere verilen jips ile hesapla bulunan jips miktarları arasındaki ilişkilerin grafiklerini belirlemiştir.

Bahçeci (1983), Aksaray Ovası Ulurmak sulama şebekesi içerisindeki tuzlu-sodyumlu-borlu topraklarda yaptığı yıkama denemesinde toplam çözünebilir tuzların %80'inin yıkanması için toprak derinliğinin 5 katı, bor yıkanması için 7 katı su gerektiğini, ayrıca hiç jips verilmeden 1.9 ton jipse eşdeğer ıslah sağlanabildiğini saptamış, yıkama için gerekli eğrileri ve denklemleri hazırlamıştır. Ovada yapılacak bir ıslah çalışmasında kullanılacak çoraklık haritalarını, tuz yıkaması ve jips ihtiyacı haritalarını çıkarmıştır.

Akbay ve Yıldırım (1974), Eskişehir Alpu ovası koşullarında yürüttükleri çalışmalarında sadece yıkama suyuyla iyileşmenin sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Mavi (1981), Bafra ovası tuzlu topraklarının ıslahı için yıkama suyu miktarlarını ve sürelerini belirlemiştir. Çınar'da (1978), Tokat Kazova sodyumlu toprakların ıslahı için gerekli jips gereksinim eğrilerini, yıkama süre ve eğrilerini hesaplamıştır.

Bahçeci (1984), Ereğli ovası tuzlu sodyumlu borlu topraklarının iyileştirilmesi amacıyla yürütülen çalışmada elde edilen bulguları şu şekilde sıralamaktadır; Ovada değişebilir Na fazlalığı olan Borlu topraklarının iyileştirilmesi için toprağa ıslah maddesi verilmeksizin değişebilir Na fazlalığının giderilmesi mümkün değildir. Denemede ıslah maddesi olarak kullanılan Ulukışla jipsi ve Akdeniz Gübre Sanayii artığı jipsli materyal toprağın iyileştirilmesinde etkili olmaktadır. Başlangıçtaki değişebilir Na değerlerinin aynı olduğu parsellerde her iki ıslah maddesi de birbirine yakın miktarlarda Na gidermişlerdir. ıslah maddelerinin her ikisi de toprağın infiltrasyon hızını önemli düzeyde arttırmıştır. Ancak Gübre sanayi artığı jipsli materyal infiltrasyon hızını diğerinden daha fazla arttırmıştır.

Sönmez vd. (1980), Konya-Çumra sulama şebekesindeki tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahına yönelik yaptıkları çalışmada, hektara 10 ve 20 ton jips uygulanan parsellerden en iyi sonuçları almışlardır. Toplamda 1600 mm yıkama suyu uygulamasından sonra toprakların tarıma uygun hale geldiği saptanmıştır.

Özkara (1981), Gediz ve B. Menderes havzalarındaki sodyumlu ve tuzlu-sodyumlu toprakların ıslahı ile ilgili çalışmada, söz konusu problemlili toprakların 500-1000 kg/da jips ve 240-280 cm yıkama suyu ile drenaj sisteminin çalıştığı alanlarda 7-10 ay içinde ıslah olabileceğini bildirmektedirler.

Doğan ve Yarpuzlu (1983), Tarsus Ovasında Alap İşletmesi tuzlu-sodyumlu topraklarının ıslahı ile ilgili çalışmalarında % 80 saflıkta jips ve 300 cm yıkama suyu

uygulamışlardır. Araştırmanın sonunda değişebilir sodyumun istenilen düzeye düşmesi için uygulamayla birlikte yıkama suyu ve drenajın yeterli olacağı belirtilmektedir.

Harran Ovası tuzlu-sodyumlu toprakların ıslahı için gerekli ıslah kriterlerini belirlemek amacıyla yönelik yapılan çalışmada, tuzun bitki gelişimini sınırlamayacak seviyeye düşürülebilmesi için toprak derinliğinin 3.4 katı yıkama suyuna ihtiyaç bulunduğu ve değişik toprak katlarında değişebilir sodyumu gidermek için ise sadece yıkama suyu uygulamasının yeterli olabileceği belirtilmektedir (Sevgilioğlu, 1986).

Yıldırım (1980), Afyon ovası Akarçay Havzasının tuzlu-sodyumlu topraklarının ıslahı konusunda yaptığı çalışmada 0-40 cm toprak derinliğinde bulunan değişebilir sodyumu %15'in altına düşürmek için teorik jips denklemiyle bulunan miktar 1.7 ton/da jipsten az ise bu sahaların jips verilmeden de ıslah edilebileceğini belirtmiştir.

Beyce (1977), Salihli ovası tuzlu-sodyumlu topraklarında yürütmüş olduğu çalışmasında dekara 4.8 ton jips uygulamasıyla birlikte 280 cm yıkama suyunun uygulanmasının DSY'ni %27.6'dan %10.3'e düşürdüğünü bildirmektedir.

Yılmaz (1978), Yazıköy-Burdur tuzlu-sodyumlu ve borlu topraklarının ıslahı amacıyla yapmış olduğu çalışmanın sonucunda toprakta başlangıçta bulunan çözünebilir tuzların ve borun % 80'ini yıkamak için toprak derinliğinin sırasıyla 6.8 ve 20 katı su verilmesi gerektiğini bildirmektedir. Çalışmada, hiç jips verilmeyen konuda, 100 cm'lik toprak profilinde 360 cm yıkama suyu uygulaması sonucu değişebilir Na miktarının ortalama 2.56-3.89 me/100 gr'dan 1.17 - 3.12 me/100 gr'a düşmesi toprakta doğal olarak bulunan bir çözünebilir Ca kaynağı varlığı ile açıklanmaktadır.

Yılmaz (1980)'in Konya ovası tuzlu ve borlu Alüvyal topraklarının ıslahı için yapmış olduğu çalışmada toprakta çözünebilir tuzların ve borun %80'ini yıkamak için gerekli yıkama suyu ihtiyacını sırasıyla toprak derinliğinin 2.5 ve 5.0 katı olarak belirlemiştir.

Dorsan (1988), Gediz havzasında tuzlu ve alkali toprakların ıslahı ile ilgili olarak yapmış olduğu bir araştırma sonucunda, başlangıç tuzluluk değeri nin %70'inin giderilmesi için ıslah edilmesi istenen toprak derinliğinin iki katı yıkama suyu gerektiğini bildirmektedir.

Saatçılar (1989), Salihli ve Söke ovalarında Bandırma Gübre Sanayi atığı jipsli materyalin Salihli ve Söke ovalarında tuzlu, alkali ve borlu toprakların ıslahında kullanılma olanaklarını araştırmıştır. Deneme sonuçlarına göre, Salihli ovasında 280 cm yıkama suyu uygulaması ile 0-100 cm toprak derinliğinde, başlangıçtaki çözünebilir tuzun % 71'inin, borun ise % 81.2'sinin topraktan yıkanarak uzaklaştırılabileceğini belirlemiştir.

Kayael (1985), tarafından Keçiborlu kükürt işletmesi flotasyon artıklarının tuzlu-sodik toprakların ıslahında kullanılması amacıyla laboratuvar koşullarında yapılan bir çalışmada, flotasyon artığı ile birlikte ıslah maddesi olarak jips kullanılmış ve üç farklı dozda yıkama suyunun etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonunda, ıslah öncesi %95 olan değişebilir sodyumun, kükürlü materyal uygulamasıyla III. su dozunda, jips uygulamasında ise II.su dozunda % 11'e düştüğü saptanırken; başlangıçta sıfır olan geçirgenliğin kükürt verilen ve ıslah edilen topraklarda 0.26 cm/s, jips verilenlerde ise 0.50 cm/s olduğunu bildirmektedir.

Sönmez (1988)'in Keçiborlu kükürt işletmesinin eski (10 yıldan fazla bekletilmiş) ve yeni flotasyon artıkları ile yapmış olduğu ıslah çalışmasında, deneme parsellerine 3, 6, 9, 12 ton/da flotasyon artığı ve 300 cm yıkama suyu uygulamıştır. Çalışma sonunda eski ve yeni flotasyon atığı uygulanan parsellerde bor yıkanmasının kontrol konusuna göre daha fazla olduğu, yine aynı şekilde uygulanan flotasyon artığı madde miktarı arttıkça değişebilir sodyum yüzdesinin azaldığı belirtilmektedir. 9 ton/da ve 12 ton/da ıslah maddesi uygulanan parsellerde ancak 0 - 40 cm toprak derinliğinde de değişebilir sodyumun %15'in altına düşürülebildiği ve eski flotasyon atığının yenisine göre biraz daha etkili olduğu ifade edilmiştir.

Bahçeci (1989), Keçiborlu kükürt işletmesi flotasyon artığının Burdur-Yarıköy tuzlu-sodyumlu ve borlu topraklarının ıslahında kullanılma olanaklarını belirlemek amacıyla yapmış olduğu bir çalışmanın sonucuna göre; yıkamalar sonunda bor ve değişebilir sodyumun ancak 0 - 20 cm toprak derinliğinde güvenilir düzeylere düşürebildiğini daha alt toprak katlarında ise başlangıca göre bir azalma olmasına rağmen bor ve DSY'nin hala yüksek düzeylerde kaldığını belirlemiştir.

Yıkama yapılan alanda doğru yıkama yönteminin seçimi de çok önemlidir. Sürekli göllendirme hem pratik, hem de ucuz bir yöntemdir. Fakat, tuz yıkamasında etkinliği oldukça düşüktür ve fazla su kullanımına neden olur. Carter and Fanning (1964), buharlaşmanın düşük olduğu bölgelerde yağmurlama ve aralıklı göllendirme yöntemlerinin tercih edilmesini ve toprak yüzeyine yapılacak malçlamanın yıkama etkinliğini artıracığını dile getirmektedirler.

Yıkama çalışmaları, toprakların yıkanmasında yeterli bir drenaj sisteminin önemini ortaya çıkarmıştır. Drenajın projelendirilmesi ve uygulanması oldukça pahalı bir kültürel tedbirdir. Araştırmalara göre, dren aralıklarındaki (8–20 m dren aralıklarında) 1 m'lik bir değişim, %10'luk bir maliyet farkı meydana getirmektedir. Oysa daha uygun bir dren aralığının saptanması için yapılacak toprak araştırması, maliyeti ancak %0.5 kadar etkilemektedir (Huseman *et al.* 1964).

Sönmez ve Tekinel (1969), tarafından yapılan bir çalışmada; devamlı göllendirme metodu ile yıkamada toprak profilinin herhangi bir noktasındaki tuz konsantrasyonunu belirli bir seviyeye düşürmek için gerekli su miktarı, aralıklı göllendirmeye göre çok fazla bulunmuştur. Bu durum özellikle taban suyunun yüksek, drenaj probleminin fazla, yıkama için gerekli suyun az olduğu araziler için önemlidir. Ancak aynı araştırmacılar, aynı miktar suyun toprağa girmesi için geçecek zamanın aralıklı göllendirme metodunda, devamlı göllendirme metoduna göre daha fazla zamana gereksinim duyulacağını da belirtmişlerdir.

Beyce (1977), Kayseri - Karasaz organik topraklarında yürütmüş olduğu çalışmasında, devamlı göllendirme ile yapılan yıkamanın, aralıklı göllendirme ile yapılan yıkamadan daha etkin olduğunu belirlemiştir. Bulunan bu sonucun diğer araştırmacılar tarafından farklı olmasının nedeni mineral topraklarla organik toprakların farklı su iletim ve tutma özelliklerine bağlamıştır. Yine aynı çalışmada, aralıklı yağmurlama, devamlı göllendirmeden %42, aralıklı göllendirmeden %75 oranında daha randımanlı yıkama sağlandığı ve iki değerli katyonların toplam katyonlara oranı %30'dan yüksek olan yıkama sularının ıslahın süresini önemli ölçüde düşürdüğü bildirilmektedir.

Khosla *et al.* (1979), Hindistan Haryana'daki tuzlu ve sodyumlu topraklarda tarla koşullarında yaptıkları bir çalışmada, toprak profilindeki tuzun %80'inin yıkanması için 1.0 cm toprak derinliğine 0.4 cm yıkama suyu gerektiğini, artırılan yıkama suyu miktarının jips yokluğunda da SAR değerinde benzer azalmayı meydana getirdiğini bildirmektedirler.

Schwap *et al.* (1980), toprakta suyun hareketinin bir sonucu olarak sedimentlerin yıkandığını, bunun miktarının umulanın üzerinde olduğunu yaptıkları çalışmayla göstermişlerdir. Araştırmada 2548 kg/ha yüzey akışlarında, 1529 kg/ha derin dren akışlarında ve 218 kg/ha sığ dren borularında sediment miktarı belirlenmiştir. Bu akışlar ve sediment uzaklaşmasıyla topraktan N, P gibi bitki besin maddeleri ve Ca, Mg ve Na gibi iyonlarında topraktan yıkandığını saptamışlardır. Sonuç olarak en az sediment kaybının sığ drenlerde, en fazla ise yüzey akışlarıyla oluştuğunu, örtüsüz alanlardan yıkanmanın daha fazla olduğu ve N, P, K gibi bitki besin maddelerinde, durgun sezon boyunca yıkanmayla yıllık kaybın %29-57, sediment kaybının ise %26-40 civarında olduğunu vurgulamaktadırlar.

Mavi (1981), Samsun-Bafra ovası tuzlu topraklarının ıslahına yönelik olarak yürüttüğü çalışmada toprak derinliğinin 6.5 katı yıkama suyu ile çözünebilir tuzların %80'inin yıkandığı belirlemiştir.

Tuzlu ve sodyumlu topraklardan ıslah edildikten ve etkin bir drenaj sağlandıktan sonra verim alınabilmesi için, yıkama esnasında topraktan kaybolan bitki besin maddelerinin toprağa tekrar verilmesi ve kötü toprak yapısının düzeltilmesi gerekir. Bunun içinde toprağa hayvan gübresi veya diğer organik maddelerin verilmesi, baklagiller gibi yararlı bitkilerin yetiştirilmesi ve toprağın periyodik olarak ıslatma ve kurutulmasıyla mümkündür (Ayyıldız 1983),

Parlange *et al.* (1985) göllendirme sulama yapılan alanlarda infiltrasyonu doğru bulmaya yönelik deneysel ve analitik çözümleri incelemiştir. Yaptıkları incelemelerle, toprak yüzeyine verilen suyun kalınlığı azaldıkça, birçok eşitlikle belirlenen infiltrasyon oranının yanlış hesaplandığını, su kalınlığının artışıyla daha doğru sonuçlar elde edildiğini ifade etmişlerdir.

Toprakta tuz hareketini etkileyen faktörler; topraktaki nem miktarı, toprak bünyesi, yıkama suyunun akış hızı, topraktaki tuz çeşidi, toprak değişim komplekslerince adsorbe edilen katyonların çeşidi, toprakta az çözünen tuzların etkisi, sıcaklık ve toprak strüktürü olarak sıralanabilir. Doygun olmayan topraklarda yıkama randımanı, doygun koşullarda bulunan yıkama randımanından daha yüksek değerlerdedir (Biggar and Nielsen 1962a). Terkeltoub and Babcock (1971), modellerinin kontrolü için yaptıkları deneylerde; toprak içinde yavaş hareket eden suyun, hızlı hareket edenden, düşük rutubet yüzdesinde hareket edenin, doymuş şartlarda hareket edenden daha etkin bir yıkama yaptığını bildirmektedirler. Ayrıca, kaba bünyeli topraklarda, gözenek hacmi artıp, nem miktarı azaldığında daha yüksek yıkama randımanı elde edilebilir (Ghuman and Prihar 1980).

Ömer (1994)'in bildirdiğine göre yıkama suyunun akış hızı ile ilgili yapılan çalışmada Al - Ganimi (1985), sodyum tuzunun yıkanmasında, yağmurlama, sürekli ve aralıklı göllendirme metotlarını karşılaştırmış ve sonuçta yağmurlama ve aralıklı göllendirmede difüzyon mekanizmasının daha iyi işlemesi nedeniyle en iyi sonuçları verdiğini bildirmiştir. Ayrıca, toprakta bulunan tuzun suda çözünürlüğü ne kadar yüksek ise o

derece fazla ve hızlı yıkama olmaktadır. Abid Al-Sahip (1980), iyonların yıkanma sırasını  $Cl > Na > Mg > Ca > K > SO_4$  olarak vurgulamaktadır.

Yarpuzlu ve Doğan (1986), Aşağı Seyhan ovası Alaplı deneme sahasındaki tuzlu sodyumlu toprakların ıslahı çalışmasında 300 cm yıkama suyu uygulamasından sonra başlangıçtaki çözünebilir tuzların, 0-20 cm toprak derinliğinde %56.92'si, 20-40 cm derinlikte %66.49'u, 40-60 cm derinlikte %52.53'ü, 60-80 cm derinlikte %43.89'u ve 80-100 cm derinlikte ise %42.93'ünün yıkandığını saptamışlardır. Denemede toprağa jips eklenmeden, doğal yapısındaki jipsin sodyumluluğu gidermede yeterli olacağı ifade edilmektedir.

Bresler and Hofman (1986), “the steady-state leaching teoriy” olarak adlandırılan düzenli durum teorileriyle ilgilenmişlerdir. Yaptıkları deneme sonuçlarını, mevcut teorilerle karşılaştırmışlar, sulama suyu kalitesi ve sulama sıklığının etkilerinin araştırmışlardır. Yapılan incelemelerde, yetiştirilen otlarda, kuru ağırlık yüzdesini, sulama sıklığından çok sulama suyunun kalite ve miktarını etkilediğini bildirmektedirler.

Van Hoorn and Alpen (1988), kök bölgesinden tuzları yıkamak için kullanılacak sulama suyu miktarının “Yıkama Suyu Oranı” olarak tanımlamışlar ve aşağıdaki eşitlikle formüle etmişlerdir.

$$LF = \frac{R_x}{I} = \frac{C_i}{C_{fc}}$$

Burada,  $R_x$ :Derine sızan net su miktarı (derine sızma-kapillar yükselme),  $I$ :Sulama suyu miktarı,  $C_i$ :Sulama suyu tuz konsantrasyonu,  $C_{fc}$ :Derine sızan suyun tuz konsantrasyonudur.

Yurtseven (1989), değişik kalitedeki sulama sularının soya fasülyesi verimine etkisini incelerken, tuzlu sularla toprakta yıkama yapılmasının etkilerini incelemiştir. Sonuç

olarak; kış yağışlarının topraktaki fazla tuzların yıkanmasında etkili olmadığı koşullarda, tuzluluğu yüksek sulama sularının kullanılmasının sorunlara yol açacağı ve bu nedenle profilden fazla tuzların uzaklaştırılmasında, iyi kaliteli sulama sularının kullanılması gerektiğini belirtmiştir.

Sönmez (1990), Sakarya-Pamukova tuzlu sodyumlu topraklarının ıslahı için herhangi bir kimyasal ıslah maddesine gerek olmadığını yani sadece yıkama suyunun yeterli olduğunu bildirmektedir. Ayrıca, toprakta mevcut tuzun % 80'inin yıkanması için toprak derinliğinin 11 katı yıkama suyuna ihtiyaç olduğunu belirlemiştir.

Selassie *et al.* (1992), toprakların tuz içeriğinin %90 azaltılabilmesi için Alüvyal topraklarda por hacminin 1.1 katı, Vertisol topraklarda ise 1.3 katı yıkama suyuna gereksinim duyulduğunu, yıkama suyundaki bu değişimin başlangıç nem miktarı ve tekstürdeki değişime bağlı olduğunu bildirmektedir.

Güngör ve Erözel (1994), topraklardaki borun giderilmesi için genellikle tuzlu topraklara uygulanan yıkama suyundan daha fazla miktarda yıkama suyuna ihtiyaç olduğunu dile getirmektedirler.

Prendergast (1995), toprak içinde hızlı su akışının (baypas) tuz yıkanması üzerine etkisini incelemiştir. Üç farklı tuz içeriğine sahip sulama suyu ile mera alanında yapılan araştırma sonucu; tuzluluk arttıkça, bitki su tüketiminin azaldığı, toprakların nem kaybı azalınca, baypas akışının da azaldığını belirlemiştir. Ayrıca baypasın bir tuz yıkama teriminden çok, hidrolik bir terim olduğunu da vurgulamıştır.

Moreno *et al.* (1995), tuzlu-sodyumlu, killi ve tuzlu taban suyu olan bir alanda ,drenaj sistemi kullanarak, yağmurlama ve karık sulamanın yapılmasının, drenaj ve tuz yıkaması üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırmada diğer bütün koşullar aynı tutulmaya çalışılmış, pamuk yetiştirilen alanda 10 yıllık bir süre sonucunda, özellikle 0-

90 cm'lik üst toprak katmanında tuzluluk ve sodyum yüzdesinde azalma olmuştur. Tuz yıkamasında suyun verilmiş şeklinin önemi konusunda; karık sulama ile uygulanan her litre su için 16g/L ve yağmurlama sulama uygulamasında bu değer 10g/L olarak belirlenmiş ve aradaki fark karık sulamada daha fazla su uygulanmasına bağlanmıştır. Ayrıca toprak tabakalarında tuz miktarındaki değişim için zamana ihtiyaç olduğu bildirilmektedir.

Lang and Pannkuk (1998), azot içeren solüsyonları, minimum yıkama ve standart yıkama (0.3 ve 0.4 yıkama fraksiyonu) uygulanan koşullarda, damla sulama sistemi kullanarak uygulamışlardır. Minimum yıkamalı damla sulamada yaklaşık %35 daha az solüsyon kullanımı sağlanırken aynı zamanda yapılan yıkama ihmal edilebilecek düzeyde gerçekleşmiş, topraktan gübre, pestisid ve iyon yıkanmasında sulama yönteminin birinci dereceden etkili olduğu belirtilmiştir.

Suyun toprağa verilmiş biçimi, toprak tuzluluk profilini doğrudan etkileyen bir kriterdir. Genelde yüzey sulama yöntemlerinde sulama randımanı düşüktür. Tava sulama yönteminin yıkama etkinliği, karık yöntemine göre daha yüksektir. Aynı şekilde yağmurlama sulama yöntemi ile verilen yıkama suyu tava yöntemine göre verilen yıkama suyundan daha etkilidir (Güngör ve Erözel, 1994). Tava ve karık sulamasında sulama randımanı %65 civarındadır. Bunun anlamı ise, verilen suyun yaklaşık %35 kadarı kök bölgesi altına sızarak yıkama oluşturmaktadır. Bu yıkama ile toprakta biriken tuzların bir bölümü topraktan uzaklaştırılabilmektedir. Basınçlı sulama yöntemlerinde sulama randımanları yüksektir. Örneğin damla sulamada, sulama randımanı %90'na ulaşabilmektedir. Daha az suyun yıkama amacıyla kullanımı gerçekleşmekte ve dolayısıyla profilden tuz yıkanması daha az olmaktadır. Buna karşın, damla sulama, özellikle bitki kök bölgesinde tuz birikimini önleyici bir etki yaratmaktadır. Ancak damla sulama yönteminin kullanıldığı yerlerde, sulama mevsimi dışında yeterli yağışlarla, ıslatma çapı çeperinde biriken tuzlar yıkanarak sorun çözülebilir (Yurtseven 1999).

Aseedi and Elprince (1999), tuzlu koşullarda yetiştirilecek bir bitki için, yıkama gereksiniminin doğru tahmin edilebilmesi ve gerekli suyun kullanılmasının esas olduğu çözelti modellerinde, çözelti transferinin ihmal edilemez olduğunu vurgulamışlardır.

Alkali toprak yetiştirilen bitkilerin gelişmesini engelleyecek düzeyde değişebilir ya da adsorbe edilebilir sodyum içerir (Anonuyumus, 1954). Toprak yüksek oranda alkalilik gösterebilir fakat aşırı miktarda çözünmüş tuz içermeyebilir. Bu tür topraklardan siyah alkalilik sorumlu olup genellikle küçük sulama alanlarında bulunur ve parlak leke (slick spots) olarak adlandırılır. Alkali topraklarda genellikle sodyum baskın durumdadır. Ya sodyum tuzlarının birikmesiyle ya da kalsiyum veya magnezyum tuzlarının yağışını sonucunda oluşur. Değişebilen sodyum oranı arttığı zaman, toprakta dispersiyona yol açar ve su ve hava için geirimsizleşir. Bu duruma bağlı olarak da bitki kök bölgesine sulama yoluyla suyun girişini sağlamak giderek güçleşir. Öte yandan bu zor koşullar altında bitkinin çimlenmesi ve büyümesi yana doğru olur (Fireman, 1957).

Alkali topraklar, zararlı değişebilir sodyumun yerini yararlı kalsiyum ve magnezyumun almasıyla yıkanarak iyileştirilebilir. Bu iyileşme toprak özelliklerine bağlı olarak uygulanacak kimyasalların çeşidine, miktarına, yer değiştirme oranına ve ekonomik koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterir (Kelley, 1951; Thorne and Peterson 1954; Anonuyumus, 1954).

Bahçeci (1982), Konya Ovası ana tahliye kanalı sularının toprak üzerine etkilerini saptamak amacıyla bir laboratuvar çalışması gerçekleştirmiştir. Araziden 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 ve 80-100 cm derinliklerden alınan topraklar 8 cm çaplı PVC borulara yerleştirilerek deneme seti kurulmuştur. Elektriksel iletkenliği 5.2 dS/m olan tahliye kanalı suyu toprak kolonlara 100, 200, 300 ve 400 cm derinliklerinde uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda, özellikle 300 ve 400 cm derinliğinde su uygulanan konularda toprakta yıkanma olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, topraktaki tuz ve değişebilir sodyum yüzdesindeki artış istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur.

Ayyıldız vd. (1984), tuzlu topraklarda yıkama suyu miktarının toprağın elektriksel iletkenliğine etkisinin saptanması ile ilgili bir çalışma yürütmüşlerdir. Konya-Çumra sulama şebekesine ait alanda tuzlu topraklar getirilmiş ve Ankara şehir şebeke suyu kullanılarak yıkama çalışması gerçekleştirilmiştir. 40 cm yıkama suyunun toprak örneğinin elektriksel iletkenlik değerini %96 oranında düşürdüğü ve daha fazla yıkama suyu uygulanmasıyla elektriksel iletkenlik değerinin çok az değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Çözelti transferiyle ilgili olarak yapılan arazi çalışmaları, alan içinde çok değişik su akış hızları olabileceğini göstermiştir. Bu konuda ilk zamanlarda kolon denemeleri, bozulmuş toprak örnekleriyle ve doymuş koşullar için yürütülmüştür. Yapılan yeni çalışmalarda, daha büyük çaplı ve bozulmamış toprak kolonlarda, doymuş olmayan şartlar ve heterojen koşullar için akım ve çözelti transfer çalışmaları yürütülmektedir. Yapılan bir denemede heterojen koşullarda, bozulmamış, geniş çaplı toprak kolonlarda, Cl iz element olarak kullanılarak “karşılabilir yerdeğiştirme” denemesi yürütülmüştür. 19 ayrı noktadan alınan çıkış suyunda Cl belirlemeleri yapılmıştır. Porlardaki akış hız, dispersiyon katsayısı ve iki çıkış arasındaki dağılım diğer ölçümlerle uyumlu bulunmuştur (Bunchter *et al.* .1995 ).

Nissen *et al.* (2000), sınırlı toprak katmanlarda çözelti transferini, TDR kullanarak incelemişlerdir. Laboratuvarda hazırlanan iki tabakalı bir kolonda, 50 yatay ve 2 dikey yönde TDR elektrotu kullanarak, toprak su içeriği ve toprak elektriksel iletkenlik ölçümleri yapmışlardır. Toprak su içeriği ve elektriksel iletkenlik arasındaki ilişki verilen yeni bir kalibrasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Dikey ve yatay yönde yapılan ölçümlerde, uniform olmayan bir çözelti transferi dikkat çekmiştir. Çözelti dağılımı üst toprakta sabit kalmakta, alt tabakalara doğru inildikçe derinlikle, çözelti dağılımı doğrusal olmayan bir şekilde artmaktadır. Toprak katmanlarında iletimli yayılma transfer geçerliken, geçiş bölgesinin hemen altında rastgele iletimli çözelti transferi olduğunu bildirmektedirler.

Walker *et al.* (1979), drenaj sahalarında optimum tuzluluk kontrolü tebliğinde de, Colorado havzasında su ile yaklaşık olarak her yıl 11 milyon ton tuzun taşındığını ve bu miktarda %37'sinin sulamalarla nehirlere tekrar döndüğünü bildirmektedirler.

Van Hoorn (1981), yıkama randımanı katsayısının iki şekilde belirlenebileceğini dile getirmektedir. Bunlardan ilki doğrudan bitki kök bölgesindeki toprak çözeltisinden süzülen suyun oranının belirlenmesi, ikincisi ise ilave edilen yıkama suyu ile toprak çözeltisinin karışım oranının hesaplanarak belirlenmesidir.

Bitki besin maddeleri, suda çözünemeyen karmaşık bileşikler ve toprak suyunda kolay çözünen ve bitkiler tarafından kolayca alınabilen basit bileşik ve elementler olarak ikiye ayrılırlar. Bitkiler suda çözünebilir basit şekilli bileşik ve elementlerden yararlanabilirler. Bu basit bileşikler, nemli bölgelerde sularla alt katlara kolayca yıkanarak kayba uğrarlar (Akalan, 1983).

Su hareketinin hızı, tuz hareketinden daha büyük olabildiği başlangıç tuz konsantrasyonu, nem miktarı, hacim ağırlığı ve jips miktarının homojen olduğu , tuzun bir tabakadan öbür tabakaya Dutt'nin (1963) piston akışı teorisine göre taşınacağı ve modelde toprak kolonunun eşit bölümlere ayrıldığı kabul edilmiştir. Ana programda tuz/su akışına SOLUT I adı verilerek; "Yıkama Randımanı Katsayısı" çıkan süzüntünün EC hesabı Mc Neal *et al.* (1970)'e göre hesaplanmıştır. Değişebilir iyon programı, A.B.D. Tuzluluk Laboratuvarı Araştırmacıları (1954) tarafından geliştirilmiş olan Gapon denkleminde göre değerlendirilerek, SOLUT III adı altında toplanmıştır. Su ile doymuş ve doymuş olmayan şartlar için yıkama yapılmış, topraktaki Mg, Na ve EC değerleri SOLUT III programı ile hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar deneysel değerlerle uyumluluk göstermiştir. Ca tahmini deneysel olarak elde edilen sonuçlarla uyum göstermiştir.

İyonlar, yıkanma olayında karşılıklı etkilere sahiptirler. Curtin and Syers (1990) toprakta bulunan Cl ve NO<sub>3</sub> anyonlarının, SO<sub>4</sub> adsorpsiyonunu artırarak yıkanmasına

engel olduğunu, yağış ve yıkanmalar sonucu topraktaki iyon miktarının azalmasıyla, SO<sub>4</sub> yıkanmasına paralel olarak toprak yıkanmasının arttığını belirlenmişlerdir. SO<sub>4</sub> tuzlarının eriyebilirliklerinin Cl iyonlarına göre az olması nedeniyle ve SO<sub>4</sub>'ün kil mineralleri tarafından adsorbe edilmesinin etkisiyle daha az yıkandığını vurgulamışlardır.

Topraktaki kil minerallerinin üzerinde tutulan sodyumun, jips ya da kükürt gibi ıslah maddeleri kullanılmadığında ortamdan yıkanarak uzaklaşması zordur. Analiz sonuçlarına göre belirlenen sonuç Oster and Frenkel (1980) ve Sönmez (1990) tarafından da dile getirilmektedir. Ayrıca, topraklardan sodyum yıkamasının oldukça zor ve zaman alıcı bir iş olmasının yanında fazla miktarda da suya gereksinim olduğu ve bu nedenle de maliyetli olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca ıslah çalışmalarında topraklara jips gibi eriyebilir Ca kaynakları ya da toprakta Ca kaynağı varsa onları aktif duruma getirebilecek sülfürik asit, kükürt gibi toprakta asit meydana getirebilecek kimyasal maddeler eklenmesi gerekebileceği bilinmektedir (Oster and Frenkel 1980).

Güngör vd. (1992), laboratuvar koşullarında killi bünyeden oluşan toprak örnekleri üzerine biri saf su olmak üzere 7 farklı kalitede (C<sub>1</sub>S<sub>1</sub>, C<sub>3</sub>S<sub>1</sub>, C<sub>3</sub>S<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>S<sub>3</sub>, C<sub>3</sub>S<sub>4</sub>, C<sub>4</sub>S<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>S<sub>4</sub>) yıkama suyu uygulamışlar ve toprakta kalan tuzluluk yüzdelerini farklı Ca/Mg oranları ve farklı yıkama suyu miktarlarında araştırmışlardır. Araştırmada yıkama suyu kalitesi iyileştikçe topraktan yıkanan tuz yüzdesinin arttığı, su kalitesi kötüleştikçe topraktan yıkanan tuz yüzdesinin azaldığı dolayısıyla yıkama suyunun tuz ve iyon konsantrasyonu arttıkça toprakta biriken miktarında buna bağlı olarak arttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Güngör vd. (1992), yıkama suyu kalitesinin, toprak kolonunda oluşturduğu iyon değişimlerini belirlemek üzere yaptıkları araştırmada, üç farklı EC, iki farklı SAR ve üç farklı Ca/Mg oranında farklı kalitedeki yıkama suları hazırlanarak; farklı iki derinlikteki toprak, kolonlara uygulanmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre; Kalitesi iyi olmayan yıkama sularının uygulandığı topraktaki iyonların azalma miktarları düşük düzeyde bulunmuş, yıkama suyu miktarı ve kalitesi, topraktaki Ca, Mg, Na, K, HCO<sub>3</sub>,

Cl, SO<sub>4</sub> iyonlarının değişiminde oldukça etkili olmuş ve iyi kaliteli yıkama sularının topraktaki tuzluluğu başlangıç değerlerine göre, %70 azalttığı, kötü kaliteli suların ise tuzluluğu %50 artırdığı belirlenmiştir.

Minkas *et al.* (1994), farklı tuzluluk ve SAR değerlerine sahip sularla yapılan sulamalarda, 8 yıllık bir periyot sonucunda infiltrasyon, drenaj, toprak-su özellikleri ve doymamış koşullardaki hidrolik iletkenliğin değişimini araştırmışlardır. Artan SAR miktarıyla nisbi infiltrasyon oranı azalmış, tuzluluk ve sodyumluluğun arttığı şartlarda hidrolik iletkenliğin azaldığı gözlenmiştir. Fakat, kıtasal muson iklimi altında tuzlulaşma ve tuzsuzlaşma döngüsündeki topraklar, yüksek tuz ve SAR'lı sularla sulandıklarında, hidrolik özelliklerindeki değişimler, laboratuvar çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermemiştir.

Rhoades *et al.* (1970), toprakta suyun kalma zamanı arttıkça, bor yıkanmasının artacağını belirtmişlerdir. Topraktaki borun daha çok yıkanmasını sağlayan bu olayın olumsuz yönleri de vardır. Peryea *et al.* (1985), bu olayın toprak çözeltisinde bor konsantrasyonunu artırarak, zararlı etkisi olabileceğini belirtmişlerdir. Yıkamalarda toprak çözeltisindeki bor konsantrasyonunun dikkatli takip edilmesi gerekmektedir. Ayrıca Tanji (1996), toprakta doğal olarak var olan bor'un, sulamalarla toprakta biriken bor dan daha zor yıkanabileceğini dile getirmektedirler.

Alkali topraklar, zararlı değişebilir sodyumun yerini yararlı kalsiyum ve magnezyumun almasıyla yıkanabilir veya iyileştirilebilir. Bu, toprak özelliklerine dayalı olarak uygulanacak kimyasalların çeşidi ve miktarı, yer değiştirme oranı ve ekonomik koşullara bağlı olarak başarılı olur (Kelley, 1951; Thorne and Peterson 1954; Anonuyumus, 1954).

Değişebilir sodyumu istenilen seviyeye düşürmek için ihtiyaç duyulan kimyasal düzenleyici miktarını belirlemek için kimyasal testler kullanılır. Sodyum nispeten kolay yer değiştirebilir. Bu nedenle kalsiyumun mevcut sodyumun fazlasıyla yer değiştirmesi

sağlanmalıdır. Düzenleyici seçiminde; düzenleyicinin reaksiyonu ve gerekli zaman etkili olabilir (Fireman, 1957).

Jips ve langbanit (K-Mag), toprağın hidrolik iletkenliğini artırması ve sodyumu düşürmesi karşılaştırılmıştır. İlk olarak jipsin langbenite oranla daha düşük hidrolik iletkenlik sağlamıştır. Buna karşılık yüksek çözünürlüklü langbenit yıkamanın başından itibaren yüksek hidrolik iletkenliği sağlarken aynı zamanda da en düşük SAR değerini oluşturmuştur. Bunun nedeni olarak da, langbenitin yüksek çözünürlük oranıdır. Bu özelliğine ilave olarak langbenit sodik toprakların ıslahı için gerekli zamanı, kısaltırken aynı zamanda yıkama için gerekli toplam yıkama suyu miktarını da azaltmaktadır (Aydemir and Najjar, 2005).

Borsheim and Johnston (2002) Birleşik devletler Golf Birliği için çim bitkisi kök bölgesinde farklı minerallerin pH , elektriksel iletkenlik ve sodyum üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada herhangi bir işleme tabi tutulmamış düşük kalite sulama suyu sülfürik asitle, chelated kalsiyumla, sülfürik asit + chelated kalsiyumla muameleye tabi tutulmuştur. Bu konulara ilave olarak şebeke suyu da kıyaslamada kullanılmıştır. Çalışmanın sonunda infiltrasyon oranlarında sınırlı değişimler gözlenirken pH, EC ve sodyum da önemli değişiklikler göstermiştir.

Sülfürik asit uygulamasının topraktaki vejetasyonda büyük oranda tahribata yol açmaktadır. Ancak çam ağacının büyümesinde herhangi bir negatif etki göstermemektedir. Lizimetreler ve toprak kuluçka deneylerinde orta derecede uygulanan sülfürik asidin ya da kükürdün toprak biyolojik işlemine özellikle azot çevrimine olumlu etki etmektedir (Tamm *et al.*, 1977).

Lange *et al.*, (2005), yaptıkları çalışmada özetle şu bilgilere yer verilmektedir. Uygulanan sülfürik asit, jips, polyacrylamide (PAM), pamplusyips ve PAM plus (jips ve CaNO<sub>3</sub>) muamelesi 5 yıllık süreyle yüksek oranlarda uygulanmıştır. Jips ve sülfürik

asit SAR deęerini 5' dūřurdūęunu ve sūlfūrik asit ve jips uygulamalarının dięer konulara gōre infiltrasyon hızında önemli oranda etki gōstermiřlerdir.

Zia *et al.* (2006), Tuzlu sodik sulama sularının kalitesinin, sūlfūrik asit üretici ve alternatif ıslah maddeleri kullanarak yapılacak iyileřtirme ile pirinç üretiminde kullanımı ve bu uygulamaların karřılařtırılması amacıyla yapılan çalıřmada, sūlfūrik asit üreticilerinin sadece kalıcı sodyum karbonatı (RSC) 5.4'den 3.6 mmolc/L'ye dūřurdūęu, buna karřılık sodyum absorpsiyon oranına (SAR) ve elektriksel iletkenlik deęerine (EC) herhangi bir etkisinin olmadıęı dile getirilmektedir.

Pakistan yūrutūlen bir çalıřmada sūlfūrik asit ve jips uygulamaları 2.5 yıl sūreyle denenmiř ve tuzluluk parametrelerinde (EC, pH ve SAR) azalmalar belirlenirken, aynı zamanda da pirinç ve buęday veriminde kademeli bir řekilde artıř kayıt edilmiřtir. Ayrıca, çalıřmanın yūrutūldūęu her üç bōlgedeki toprak yapısının iyileřtięi belirlenmiřtir. Saptanan bu etkilerin sūlfūrik asit uygulamalarında, dięer uygulamalara gōre hem toprakların ıslah edilip iyileřtirilmesin de hem de tarımı yapılan ūrūnlerdeki verim artıřında önemli oranda katkı saęlamaktadır (Sadig, *et al.*, 2007).

Eęer sodyumlu toprakta herhangi bir kalsiyum kaynaęına bulunmuyorsa, jips yada çōzūnebilir kalsiyum kaynaęı uygulanmalıdır. Eęer toprak kireçliyse o zamanda asit yada asit formasyonuna sahip materyaller kullanılabilir. Asit yada asit formasyonuna sahip materyallerden sūlfūrik asit, elementler kūkūrt, ferik asit çok hızlı bir řekilde topraktaki kireçle reaksiyona girebilirler. Sūlfūrik asit kullanımının bir avantajı da jips parçacıklarının oluřmasıdır. İnce jips parçacıkları iřlenmiř olan ve genelde yaygın olarak kullanılan doęal jipsten çok daha fazla çōzūnūrlūęe sahiptir. Bunun sonucu olarak da çok hızlı tepkimeye girerek sodyumla yer deęiřtirir. Doęal kūkūrdūn tamamen oksitlenerek sūlfūre dōnūřmesi birkaç yıl alır. Ayrıca kimyasal ıslah maddesinin içinde en yavař etki gōstereni doęal jipstir (Anonymous, 2008).

Mace *et al.* (1999), laboratuvarında toprak kolanlarında ıslah amaçlı olarak kullanılan sülfürik asitin jipse göre etkinliği belirlemek için iki farklı kil tipinde çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmanın sonunda, sülfürik asit uygulaması jips uygulamasına göre (1) daha düşük SAR, (2) daha fazla çözünebilir Ca ve Mg (3) düşük pH ve (4) yüksek EC elde edilmiştir. Kireçli sodik ve killi topraklarda jips iyi saturasyon sağlıyor görünse de sülfürik asitle HCO<sub>3</sub> üretiminin yanında düşük pH ve yüksek EC ile daha iyi ıslah sağlamaktadır.

Amezketta *et al.*(2005), Sülfürik asit ve işlenmiş jips ürünleri kireçli sodik toprakların ıslahında ve toprak kaymak tabakasının önlenmesinde etkili bir potansiyel ıslah maddeleridir. Kireççe zengin olup sodyumluluk özelliği gösteren ve göstermeyen iki toprak tipinde, topraklarda kaymak tabakasını önlemeye yönelik yapılan çalışmada infiltrasyon hızları dikkate alındığında; sodyumluluk sorunu olmayan toprak tipinde her hangi bir kimyasal ıslah maddesinin uygulanmaması durumunda yani tanık konuda 21 mm/h, jips uygulanmasında 33-35 mm/h ve sülfürik asit uygulamasında 53 mm/h olarak gerçekleşmiştir. Bu hız, sodyumluluk sorunu bulunan topraklarda ise tanık konuda 0 mm/h, jips tozunda 9 mm/h, maden jipsinde 15-17 ve sülfürik asitte 21 mm/h olarak belirlenmiştir. Sodik toprakların ıslah denemesinde ise belirlenen infiltrasyon hızı tanık konuda 0 mm/h; jipste 8-9 mm/h ve sülfürik asitte 17 mm/h'dir. İslahta kullanılan materyalin tamamı toprağın ıslahında ve kaymak tabakasının önlenmesinde etkili olmuşlardır. Fakat sülfürik asit; yıkamada en hızlı EC ve sodyum ıslahı sağlaması nedeniyle en etkin ıslah materyali olmuştur. Her üç jips materyali de (ocak jipsi; işlenmiş maden jipsi ve jips tozu) sodyumluluk sorunu olmayan topraklarda kaymak tabakasının önlenmesinde ve ıslahın sağlanmasında eşit etki göstermişlerdir. Sadece jips tozu sodik topraklarda kaymak tabakasının önlenmesinde diğerlerine nispeten daha düşük bir etki göstermiştir.

Düşük sulama potansiyeline sahip, koyu gri ve kahverengi topraklarda çayır- mera kurulumunun zorluklarını belirlemek amacıyla bir dizi araştırma gerçekleştirilmiştir. Yürütülen çalışmada, tatmin edici sonuçlara jips uygulamasıyla ulaşılabileceği bildirilmektedir. En uygun jips uygulama metodunun ortaya çıkarmak için ilk sulama

suyunda jips çözdürülmüştür. Çözeltiye jips eklenmesinin nedeni toprak kolloidleri arasında kalsiyum saturasyonu oluşturmak yerine fulokülasyon yani yumaklaşmayı sağlamaktadır. Bu yaklaşım, ABD’de kullanılan standart uygulamadan farklı olarak, küçük parçalar halindeki jips, suyun sodyum, kalsiyum oranının ayarlanması için sulama suyuna eklenmesidir. Jips uygulaması toprak yüzeyinden daha kırılğan bir yapı oluştururken aynı zamanda da, su giriş hızını ve bitki başına verimi de artırmıştır (Davidson and Quirk, 1960).

Alkali topraklar, organik karbon, azot ve üre bakımından fakir olmalarının yanında dehydrogenase aktivitesi de düşüktür. Kimyasal yada biyolojik ıslah yoluyla söz konusu bu özellikleri geliştirilmeye çalışılmıştır. 12 yıllık çalışma sonunda, en fazla organik madde birikimi ve enzim aktivitesi ağaçlarla çevrili alanda gerçekleşirken onu çim çevrili alan takip etmiştir. En az iyileşme kimyasal ıslah (jips) maddesi uygulanan alanda belirlenmiştir. Enzim aktivitesi organik karbon ve kjeldahl azotu ile pozitif ilişki gösterirken, pH ve CaCO<sub>3</sub> ile negatif bir ilişki göstermektedir (Rao and Ghai, 1985).

Miller *et al.* (1965), tarafından arazide yapılan tarla denemeleri ile Keller and Alfaro (1966), tarafından yapılan laboratuvar çalışmalarında topraktaki çözünebilir tuzların yıkanmasında su uygulama oranı, toprakların doygunluk derecesi ve su hızındaki farklılıkların, toprak profilindeki tuz dağılımının farklı olmasına neden olduğunu bildirmektedirler.

Starr *et al.* (1978), su ve boya kullanarak, çelik tanklardaki topraklarda suyun alt tabakaya olan akışında, hava girişinin infiltrasyona etkisini incelemişler ve sature toprak yüzeyi ve atmosfere delikle açılan yeraltı suyu tablası arasında hava girişi olduğu zaman, infiltrasyon oranının yaklaşık iki katına çıktığı belirlenmişlerdir. Bozulmuş toprak örneklerinde çalışılması ve doğal şartların sağlanamaması durumunda, toprak katmanlarına olan iletim, yüzey toprağı ve saksı denemelerinden elde edilen sonuçlara göre daha yüksek değerlere sahip olabileceğini belirtmektedirler. Yüzeye uygulanan materyalin yeraltı suyuna hareketinin doğru tahmin edilmesinde, hem laboratuvar, hem

de arazi çalışmalarına ihtiyaç olduğu ve ayrıca çalışmalarda tek tabakalı yerine üç tabakalı sistemlerin kullanılmasının doğru olacağını belirtilmektedirler.

#### **2.4 Toprakta tuz hareketi ile ilgili çalışmalar**

Toprak veya diğer poroz ortamlarda farklı büyüklüklerde, düzensiz porlardan oluşan karışık bir ağ sistemi yer alır. Suyun bu sistemdeki ilerleyişi oldukça karmaşıktır. Porlarda akan suyun hızı, büyük porlarda, küçüklere göre daha fazla hatta porların duvar kısmındaki hız ile orta kısmındaki hız dahi birbirinden farklıdır. Akış hızı dağılımı eşit olmaz. Toprak içine giren bir solüsyon karışım oluşturacak şekilde akar. Karışma dispersiyon ve diffizyon olaylarıyla gerçekleşir. Biggar and Nielsen (1962a) bu olayı, karışabilir yer değiştirme (miscible displacement) olarak isimlendirmişlerdir. Bunun dışında iyon değişimi, erime ve çökme olaylar da tuz iletiminde etkilidir. Topraklarda bir kısım su ise büyük çatlaklardan yıkanma olayına karışmadan drene olur. Bu olaya da baypas adı verilir.

Toprağın örnek alınacak yeri belirlenirken ve örnek almada yeterince iyi muhakeme ve dikkat harcanmazsa, yapılacak laboratuvar çalışmalarının da bir anlamı olmayacaktır. Test etmek için arazideki tuzluluk açısından şüpheli yerlerden örnek alınır. Eğer alan ekili ya da doğal bitki örtüsü ile kaplı ise, tuzluluktan etkilenen ve etkilenmeyen alanları bitkilerin görüntüsünden anlamak mümkündür. 16 ha ya da daha az alanlarda iki örnek alma yeri genellikle yeterlidir. 16 ha'dan fazla alana sahip yerlerde aynı oranda çoğaltılarak örnek alınır. Eğer orta derecede ya da şiddetli olarak tuzdan etkilenen alanlar mevcutsa ve bunlar ayırt edilebiliyorsa her alandan örnekler alınmalıdır. Eğer toprak, katmanlardan oluşuyorsa örnekler bu katmanlardan alınmalıdır. Ürün yetiştirilen bir yerden örnek alınıyorsa, örnekler 15 cm den 150 cm ye kadar değişebilen kök bölgesinden alınmalıdır. Eğer ürün yetiştirilmeyen alanlardan toprak örneği alınıyorsa, örnekler 90-120 cm derinliğe kadar alınmalıdır. Eğer alanda karık sulama uygulanıyorsa karık tabanından ve karık üstünden örnekler ayrı ayrı alınmalıdır (Bower 1963).

Eröznel ve Ağar (1992), genellikle litresinde 1-1.5 gramdan fazla tuz bulunduran suların tuzlu kabul edebileceğini belirttikleri araştırmalarında 3.5 dS/m sulama suyunun günde 4 mm, 6 mm, 8 mm ve 10 mm derinlikte uygulanması durumunda toprağın tuz konsantrasyonunun derinlikle orantılı olarak artış gösterdiğini ve fazla su uygulanan konularda tuzluluğun tüm toprak derinliklerinde daha az olduğunu ifade etmişlerdir.

Yıkama gereksinimini hesaplamak için pek çok çalışma yapılmıştır. Bazı çalışmalarda, yıkama eğrileri veya matematiksel denklemlere (ampirik, yarı ampirik veya tuz hareketi kanunlarına) dayanarak kromotografik teoriye göre hesaplanmıştır. Hulsbes (1960), yaptığı denemelerle tuz yıkama eğrileri çıkarırken benzer şekilde de Volobouev (1960) yıkama suyu gereksinimi ve toprak tuzluluğu arasında yarı logaritmik bir denklemlerle çözümlenebilen ilişkiyi belirlemiştir. Panin (1962), daha çok SO<sub>4</sub>-Cl ve Cl-SO<sub>4</sub> tuzluluğundaki topraklarda 50-200 cm derinlikteki monolitlerin, laboratuvar ortamında yapılan yıkama denemelerinde “aktif yıkama normu” kavramını ileri sürmüşlerdir. Bu norm, yıkanacak toprak profili derinliğinin tarla kapasitesinde tutacağı katlar olarak tanımlanmaktadır. Yine aynı araştırmacı, geliştirdiği denklemden aktif yıkama normu, topraktan giderilecek tuz miktarının tabii logaritması ile toprağın su tutma özelliği ve bir parametrenin çarpımı olarak belirlemiştir.

Reeve *et al.* (1955) tarafından A.B.D.’de California Coachella vadisinin tuzlu, sodyumlu ve bor’lu topraklarında ıslah için gerekli yıkama suyu miktarını belirlemek için bir çalışma yürütülmüştür. Aralıklı göllendirme yöntemi ile 30 cm’lik dilimler halinde yıkama suyu uygulamaları yapılmış ve her dilimin uygulanmasından sonra toprak örneği alınarak gerekli analizler yapılmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinde; belli toprak katında başlangıca (C<sub>0</sub>) göre toprakta kalan (C) tuzun yüzdesi (C/C<sub>0</sub>100), yıkama suyu derinliğine (DI<sub>w</sub>) karşı işaretlenmiştir. Yıkama eğrileri elde edilmiştir. Daha sonra, yıkama suyu derinliğinin toprak derinliğine oranına göre değerlendirmeler yapılmıştır.

Nielsen and Biggar (1961), tuzların topraktaki hareketini inceleyerek; Darcy yasasının, topraktan tuzun yıkanmasındaki yeterliliğini araştırmıştır. Darcy yasasına göre, belli bir

mesafe boyunca sonsuz sayıda kesit alanı alınsa, bu alandaki gözeneklerin şekil ve kesit alanları birbirine eşit olarak kabul edilse, tuzların boşlukları çözelti halinde doldurduğu varsayılan bu ortamda, toplam gözenek hacmine eşit hacimde su geçirilse, topraktaki tuzların yıkanması veya konsantrasyonuna eşitlenmesi gereklidir.

Toprak suyu içindeki tuz hareketini miktarsal model olarak ilk kez bir seri şeklinde Nielsen and Biggar (1961, 1962, 1963), açıklamıştır. Araştırmacılar, eriyebilir maddelerin transferinin temel mekanizmasının, akan toprak suyu içindeki konveksiyona, bölgesel toprak suyu hızları içindeki değişimlerin etkisiyle olan dispersiyona ve toprak solüsyonu içindeki erimiş çözeltilerin difüzyonuna bağlı olduğunu düşünmüşlerdir. Onların modelleri, isotropik ve homojen poroz ortamlarda, sorunların çözümüne yönelik laboratuvar çalışmaları yürütmüşlerdir. Bunu takip eden yıllarda, konuyla ilgili pek çok model geliştirilmiştir. Hem laboratuvar hem de arazi çalışmaları, doymamış koşullarda topraktan yıkanan tuz miktarının daha fazla olacağını ortaya koymuş ve arazilerde yıkamaların, aralıklı göllendirme ya da yağmurlama sistemleriyle yapılmasıyla başarının daha da artacağı belirtilmiştir.

Geliştirilen yıkama metotlarından birisi de deniz suyu gibi tuzlu suların artan miktarlarda seyreltilerek yıkamada kullanılmasıdır. Tuzlu suyu seyreltme metodu ilk olarak Reeve and Bower (1960) tarafından geliştirilmiştir. Bu metotta prensip, ıslahın başlangıcında yüksek tuzlu su kullanıp, toprak geçirgenliğini yüksek bir seviyede tutmak, sonra yıkamada kullanılan bu tuzlu suyu daha iyi kalitedeki sularla seyreltip SAR'ı düşürmektir. Seyreltme metodunda örneğin Ca gibi iki değerli katyonların, Na gibi tek değerli katyonların yerini alabilecekleri esastan yararlanılmaktadır. Bu metotla ıslahı sağlamak için gerekli su miktarı, jipsle yıkamada gerekenden fazladır. Ancak toprak geçirgenliği iyi kaldığı için ıslah süresi on kat veya daha fazla kısaltmakta, Ca miktarı yüksek su kullanıldığında bu etki daha çok artmaktadır.

Davidson et al. (1963), toprak eriyiği ve yıkama suyu arasındaki difüzyon alanının, akışın oluşturduğu dispersiyondan ileri geldiği bulgusundan hareketle, geçirgen ortamda yıkama suyu ve toprak eriyiğinin akışı ile ilgili olarak sınır koşullarını incelemiştir.

Kurak şartlarda iki fazlı (sıvı ve buhar) akımın meydana geldiği ve üst tabakada buhar haldeki nem diffüzyonunun sıvı haldekinden çok daha yüksek olduğu Rose (1963 a,b), Jackson (1964), Menenti (1984), Bastiaanssen *et al.* (1989) tarafından yapılan çalışmalarda vurgulamaktadır.

Beyce (1977)'nin Volobuev and Kovda (1967)'dan bildirdiğine göre, toprağı tarla kapasitesine getirecek suyun profilde yüzeysel bir yıkama, tarla kapasitesi ile doyma noktası arasındaki suyun derinlere yıkama, doymadan sonra akacak suyun iyonları drenaja aktaracağı şeklinde görüşü savunmaktadır. Yine Beyce (1977)'e çalışmasında yer verdiği göre, Bressler (1967), yapmış olduğu bir model çalışmasında, sulama koşullarındaki toprak profilinde, çözeltilerdeki iyonların dağılımını incelemiş ve tuz bütçesi temel alınarak kütlelerin etkisi prensibine dayandırdığı bir model geliştirmiştir. Tamamlanan bu model, Terkoltub and Babcock (1971), tarafından da ele alınmış ve modelin kontrolünü yapmak için bir dizi test gerçekleştirilmiştir. Toprak profilinde yavaş hareket eden suyun hızlı hareket edenden, düşük rutubet seviyesinde hareket edenin doymuş şartlarda hareket edenden daha etkin yıkama sağladığı bildirilmektedir.

Kaul (1964) and Hartge (1966), perkolasyon maddesi olarak kullanılan suyun fiziko-kimyasal özelliklerinin, killerin hidrolik iletkenliklerini önemli ölçüde etkilediğini, akış hızını artırdığını saptamışlardır. Berkman (1968)'da çalışmalarında benzer görüşlere yer vermektedirler.

Toprak içinde büyük boşluklardan hızlı akan su daha az, yavaş akan su ise daha etkili yıkama yapmaktadır (Van der Molen 1973). Toprakta peşpeşe sıralı büyük boşluklar ve çatlaklar, suyun yıkamaya katılmadan uzaklaşmasına neden olur, bu su bypass olarak isimlendirilmiştir (Prendergast 1995). Başka araştırmacılar bu suyu değişik isimlerle tanımlamışlardır, German and Beven (1981), ise öncelikli akış (preferential flow ) tanımlamasında bulunmuşlardır. Bypass suyunun büyük boşluklardan girip toprak matrisine katılması içsel tutulma (internal catchment) olarak tanımlanmıştır (Prendergast 1995). Ayrıca, Gemerdinger *et al.* (1990) toprak suyunu; porların içindeki

hareketli su ve agregatların içindeki hareketsiz su olarak ikiye ayırmışlar ve tuz taşınmasında sadece hareketli suyun etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Toprak tabakaları arasındaki çözeltiler transferi, bitki besin elementlerinin, topraktan tuzların uzaklaştırılması için yapılan yıkama çalışmaları ve bu tuzların yeraltı suyuna iletilmesi durumunda oldukça önemlidir. Topraktaki çözeltiler transferinde etkili olan temel unsur: toprak suyu hızı, toprak taneciklerinin çözeltiler tutma özellikleri, bitki köklerinin ekstraksiyonu, kimyasal reaksiyonlar ve mikrobiyal indirgenme ve değişimler olarak söylenebilir. Durgun akım koşullarında, çözeltiler akışı, konveksiyon ve dispersiyon eşitliği ile belirlenebilir. Bu konuda geliştirilen matematiksel eşitlik ve differansiyel denklemler, çeşitli faktörler dikkate alınarak, modellere dönüştürülmüştür. Çözümlerde toprak yüzeyine sürekli ya da anlık çözeltiler girişi farklı durumlar olarak değerlendirilmektedir (Selim and Mansell 1976).

Ward *et al.* (1995) su ve çözeltilerin sınırlı uzaysal boyutlu kaynaktan olan hareketleri, üç boyutlu akış şekliyle, çeşitli matematiksel teorilerle tanımlanmıştır, fakat çok azı ciddi şekilde test edilebilmiştir. Çünkü deneysel olarak elde edilen verilerde eksiklikler bulunmaktadır. Yürütülen laboratuvar çalışmasında, oluşturulan kolonlarda, toprak suyu ve çözeltiler iletim ölçümlerini 3 boyutlu, aksiyal simetrik akış boyunca, TDR (time domain reflectometry) kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır.

Lee *et al.* (2000), topraklarda çözeltiler transfer parametrelerinin belirlenmesine yönelik laboratuvar çalışmalarında kullanılabilecek basit bir model geliştirmişlerdir. Bu modelde, transfer olayında topraktaki su iki şekilde tanımlanmıştır. Birincisi mobil bölge; burada su serbest hareket etmekte ve çözeltiler transferi adveksiyon ve dispersiyonla gerçekleşmektedir. Diğerinde ise durgun bölge; burada su durgundur ve çözeltiler yalnızca difüzyonla hareket eder.

Gardner and Brooks (1957), laboratuvarında toprak sütunlarında yapmış oldukları yıkama denemelerinde, profildeki toprak tuzluluğunu %80 azaltmak için toprak boşluk hacminin 1.42 katı kadar yıkama suyu geçirilmesi gerektiğini saptamışlardır.

Yürütülen bir kolon çalışmasında, toprağa uygulanan su ve Cl dağılımları izlenerek buharlaşma bölgesi kalınlığı, buharlaşma potansiyeli ve süresi belirlenmiştir (Fritton *et al.* 1967). Sıfır buharlaşma potansiyeli çok nadir şartlarda erken bahar, kış ve geç sonbaharda görülebilir ve bu dönem buharlaşma isteğinin düşük olduğu dönemler olup, yıkama için en uygun zaman olarak önerilebilir. (Doering *et al.* 1964).

Prather *et. al* (1978), KDK ve DSY değerleri yüksek olan iki sodyumlu toprağın ıslahı için laboratuvar koşullarında toprak kolonlarda yürüttükleri çalışmada, üç ıslah maddesi ve bunların kombinasyonu ıslah maddelerini kullanarak, gerekli yıkama suyu miktarı ve ıslah süreleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. (a) ıslah maddesi olarak  $H_2SO_4$ 'ın,  $CaSO_4$ 'dan daha etkili olduğunu (b), profile DSY'ni  $CaCl_2$  den daha fazla düşürdüğünü, (c)  $CaCl_2$ - $CaSO_4$  veya  $H_2SO_4$ - $CaSO_4$  kombinasyonları tek başına  $CaSO_4$  ile karşılaştırıldığında ıslah için gerekli yıkama suyu miktarını ve ıslah süresini kısalttığını bildirmektedirler.

Brooks *et al.* (1956), çeşitli değişebilir katyonların, toprak fiziksel yapısı üzerine etkilerini belirlemeye yönelik olarak 8 farklı toprak tipinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Değişebilir magnezyumun, toprak fiziksel şartlarına etkisini, değişebilir sodyum ve potasyum ile karşılaştırdıklarında, daha önceki bulgularla uyumlu bulmuşlardır. Çeşitli karışımlar şeklindeki uygulamalarda, değişebilir Na ve K'un benzer etkileri olduğu vurgulanmaktadır. Toprak örnekleri arasında farklı katyonlarla doymuş şartlarda, organik maddenin yıkanması arasında küçük farklılıklar belirlenmiştir. Ca ve Mg'a doymuş topraklarda yıkanma miktarları arasında önemli bir farkın olmadığı ayrıca kalsiyumun toprak stabilitesinin üzerine olan etkisinin magnezyumun etkisi ile benzerlik gösterdiği bildirilmektedir.

Geliştirilen teoriler için, laboratuvar ve arazi denemelerinde farklı kullanımlara ihtiyaç duyulabilmektedir. Jury (1982), arazide; su uygulama oranı ve toprak içinde geçen sürenin değişimine bağlı olarak, uygulanan çözeltilerin anlık değişimlerini incelemiştir. Çözeltinin dağılımının bu iki faktöre bağlı olduğunu ve hidrodinamik dispersiyon tarafından neden olunan çözelti dağılımının arazi topraklarında önemsiz olduğunu ve ihmal edilebileceğini dile getirmektedir.

Difüzyon, İki nokta arasında konsantrasyon farkı olduğu zaman oluşur. İyonlar yüksek konsantrasyondan, düşük konsantrasyona doğru hareket ederler. Sature olmayan koşullardaki akım hızının yavaş olması ya da hiç olmaması yani her hangi bir akımın olmaması suyun hareketsiz toprak çözeltisi içerisinde önemli bir role sahiptir. Akım hızının az olması, akımın olmaması veya sature olmayan koşulların hakim olması toprak çözeltisinde önemli rol oynamaktadır (Nielsen and Biggar 1961, Moore 1963, Boast 1973 ).

Konveksiyon; toprak suyunun hareketi sırasında, çözünmüş maddenin de taşınması olayıdır. Konveksiyon ve dispersiyon olayları birlikte, iç içe oluşur (Day, 1956). Hidrodinamik dispersiyon:Yıkanma olayı sırasında toprak porlarına akmakta olan, sıvı hızına bağlı olarak değişen, karışıp dağılma olayına hidrodinamik dispersiyon denir. Toprak içinde dispersiyon, topraktaki su hareketiyle birlikte meydana gelir. Karışabilir yer değiştirme tuz çözeltilerinin hareketiyle oluşmaktadır. Bu olay iki farklı konsantrasyondaki sıvının toprak gözeneklerinde karışması ve sıvının bir kısmının topraktan uzaklaşmasıyla oluşur (Poliwal 1982).

Toprak içinde tuzların su ile taşınması kütle akımı (mass flow) olarak tanımlanabilir (Gardner and Brooks 1957). Toprakta tuz hareketi; diffüzyon, konveksiyon ve hidrodinamik dispersiyon, karışabilir yer değiştirme yoluyla olabilir. Toprağa doğru olan katyon transferi, mineral yüzeylerindeki negatif yükler ve değişim adsorpsiyonu yüzünden anyon transferinden daha karışıktır. Sulama suyu içindeki temel katyonlar Ca, Mg ve Na olarak bilinmekte ve kabul görmektedir. Ca, Mg ve Na iki değerlikli sistemi için kromatografi teorisine dayanan genel bir değişim modeli ABD Tuzluluk

Laboratuvarı tarafından geliştirilmiş ve test edilmiştir ( Bower *et al.* 1957, Brooks *et al.* 1958 ).

Test sonuçlarında; oranlar ve eşitlik sabitleri arasında uyum belirlenmiştir. Diğer bir ıslah çalışmasında SAR ve değişebilir sodyum oranı arasındaki bağlantının tahmin edilmesi sağlanmıştır (Reeve 1957). Ayrıca belirli koşullar altında, toprağa verilen Ca ve değişebilir Na oranındaki azalma arasındaki ilişki Jury *et al.* (1979) tarafından, basit bir grafik şeklinde hazırlanmıştır. Toprakta gerçekleşen anyon yıkamasına karşılık eşit oranda katyon yıkanması da gerçekleşir, bunun nedeni toprakta elektronötraleiteyi korumaktır (Burns, 1974).

Kelly (1960), sulama suyu ile gelen tuzların çeşitli değişimlere uğradığını, Ca ve Mg'un karbonatlar şeklinde çökme eğiliminde olduğunu, Na' un ise erimiş veya adsorbe edilmiş durumda kaldığını bildirmektedir. Sulama suyunun tuzlanmaya etkisi, sulama suyunun içerik ve konsantrasyonuna, uygulama miktarına, sulama yöntemine, yağış durumuna, toprak geçirgenliğine, profil karakteristiklerine ve taban suyu derinliğine bağlı bulunmaktadır. Öte yandan, topraktaki sodyum karbonat püskürük silikatların ufalanması, nötr sodyum tuzlarının kalsiyum karbonata etkisi, baz değişimi, indirgenme reaksiyonları ve vejetasyonun çürümesi gibi olaylar sonucunda meydana gelmektedir.

Suyun fiziko-kimyasal özelliklerinin, toprak içindeki akış üzerine etkilerini araştıran Reeve (1961), suyun tuz içeriği ve katyon çeşidinin, şişme ve dispersiyon yoluyla toprağın sütrüktürünü, dolayısıyla geçirgenliğini etkilediğini belirlemiştir. Ayrıca araştırmacıya göre; toprağın permeabilitesi, diğer etkenlerin yanı sıra, daha çok artan tuz miktarına bağlı olarak artan Na miktarıyla azalma göstermiştir. Mg ve Ca'un etkilerinin ise düşük düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir.

Poroz ortamlarda çözelti hareketinin doğru bir şekilde belirlenebilmesi için bazı teorik modeller geliştirilmiş ve bu modellerde bazı kabuller yapılmıştır. Örneğin; çözelti-çözelti ve çözelti-toprak arasında hiç bir kimyasal ya da fiziksel etkileşim olmadığı

kabulü gibi. Toprakta çözelti hareketinin belirlenmesinde Cl en çok kullanılan maddedir. Cl ile doygun olan solüsyonun toprağa uygulanması ve toprak çözeltisinin Cl oranının belirlenerek, yer değiştirme miktarının belirlenmesi, sonuçların matematiksel denklemlere dökülüp, modellenmesi sağlanmıştır (Dieleman 1963b).

Tuzluluk ve alkaliliğin toprak özellikleri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde kil tipi üzerinde durulması gereken önemli bir parametredir. Her bir kil minerali grubunun farklı bir kafes yapısına sahip olması, taşıdığı negatif yük miktarı ve buna bağlı olarak sahip olduğu KDK değerindeki farklılıklar toprak-su sistemine eklenen tuza karşı farklı davranışların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Warrence *et al.* 2002). Bu özelliklerden dolayı Na<sup>+</sup> iyonunun geçirgenliği azaltıcı etkisi montmorillonit grubu killerin başat olduğu topraklarda, illit ile kaolin grubu killerin başta olduğu topraklardan daha fazladır. Üç tabakalı (2:1) kafes yapısına sahip olan montmorillonitte kristal üniteleri birbirine silisyum tetrahedron tabakasının yüzeylerinde bulunan oksijen atomları aracılığı ile bağlanırlar. Bu bağlar zayıf bağlardır. Bu nedenle tabakalar arasında su ve diğer iyonlar girebilir. Bu özelliklerinden dolayı genişleyip daralabilirler. KDK değerleri diğer grup kil minerallerine göre yüksek olup 80-120 meq/100g arasında değişir. Montmorillonitte kristal üniteleri arasındaki mesafe ise 9.6-21.4Å arasında değişmektedir (Bayraklı, 1998; Özdemir, 1998).

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

Kutilek (1964)' de değişik hidrolik gradiyanlar altında, (0-600 cm) belirli derinliklerde, H, Na ve Ca ile doyurulmuş, kaolin, illit ve montmorillonit killerin, saf su ve çeşitli

konsantrasyonlarda değişik tuzlar içeren sularla yürüttüğü geçirgenliğe yönelik araştırmasında, laminar akış sınırı aşıldığı durumda, hidrolik gradyanla, akış hızı arasındaki doğrusal ilişkinin bozulduğunu, geçirgenlik değerlerinin, kil çeşitlerinin; kaolinit> illit>montmorillonit sırasına göre, katyonların; Ca> Na şeklinde sıralama gösterdiklerini bildirmektedir.

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

Montmorillonit killeri, diğer kil mineralleriyle karşılaştırıldığında, toprağın belli bir birimi başına en büyük değişim yüzeyine sahiptir. Sodyum bu değişim yüzeylerine bağlanıp kil partiküllerinin dispersiyonuna neden olabilir. Kaolinit ve illit killeri ise sodyumun dispersif etkilerine karşı koyan kimyasal bağlar içerirler. Şişme kapasitesi bakımından montmorillonit killerini sırasıyla illit grubu ve kaolinit grubu killer takip eder (Yakupoglu ve Özdemir, 2007).

Topraktaki yüksek sodyum konsantrasyonu, özellikle 2:1 tipi killerin yaygın olduğu topraklarda dispersiyonu daha fazla artırmaktadır. Topraktaki kil partikülleri önemli derecede şiştiğinde dispersiyon meydana gelmekte, kurak koşullarda toprak masif ve strüktürsüz bir yapı kazanmaktadır. Üst toprağın kaba bünye ve gevşek yapıda olmasına

karşılık bunun altında killerin birikmesi sonucu toprakta ağır, prizmatik yapı gösteren geçirimsiz bir tabaka oluşmaktadır (Irvine and Doughton, 2001). Killi topraklar, özellikle dispers olmaya başladıklarında, diğer bünye sınıfında yer alan topraklara göre daha zor çalışılır duruma gelmekte, daha zor işlenmekte, mekanik özellikleri, yıkanma durumları, drenajları daha da kötüleşmektedir. (Anonuyumus, 1995).

Sulama suyunun EC değeri düşük olduğunda, sodyumun düşük seviyelerinin dahi dispersiyona neden olduğu anlaşılmaktadır. 2:1 tipi kil minerallerince zengin toprakların, 1:1 tipi kil minerallerinin baskın olduğu topraklara göre daha fazla dispers olma eğiliminde olduğu, düşük LF değeri ve geniş yüzey alanı değeri nedeniyle kil bünyeli toprakların, diğer bünye sınıflarında yer alan topraklara göre sodyum zararından daha fazla etkileneceği ifade edilebilir (Yakupoğlu ve Özdemir, 2007).

Uhdén (1964), ise çalışmasında, toprakların su tutma yetenekleri üzerine diğer faktörlerin yanında mevcut iyonların karakterlerinin de büyük oranda etki ettiğini belirlemiştir. Aynı tansiyonda, Ca'lu toprağın daha az rutubet (Ca iyonunun düşük hidrasyonu nedeniyle) tuttuğu tespit edilmiştir. Ancak Ca iyonu strüktürü teşvik ettiğinden, su tutma kapasitesi bir miktar artış gösterse de hiç bir zaman Na'lu toprağınkine yaklaşmamıştır. Diğer taraftan tutulan bu nem Na'lu topraklarda tutulana göre daha hareketli olduğu belirtilmektedir.

İnceoğlu vd., (1976), toprakta tuzların çözünürlüğü arttıkça toksik etkilerinin de arttığını ve çözünürlüğe bağlı olarak yıkanmalarında o nispete hızlandığını bildirmektedir. Nitrat tuzları diğer tuzlardan daha kolay çözündüklerinden tabiatta yaygın olarak görülmemektedirler. Toprak tuzluluğu özellikle klorür ve sülfat kaynaklı oluşmaktadır.

Cassel (1971), tarla şartlarında iki farklı su rejimi altındaki toprakta NO<sub>3</sub> ve Cl hareketini birbirini takip eden sulama ve buharlaşma dönemlerine göre incelemiş parsellerden birinde sulamadan hemen sonra polietilen örtü kullanılarak, buharlaşmayı önlemeye çalışmıştır. Çalışma sonunda toprak yüzeyinden alt katmanlara doğru olan

iyon hareketi, örtülü parselde örtüsüzeye göre 1.5 kat daha yüksek olarak belirlenmiştir. Araştırmacı, çözülmüş tuzların özellikle NO<sub>3</sub> ve Cl iyonlarının, uygulanan suyun buharlaşmasının önlenmesi ile bu iyonların toprağın çok derinlerine taşınacağını belirtmiştir. Topraktaki klor tuzlarının çözünlükleri yüksek olduğu için, su ile kolay olarak topraktan uzaklaştırabileceğini dile getirmektedir.

Paltwal and Gandhi (1976), sulama suyundaki tuzluluk, SAR, Ca/Mg oranı ve toprak bünyesinin DSY üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Üç farklı bünyeye sahip topraklarda, Na-Ca, Na-Mg ve Na-Ca-Mg iyonları içeren, 20 ve 50 me/L toplam tuz konsantrasyonuna sahip, 5 farklı SAR ve 5 farklı Ca/Mg oranı içeren 50 çözeltiyle çalışma yürütülmüştür. Çalışmanın sunucunda Na adsorpsiyonunun tuzluluk artışıyla hafif bir artış gösterirken SAR artışıyla daha fazla artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca aynı tuz konsantrasyonu ve SAR değerine sahip, fakat düşük Ca/Mg oranındaki çözeltiler ile yapılan uygulamalarda, toprakların Na adsorpsiyonun, Ca/Mg oranı yüksek olana göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Gerçekleşen bu artışın hafif bünyeli topraklarda diğerlerine oranla daha fazla olduğu dile getirilmektedir.

Suyun hızı, seçilen pilot alanlardan çözelti yer değiştirmesiyle (solute displacement) belirlenir ve alandaki dağılımı logaritmik normal olarak tanımlanır. Ayrıca suyun infiltrasyon oranlarının miktarsal ölçümleriyle uygun sonuçlar vermektedir. Alan denemeleri için, 100 gözlem sonucuna göre porlardaki, tahmin edilen su hızı, onun gerçek değeriyle  $\pm\%50$  olmasına imkan vermektedir (Biggar and Nielsen 1976).

Poonia and Talibudeen (1977), farklı KDK ve yüzey yük yoğunluğuna sahip, normal ve tuzdan etkilenmiş topraklardan alınan yüzey toprağı örnekleri ile aynı toprağı karşılık gelen yüzey altı toprak örneklerinde Na-Ca değişim eşitliğini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada yüzey topraklarının Ca tercihinin bu toprağı karşılık gelen yüzey altı toprağından daha fazla olduğunu saptamışlardır. Araştırmacılar, yüzey topraklarında Ca tercihinin fazla olmasının başlıca nedenini bu toprakların yüzey yük yoğunluğu ve organik karbon kapsamlarının yüksek oluşu ile açıklamaktadırlar.

Toprak-su sisteminin konsantrasyonu azaldıkça toprakta bulunan iki değerli katyonların tutulması artmakta ve buna karşın toprak-su konsantrasyonu arttıkça tek değerli katyonların tutulması azalmaktadır. Katyonların tutulma ve bırakılmalarında iki değerlikli katyonlar tek değerlikli katyonlardan; hidrate çapı küçük olanlar, hidrate çapı büyük olanlardan, toprak kompleksi tarafından daha kuvvetle tutulurlar (Yıldırım 1980).

Poliwal (1982)'e göre tuzların dispersiyonu; a) Gözenek hacimlerinin farklı olması; b) Dolambaçlılık (turboosity); c) Kılcal borucuklarda akım hızının değişmesi koşullarına göre değişmektedir.

Yağışlı bölgelerde, kolloid yüzeylerince tutulan kalsiyumun büyük bir kısmı H ile yer değiştirerek toprak çözeltisine geçer ve oradan da alt katlara doğru yıkanır. Toprak reaksiyonu gittikçe asitleşir. Kuru bölge topraklarında daima yeterli miktarda kalsiyum bulunur. Magnezyumun silikat minerallerinin hidrolizi sonucu serbest hale geçtikten sonra, büyük bir kısmı kil yüzeylerince değişebilir formda tutulur. Kolloid yüzeylerinde adsorbe edilmiş olan bir katyonun yerini, toprak çözeltisinde bulunan katyonlardan birinin alması ve önceden adsorbe edilmiş olan katyonun toprak çözeltisine geçmesi olayına katyon değişimi adı verilmektedir (Akalan 1983). Katyonların adsorpsiyon güçleri  $H > Ca > Mg > K > Na$  şeklinde olduğundan, değişim sonucu toprak çözeltisine geçen Ca iyonu miktarı ağırlıklı ise Ca iyonu miktarı daha yüksek olacaktır.

Gupta *et al.* (1984) tarafından, Hindistan'da organik madde ve kirecin toprakların Na-Ca katyon değişim dengesine etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, üç grup toprak ele alınmıştır bunlar; organik maddesi, kireci ve hem organik maddesi, hem de kireci giderilmiş topraklardır. Tüm topraklar NaCl ve CaCl<sub>2</sub> içeren çözeltilerle doymun duruma getirilmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre: kireç kapsayan örneğin, kireç kapsamayan ancak organik maddeyi kapsayan örneğe göre toprakta daha fazla sodyum adsorbe ettiği ve bu nedenle toprakta mevcut organik maddenin, CaCO<sub>3</sub>'ün sodyumun olumsuz etkisini azalttığını belirlenmişlerdir.

Dyson and White (1987) klor taşınmasında tüm boşlukların etkili olmadığını ve taşınma zaman dağılımları incelendiğinde makro porların tuz taşınmasında etkili olduğunu belirtmişler ve toprakta klor taşınımının, akış hızının artmasıyla arttığını ileri sürmüşlerdir.

Feijtel *et al.* (1989), tuzluluk ve taban suyunun toprak özellikleri ile yulafin iyon alımına etkilerini araştırmak üzere bir sera denemesi yürütmüşlerdir. Denemede 5 farklı tuzluluk seviyesi ve 3 farklı derinlikteki tabansuyu konuları faktöriyel düzende incelenmiş ve 4 tekerrür uygulanmıştır. Araştırma sonucunda; yaprakların Mg, Ca, K, Mn ve Cu içerikleri ile toprak çözeltisindeki miktarları arasında korelasyonun önemli olduğu belirlenmiştir.

Van Wesenbeeck and Kachonoski (1994), tabakalı doğal topraklarda verilen belirli miktardaki tuza karşılık, yıkanma sonucunda alınan tuz miktarının, tuz dağılım hızının ve dispersiyonun önemli ölçüde değiştiğini açıklamışlardır. Araştırmacılar 65 m<sup>2</sup>'lik parselleri KCl içeren 13.1 cm su ile yıkandıktan sonra, 10 m uzunluğunda ve 1.5 m derinliğinde 8 kanal açarak her 0.1 m derinlikten ve 0.15 m yanal mesafeden aldıkları toprak örneklerinde Cl konsantrasyon dağılımını incelemişler ve sonuç olarak horizonlardaki ve horizon kalınlığındaki değişimlerin, topraktan iyon hareketi ile ilgili çalışmalarla birlikte dikkate alınması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Toprak içinde tuz birikimi yalnızca sulama etkisiyle oluşmamaktadır. Tuzlu su rezarvuarlarında doğrudan ya da dolaylı yollardan tuzlulaşmaya neden olur. Avustralya'da Murray-Darling havzasında, havzaya doğru Tutchewop gölünden tuz transferi olduğu belirlenip bu konuda bir model geliştirilmiştir. Gölden havzaya olan tuz hareketinde difüzyon ve dispersiyonun etkili olduğu belirlenmiştir (Simmons and Narayan 1998).

Öztürk (2000), yürüttüğü çalışmada, farklı akış hızlarının iyon hareketi üzerine etkilerini, kumlu killi tın ve killi tın toprak kullanılarak, büyük toprak kolonlarında

incelemiştir. Yıkamalarda Na, Ca, Mg ve B yıkanmasının yavaş, K ve Cl yıkanmasının çok kolay olduğu belirlenmiştir. HCO<sub>3</sub> ve SO<sub>4</sub>'ın ise orta derecede yıkandığı belirlenmiştir. Yine, kumlu killi tın topraktan iyon yıkanması, killi tın toprağa göre daha kolay olmuştur. Araştırmada, tüm uygulamalarda yavaş akış hızlarında yüksek yıkama randımanı belirlenmiş, yalnız bor taşınması üzerine akış hızının herhangi bir etkisinin varlığı belirlenmiştir.

Robbins *et al.* (1980), topraklarda tuz taşınması ve birikimini test etmek için üç model ele almışlardır. Bunun için de Childs and Hanks (1975)'in farklı sulama uygulamalarının etkilerini belirleyebilmek amacıyla, bitki büyümesini ve tuzluluğu etkileyen faktörlerle ilişkili geliştirdikleri, tuz akış modelini modifiye etmişlerdir.

## **2.5. EM38 ve tuzluluk haritalarının hazırlanması konusundaki çalışmalar**

Günümüzde gelişen teknoloji ve programlar, sulanan alanlardaki toprak tuzluluğunun doğru ve hızlı bir şekilde belirlenmesine imkan sağlamaktadır. Sonuçlar, sulama, drenaj, toprak işleme ve kültürel uygulamalar gibi belirleyici işlemlerde büyük oranda kolaylıklar sağlamaktadır. Yapılacak planlama çalışmalarında bu verilerden büyük oranlarda yararlanılabilmektedir.

Elektromanyetik indüksiyonun toprak tuzluluğunu tahmin etmede popüler olduğu teyit edilmiştir çünkü yaygın değildir ve anlık okumalar sunmakta, büyük bir hacim üzerine ölçümlere entegre edilebilmekte ve bobinlerinin zemine göre yönüne bağlı olarak birden fazla derinlikte ölçüm yapabilmektedir. EMI metreden elde edilen okuma artan kil içeriği, nem içeriği ve topraktaki çözünebilir tuzlarla birlikte artmaktadır. Tuzlu topraklara sahip alanlarda tuzluluk sensor okumalarındaki değişimlerin %65'ine tekabül edebilmektedir (Williams and Baker, 1982).

20. Yüzyılın sonlarında toprak tuzluluğu ile çok yakından ilişkili olan EC1:5 ve ECe ölçümlerinde, Elektromanyetik (EM) ölçüm aletlerinin çok daha kullanışlı olduğu ispatlanmıştır. EM aletiyle toprak tuzluluğunun ölçülmesinde diğer faktörlerin yanında toprağın tarla kapasitesindeki EC'sinin etkilenmesinden kaynaklı olarak dönemsel değişimler gözlenebilir (Corwin and Rhoades, 1982).

EM aletleri sağlam yapıları, kompakt tasarımı, kolay kullanımı ve özellikle ölçümlerin temassız olması nedeniyle kullanımları giderek yaygınlaşmaktadır (Triantafilis, 1996).

Haritalamada EM38 yardımıyla toprak tuzluluğunun orijini ve mekansal değişimi belirlenirken (Lesch *et al.* 1995a) aynı zamanda yüksek, orta ve düşük tuzlu alanlarının haritalanarak tanımlanabileceği (Cameron *et al.* 1981; Van der Leilj, 1983) belirtilmektedir.

EM38 detaylı tuzluluk haritası hazırlamada etkin bir araçtır ve tuzluluğun şiddeti ve yayılımı konusunda net bilgiler sunabilmektedir. Tuzluluktaki artış oranı veya tuzlu alanlardaki iyileşmeyi ortaya koyabilmek için tekrarlı ölçümler yürütülebilir. Karmaşık teknolojilere çok da ihtiyaç duyulmadan küçük alanlar haritalanabilir. Günümüzde GPS sistemleri ile birlikte sulama-bölgesel ıslah projeleri gibi geniş sahalardaki tuzluluk ölçümleri gerçekleştirilebilir (McKenzie *et al.* 1997).

Toprağın sıcaklığı, nemi ve tekstürü EM38 okumalarında etkilidir (Kwiatkowski *et al.* 1994; McKenzie 2000; Slavich and Petterson 1990; Corwin and Lesch 2003; Preat and Gillgren 2005; Brevik *et al.* 2006; Triantafilis 2008).

EM38'in toprak tuzluluğunu hızlı bir şekilde belirlemesi, tuzluluk belirleme ölçümlerinde büyük bir gelişme sağlamıştır. EM38, toprak çözeltisindeki tuz miktarının oranlarını iletkenlik okumaları olarak kaydeder. EM38 doğrudan toprak içerisine girmeyi gerektirmez. Bu yüzden yaygın toprak örneklemesinden çok daha düşük

maliyetle çok sayıda okuma yapılabilir (Rhoades *et al.* 1999). EM38 yönlendirmeye bağlı olarak aşağı yukarı 0.6 ya da 1.2 m derinlikteki toprak tuzluluğunun ölçülmesinde kullanılabilir. Bu durum EM31’de 3-5 m olup taban suyu çalışmalarında kullanışlıdır. Çünkü EM38’in etkili derinliği bitki kök bölgesidir. Bu bağlamda da bitki tuzluluk tolerans çalışmalarında kullanılabilir. Ayrıca EM38 yardımıyla hazırlanan tuzluluk haritaları, drenaj ihtiyacının belirlenmesinde ve drenaj çalışmalarında yararlı bir şekilde kullanılabilir (McKenzie 2000).

Dünyada bilinen ve yaygın olarak kullanılan ve uluslararası kabul gören ölçü birimi desi Simens/metredir. EM38’in toprak yığınındaki okumaları mili Simens/m’dir. Bu birim doğrudan uluslararası standartlarda kullanılamaz. Bilindiği gibi uluslararası standart sature toprak ekstraktındaki elektriksel iletkenlik değeridir. Bu durum EM38’de McKenzie (2000)’nin bildirdiğine göre; tuzlu bir toprak saturasyon çamurunda 10 dS/m’lik iletkenlik üretirken bu değer EM38’de yaklaşık 250 mS/m olarak okunmaktadır. EM38 okumaları toprağın sıcaklığından, nemden ve yapısından etkilenir. Sıcaklık 25 °C’nin altında ise her derece için +%3 düzeltme yapılır. Sıcaklığın 25 °C’nin üzerinde olması durumunda ise her derece için +%2 düzeltme yapılır. Topraktaki kullanılabilir nem %30’dan az ise iletkenlik için önemlidir.

McKenzie (2000) çalışmasında, toprak tuzluluğunu 0-60 cm arası derinliğine kadar 4 farklı yöntemle ölçmüş ve saturasyon çamur ekstraktı ile karşılaştırmıştır. En yakın kolerasyonu 1/2 toprak su süspansiyonu verirken EM38’in ise %74-75’lik kolerasyon sağladığını ve bu kolerasyonun gerçekte çok iyi bir değer olduğunu da (1/2 toprak su süspansiyonunun doğrudan örnekleme yoluyla elde edildiği dikkate alındığında) dile getirmektedir.

Triantafilis *et al.* (2001b) yaptıkları çalışmalarında EM38’ in ölçümünde ve kalibrasyonunda beş farklı jeostatistiksel yöntemi karşılaştırmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre en uygun yöntemin Regrasyon Kriging yöntemi olduğunu dile getirmişlerdir. Ortalama ve standart sapma bakımından en iyi sonucu ise Ko Kriging (CoKriging) yöntemi sağlamıştır.

Toprak tuzluluğunun mekansal değişiminin belirlenmesinde kullanılan güvenilir yöntemler hızlı, yaygın ve tekrarlanabilirlik özellikleri ile toprak tuzluluğunun sebebinin belirlenmesinde ve yönetim uygulamalarının kontrolünün sağlanmasında oldukça önemlidir. Elektromagnetik ölçüm aletleri (örneğin EM38) toprak elektriksel iletkenliği (ECa) değerinin elde edilmesinin yanında toprak tuzluluğunun mekansal dağılım ve orijini hakkında bilgilerin sağlanmasında kullanılmaktadır (Cameron *et al.* 1981; Van der Lelij 1983; Boivin *et al.* 1989; Lesch *et al.* 1995(b); Ceuppens *et al.* 1997).

Cameron *et al.* (1981) ve Van der Lelij (1983), parsel bazlı olarak tuzluluğun mekansal değişimini belirlemek için EM38'i kullanmışlardır. Ortalama tuzluluk değeri düşük orta ve yüksek alanların gösterildiği renkli bir harita hazırlanmıştır. Maalesef haritaların sonunda örneksiz bölgelerde yapılan tahminlerde yüksek hataları nedeniyle temel sınıflandırma hataları bulunmaktadır. Bu aynı zamanda, harita birimleri arasında ve çeşitlerinde bağımsız ve rastgele olduğu kabul edilir (Change *et al.* 1988). Bir çok yaklaşım metodu bilgi transferleri sırasında en az veri kaybıyla başarılı eş doğrusal haritaların üretilmesinde kullanılan ve süreklilik arzeden noktaların değerleridir. Bu durum özellikle peyzaj alanlarında veya jeolojik sürecin az olduğu düz arazilerde önemlidir.

Kriging gibi jeoistatik metotların toprak bilimine girmesi sayesinde örneklenmemiş alanlarda rahatlama sağlamıştır (Odeh *et al.* 1995). Jeostatistik ile klasik istatistik arasındaki en büyük fark jeostatistiğin doğal mekansal verileri kolerasyonunun doğrudan modellenmesine izin vermesidir.

Hajrasuliha *et al.* (1980) klasik istatistikle jeostatistiğin karşılaştırılması maksadıyla yaptıkları çalışmada, özetle jeostatistiğin mekana dayalı doğal varyans yapısının toprak tuzluluğunun tahmininde daha iyi sonuçlar verdiğini dile getirmektedir.

Brevik *et al.* (2003), ABD'nin batısındaki Iowa eyaletinde yürüttükleri çalışmalarında, toprak yüzeyinin bitki kalıntılarıyla kaplı olmasının EM38 okumalarında her hangi bir etkiye sahip olmadığını belirlemişlerdir.

Broadfoot *et al.* (2002), Avustralya'nın Tragowel Ovası koşullarında gerçekleştirdikleri çalışmalarında, EM38'in ova topraklarının tuzluluklarının belirlenmesinde ve tarımsal yönetimde geniş ölçekli ve köklü bir araç olarak kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Hendrickx *et al.* (1992), Pakistan'ın Faisalabad kentinde bulunan 37 ha'lık bir alanda bitki gözlemleri ile belirledikleri tuzluluk ile EM38'in ölçümlerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın sonunda hem bitki örtüsüne sahip alanlarda hem de bitki örtüsünün olmadığı alanlarda EM38 ile yapılan ölçümlerin; agronomik gözlemlere dayalı ölçümlerle iyi bir uyum sergilediği dile getirilmiştir.

EM38; sıcaklık, nem, toprağın kil içeriği, bitki tipi, tuzluluğu, derinliği, ana materyali, tekstürü ve diğer faktörler (toprağın magnetik mineral yüzdesi) dikkate alınarak kalibre edilmelidir (McKenzie *et al.* 1997).

Anonymous (2002), iki adet pamuk tarlasındaki toprak tuzluğunun haritalanması ve izlenmesi için yapılan çalışmada, EM38 in çok geniş alanlarda toprak tuzluluğunu ölçebilmesinin yanında tuzluluğun yüksek olarak belirlendiği alanlarda toprağa jips ilavesi ya da bu bölgelere çok daha fazla tohum atmak gibi bitkisel üretimi teşvik edici düzeltici düzenleyici önlemlerin alınabilmesine imkan sağlayan iyi bir tarımsal yönetim aracı olduğu vurgulamıştır.

Toprağın nem içeriği, tekstürü ve tuzluluğu doğrudan mevcut elektriksel alanı etkiler. Araziden alınan topraklarda yapılan laboratuvar analizleriyle kalibre edilerek toprak tuzluluğu doğru bir şekilde ölçülmüş olur. Toprağın iletkenliği, tüm toprak faktörlerine

(nem, kil içeriği, toprak yapısı ve katı konsantrasyon) veya bunların etkileşimine bağlıdır (Preat and Gillgren 2005).

Preat and Gillgren (2005) yaptıkları çalışmada, özetle, yüksek toprak iletkenliğinde EM38 değeri olarak yüksek verim alınmıştır. Bunun nedeni, artan EM değeri toprağın kil içeriğine ve buna bağlı olarak da artan su tutma kapasitesidir ki bu da kurak sezonlarda tahıl üretiminde oldukça önemlidir. Aynı gözlemler Smith çeşidinin özelliklerinde de gözlemlenmiştir. Ancak bu gözlem her zaman doğru olarak yorumlanmamıştır. Waratah bitkisi verimi ise düşük toprak iletkenliğinde gerçekleşmiştir. Bu nedenle EM değeri ile verim arasında zayıf bir ilişki belirlenmiştir.

McNeil (1980), Elektromanyetik indüksiyon ölçerlerin kullanımı görünür toprak tuzluğu EC'nin ölçümüne yönelik ilk hızlı metodu sunmuştur. Ölçer, toprak ile direkt teması gerektirmemektedir. Bu yüzden bir araç arkasına monte edilmiş ölçer ile hızlı veri toplaması mümkündür. Elektromanyetik indüksiyon ölçerin EM38 modeli en fazla tarımsal amaçlı kullanıma yöneliktir. Çünkü sığ ve derin köklü bitkilerin yaklaşık kök derinliklerine karşılık gelen derinliklerde tuzluluğu ölçebilmektedir. Yatay konumda 0.60 m ve düşey konumda ise 1.20 m derinlikte tuzluluk değışimlerini belirleyebilmektedir. 3-6 m etkili derinliği olan EM31 ve 15-60 m etkili derinliği olan EM34 gibi diğer elektromanyetik ölçerler hidrojeolojik araştırmalar için daha elverişlidir. Söz konusu her iki ölçerin kullanımı en iyi, yüksek düzeyde yüzey altı tuz içeriklerine sahip alanların belirlenmesine ve bu sayede de ileride yüzey tuzluluğu riski taşıyan sahaların belirlenmesinde ön plana çıkmaktadır.

Cannon *et al.* (1994), DGPS/EM38 entegre sistemi 1992 yılının sonbahar aylarında Stealer, Alberta yakınlarında 100 ha'lık bir alanda kullanmışlardır. Toprak kumlu tın bünyede olup hem doğal olarak gözlenen tuzluluğu hem de yağ-sanayi salamura atıklarından gelen tuzları içermektedir. Arazi, tuzluluk ölçümlerinin tekrarlanabilirliğini analiz etmek için müteakip günlerde araştırılmıştır. Günlerin her birinde 3 saatlik bir periyotta 6000'den fazla tuzluluk ölçümü yapılmıştır. İki günden elde edilen veriler kıyaslandığında 2744 adet ortak örnek noktası tespit edilmiştir. İki günün tuzluluk

okumaları arasındaki ortalama ve kareler ortalaması farkları sırasıyla 0.2 dS/m ve 1.0 dS/m olarak belirlenmiştir. Bu da sistemin yüksek düzeyli tekrarlanabilme özelliğini kanıtlamaktadır.

EM38 tuzluluk toleransına yönelik arazi denemeleri gerçekleştirmek ve tuzlu alanların yönetimi için kullanılmaktadır. Çalışmalar göstermiştir ki, bilgisayar kullanımı ile birlikte normal toprak örnekleme ve analiz metotlarından çok daha düşük bir maliyetle büyük çaplı veri toplanabilmekte ve kısa süre içinde veri girişi yapılabilmektedir. Alberta, Kanada ve Batı Avustralya, Avustralya'daki denemeler aşağıda tanımlanmıştır. Kanada'daki çalışmalar arazi koşullarında geniş çaplı denemelerde bitkilerin tuzluluk toleransı üzerine güvenilir verilerin toplanabildiğini ortaya koymuştur. Avustralya'daki çalışmalar ise tuzlu alanların yönetimi ve iyileştirmesinde yardımcı olabilecek bir metodun kullanımını ortaya koymaktadır (McKenzie *et al.* 1997).

McKenzie *et al.* (1997) bitkilerin tuzluluk toleransını belirlemede şu bilgilere yer vermektedirler; 1984-86 yıllarında Brooks, Alberta, Kanada'da EM38 ile elde edilen toprak tuzluluk ölçümleri saturasyon çamurlarından ölçülen E<sub>Ce</sub> değerleri ile kıyaslanmış ve tuzlu topraklarda buğday büyümesi tahminlerinde her iki metodun yararlılığı değerlendirilmiştir. Üç yıl süresince toplam 23 sulu 22 kuru arazi örneklenmiştir. Alanların her birinde ortalama yedi tuzlu sahadan tuzsuz sahaya zincirleme serileri örneklenmiştir. Alanların her birinin kısmi verimleri, en yüksek verim değerine 1.0 verip diğer verimleri bu en yüksek verimle kıyaslamak suretiyle tespit edilmiştir. Tuzluluk ile verim arasındaki ilişki üçüncü derece regresyonlar için belirlilik katsayıları aracılığıyla kıyaslanmıştır. 0-60 cm için saturasyon çamuru metodu ile EM38 yatay ölçümleri buğday verimi ile tuzluluk arasında benzer korelasyonlar sergilemişlerdir. EM38 metodu nemli sulanan alanlarda saturasyon çamuru metoduna nazaran biraz daha yüksek, kuru sulanmayan alanlarda ise biraz daha düşük belirlilik katsayısı ( $r^2$ ) vermiştir. 60 cm'den daha derin tuzluluk ölçümleri 0-60 cm'deki ölçümlerde olduğu gibi verimle yüksek korelasyonlar vermemiştir. Örneğin sulanan alanlarda EM38 ile düşey konumda (0-120 cm) gerçekleştirilen tuzluluk ölçümleri yatay konumdaki (0-60 cm) için 0.61'e kıyasla 0.54'lük bir ortalama  $r^2$  değeri vermiştir.

Bennett and George (1995), EM38 ile yüksek tuzluluktan etkilenmiş veya tuzluluk hassasiyeti oluşmuş alanların belirlenmesinin yanında ormancılar tarafından da sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca yönetilmesi gerekli alanların tespitinde havada taşınabilen elektromanyetik araçların kullanılabilceğini dile getirmektedirler.

George *et al.* (1994), Laboratuvar çalışmalarından elde edilip yayınlanan bitki-toleransı şekillerini kullanarak ilk defa tuzluluğun sulanan alanların %36'sından daha fazla bir kesiminde çayır-mera verimini %50'lere kadar azaltma potansiyeline sahip olduğunu göstermişlerdir. Fakat arazi gözlemleri tuzluluk ve su ile doyma etkileşiminin bu değerlendirmelerde tahmin edilenden daha yaygın ve daha fazla bir üretim kaybına neden olduğunu ortaya koymaktadır.

Elektro manyetik indüksiyon sistemini (EM38) kullanarak Hojberg and George (1995), kök bölgesi EC sinin toprak materyalinin 1:5 toprak-su ekstraktlarının EC'si (EC5) oldukça yüksek bir ilişki sergilediğini belirlemişlerdir. Kök bölgesi tuzluluğu ile EC korelasyonu değişik alanlarda ve toprak koşullarında değerlendirilmiştir. EC ile EC5 arasındaki korelasyonlar sıkıntılı alanlarda istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

McKenzie *et al.* (1997), çeşitli derinlikler ve sahalardan elde edilen bu ilişki ve diğerlerinden hareketle araştırmacılar sulanan alanda farklı yem bitkisi ve çayır-mera sistemleri için mera verimi ile EC arasında ilişkiler geliştirmişlerdir. Ayrıca, EM38 haritalama sistemleri arazi kullanım planlamasında taban teşkil edecek şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca çiftçilere çiftlik bazında çeşitli idare şekilleri arasından seçim yapma imkanı sunup bunların ekonomik etkilerini değerlendirme olanağı sunmaktadır.

Ahmed (2001)'in De Jong *et al.* (1979)'dan bildirdiğine göre, tuzluluk araştırmalarına bakıldığında EM31 ile ölçülen bariz ECa ile Wenner dörtlü-probe metodu ile ölçülen ECe veya ECa arasında iyi korelasyonlar elde edilmiştir. Çalışma esnasında EM31'i kullanarak derinlikle tuzluluk değişimi konusunda Wenner dörtlü-probe düzenine kıyasla daha az detaylı bilgi elde edilebildiği fakat EM31'in daha hızlı olduğu ve alan

boyunca çok daha hızlı sürekli bir tuzluluk değişimi kaydı sağlayabildiği sonucuna varılmıştır. Benzer bulguları Zalasiewicz *et al.* (1985)'da elde etmiştir. Bu araştırmacılar da EM31 in diğer sıradan jeofiziki haritalama yöntemlerine kıyasla coğrafi sınırları çok daha hızlı ortaya koyduğunu gözlemlenmişlerdir. Sonuçta EM31 ölçümleri sıradan haritalama tekniklerinin etkin olduğu bilinen sahalarda bunların yerine rahatlıkla kullanılabilir. Araştırmacılar iyi tanımlanmış kum, çakıl veya kireç taşı (düşük iletkenlik) ile kil (yüksek iletkenlik) arasındaki en keskin kontrastı ortaya koymuşlardır.

Roadhes *et al.* (2006)'in bildirdiğine göre; Arazide toprak tuzluluğunu pratik olarak belirlemek ve bunları başarılı bir şekilde değerlendirmek tamamen mekansal değişkenliğe ve dinamik doğal sebeplerin etkisine ve bunların interaksiyonuna bağlıdır. Bu değişkenler; 1) Toprağa bağlı faktörler (toprak geçirgenliği, su tablası derinliği, taban suyundan kaynaklanan tuzluluk, topografya, toprak ana materyali, jeoloji), 2) İşlemlerden kaynaklı faktörler (sulama, drenaj, toprak işleme, bitki uygulamaları), 3) İklimle ilişkili faktörler (sıcaklık, yağmur ve dağılımı, nispi nem, rüzgar)'dır.

George and Bennet (2005), EM38 haritaları, çayır meralarla kaplı alanlarda bitki kök bölgesindeki toprak tuz seviyesiyle yakından ve güçlü bir ilişkiye sahiptir (kök derinliğinin <1.0 m'den az olduğu koşulda). Araştırmacılar bölgelerinde gerçekleştirdikleri EM38 ve EM31 haritalarının çiftçiler için son derece yararlı olduğunu bildirmektedirler. Tuzdan etkilenmiş alanların belirlenmesi ve bu alanlarda tercih edilen tuzluluk yönetim sistemi çalışmasının belirlenmesinde son derece kullanışlıdır.

M38, tarla denemelerinde bitkilerin tuza olan toleransının belirlenmesinde kullanılabilir. Bu alet tuzluluk toleransının belirlenmesinde geleneksel yöntemlerden (tuzluluk toleransı denemelerinde kumda tuz solüsyonu çevrimi kullanılır) elde edilenlere göre daha çabuk ve kolaylık sağlar (McKenzie, 2000).

Doğru kalibrasyon ve geliştirilen eşitlikler yardımıyla EM38 Hindistan genelinde toprak tuzluluğunun belirlenmesinde ölçüm aleti olarak kullanılabilir. EM38'in maliyetinin yüksek olması ülke genelinde kullanımını sınırlandırmaktadır. Ayrıca satış sonrası servis hizmetinin genel olarak sınırlı olmasının yanında alkali alanların haritalanmasında sınırlamalar oluşturabilmektedir (Sharma and Gupta, 2000).

Amezketta (2007), İspanya'nın kuzeyinde bulunan Navarre şehrindeki yüzey sulamayla sulanan 1,74 ha pilot alanda EM38 ile 180 noktada okumalar yapmıştır. Sonuçlar ESAP (Electrical Conductivity or Salinity, Sampling, Assessment and Prediction) programında değerlendirilmiştir. Alanın % 81'indeki tuzluluk değeri 4 dS/m'den düşük olarak belirlenmiştir. Elde edilen tuzluluk haritasının, tuz yükünün kaynağının ve sebebinin belirlenmesinin yanında toprak tuzluluğuna özel bitki deseninin oluşturulmasında son derece yararlı olduğu bildirilmektedir.

Jung *et al.* (2005), EM38 ile toprak yüzeyinden 0, 5, 15, 20 ve 30 cm yükseklikten okumalar yapmışlar ve 30 cm yükseklikten yapılan ECa okumaları ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiyi en iyi şekilde belirlemişlerdir. Ayrıca ECa toprak kalitesiyle sıkı ilişkili olan Claypan karakteristik gösteren topraklar için önemli bilgiler sağlayabilir.

EM38'in kontrol paneli sıcaklığı 40 °C'nin üstüne çıktığı zaman okunan değerler artan sıcaklığa bağlı olarak biraz artma göstermektedir. Panelin gölgelenmesi ve 40 °C altında sıcaklıklarda ölçümlerin yapılması sonuçların daha güvenilir olmasını sağlamaktadır. 20 °C sıcaklıkta alet daha etkili çalışabilir. Alet uygun çalışma şartlarında 2 saatte bir kalibre edilmelidir.(Robinson *et al.* 2004).

EM38 sınırsız toprak örneklemesinin yanında, hızlı değerlendirme, haritalama ve izleme için potansiyel veri toplamasına imkan sağlar (Metternicht, 2003).

Triantafilis *et al.* (2003), EM38'den elde edilen ECa ölçümleriyle derin drenaj arasındaki ilişkiyi SaLF olarak isimlendirilen tuz dengesi modeliyle değerlendirdikleri çalışmalarında 4 farklı sulama suyu miktarı (300, 600, 1200 ve 1500 mm) senaryosu oluşturmuş ve 81 noktadan toprak örnekleme yapmışlardır. Arazide 27646 noktadan elde edilen ECa verilerinden tahmin edilen derin drenaj parametrelerinden 3 tanesi çürütülmüştür. İlave olarak çoklu belirleyici kriking (multiple indicator kriking (MIK)) kullanılarak farklı su uygulama oranlarında olası derin drenaj haritaları üretilmiştir. Çalışmanın sonucunda belirlenen alanda sulama etkinliğinin geliştirilebileceği vurgulanmıştır.

EM38 toprağın elektriksel iletkenliğini pasif olarak ölçer. Ölçümde ne toprak örneğine nede proba gereksinim duyar. EM38 bir kızak yardımıyla herhangi bir çekicinin arkasında sürüklenebilir. Aynı zamanda EM38 ile ölçüm anındaki toprak nemi de belirlenebilir. Yapılan çalışma göstermiştir ki uniform toprak nemi koşullarında doğru sonuçlar sağlanabilir (Stavell 2005).

Sourell and Al-Karadsheh (2008), yürüttükleri çalışmaların da, EM38 ile ECa okumaları yaptıkları alanda bölgeler arası farklılığın olmadığını ve farklılık gösteren noktaların farklılıklarının nedenini tekstürdeki değişkenlik ile toprağın ölçüm esnasındaki su içeriğine bağlamışlardır.

EM38 haritaları 1 m'den daha az derinlik için çayır bitkisinin kök bölgesinde yükselen tuzlulukla yüksek dereceden ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca EM38'in yatay olarak yapılan kalibrasyonunda 0.25 ile 0.75 m derinliklerin doğru sonuçlar verirken 0.25 m'den az derinliklerin hatalı sonuçlar verdiği saptanmıştır (George and Bennett, 2001)

EM38 ölçümleri altı farklı alanda, geleneksel elektriksel iletkenlik ölçümleriyle test edilmiştir. İki ölçüm arasında yüksek derecede ilişki bulunmuştur. Yapılan karşılaştırma

sonucu EM38 okumaları %86'lık bir oranla gerçek EC değerlerini yansıtmaktadır (Greenspan, 2006).

Abdu *et al.* (2005), DUALEM-15 ve EM38-DD ile farklı derinlik ve sıcaklık koşullarında yaptıkları ECa ölçümlerini karşılaştırmışlardır. ECa ile derinlik ilişkisi incelendiğinde 0,15 m'den 1,8 m derinliğe kadar her iki alette de artan bir ilişki (ECa ile derinlik arasında doğrusal bir ilişkinin) olduğunu belirlemiştir. Öte yandan sıcaklık koşullarında her iki aletinde düşük ECa değerlerinde %10-40 hata verirken bu oranın yüksek ECa değerlerinde (ECa>100 mS/m) %5'den daha düşük oranlarda gerçekleştiği belirlenmiştir.

EM38 ve EM31 aletleri yardımıyla toprak özellikleri için elde edilen bilgiler basit doğrusal regresyonla oluşturulmuştur. 2 m toprak derinliğindeki ECa değerleri, gravimetrik nem içeriği, % kil içeriği, tuz konsantrasyonu (ECa dS/m) ve etkili katyon değişim kapasitesi (EKDK) modelle karşılaştırılmıştır. Etkili katyon değişim kapasitesi ve ECa'nın ECa ile çok güçlü bir ilişkisi bulunmaktadır (Triantafilis *et al.* 2002).

Elektromanyetik belirleyici prensiplerine dayanan temassız sensörlerle elde edilen toprak EC verileri ile doğrudan temas yoluyla elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Farklı sensör ve işletim modellerinde farklı algılama derinliklerinden farklı EC okumaları elde edilmiştir. EM sensörleri toprak yüzeyinden itibaren 150 cm derinliğe kadar karşılaştırıldığında bitki üretim ilişkisiyle ve üst toprak derinliğinden hesaplanan değerler genel olarak daha doğru sonuçlar sağlamaktadır. Her iki (EM38 ve Veris 3100) sensör modelinin çalıştırılmasıyla elde edilen toprak iletkenlik verileri benzer trend göstermiştir. Ancak farklılık, ölçülen değerlerin büyüklüğünde gözlemlenmiştir. Genel olarak Veris 3100 tarafından sağlanan veriler EM38'den sağlanana oranla daha düşük gerçekleşmiştir (Sudduth *et al.* 2008).

Triantafilis (2008), New South Wales'in kuzeyindeki sulu koşullarda pamuk yetiştirilen alanlarda EM'in uygulamasını tanımlamak için iki adet durum çalışması yürütmüştür.

Birinci alan periyodik biçimde düşük tuzluluk gösteren Namoil Valleyde, ikincisi tüm yıl boyunca taban suyu problemine sahip Valley'de olan ve Gwy isimli alandır. İlk durum çalışmasında hava fotoğraflarında taban suyu ve hafif tuzluluk problemi belirlenen alanlarda EM38 ve EM31 ile su tablasındaki yükselme ve toprak tuzluluğunun muhtemel sebepleriyle birlikte kesin olarak belirlemeye yönelik olarak araştırma yürütülmüştür. 29 ha alanda EM38 ve EM31 ile 20000 ECa ölçümü yapılmış ve kalibrasyon içinde 0,3 m aralıklarla 2 m derinliğe kadar 22 noktadan toprak örnekleme yapılmıştır. İkinci durum çalışmasında 240 ha alanda 27000 adet ECa ölçümü EM38 ve EM31 yardımıyla alınmıştır. Bu alanda da kalibrasyon için 1,5 m derinliğe kadar 46 noktadan örnekleme yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde birinci durumda taban suyunda yükselme belirlenmiştir. Ayrıca arazinin güneyinden kuzeyine doğru ölçülen değerlerin belirgin bir şekilde azaldığı belirlenmiştir. İkinci durum çalışması sonucunda ise EM38 ile EM31'den elde edilen verilerin genel olarak benzerlik gösterdiği belirlenmiştir. Her iki aletin okumaları toprağın kil içeriği, toprak mineralleriyle, jeoloji ve jeomorfolojisiyle çok yakından ilişkiye sahiptir. Sonuç olarak EM sistemleri uygun koşullarda ECa ölçümlerinde kullanılabilir.

Slavich and Petterson (1990), iki kalibrasyon yaklaşımını ve kalibrasyonu etkileyen faktörleri tartıştıkları çalışmalarında, kalibrasyon ilişkisini belirlemede çoklu doğrusal regresyon kullanılmışlardır. Ayrıca, toprağın su içeriği, tekstürü ve 0,6 m'nin altındaki tuzluluk seviyesi ECa okumalarını etkilediğini dile getirmişlerdir. Öte yandan yüksek tuzlu taban suyu seviyesinde kalibrasyon ilişkilerinin doğrusal olmayan bir yapı sergilediğini bildirmektedirler.

EM38 elektriksel iletkenliğin yatay ya da düşey yönde, geniş arazi boyutunda hızlı ve uygun şekilde ölçülmesini sağlar. Geniş ölçekli su sınırlarının veri gruplarındaki ölçülmüş yatay (EMH) yöndeki ölçüm değerleri toprağın nem içeriğinden ve EC'sinden etkilenir. Fakat derinlikle azalan su içeriği EC'yi etkiler. Toprağın su içeriği hem toprak tekstürü tarafından hem de sulama ve bitki yetiştirme gibi faktörler tarafından kontrol edilir (Yaughan *et al.* 1995).

Toprak sıcaklığı ECa okumalarını etkiler. Toprağın ilk 10 cm katmanında gün içerisinde sıcaklıkta dalgalanmalar meydana gelebilir. ECa okumalarının günlük sıcaklık değişimlerinden etkilenmelerini belirlemek amacıyla sabah 8'den akşam 8'e kadar saat başında yatay ve düşey moda okumalar yapılmıştır. Çalışmanın sonunda özetle, toprağın 0,75 ya da 1,5 m'si dikkate alınınca ECa okumalarında önemli bir etkinin olmadığı söylenebilir (Brevik *et al.* 2004).

Brevik *et al.* (2006), toprağın nem içeriğinin ECa okumalarına olan etkisini araştırmak amacıyla Haziran-Ekim periyodunda haftada iki okuma yapmışlardır. Okumaların yapıldığı zamanlarda da 90 cm derinliğe kadar toprağın nem içeriğini belirlemek amacıyla örnekleme yapmışlardır. Çalışmanın sonunda toprağın su içeriğinin toprağın ECa değerini önemli ölçüde etkilediği ve toprağın nemli olması durumunda ECa'larda büyük farklılıkların olduğu dile getirilmektedir.

Lesch *et al.* (1995b), EM38 ölçümlerinin alansal dağılımının belirlenmesinde yaygın bir şekilde kullanılan Ko Kriking metodu ile çoklu doğrusal regrasyonu karşılaştırmışlardır. Çoklu doğrusal regrasyon uygun maliyet ve eş değerlik bakımından Ko Kriking'e göre nispeten teorik bulunmuştur.

Arazide EC'nin hızlı ve mobil bir şekilde ölçümünü yapan aletlerin mekanizasyonu; (1) dinamik doğadaki toprak tuzluluğunun genişlemesinde, yönetiminde ve dağılımında; (2) bitki üretimi ile birlikte tuzluluk ilişkisinde; (3) su yönetim etkinliğinde; (4) pratikteki yıkama ve drenaj sisteminin etkinliğinin belirlenmesinde yeni fırsatlar yaratmaktadır (Carter *et al.* 1993).

Belirli bir alandaki tuzluluk deseninin neden olduğu özel bitki ve yönetim uygulamaları, entegre olarak tanımlanan tuzluluk değerlendirme teknolojileri ve yöntemleri ile sıklıkla doğrulanabilir. Tuzluluğun sulamanın bir fonksiyonu olarak anlaşılmasından bu yana aletli sistem ve bilgi ilişkili analiz sistemleri sade tuzluluk değerlendirme sistemlerine göre çok daha geniş alana ve yaygınlığa sahiptir. Örneğin bu teknolojiler sulanan

alanlarda ve bitki kök bölgesinde sulamanın düzgünlüğünü (uniformite), yıkamanın derecesini ve belirli iyonların taşınımının belirlenmesinde potansiyel olarak kullanılabilir (Rhoades *et al.*1997).

EMI tekniği toprak özellikleriyle ilişkili, toprak tuzluluk haritalarını ucuz ve doğru olarak sağlar. Tuzluluk ve nitrat konsantrasyonu ilişkilendirildiği zaman, EMI teknikleri toprakta hangi derinlikte nitratin toplanabileceğinin belirlenmesinde kullanılabilir. Bu haritalarla (tuzluluk ve nitrat) birlikte bitki tepkisi tahmin edilebilir veya değişik yönetim uygulamalarında kullanılabilir (Kafka *et al.* 2005).

EM ölçüm değerleri kullanılarak hazırlanan tuzluluk haritaları literatürde iyi bir şekilde sunulmuştur. Ancak bu teknoloji, farklı tarımsal yönetim uygulamalarında detaylı geri bildirim sağlamak için basit haritalar üretmek amacıyla kararlı bir şekilde geliştirilmiştir. Örneğin yıkama konusunda tuzluluk deseni dağılımındaki değişmeyi belirlemede ve bunun gösterilmesinde geri besleme sağlar. Daha da açık bir ifadeyle bu ölçüm değerleri yıkamanın temeldeki etkinliğini gösterir (Lesch *et al.* 2005).

EM haritalama maliyeti için yüklenici firmalar 30 m iş genişliğinde ve 15 km/h hızında 5,55 dolar/ha maliyet vermektedirler. Bu maliyet optimum iş genişliğinde her bir hektardaki spesifik EM kalibrasyonunu ve toprak örneklerini içermemektedir. EM haritalamasının maliyetinin hesaplanmasında,  $EMc = 166,66 / T$  (T; iş genişliği, m, EMc; harita maliyeti, dolar/ha) eşitliği geliştirilmiştir (O'Leary *et al.* 2008).

Elektromagnetizmaya dayalı iletkenlik ölçümleri toprak tekstürü ile çok güçlü bir ilişkiye sahiptir. Ancak toprak altında gömülmüş metal objeler sinyalleri çok büyük oranda olumsuz olarak etkilemektedir. Diğer taraftan ölçümlerin dinamik aralığı ve değişimi toprak tekstüründe çok daha düşüktür. Ölçümler pH ile pozitif zayıf bir ilişkiyle birlikte elektriksel dirence dayalıdır. Elektromagnetik teknikler topraktaki metal objelere karşı çok hassas olup tepki göstermektedirler. Elektriksel dirence dayalı

ölçümler özel gübreleme uygulamalarının desenini de göstermektedir (Lilienthal *et al.* 2005).

Toprak kalitesindeki mekansal geçici değişimleri değerlendirmek yönetmek için veriler ve istatistiksel analizler ECa'nın kullanışlılığını ve esnekliğini gösterir. Bir bölgede uygulanan sadece bir tip yönetim uygulaması dikkate alındığında tuzlu alkali toprak sisteminde ECa drenaj sularının yeniden kullanımının izlenmesinde kullanılabilir. Çok daha önemlisi ECa, toprak kalitesiyle ya da iletkenliğiyle ilişkili toprak özellikleri ile ilişkilendirildiği zaman, doğrudan toprak örneği ECa'sı toprak kaynaklarında yönetim mekansal geçici etkisinin geniş bir şekilde değerlendirilmesi için etkili bir araçtır. Değerlendirme ve yorumlama rehberi toprak kaynakları üzerinde mevcut ve alternatif toprak ve bitki yönetim stratejilerini uygun bir şekilde hali hazırda bildirmektedir (Corwin 2005).

Bölgesel bazda toprak tuzluluk etüdü oldukça zor bir süreçtir. Burada, genellikle Avrupa ve gelişmekte olan ülkelerde gözlenen ve küçük alanlara uygun bir etüt metodolojisi ortaya koyularak normal işgücü yoğunluğu sürecini daha etkin kılan basit bir araştırma metodolojisi ortaya konulmuştur. 1/25 000 ölçeğinde toprak etüdü gerçekleştirilmiş ve alandaki toprak serileri belirlenerek haritalanmıştır. Toprak etüt bilgileri daha sonra tuzluluk fazlarını ortaya koyabilmek için gözlenen tuzluluklarla birlikte elektromanyetik indüksiyon etüdünde (EMI) kılavuz olarak kullanılmıştır. EMI ölçümlerinden saturasyon ekstraktı elektriksel iletkenliğini (ECe) tahmin edebilmek için bir kalibrasyon metodu tasarlanmıştır. Birçok istatistiksel metotla kontrol edildikten sonra parametrik olmayan regresyon kullanmak suretiyle tek bir EMI kalibrasyonunun uygun olduğu tespit edilmiştir. Böylece EMI metodu kullanarak zamandan, iş gücünden, analiz süresinden ve bütçelerin sınırlı olduğu durumlarda işlem maliyetinden önemli oranda tasarruf edilmiş olur (Nogues *et al.* 2006).

Nogues, *et al.* (2006)'nın değişik kaynaklardan bildirdiğine göre, toprak iletkenliğini ölçmek için indüklenmiş elektromanyetik alanların kullanımı kavramı 50 yıldan fazla bir süredir yer bilimlerinde kullanılmaktadır (Belluigi 1948; Wait 1954, 1955, 1982).

Elektromanyetik indüksiyon 1970'lerin sonlarına doğru tarımda uygulanmıştır (De Jong *et al.* 1979). O günden beri EMI işlemi EMI ölçümleri ile ilişkili birçok fiziki toprak özelliğini (örneğin tuzluluk, nem içeriği, kil içeriği) haritalamak için kullanılmaktadır. EMI sensörlerinin tuzluluk haritalamasında kullanımına Cameron *et al.* (1981), Williams and Baker (1982), Rhoades *et al.* (1989), and Triantafilis *et al.* (2000, 2002) örnekleri verilebilir. EMI sensörlerinin gelişimi ve GPS ile entegrasyonu tuzluluk haritalamasında büyük yenilikler getirmiştir (Rhoades *et al.* 1999).

Alana özgü toprak ve bitki yönetimi, konum-referanslı veri türetip bitki verimini etkileyen önemli toprak özelliklerini ölçebilecek düşük-maliyetli sensörler gerektirmektedir. Belirgin elektriksel iletkenlik (ECa) bu ölçümlerden biridir. Toprak örnekleri 0.1-0.8 ha gird aralıklarında 0-150 mm derinliklerden alınmış ve sıradan besin elementleri ve tane dağılımı analizleri gerçekleştirilmiştir. Ölçüm yapılan altı sahanın dördünde Veris 3100 (ECa<sub>sh</sub>) ile ölçülen sığ ECa kil içeriği ile pozitif bir ilişki sergilemiştir. Kil içeriği bir sahada ECa<sub>sh</sub> ile negatif ilişki göstermiş ki bu da muhtemelen alandaki sığ kalsik horizonun düşük hacim ağırlığından ötürüdür. ECa ile ilişkili olabilecek diğer toprak özellikleri ise ekstrakta edilebilir Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, KDK, silt ve çözünebilir tuzlardır. Ekstrakte edilebilir K<sup>+</sup>, NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Mehlich-3-P, ve pH ECa ile ilişkili değildir. Yedi toprak özelliğine ilişkin kısmi en küçük kareler regresyonu (PLS) sığ ECa<sub>sh</sub>, Veri 3100 (ECa<sub>dp</sub>) ile ölçülmüş derin ECa ve Geonics EM38 (ECa<sub>em</sub>) ile ölçülmüş ECa'daki değişimleri sırasıyla %61, %51 ve %37 oranında açıklayabilmiştir (Bronson *et al.* 2005).

Mevcut toprak elektriksel iletkenlik (ECa) haritaları toprağın değişkenliğini bilmek isteyenler için vazgeçilemeyen ilk unsurdur (Lund *et al.* 1999; Sudduth *et al.* 2001). Bir toprak parçasının elektriksel iletkenlik değeri toprağın sahip olduğu tuz, kil organik madde ve su içeriği ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle, toprak tuzluluğu, pH, kil içeriği, KDK, değişebilir katyonları, kil mineralojisi, nem içeriği ve sıcaklığı gibi toprak özellikleri dolaylı olarak önemli belirleyicilik sağlayabilir (Kachanowski *et al.* 1998; McBride *et al.* 1990 ; McNeill 1992; Sudduth *et al.* 2001 Triantafilis *et al.* 2001, 2002; Beecher and Dunn 2002). EMI ölçümü, belirli toprak gübre göstergelerinin yanında

tuzsuz alanlarda ilk olarak tekstürel farklılıkların ortaya konmasında ve öğrenilmesinde büyük kolaylıklar sağlarken ayrıca zamandan da tasarruf sağlar (Hedley *et al.* 2004). Bu açıdan değerlendirildiğinde EM38 ile toprağın tuzluluğunun belirlenmesinin yanında toprak tekstürünün ve bitki besin maddelerinin en başında gelen nitrat azotunun ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) belirlenmesinde rahatlıkla kullanılabilir.

### **3. MATERYAL YÖNTEM**

#### **3.1. Materyal**

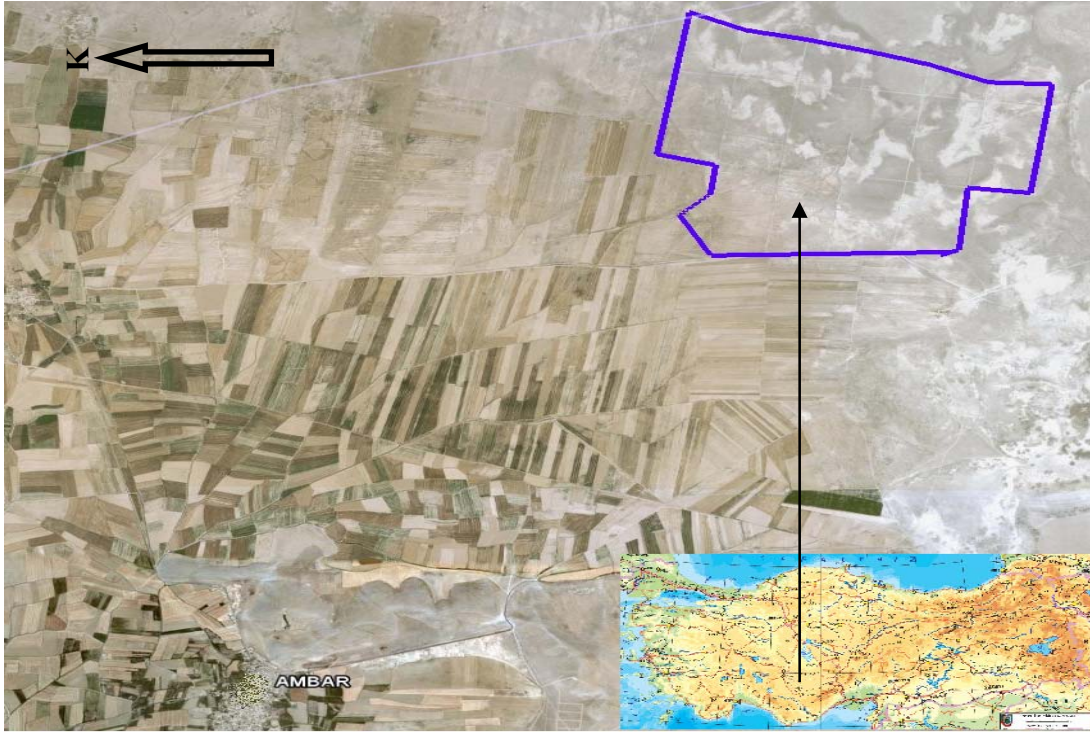
Bu bölümde çalışma alanının yeri, iklimi, toprak ve topografyasına ilişkin bilgilere yer verilecektir.

##### **3.1.1. Çalışma alanı yeri**

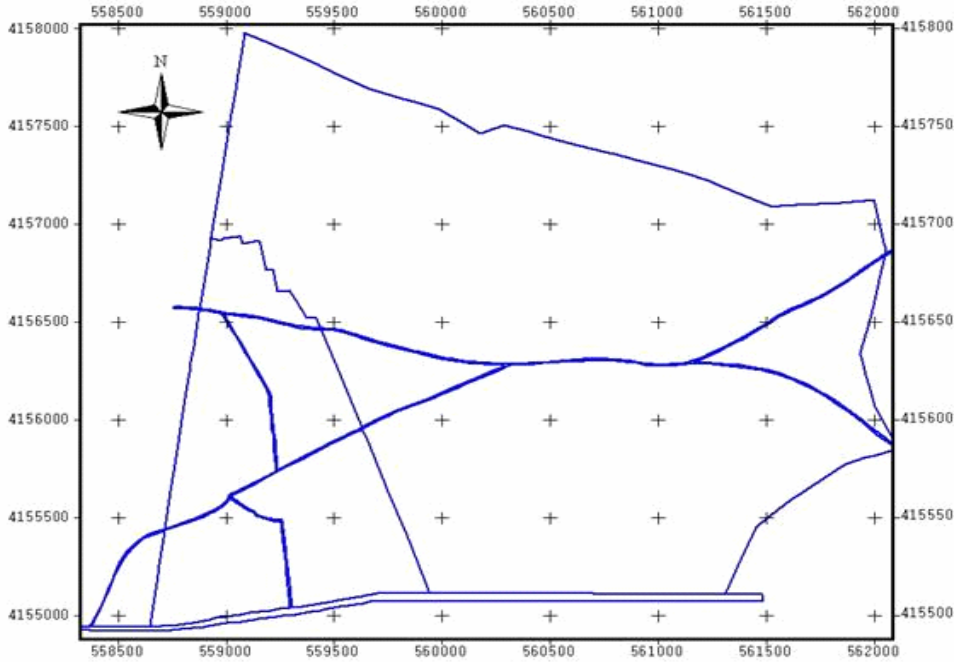
Çalışma alanı; Karaman İli Ayrancı İlçesi Ambar – Kavuklar Köyü ve Eski Akgöl arasında kalan (Şekil 3.1) yaklaşık 656 ha'lık bir alanı kapsamaktadır (Şekil 3.2). Alan eski Akgöl'ün tabanıdır. Zaman içerisinde gölü besleyen suların azalması sonucunda göl çekilmiş ve söz konusu alan açığa çıkmıştır. Yakın zamanlarda İvriz barajının da yapılmasıyla gölü besleyecek akarsu kalmamış ve göl tamamen kurumuştur. Çalışma alanı deniz seviyesinden 1000 m yükseklikte olup kuzeyden güneye ve doğudan batıya doğru %0.2 ile %0.5 arasında eğim değişmektedir (Anonim, 1978)

##### **3.1.2 Çalışma alanı toprakları**

Topraklar genellikle ağır bünyelidir. Yaygın olan bünye ise killi, kumlu killi, siltli killidir. Topraklar genel olarak organik maddece fakir olmasına karşın profil derinliği 150 cm ve daha derin olup renkleri gri ve gri siyahtır. Yapıları blok, geçirgenlikleri çok yavaş olup 0.00 – 0.13 cm/saat arasında değişmektedir. Topraklar alkali yapıda olup 1/1 çamur pH'sı 7.7-8.8 iken 1/5 pH'sı 8.6-9.3 arasında değişmektedir. Ayrıca, %48.31 ile %98.82 arasında kireç içermektedir. Genel olarak tuzluluk ve alkalilik yönünden bakıldığında topraklar tuzlu alkali karakter göstermektedir.



Şekil 3.1 Çalışma alanının coğrafi konumu



Şekil 3.2 Çalışma alanı haritası ve koordinatları

Genel olarak topraklar %1-3 arasında eriyebilir tuz içerirken %19-76 arasında da değişebilir sodyum (genelde %25-35) ihtiva etmektedir. Toprakların yüksek pH göstermelerinin nedeni çok fazla kireç ve sodyum içermelerindedir. Alanda yüzeysel ve içedönük drenaj yetersizliği bulunmaktadır. Öte yandan, İvriz ve Ereğli sularının tahliyesi bu alana verilmiştir. Tüm bu koşullar göz önüne alınarak yapılan arazi derecelendirmesi sonucunda alanının sınıfı 5. sınıf olarak belirlenmiştir (Anonim, 1978).

### **3.1.3 Çalışma alanı iklimi**

Çalışma alanı, tipik karasal iklim kuşağında yer almaktadır. Yaz ayları çok sıcak ve kurak geçerken kış ayları da soğuk olmasının yanında az yağışlı olmaktadır. Alana ilişkin bazı iklim parametrelerinin uzun yıllar ortalaması Çizelge 3.1’de verilmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi alanda kurak iklim koşulları hüküm sürmektedir. Yıllık yağış ortalama 335 mm iken yıllık buharlaşma miktarı 1200 mm’dir. Bu rakamlardan da anlaşılacağı üzere yıllık yağış miktarı yıllık buharlaşmayı karşılamaktan çok uzak bulunmaktadır. Ortalama sıcaklık değerleri incelendiğinde ise yaz aylarında ortalama 23.5 °C’ye ulaşan sıcaklık değeri kış aylarında 0.3 °C’ye kadar düşmektedir.

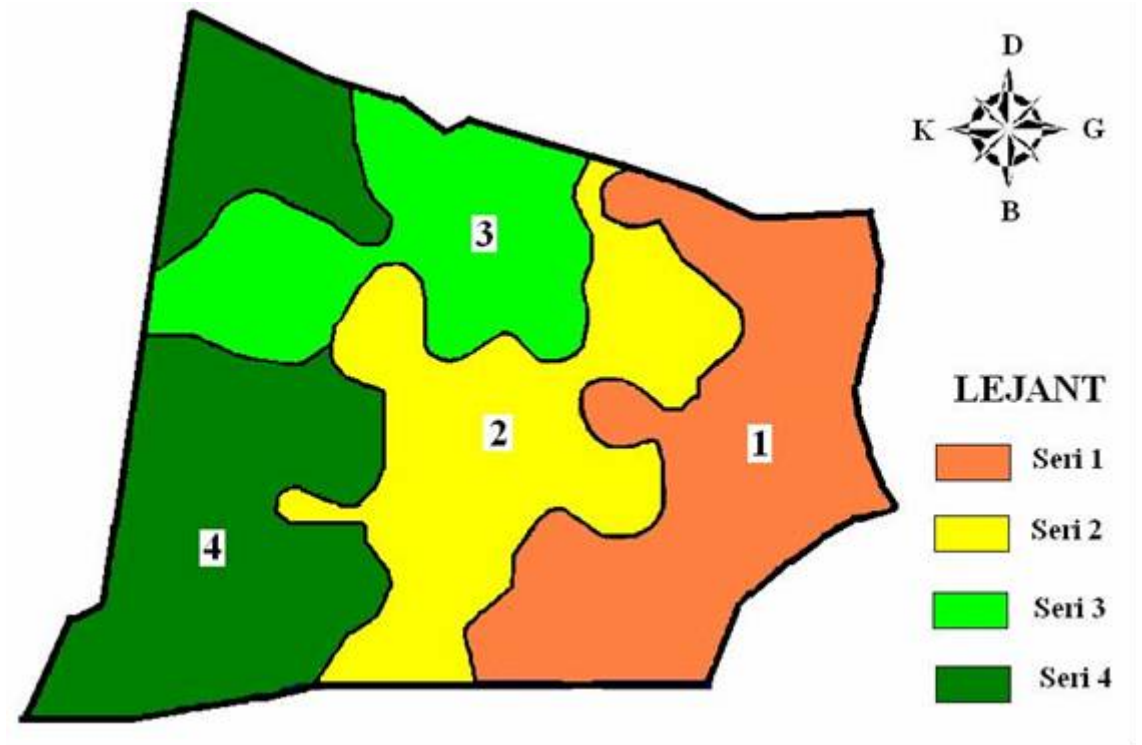
Ortalama bağıl nem incelenecek olursa, kış sezonunda %75’e kadar çıkarken yaz sezonunda bu değer %45’lere kadar inmektedir. Diğer bir iklim parametresi olan rüzgar hızında ise durum bir az daha farklıdır. Rüzgar, yıl boyunca yaklaşık benzer büyüklükte oldukça yüksek hızda esmektedir. Ortalama günlük güneşlenme süresi incelendiğinde dikkati ilk çeken yaz aylarında güneşlenme süresinin günün yarısından fazla olmasının yanında yıllık ortalama 8 saat güneşlenme süresi bulunmaktadır. Toprak sıcaklığındaki duruma bakılacak olursa toprağın ilk 5, 10 ve 20 cm derinliğindeki sıcaklığı, ortalama hava sıcaklığının üstünde bir değerde seyrettiği görülmektedir. Sıcaklık toprağın ilk 5 cm’in de 10 ve 20 cm derinliğe göre biraz daha fazla gerçekleşmektedir.

Çizelge 3.1 Araştırma alanına ilişkin bazı iklim elemanları uzun yıllık ortalama değerleri (Anonim, 2006a)

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)	Ort. Bağıl Nem (%)	Ort. Toplam Yağış Miktarı (mm)	Ort. Rüzgar Hızı (m/s)	Ort. Buharlaşma (mm)	Günlük Ort. Güneşlenme Süresi (saat, dak.)	Ort. 5 cm Toprak Sıcaklık (°C)	Ort. 10 cm Toprak Sıcaklık (°C)	Ort. 20 cm Toprak Sıcaklık (°C)
Ocak	0.3	75	40.7	2.2	-	03:37	1.5	1.6	2.4
Şubat	1.4	73	35.0	2.5	-	04:27	2.7	2.5	2.9
Mart	5.7	66	36.6	2.6	-	06:28	6.9	6.6	6.5
Nisan	11.4	59	39.5	2.8	-	07:54	13.4	13.0	12.6
Mayıs	16.1	57	38.9	2.3	93.7	09:54	19.3	18.4	17.9
Haziran	20.3	50	22.6	2.2	151.7	12:02	24.3	23.2	22.6
Temmuz	23.5	46	5.1	2.5	194.3	12:49	28.3	26.7	25.9
Ağustos	22.8	45	5.5	2.2	245.8	12:10	27.8	26.7	25.9
Eylül	18.6	50	5.0	2.0	225.8	10:34	22.6	22.4	22.2
Ekim	12.7	60	28.1	1.9	164.0	07:39	14.3	14.6	15.4
Kasım	6.4	70	33.7	2.1	97.3	05:22	6.5	6.8	8
Aralık	2.2	75	44.5	2.2	28.2	03:22	2.7	2.9	3.9
Yıllık	11.8	60	335.2	2.3	1200.8	08:01	14.2	13.8	13.9

### 3.1.4 Deneme alanı toprakları

Çalışma alanı toprakları ağırlıklı olarak alüviyal ve koluviyal topraklardan oluşmaktadır. Eski göl tabanı olması nedeniyle göl civarındaki jeolojik oluşumlardan gölü besleyen su kaynaklarıyla ve sel sularıyla taşınmıştır. Taşınan materyal ağırlıklı olarak bölgede bulunan kaolen ve illite'dir. Söz konusu alan daha önceden etüt edilmiş ve alanın seri bazlı toprak haritası hazırlanmıştır (Şekil 3.3). Yapılan etüt sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 3.2'de verilmiştir (Anonim, 2006b).



Şekil 3.3 Araştırma alanı seri bazlı toprak haritası

Çizelge 3.2 Araştırma alanı topraklarına ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal parametreler (Anonim, 2006b)

Seri	Horizon Simgeleri	Saturasyon Ekstraktında		Oganik Madde %	CaCO <sub>3</sub> %	Su Tutma Kapasitesi %		Tekstür				K.D.K. me/100g	SAR	DSY
		pH	EC (dS/m)			1/3 atm	15 atm	Kum	Silt	Kil	Simgesi			
1. Serideki Profil Örneği	A1	8.4	0.4	2.3	49.3	23.1	14.0	33.0	26.8	40.2	CL	56.3	0.9	0.7
	A2	8.2	3.4	0.9	48.5	28.9	17.7	20.5	20.4	59.1	C	55.5	16.2	18.6
	Bt1	8.0	7.2	1.4	50.3	30.5	19.6	12.6	22.4	65.0	C	49.4	33.7	31.3
	Bt2	7.8	7.0	1.1	49.7	32.3	22.0	4.7	24.1	71.2	C	56.6	41.5	32.7
	C	7.8	6.5	0.5	52.8	33.4	21.7	2.8	23.0	74.2	C	42.0	46.1	39.5
2. Serideki Profil Örneği	A1	8.5	0.1	2.0	41.2	27.7	16.6	15.7	31.2	53.1	C	52.3	1.4	1.9
	A2	8.0	6.8	0.9	46.0	31.7	22.1	6.5	20.0	73.6	C	54.4	46.7	47.5
	Bt1	7.5	13.2	1.1	47.0	32.3	20.2	3.1	30.1	66.8	C	42.7	66.1	56.7
	Bt2	7.6	9.9	0.5	55.6	24.8	16.4	23.5	19.6	56.9	C	39.2	43.8	59.0
	C	8.4	0.3	1.8	42.6	25.1	14.3	29.6	23.8	46.6	C	46.2	1.5	0.8
3. Serideki Profil Örneği	A1	8.0	6.0	1.2	21.0	27.0	17.2	17.0	25.2	57.8	C	68.4	29.9	21.1
	A2	7.8	10.1	1.2	27.1	29.5	18.9	4.3	29.0	66.6	C	40.9	42.2	46.3
	Bt1	7.8	9.5	0.7	29.5	23.9	15.8	10.3	40.4	49.3	C	40.5	46.4	40.3
	Bt2	7.5	9.2	0.2	28.5	27.6	18.2	3.5	41.2	55.2	C	24.1	43.7	45.6
	C1	8.0	3.6	2.5	22.1	25.9	16.6	29.3	27.8	42.9	C	61.4	11.1	5.4
	C2	7.6	15.7	1.2	24.1	28.3	19.1	15.9	25.4	58.7	CL	46.0	61.5	37.2
4. Serideki Profil Örneği	A1	7.7	11.8	0.5	28.5	24.6	16.7	15.9	30.2	53.8	C	35.7	60.3	41.2
	A2	7.6	9.3	0.3	27.0	28.6	19.0	2.3	31.3	66.4	C	35.9	63.7	44.7
	Bt1	7.5	10.1	0.4	27.6	20.6	12.2	31.9	33.7	34.3	CL	48.1	77.8	31.4
	Bt2	8.4	0.4	2.3	49.3	23.1	14.0	33.0	26.8	40.2	CL	56.3	0.9	0.7
	C1	8.2	3.4	0.9	48.5	28.9	17.7	20.5	20.4	59.1	C	55.5	16.2	18.6
	C2	8.0	7.2	1.4	50.3	30.5	19.6	12.6	22.4	65.0	C	49.4	33.7	31.3

### 3.1.5 Islah maddesinin özellikleri

Araştırmada kullanılan ıslah maddelerinden jips, Niğde ili Ulukışla ilçesi sınırları içinde bulunan ve %98'lik saflığa sahip Jips ocağından temin edilmiştir. Materyal ince toz halinde öğütülmüş ve hesaplanan miktarlar tartılarak yıkama parsellerine uygulanmıştır. Aynı şekilde saf granül kükürtte belirlenen miktarlarda araziye serilmiş ve jipste olduğu gibi toprağın ilk 10 cm'lik katmanına karışması sağlanmıştır. Sülfürik asitte (%98 saflıkta) ise belirlenen miktar yıkama suyundan önce gerekli tedbirler alınarak dikkatli bir şekilde yıkama parsellerine uygulanmıştır.

### 3.1.6 Yıkama suyu ve taban suyunun özellikleri

Yıkamada kullanılan su yıkama alanına 6 km mesafede bulunan kuyudan temin edilmiştir. Yıkama suyu yıkama parsellerine 6 m<sup>3</sup> kapasiteli ve traktör vasıtasıyla çekilebilen iki adet su tankeri ile sağlanmıştır. Yıkamada kullanılan suyun kalite özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir. Çizelgeden de görülebileceği gibi yıkama suyu kalitesi C<sub>2</sub>S<sub>1</sub>'dir.

Tuzluluk sınıfı olarak C<sub>2</sub> sınıfı orta derecede tuzlu sınıfına girmektedir. Tuza orta derecede dayanıklı bitkiler için rahatlıkla kullanılabilir. Tuza hassas bitkilerde yıkamaya önem verilmelidir. Sodyumluluk sınıfı açısından da S<sub>1</sub> yani düşük sodyumlu sınıfa girmektedir. Bu sınıftaki sular her toprak ve bitki için uygun olup sulamalarda sodyum zararı meydana gelmeden kullanılabilir (Ayyıldız, 1983).

Çalışma alanında taban suyu söz konusu değildir. Hali hazırda açılmış yüzey drenaj kanalları mevcuttur. Bu kanallara ilave olarak yıkama parsellerinin oluşturulduğu alanlarda yaklaşık 1 m derinliğinde mol dren çekilmiş ve her parsel etrafında drenler oluşturularak kendi içinde askıya alınmıştır.

Çizelge 3.3 Yıkama suyu kalite özellikleri

Parametre	Değeri
pH	7,63
Elektriksel iletkenlik (dS/m)	0,741
Sodyum (me/l)	2,19
Potasyum (me/l)	0,10
Kalsiyum (me/l)	2,61
Magnezyum (me/l)	2,96
Karbonat (me/l)	0,00
Bikarbonat (me/l)	3,81
Klorür (me/l)	3,22
Sülfat (me/l)	0,83
Bor (ppm)	0,80
Bakiye Sodyum Karbonat (me/l)	0,00
SAR	1,31
Tuzluluk ve Alkalilik Sınıfı	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>

### 3.1.7 Toprak tuzluluğun belirlenmesinde kullanılan elektromanyetik ölçer (EM38)

Toprak tuzluluğun belirlenmesinde kullanılan araç EM38'dir. Çalışmada kullanılan EM38 (Şekil 3.4) Kanada'da üretilmiş bir model olup teknik özellikleri Çizelge 3.4'de görülmektedir. EM38 hem düşeydeki hem de yataydaki toprak elektriksel iletkenlik değerini belirleyebilmektedir. Düşey doğrultuda 1.5 m derinliğe kadar yatay konumda ise 0.75 m'ye kadarki mesafenin iletkenlik değerini gösterebilmektedir.

Çalışma teorisi McNeill (1980) tarafından tanımlanmıştır. Özetle, söz konusu aletler aletin herhangi bir ucunda yer alan yayıcı ve alıcı indüksiyon bobini setinden oluşmaktadır. Yayıcı bobini aktive etmek için alternatif akım kullanılmaktadır. Bu da toprak içine anaför akımlar yayan bir manyetik alan oluşturur. Alıcı bobin hem birincil hem de ikincil (çok daha düşük) alan kuvvetlerini ölçer, düşük indüksiyon rakamları

akım akışı ile ve dolayısıyla da belirgin  $EC_a$  ile orantılıdır (McNeill, 1986). Çok sayıda farklı ticari model mevcut olup Geonics EM38 ve EM31 bunlar arasında yer almaktadır. Diğer modeller arasında ise iki bağımsız bobinden oluşan EM34-3 ve delik içinde araştırmalarda kullanılan EM39 yer almaktadır.



Şekil 3.4 Toprak tuzluluğunun belirlenmesinde kullanılan EM38 aleti

Çizelge 3.4 Toprak tuzluluğunun ölçülmesinde kullanılan EM38'in teknik özellikleri

Ölçüm Özellikleri	1: Görünen iletkenliğin bir metredeki değerinin milisimens cinsinden ölçümü (mS/m) 2: İkincil manyetik alanının birincil manyetik alana olan binde birlik faz oranı (ppt)
Birincil alan kaynağı	Kendinden iki kutuplu verici
Sensör	Kendinden iki kutuplu alıcı
Ölçüm genişliği	1 metre
Çalışma aralığı	14.6 kHz
Güç kaynağı	9 V pil
Ölçüm aralığı	İletkenlik: 1000 mS/m Devre içi: $\pm 29$ ppt
Ölçüm çözünürlüğü	$\pm 0.1$ %
Ölçüm doğruluğu	$\pm 5$ % at 30 mS/m
Gürültü seviyeleri	İletkenlikte :0.5 mS/m ; Devre içi: 0.02 ppt
Pil Ömrü	30 Saat (devamlı kullanımda)
Boyutlar	Alet: 106 x 15 x 3.6 cm Muhafaza kutusu: 117 x 19 x 13 cm
Ağırlığı	Alet: 3 kg (Muhafaza kutusu: 10 kg)

Noktasal verilerin koordinatlarının alınması için metre altı hassasiyete sahip GPS aleti (Şekil 3.5) kullanılmıştır. Elde edilen her bir noktaya ilişkin elde edilen tuzluluk değeri ve koordinatlar aletle birlikte gelen el bilgisayarına (Şekil 3.6) kayıt edilmiştir.



GPS

Anten

Pil

Şekil 3.5 Koordinatların alınmasında kullanılan GPS sistemi



Şekil 3.6 Toplanan verilerin kayıt edildiği el bilgisayarını

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1 Toprak tuzluluğun belirlenmesi

Tuzluluk endemik bir problemdir ve arazi kullanım planlamasında dikkate alınmadığında şiddetli çevresel ve ekonomik zararlara neden olabilir. Kapsamlı bir toprak taksonomisi sunan fakat bölgesel düzeyde bir takım özellikleri planlamaya dahil edebilecek esneklikle bir toprak etüdüne ihtiyaç duyulur. Toprak etüt işlemleri tuzluluk fazlarını belirleme konusunda esnektir fakat bölgesel düzeyde tuzluluk fazlarını belirleyecek evrensel ölçekte kabul gören bir metot henüz geliştirilmemiştir (Nogues, *et al.* 2006).

Dünyada toprak tuzluluğunun hem konumsal olarak dağılımının tanımlanabilmesi hem de şiddetinin belirlenmesi gün geçtikçe artan bir önem arz etmektedir. Bu amaçla dünyanın farklı bölgelerinde farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır. En yaygın kullanılan yaklaşımlar Avustralya gibi bazı ülkelerde 1 birim fırın kuru toprağı 1 birim ya da 5 birim saf su ile doyurarak ( $EC_{1:1}$  veya  $1:5$ ) ya da Amerika gibi bazı ülkelerde Saturasyon çamuru metodu ( $EC_e$ ) toprak elektriksel iletkenliğinin belirlenmesidir. Fakat toprak tuzluluğunun ölçümünde otoritelerce genel kabul gören standart ise toprak saturasyon ekstraktından tuzluluğunun ölçülmesidir ( $EC_e$ ). Ancak bu yöntem toprak örneğı almayı, örnek hazırlığını ve laboratuvar analizini gerektirir. Bu durum da beraberinde uzun zamanı gerektirir. Örneğın süzük alınmadan önce saturasyon çamuru hazırlanması ve bir gece süreyle bekletilmesi gerekmektedir.  $EC_{1:5}$  daha az toprak gerektirmekte ve ölçüm öncesi aynı bekleme süresi için bırakılmadan önce 30 dakikalık bir karıştırma işleminin uygulanması gerekmektedir. Bunun aksine, bu çalışmada kullanılan EM38 elektromanyetik indüksiyon metre ise toprak örnekleme yapılmaksızın veya toprağı elektrotlar sokulmaksızın tuzluluğı direkt ölçebilmektedir; bu nedenle de geniş alanlarda kolaylıkla kullanılabilmekte ve rahatlıkla alana ilişkin veriler toplanabilmektedir. Tuzluluk ölçümünde diğeri bazı uzaktan algılama türleri de kullanılmaktadır. Bu uzaktan algılama metotları geniş alanlara ilişkin hızlı bir

değerlendirme sunabilmekte fakat yoğun bir biçimde yer düzeltmesine ihtiyaç duymaktadır.

Tuzluluğun belirlenmesinde elektromanyetik ölçümlerin (EM), yıllardır kullanılan klasik yöntemlere göre iyi bir alternatif olduğu bir çok çalışmada vurgulanmaktadır. EM aletleri belirgin elektriksel iletkenlik olarak adlandırılan parametreyi ( $EC_a$ ) ölçmektedir. Ancak bu ölçümler toprağın nem içeriğinin yanında diğer faktörlerden de etkilenebilmektedir (Corwin and Rhoades, 1982). Güçlü alet yapıları, ergonomik tasarımları, kolay kullanılabilir olmaları ve en önemlisi de ölçümlerini temas olmadan gerçekleştirebilmeleri bu aletlerin kullanımının yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamaktadır (Triantafilis, 1996).

EM38, farklı faktörlere göre toprak görünür tuzluluğunu ölçmektedir. Bu faktörlerin en önemlileri toprak nemi içerisindeki çözünebilir tuzların konsantrasyonudur. Nem içeriğindeki bir artış iletkenliği de artırır, fakat nem artarken toprak çözeltisinin tuz içeriği azalır ki bu da iletkenliği düşürür. Değişen nem içeriğine bağlı ölçülen değerler, ölçüm sırasında topraktaki mevcut elverişli nemin %20-30 ile tarla kapasitesinin hemen üstündeki bir nem içeriğine kadarki nem içeriği aralığında, güvenilir bir işlevlik sunabilmektedir (Mc Kenzie *et al.*, 1992).

Çalışmada öncelikle alanın tuzluluğunun ölçümü için aletin, kullanıcı el kitabında belirtildiği gibi kalibrasyonu yapılarak el bilgisayarı ile birlikte GPS bağlantısı ve koordinasyonu sağlanmıştır. EM38 saniyede bir adet ölçüm yapacak şekilde programlanmıştır. Bunun ardından alet taşıma kızağına yerleştirilerek 10-20 m aralıklı grid oluşturacak şekilde bir araç vasıtasıyla saatte yaklaşık 15 km'lik hızla çekilmiştir. EM38 aleti, yukarıda sıralanan esaslar ve usullere uygun olacak şekilde ölçüm işlemini gerçekleştirmiştir.

Elde edilen verilerin gerçek iletkenlik değerine dönüştürülmesi için her toprak serisinde 12 noktadan 90 cm derinliğe kadar örnekleme yapılmıştır. Alınan örneklerde yapılan

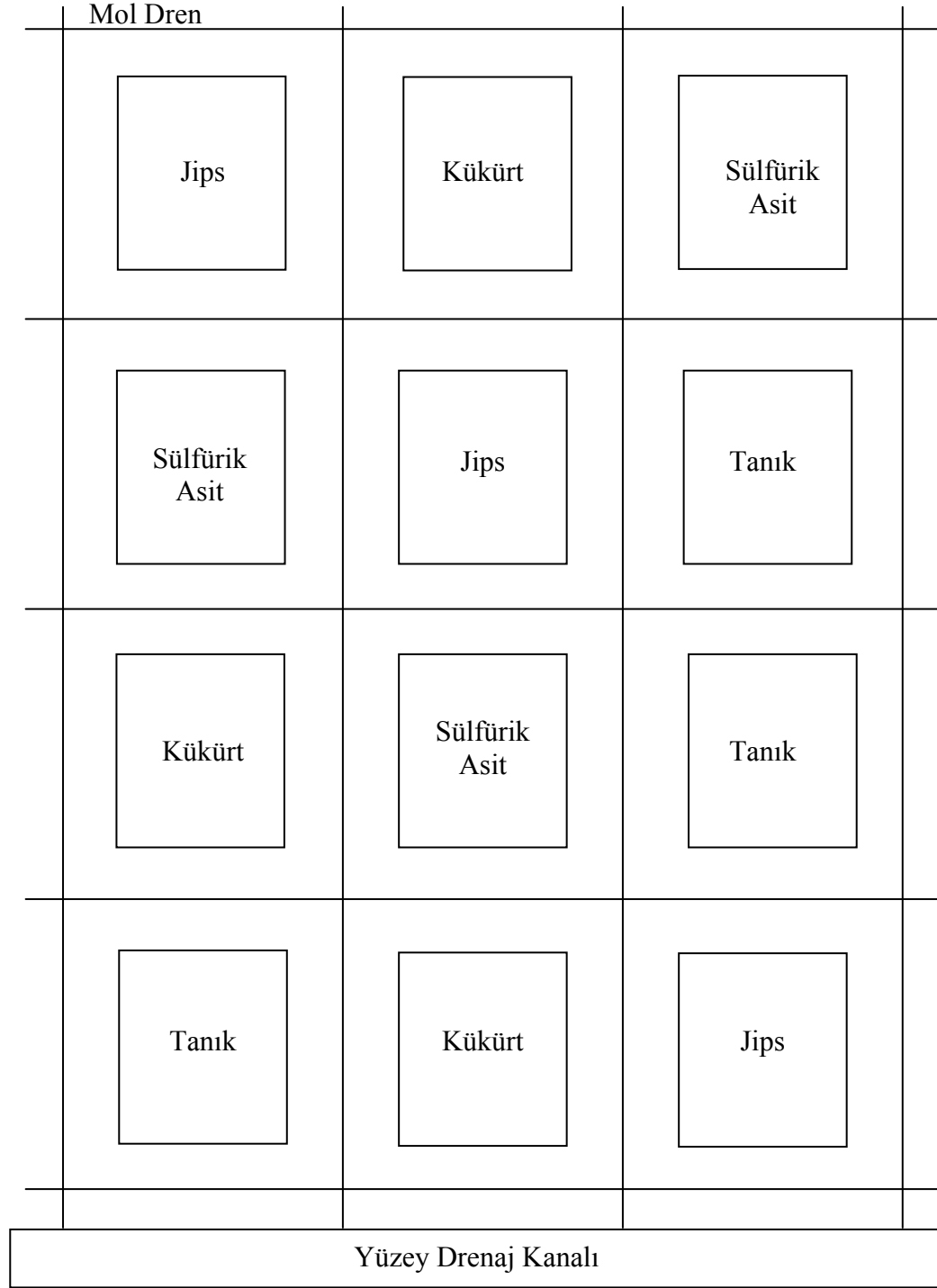
analizler sonucunda belirlenen değerler EM38 okumalarının kalibrasyonunda kullanılmıştır. Kalibrasyonda Sharama and Gupta (2000) ve Nogues et. al (2006)'un verdiği esaslar dikkate alınmıştır.

Haritalama içinde ise EM38 arazi ölçeğinde toprak tuzluğunun yapısı, kaynağı ve mekansal dağılımı hakkında bilgi sunmak amacıyla kullanılmıştır (Boivin *et al.*, 1989 ve Lesch *et al.*, 1995b). Cameron *et al.* (1981) ve Van Der Lelij (1983) EM38'i arazi ölçeğinde alansal tuzluluk değişimini tanımlamak amacıyla kullanmış ve düşük, orta ve yüksek tuzlu alanları gösteren haritalar oluşturmuşlardır. Lesch *et al.* (1992) jeoistatistiksel yaklaşımlar kullanarak arazi ölçeğinde alansal tuzluluk değişimini haritalamışlardır. Son yıllarda da Avustralya'nın aşağı Namoi vadisinde Triantafilis *et al.* (2001a) EC<sub>e</sub>'nin alansal dağılımını belirleyerek haritasının çıkartılması ve yıllar içerisinde oluşan değişimleri gözlemek amacıyla bir dizi çalışmalar yürütmektedirler. Aynı araştırıcılar OK, CoK, RK ve üç boyutlu kriging (3DK) olmak üzere bazı kriging metotlarını karşılaştırmışlar ve sonuçta alansal tahmin sonuçlarında hangi metot kullanılırsa kullanılsın makul düzeyde EC<sub>e</sub> tahminlerinin elde edilebileceğini dile getirmişlerdir.

Elde edilen veriler Triantafilis *et al.* (2001a)'n çalışmasında verdiği esaslar dikkate alınarak Ko Kriking jeoistatistik yöntemi kullanılarak işlenmiş ve ArcGIS yazılımından yararlanılarak alanın tuzluluk haritası hazırlanmıştır.

### **3.2.2 Deneme konularının saptanması ve deneme düzeni**

Konular dört seride de bireysel olarak Şekil 3.7'deki gibi kurulmuştur. Parsellerin oluşturulduğu alanlar EM38 aleti ile yapılan ölçümler neticesinde elde edilen haritadan yararlanarak her bir serinin en yüksek EC<sub>a</sub> değerine sahip alanına kurulmuştur. Yani özetle her bir seride en yüksek EC<sub>a</sub>'ya sahip alanlar belirlenmiş ve bu alanlara yıkama denemeleri kurulmuştur. Deneme üç tekrarlı tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Oluşturulan yıkama parselleri 2 m x 2 m = 4 m<sup>2</sup> olacak Şekilde hazırlanmıştır.



Şekil 3.7 Her seride kurulan ıslah deneme planı

### 3.2.3 Deneme yerinin hazırlanması

Herhangi bir tarımsal faaliyetin yürütülemediği alanda yıkama denemesi kurulacak alanlara öncelikle 6 m aralıklarla yüzey drenaj kanalına dik ve paralel olacak şekilde yaklaşık 1 m derinlikte mol drenaj yapılmıştır (Şekil 3.8). Burada amaç oluşturulan her bir parseli, diğer parsellerden bağımsız olacak şekilde taban suyu problemine karşı askıya almaktır. Bu işlemden sonra alan yüzey drenaj kanallarına dik olacak şekilde 45-50 cm derinliğinde olacak şekilde patlatma yapılarak işlenmiştir (Şekil 3.9). Parseller kürek yardımıyla tüm serilerde toplamda 48 adet olacak şekilde inşa edilmiştir. Oluşturulan parsellerin kenarları yıkılmaya karşı ve uygulanan yıkama suyunun randımanını artırmaya yönelik olarak 1.50 m genişliğinde plastik örtüyle kaplanmıştır (Şekil 3.10). Parsel kenarları 50 cm yüksekliğinde seddelerle çevrilmiştir.



Şekil 3.8 Mol drenajın yapılması



Şekil 3.9 Toprağın denemeye hazırlanması



Şekil 3.10 Yıkama yapılacak deneme parseli

### 3.2.4 Islah maddesinin uygulanması ve yıkamaların yapılması

Yıkama basit olarak istenmeyen materyallerin su yardımıyla bulunduğu ortamdan uzaklaştırılması olarak tanımlanır. Toprak yüzeyine birikimli göllenmeye izin verecek şekilde su uygulaması yapılır. Bu da devamlı veya aralıklı göllendirme ile mümkündür. Aralıklı göllendirme şekli evaporasyonun düşük olduğu ılıman iklim bölgelerinde yaygın olarak uygulanır. Devamlı göllendirme coğrafik, iklimsel ya da uygulayıcıyı kısıtlayan bir etmen olmadığı durumlarda suyun tamamının bir seferde uygulanmasıdır. Zamanla toprak profili içinde tuzun birikmesine rağmen, yıkama bir toprak ıslahçısı gibi hizmet edebilir. Normalde başlangıçtaki tuzluluğu indirilmek istenen seviyeye düşürmek için gerekli su miktarını belirlemek amacıyla yıkama eğrileri geliştirilmiştir (Anonymous, 1994).

Seddelerin yapımından sonra parseller bel küreği ile belleniş ve toprak gevşetilerek kaba bir tesviye yapılmıştır. Seri bazlı yapılan toprak etüdünden elde edilen sonuçlar dikkate alınarak hesaplanmış kimyasal ıslah maddesi olan jips uygun olan şekilde serilip toprağın ilk 10 cm'ine karışacak şekilde çapalanmıştır. Kimyasal ıslah maddesinin serilmesinden sonra parseller tırmık yardımıyla tesviye edilmiştir (Sekil 3.11).

Islah için gerekli kimyasal madde aşağıdaki eşitlik (3.1) yardımıyla hesaplanmıştır. Burada Değişebilir Sodyum Yüzdesini 10'a düşürecek miktar belirlenmiştir. Ayrıca seri bazlı yapılan toprak etüdü sonuçlarına göre ıslahta göz önüne alınan uygun toprak derinliği olarak ortalama 60 cm belirlenmiş ve ıslahta da bu derinlik dikkate alınmıştır. Diğer bir deyişle gerekli kimyasal madde miktarı toprağın 60 cm derinliği dikkate alınarak her bir horizon için hesaplanmıştır.



Şekil 3.11 İslah maddesinin toprağın ilk 10 cm'sine karıştırılarak tırmıkla tesviye edilmesi

$$GIM = \left( \frac{E. A. * 10}{1000000} \right) * (A * D_s * A_s) * \left( \frac{DSY_b - DSY_s}{100} \right) * KDK \dots\dots\dots 3.1$$

GIM : Gerekli ıslah maddesi miktarı (ton/da)

E.A. : Ekivalan ağırlık

A : Arazinin alanı (m<sup>2</sup>)

Ds : Toprak derinliği (cm)

As : Toprak hacim ağırlığı (ton / m<sup>3</sup>)

DSY<sub>b</sub> : İslahtan önce başlangıçtaki değişebilir sodyum yüzdesi

DSY<sub>s</sub> : İslahtan sonraki değişebilir sodyum yüzdesi

KDK : Toprağın katyon değişim kapasitesi (me/100 g)

Hesaplamalar sonucunda her bir seriye uygulanacak kimyasal ıslah madde miktarları Çizelge 3.5'de verilmiştir. Hesaplanan bu miktarlar üzerinde her seride belirlenen kimyasal madde uygulanmıştır.

Çizelge 3.5 Gerekli kimyasal ıslah maddesi miktarı

Seriler	Kimyasal Islah Maddesi (ton/da)		
	Jips	Kükürt	Sülfürik Asit
1	2.673	0.497	1.523
2	8.766	1.631	4.760
3	5.166	0.961	2.943
4	2.841	0.529	1.619

Yıkamalarda her bir parsele her defasında 30 cm yıkama suyu uygulanmıştır. Tankerlerle sağlanan yıkama suyu parsellere hassas su saati yardımıyla ölçülerek uygulanmıştır (Şekil 3.12). Uygulama esnasında yıkama suyunun parsellerde her hangi bir aşındırma yapmamasına ve yanal sızmaların oluşmamasına dikkat edilmiş ve yıkama suyu uygulaması sırasında su borusu Şekil 3.13'deki gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 3.12 Yıkama suyunun ölçümünde kullanılan su sayacı



Şekil 3.13 Parsellere yıkama suyunun uygulanması ve aşındırmanın engellenmesi

### 3.2.5 Toprak örneklerinin alınması

Yıkama parselleri oluşturulduktan sonra ıslah maddesinin serilmesinden önce 90 cm derinliğe kadar 3 katmanda (0-30; 30-60 ve 60-90) toprak örnekleme yapılmıştır. Yıkama esnasında her 30 cm'lik yıkama suyu uygulamasından sonra parsellerde örnekleme yapılmıştır. Burada göz önünde bulundurulacak koşul parsellere uygulanan 30 cm yıkama suyunun karık yüzeyinden çekildikten 72 saat sonra söz konusu örnekleme yapılmasıdır. 90 cm derinliğindeki örnekleme başlangıçta, 90 cm yıkama suyu uygulamasından sonra ve en son yıkama suyu diliminin uygulamasından sonra gerçekleştirilmiştir. Bunun nedeni 90 cm derinliğinde örneklemede toprak burgusunun topraktan çıkartılamaması ve bunun için de kepçeden yararlanılmak zorunda kalınmasıdır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 90 cm derinlikten toprak örneklerinin alınması

### **3.2.6 Laboratuvar analiz metotları**

#### *Saturasyon Macununun Hazırlanması*

Porselen saturasyon macunu kabına 100 gram toprak örneği eklenmiş konulduktan sonra bir spatül yardımıyla karıştırılırken saf suyun ilave edilmesiyle hazırlanır. Toprak su karışımı esnasında çalışılan masaya hafifçe vurulmasıyla kıvamı kontrol edilir. Sature olmuş toprak macunu saturasyon halindeyken ışığı yansıtacak kadar parlak, kabın eğilmesi halinde akacak kadar suya doymun yapıda olmalıdır.

### *Saturasyon Ekstraktı Çıkartılması*

Topraktaki mevcut tuz konsantrasyonunu ve topraktaki tuzu meydana getiren anyon ve kationların tayin edilebilmesi için, en az 24 saat beklenmiş satüre toprak macunundan belli bir seviyedeki basınç altında çıkarılan süzüktür.

### *Elektriksel İletkenlik Tayini*

Topraktaki tuz konsantrasyonu saturasyon ekstraktında elektriksel iletkenliğin ölçülmesi ile belirlenebilir. Ölçümde elektrokondiktivite metre kullanılır. Ekstrakt içerisindeki çözünen tuz miktarı fazlalaştıkça saturasyon ekstraktının elektrik akımını iletmesi de artar. Toprak ekstraktının elektriksel iletkenliği  $\mu\text{mhos/cm}$ ,  $\text{mmhos/cm}$  veya  $\text{dS/m}$  gibi birimlerle ölçülendirilir.

### *pH Değerinin Tayini*

Toprakların asit, nötr veya bazik durumlarını belirlemek amacıyla saturasyon macununda ve saturasyon ekstraktında yapılan bir tayindir. Tanım olarak pH hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır. Ölçme işleminde pH metre kullanılmıştır.

### *Çözülebilir Kation ve Anyonlar*

#### *Sodyum Tayini*

Metodun esası fleymfotometre kullanarak, numunenin emilip aleve püskürtülmesi ile sodyumun aleve verdiği sarı rengin dalga boyunun ( $589\mu\text{m}$ ) sodyum filtresi ile izole

edilmesi ve izole edilen ışık şiddetinin bir fotoselde elektrik enerjisine çevrilerek galvonometre göstergesinde ölçülmesine dayanmaktadır.

#### *Potasyum Tayini*

Metodun esası fleymfotometre kullanarak, numunenin emilip aleve püskürtülmesi ile potasyumun aleve verdiği menekşe rengin dalga boyunun (767  $\mu\text{m}$ ) potasyum filtresi ile izole edilmesi ve izole edilen ışık şiddetinin bir fotoselde elektrik enerjisine çevrilerek galvonometre göstergesinde ölçülmesine dayanmaktadır.

#### *Kalsiyum ve Magnezyum Tayini*

Metodun esası saturasyon ekstraktı örneğine ilave edildiğinde yüksek pH'da (pH=13)  $\text{Ca}^{++}$  ile pH 10 civarında  $\text{Ca}^{++}$   $\text{Mg}^{++}$  iyonları ile kompleks yapan standart EDTA (Versanat) sarfiyatından örnekteki  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$  miktarlarının tayinine dayanır. Tayin işlemi titrasyon yapmak suretiyle gerçekleştirilir.

#### *Karbonat Bikarbonat Tayini*

Saturasyon ekstraktı örneğinde asitle titrasyon yapmak suretiyle toprakların karbonat ve bikarbonat anyonlarının miktarı tayin edilir.

#### *Klorür Tayini*

Metodun esası, saturasyon ekstraktı örneğinde, potasyum kromat indikatörü kullanılarak gümüş nitrat ile titrasyon yapmak suretiyle, toprakların klorür anyonu miktarını tayin etmektir.

### *Sülfat Tayini*

Metodun esası, toprak ekstraktında, baryum klorür kullanarak, baryum sülfat süspansiyonunun absorbansının fotometrik olarak ölçülerek, toprakların sülfat iyonu miktarını tayin etmektir.

### *Değişebilir Sodyum ve Potasyum*

Toprak kolloidleri üzerindeki Na, K belli miktarda (Orta ve ince tekstürlü topraktan 4 g. kaba tekstürlü topraktan 6 g ) toprak 1 N Amonyum asetat çözeltisi ile çalkalamak suretiyle çözeltiliye alınır, çözeltideki ekstrakte edilen sodyum, potasyum konsantrasyonu fleymfotometre ile tayin edilir. Ekstrakte edilebilen katyon konsantrasyonundan suda çözünen katyon konsantrasyonu çıkartılarak değişebilir katyon konsantrasyonu elde edilir.

### *Katyon Değişim Kapasitesi*

Toprak kolloidleri önce 1 N sodyum asetat çözeltisi ile çalkalanarak sodyum ile doyurulur, sonra toprak tarafından tutulan sodyum, 1 N amonyum asetat çözeltisi ile geri alınarak miktarı fleymfotometre ile tayin edilir. 100 g toprak tarafından tutulan sodyumun me (miliekivalent) değeri katyon değişim kapasitesidir (KDK).

### 3.2.6 Analiz ve değerlendirme metotları

#### 3.2.6.1 Sodyumluluk yönünden değerlendirme

Sodyumluluk yönünden değerlendirmede esas alınan paramtere  $Ca^{++}$  konsantrasyonu ile DSY arasındaki ilişkidir.  $Ca^{++}$  konsantrasyonunun toprakta artmasına karşılık DSY'nin azalması ve bu değişimin karşılıklı olarak çıkartılmasıdır. Bu işlemde daha önce verilen denklem 3.1'den yararlanılarak kuramsal jips ihtiyacı belirlenmiştir. Belirlenen ihtiyaç miktarına karşılık gelen hem sülfürik asit, hem de kükürt eşdeğerleri belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar sonunda uygulanan her yıkama suyu dilimine karşılık, toprak SAR ve DSY değerlerinde meydana gelen değişim karşılıklı olarak grafiklenmiş ve aynı bölümde sunulmuştur.

#### 3.2.6.2 Tuzluluk yönünden değerlendirme

Uygulanan her 30 cm'lik yıkama suyundan sonra parsellerden alınan toprak örneklerinin tuzluluk değerleri, örnek derinlikleri dikkate alınarak belirlenmiş ve grafik şekline dönüştürülerek ilgili bölümde sunulmuştur. Grafikte; C: toprak derinliğini, Co: topraktaki başlangıçtaki tuzu ve yüzde değeri ise başlangıca göre toprakta kalan tuz yüzdesini göstermektedir.

Reeve *et al.* (1955)'in belirttiği esaslar dikkate alınarak yıkama eğrisini toprak derinliğinden bağımsız kılmak için toprakta başlangıca göre kalan tuzun yüzdesi, yıkama suyu derinliğinin toprak derinliğine oranının fonksiyonu olarak değerlendirilmiştir. Bu nedenle her 30 cm'lik yıkama suyu uygulamasından sonra belirlenen EC değeri her bir toprak katmanı için ortalamaları hesaplanarak çizelge haline getirilmiş ve bulgular bölümünde sunulmuştur.

Ayrıca farklı  $DSY/Dt$  oranına (Y) karşı  $C/Co \times 100$  değerleri (X) hesaplanmıştır. Belirlenen bu iki değişken yardımıyla yıkama denklemi belirlenmiş ve iki değişken arasındaki logaritmik ilişki ilgili bölümde yine grafik halinde sunulmuştur.

## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Toprak tuzluluğun belirlenmesi

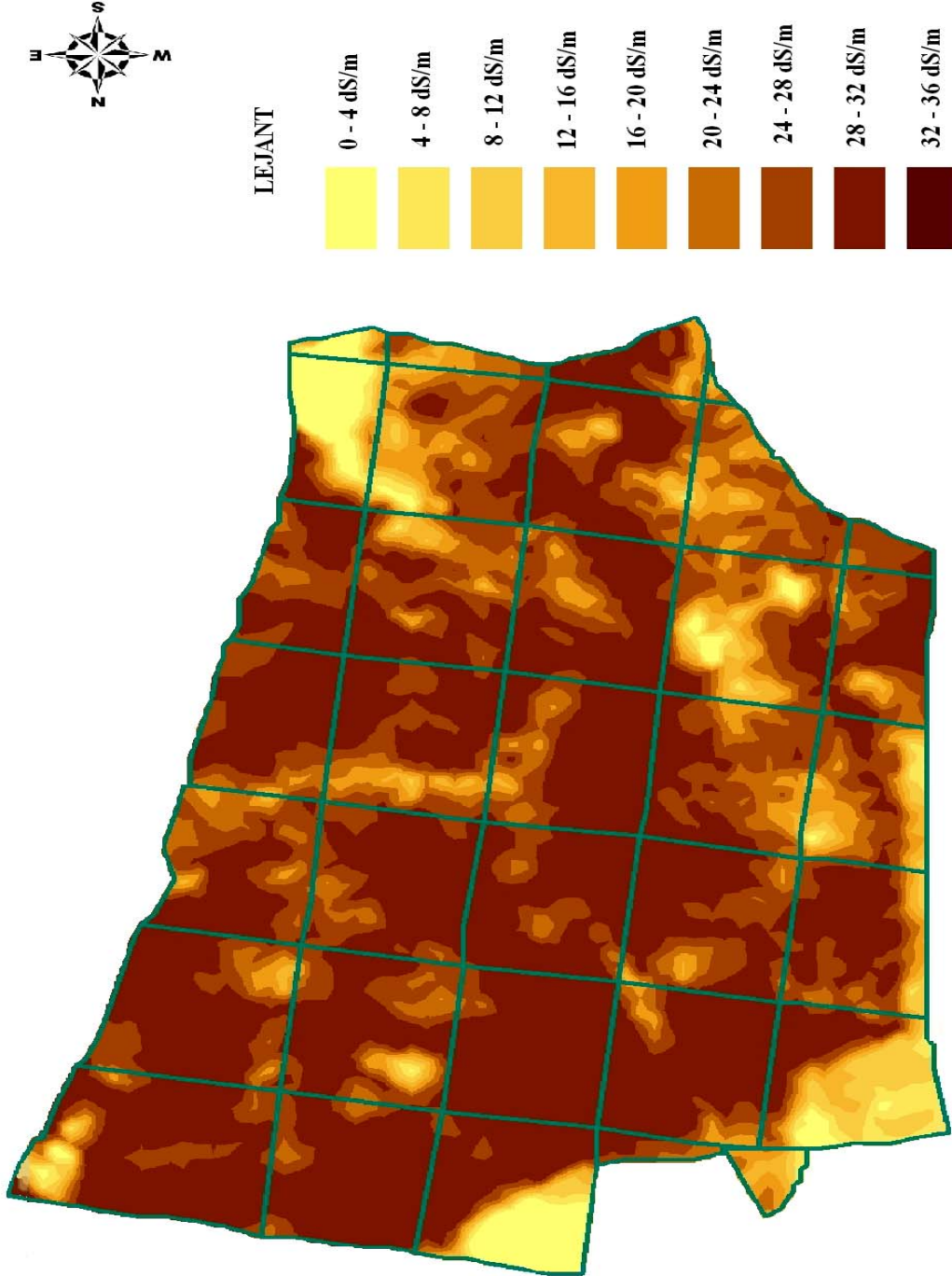
Çalışma alanı topraklarının hali hazırdaki tuzluluğunun noktasal değişiminin belirlenmesinde EM38 aletinden yararlanılmıştır.

Nogues *et al.* (2006) yaptıkları çalışmalarında EM38 toprak tuzluluğu fazlarının geçici toprak haritası birimleri üzerinden atama ve belirlenmesinde hızlı ve oldukça güvenilir bir metot sunmaktadır. Tek kalibrasyonlu EMI işlemi özellikle hızlı toprak araştırmaları için uygundur. Toprak tuzluluğu fazlarını atamak için geleneksel toprak araştırma metodu ile birlikte EMI kullanımı çoğu jeostatistik araştırmalarında kullanılan kriging ve enterpolasyondan daha iyi uyum göstermektedir. Geleneksel toprak araştırması kanaat örnekleme ile EM38 gibi modern araçlarla birleştirildiğinde daha gelişmiş karar verme sürecine götüreceği daha az maliyetli araçlar sunabilmektedir.

Araziden elde edilen ölçüm sonuçları gerçek elektriksel iletkenlik değerlerine dönüştürülmek için her toprak serisinde 12 farklı noktadan 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerden örnekleme yapılmıştır. Alınan örneklere laboratuvarında tuzluluk analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar EM38 okumaları ile birlikte koordine edilerek EM38 okumalarının kalibrasyonu sağlanmıştır. Elde edilen kalibre değerler alanın tuzluluk haritasının hazırlanmasında kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda oluşturulan harita Şekil 4.1’de sunulmuştur.

Harita incelendiğinde arazinin batı-doğu ve kuzey-doğu doğrultusuna tuzluluğun yükseldiği görülmektedir. Alan oldukça yüksek tuzluluk değerleri gösterirken bazı bölgelerde değerler kısmen düşük belirlenmiştir. Örneğin arazinin güney doğu ve kuzey batı doğrultularında en uç bölgelerinde ve bazı iç bölgeler diğer bölgelere nazaran daha düşük elektriksel iletkenlik değerleri göstermiştir. Bunun nedeni bölgesel yükseklik

farından ileri gelmektedir. Bu bölgeler çevrelerine göre kısmen yüksek durumdadır. Buda bu bölgelerde tuzun daha düşük değerde olmasını sağlamıştır.



Şekil 4.1 Çalışma alanı topraklarının tuzluluk haritası

Toprak örneği almak zaman alıcı ve pahalı bir iştir. Bu nedenle örnekleme miktarının minimize edilmesi gerekir ve bu amaç için özel istatistiksel örnekleme prosedürleri geliştirilmiştir. Jeoreferanslı EMI ölçümlerini ECE, nem içeriği ve tekstürle birlikte kalibre etmek için genellikle ESAP gibi yazılımlar kullanılmakta ve bunlardan yararlanarak jeoreferanslı tuzluluk haritaları oluşturulmaktadır. Bu işlem geniş arazilerde düşük maliyetli ve etkin bir hassas tarım süreci oluşturabilmektedir. Bu sayede tekil idare stratejisi altında 2-30 ha bir alanda 1 günde etüt yapılabilir ve aynı zamanda da 12 adet örnekle de kalibre edilebilir. Mekanize tuzluluk haritalama ekipmanı geniş alanlarda hızlı ve zaman tasarrufu sağlayan bir ölçüme olanak tanır. Fakat bu işlem Avrupa'nın küçük alanlarında ve farklı biçimlerde idare edilen ve genellikle 1 ha'lık arazi boyutlarına sahip diğer bir takım gelişmekte olan ülkelerde pek de pratik olamamaktadır. Bu karakteristiklere sahip sulanan alanların çoğunda detaylı arazi-özgün bilgilerden ziyade düşük maliyetli bölgesel bilgilere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sayede baskın süreçler ve bölgesel tuzluluk yapıları belirlenebilir ve stratejik bölgesel kararlar geliştirilebilir (Nogues *et al.* 2006).

#### **4.2 Yıkamaların toprak pH'sı üzerine olan etkileri**

Yıkama süresince her toprak serisinden ve deneme konusundan alınan toprak örneklerinin saturasyon süzüğünde pH ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.1 ve Şekil 4.2, 4.3, 4.4, 4.5'den de görüleceği üzere 1 ve 2 nolu toprak serilerinin pH değerleri diğer iki seriye göre daha yüksek seyretmiştir. Konu açısından değerlendirildiğinde ise tanık, jipse ve kükürt konularında en düşük pH değeri 7.7 olarak gerçekleşirken, sülfürik asit konusunda bu değer 7.1'e kadar düşmüştür. Ortalama değişim tanık, jips ve kükürt konularında 8'in üzerinde dalgalanma gösterirken, sülfürik asit konusunda bu değişim 8'in altında belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Toprak pH'sının uygulanan yıkama suyu ile değişimi

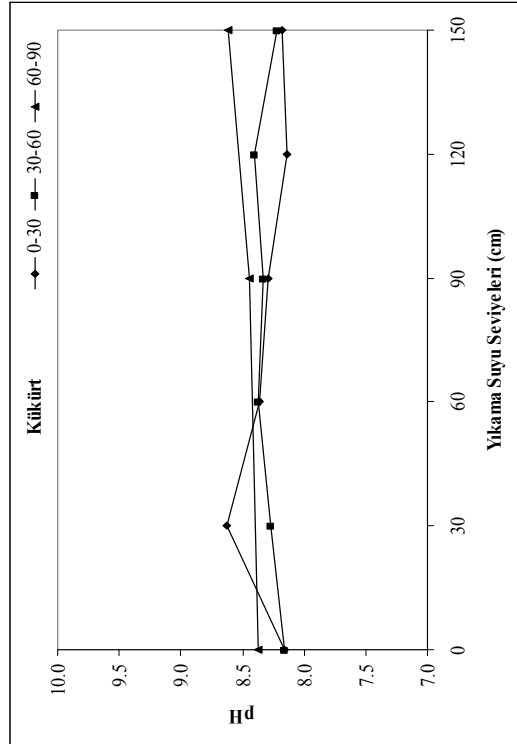
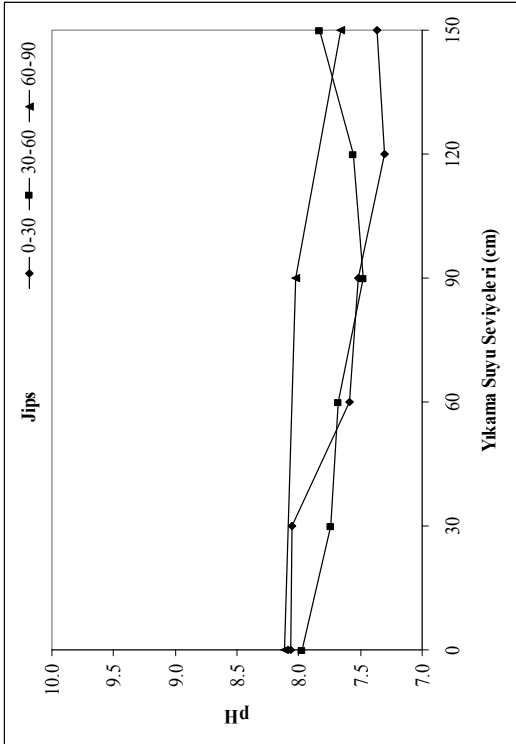
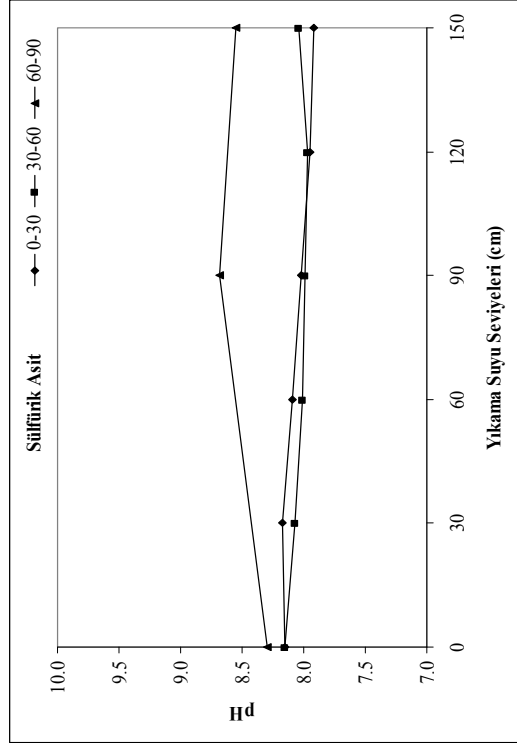
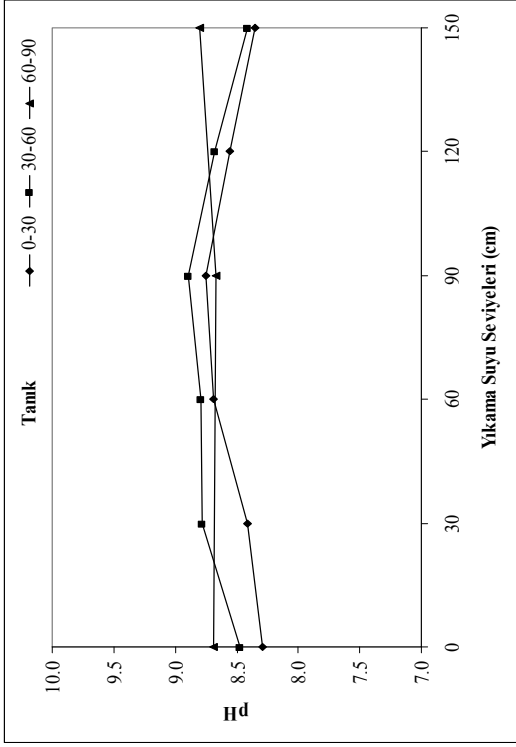
Seri	Konu	Toprak Derinliği(cm)	Yıkama Suyu Miktarı (cm)					
			0	30	60	90	120	150
1	Tanık	0-30	8.3	8.4	8.7	8.8	8.6	8.4
		30-60	8.5	8.8	8.8	8.9	8.7	8.4
		60-90	8.7	-	-	8.7	-	8.8
	Sülfürik Asit	0-30	8.2	8.2	8.1	8.0	8.0	7.9
		30-60	8.2	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0
		60-90	8.3	-	-	8.7	-	8.6
	Kükürt	0-30	8.2	8.6	8.4	8.3	8.1	8.2
		30-60	8.2	8.3	8.4	8.3	8.4	8.2
		60-90	8.4	-	-	8.4	-	8.6
	Jips	0-30	8.1	8.1	7.6	7.5	7.3	7.4
		30-60	8.0	7.7	7.7	7.5	7.6	7.8
		60-90	8.1	-	-	8.0	-	7.7
2	Tanık	0-30	7.8	8.2	8.2	8.0	8.2	8.2
		30-60	7.8	8.0	8.1	7.9	8.2	8.0
		60-90	8.1	-	-	8.2	-	8.2
	Sülfürik Asit	0-30	8.2	8.1	8.1	8.1	8.2	8.1
		30-60	8.3	8.1	8.2	7.9	8.1	8.1
		60-90	8.1	-	-	8.1	-	8.1
	Kükürt	0-30	8.2	8.3	8.2	8.5	8.3	8.5
		30-60	8.2	8.3	8.2	8.4	8.4	8.4
		60-90	8.2	-	-	8.5	-	8.4
	Jips	0-30	8.4	8.2	8.2	8.2	8.3	8.1
		30-60	8.4	8.1	8.2	8.2	8.2	8.2
		60-90	8.5	-	-	8.2	-	8.2
3	Tanık	0-30	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0
		30-60	8.1	8.0	8.0	7.9	7.9	8.3
		60-90	7.9	-	-	8.0	-	8.1
	Sülfürik Asit	0-30	7.6	7.7	7.7	7.5	7.3	7.2
		30-60	7.7	7.4	7.3	7.2	7.2	7.1
		60-90	7.5	-	-	7.6	-	7.9
	Kükürt	0-30	7.9	8.2	7.9	7.8	7.9	8.1
		30-60	7.8	7.7	8.0	8.0	8.1	7.9
		60-90	8.0	-	-	7.8	-	7.7
	Jips	0-30	8.1	8.2	8.2	8.2	8.1	8.1
		30-60	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	7.9
		60-90	7.8	-	-	8.0	-	8.0

Çizelge 4.1 Toprak pH'sının uygulanan yıkama suyu ile değişimi (devamı)

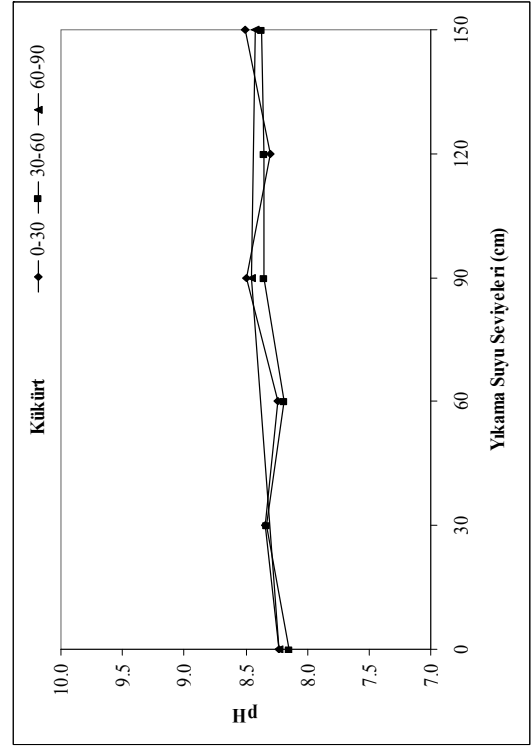
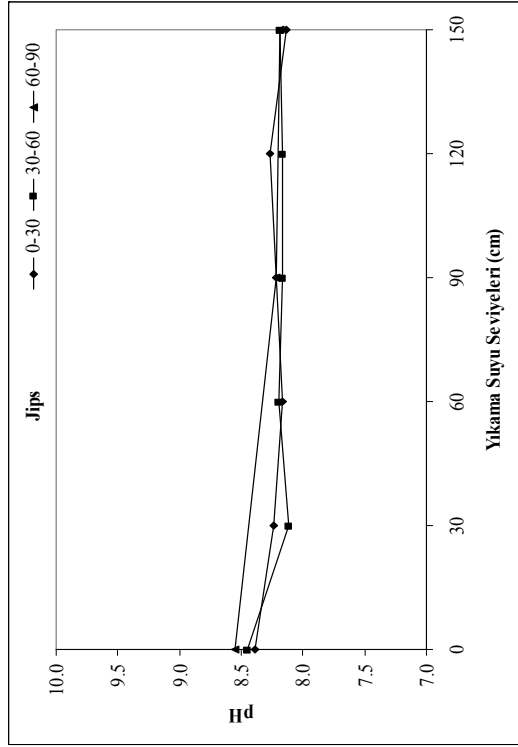
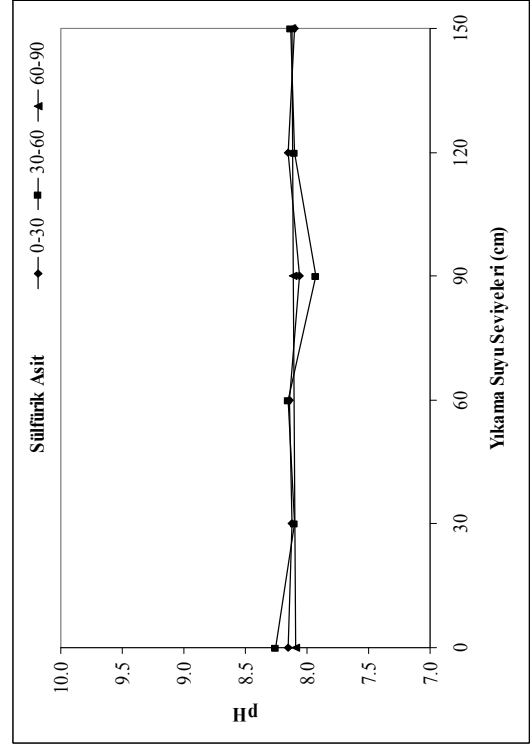
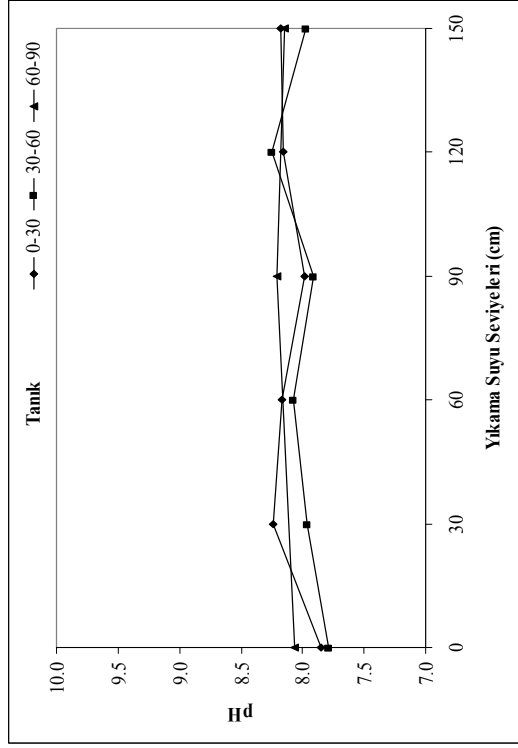
Seri	Konu	Toprak Derinliği(cm)	Yıkama Suyu Miktarı (cm)					
			0	30	60	90	120	150
4	Tanık	0-30	7.9	8.0	8.2	8.3	8.0	7.9
		30-60	7.9	8.0	7.9	7.9	8.0	7.9
		60-90	7.7	-	-	8.0	-	7.7
	Sülfürik Asit	0-30	8.1	7.6	7.7	7.6	7.7	7.6
		30-60	7.7	7.7	7.6	7.7	7.6	7.5
		60-90	7.4	-	-	7.7	-	7.7
	Kükürt	0-30	8.0	7.7	7.9	8.1	7.9	8.0
		30-60	8.0	7.9	8.0	7.9	7.9	7.9
		60-90	8.0	-	-	7.9	-	7.9
	Jips	0-30	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.5
		30-60	8.3	8.4	8.3	8.4	8.4	8.4
		60-90	8.2	-	-	8.4	-	8.4

Yapılan pH ölçümleri genel olarak değerlendirildiğinde; sülfürik asit uygulamasının dışındaki diğer üç konuda, 0-30 ve 30-60 cm toprak katmanlarındaki pH değerlerinde az miktarda düşme belirlenmiştir. Buna karşılık 60-90 cm toprak katmanında da hafif bir artış saptanmıştır. Bu durum, 0-60 cm'lik üst katmandan tuzların yıkanarak bu katmanda toplanması ve buna paralel olarak da pH değerinin bu katmanda yükselmesinin neden olduğu şeklinde yorumlanmıştır.

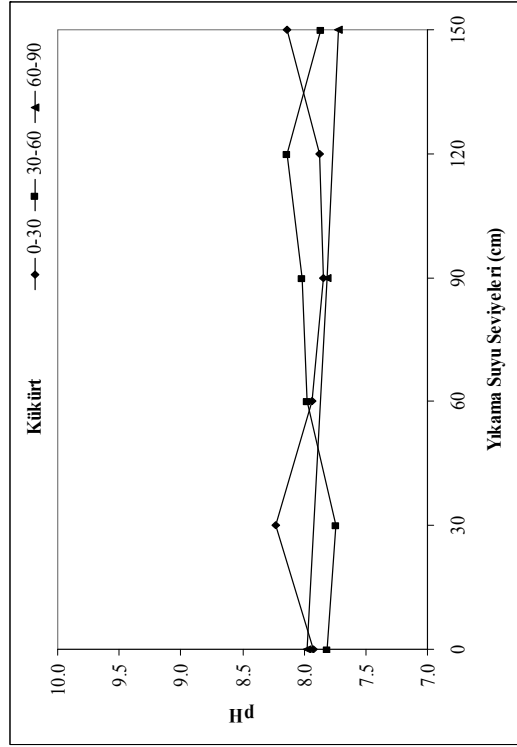
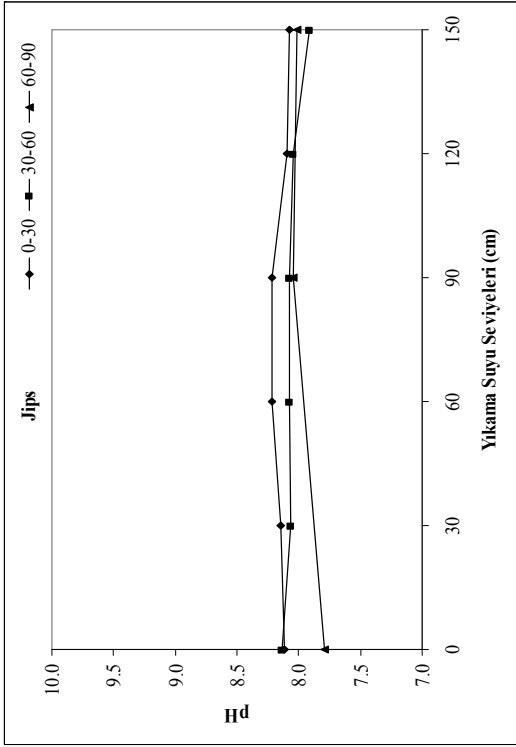
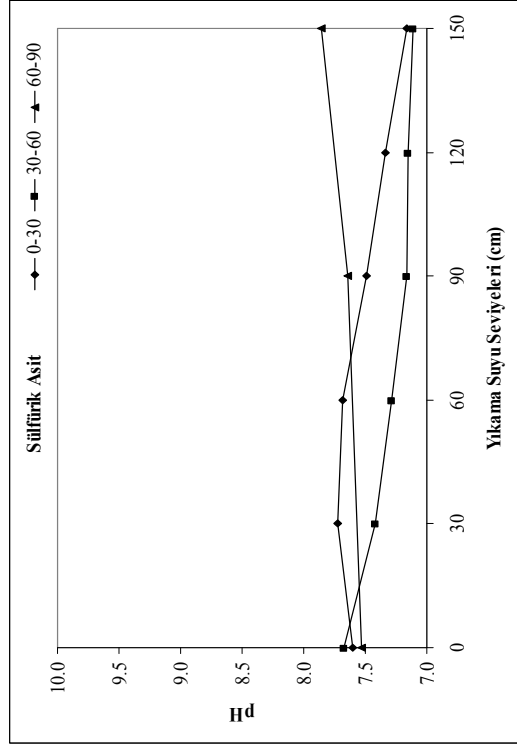
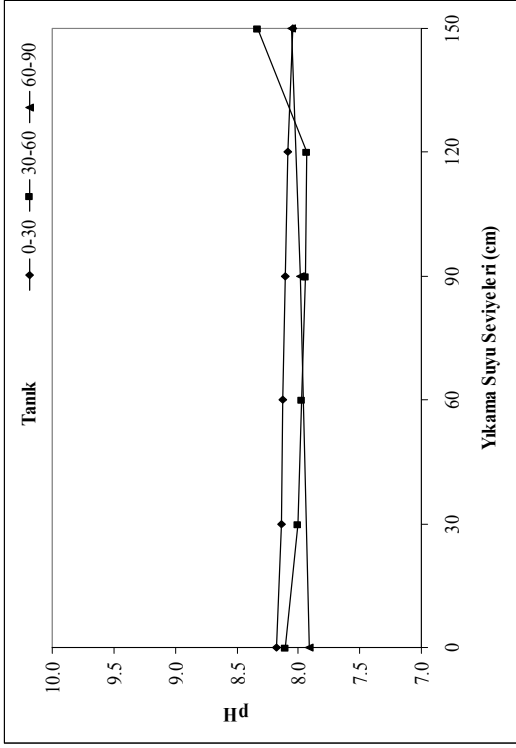
Yapılan ıslah sonunda da sülfürik asit konusu dışında kalan tanık, jips ve kükürt konularında pH değerinin düşmemesinin en önemli nedeni toprakların çok fazla alkali karbonat içermelerindedir. Gerek jips gerekse kükürt konuları çözünürlüklerinin düşük olması nedeniyle istenilen şekilde reaksiyon girememiş ve toprağın pH değerini düşürememiştir. Toprağa doğrudan sülfürik asidin verilmesi reaksiyonun hemen başlatmış ve toprak pH değerinin düşmesine neden olmuştur. Elde edilen sonuçlar Sönmez (1991)'in Ankara'nın 30 km batısındaki Mürted ovasındaki ve Beyazgül (1995)'ün Gediz havzasındaki Salihli ovasında yürütmüş oldukları çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir. Diğer bir ifadeyle söz konusu araştırmacılar da uyguladıkları yıkama suyu neticesinde pH değerinde benzer sonuçlarla karşılaşmışlardır.



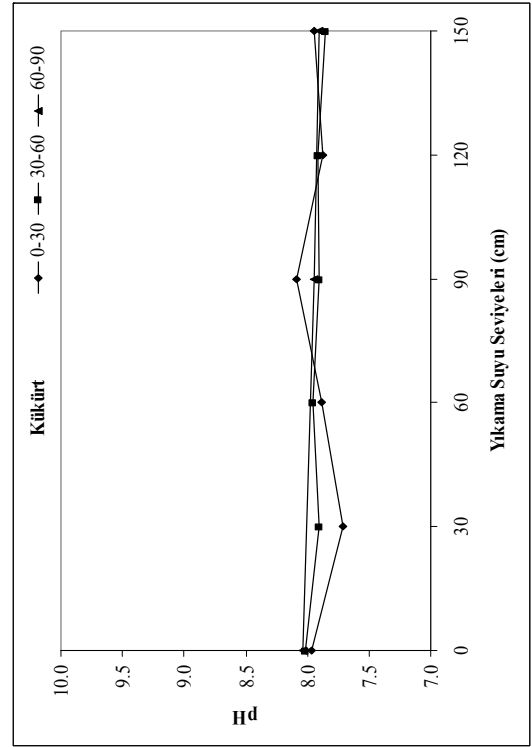
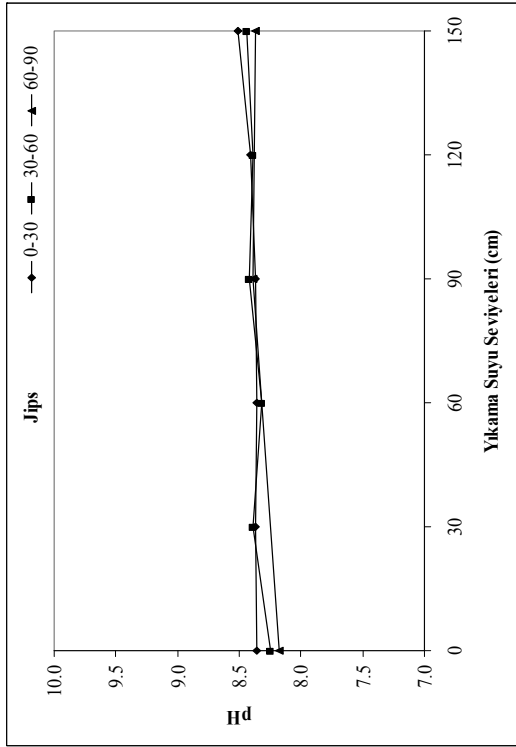
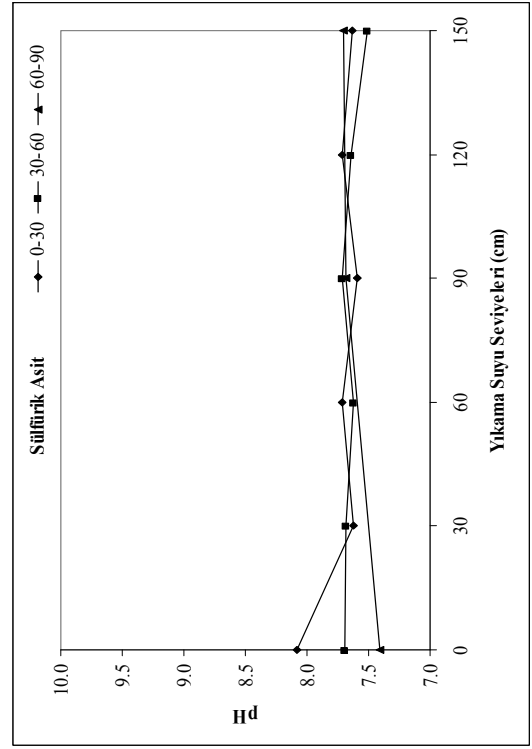
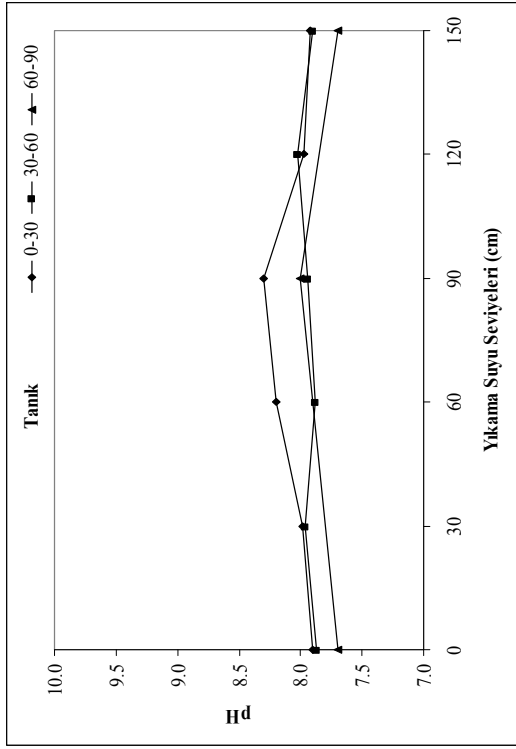
Şekil 4.2 Yıkama sırasında 1 nolu toprak serisinde belirlenen pH değişimi



Şekil 4.3 Yıkama sırasında 2 nolu toprak serisinde belirlenen pH değişimi



Şekil 4.4 Yıkama sırasında 3 nolu toprak serisinde belirlenen pH değişimi



Şekil 4.5 Yıkama sırasında 4 nolu toprak serisinde belirlenen pH değişimi

### 4.3 Sodyumluluk yönünden değerlendirme

Bilindiği üzere topraklardaki sodyum miktarının özellikle kalsiyum ve magnezyum miktarından fazla olması istenilen bir durum değildir. Topraktaki sodyum fazlalığının en önemli göstergesi DSY'dir. Çalışma sonucunda parsellerden elde edilen örneklerde yapılan analizlerin sonucundan yararlanılarak hesaplanan SAR ve DSY değerleri Çizelge 4.2 ve Şekil 4.6, 4.7, 4.8, 4.9'da her bir seri ve konu için ayrı ayrı gösterilmiştir.

Yapılan uygulamalar SAR açısından değerlendirilecek olursa, 30 cm'lik ilk katmanda tüm toprak serilerinde sülfürik asit uygulamasının yapıldığı parsellerin SAR değerlerinde en hızlı azalma gerçekleşirken, değer olarak da 1 civarına kadar düştüğü belirlenmiştir. Bu uygulamayı kükürt ve jips konusu izlerken en düşük hız tanık konusunda saptanmıştır. Islah, seriler açısından değerlendirilecek olursa, seri 2 ve seri 4 diğer iki seri olan seri 1 ve seri 3'e göre daha hızlı ve daha etkin bir iyileşme göstermişlerdir. İkinci katman olan 30-60 cm'lik toprak derinliği ve üçüncü katman olan 60-90 cm'lik toprak derinliği de ilk katmana benzer durumlar belirlenmiştir. Hem ikinci katmanda hem de üçüncü katmanda planlanan iyileşme yalnız sülfürik asit uygulamasında belirlenmiştir. Islah planlamasında dikkate alınan 60 cm'lik toprak katmanı için her konuda istenilen iyileşmeye 150 cm yıkama suyundan sonra ulaşılrken, sülfürik asit uygulamasının yapıldığı konuda söz konusu iyileşmenin 90 cm'lik yıkama suyu ile sağlandığı belirlenmiştir. Elde olunan sonuçlar Sönmez (1991), Bahçeci (1984), Yılmaz (1980), Beyce (1977)'nin gerçekleştirmiş oldukları farklı bölge ve koşullardaki çalışmalarının sonuçlarıyla uyum göstermektedir.

Aynı şekilde DSY değerleri uygulamaların tamamında 30 cm'lik ilk katman da SAR değerleri ile benzerlik göstermektedir. Yine sülfürik asit uygulaması toprak serilerinin tamamında en hızlı iyileşmeyi sağlamıştır. DSY'nin düşürülmesi açısından ikinci sırada jips üçüncü sırada da kükürt konusu yer alırken tanık konu en düşük hız ve en az iyileşmeyi göstermiştir. Toprak serileri dikkate alındığında en hızlı iyileşmeyi SAR değerlerinde olduğu gibi seri 2 ve seri 4 konuları gösterirken seri 3 ve seri 1 konuları daha düşük hızda iyileşme göstermiştir.

Çizelge 4.2 Toprak SAR ve DSY değerlerinin uygulanan yıkama suyu ile değişimi

Seri	Konu	Toprak Derinliği (cm)	SAR						DSY					
			0	30	60	90	120	150	0	30	60	90	120	150
1	Tanık	0-30	48	14	9	8	7	4	47	18	14	10	8	6
		30-60	47	36	23	15	13	4	48	23	13	9	8	4
		60-90	49	-	-	34	-	12	49	-	-	31	-	19
	Sülfürik Asit	0-30	48	4	1	1	1	1	48	11	6	2	2	1
		30-60	48	16	7	4	3	2	48	27	14	7	6	3
		60-90	48	-	-	18	-	6	48	-	-	22	-	8
	Kükürt	0-30	48	7	5	5	4	4	48	26	18	13	12	7
		30-60	48	24	13	5	4	4	39	19	18	15	9	7
		60-90	48	-	-	13	-	10	43	-	-	32	-	25
	Jips	0-30	48	17	3	2	1	1	44	21	7	6	3	2
		30-60	45	20	6	5	5	3	48	22	15	13	11	10
		60-90	49	-	-	19	-	8	45	-	-	21	-	12
2	Tanık	0-30	69	3	3	3	2	1	41	6	4	2	3	2
		30-60	47	11	10	5	5	3	44	36	10	8	3	3
		60-90	47	-	-	32	-	6	42	-	-	32	-	14
	Sülfürik Asit	0-30	69	3	1	1	0	1	42	4	4	4	4	4
		30-60	46	10	3	2	1	1	43	6	5	4	4	4
		60-90	49	-	-	3	-	1	42	-	-	5	-	5
	Kükürt	0-30	68	5	4	2	1	1	41	16	9	5	2	2
		30-60	48	19	8	4	4	3	46	23	12	5	4	3
		60-90	46	-	-	19	-	14	46	-	-	22	-	9
	Jips	0-30	69	3	2	1	1	1	47	6	4	2	2	1
		30-60	46	19	11	3	2	1	47	13	8	5	4	2
		60-90	46	-	-	13	-	6	45	-	-	11	-	6
3	Tanık	0-30	47	17	7	5	4	3	43	23	11	9	8	7
		30-60	48	15	11	8	8	4	43	18	16	13	11	9
		60-90	45	-	-	15	-	9	43	-	-	20	-	9
	Sülfürik Asit	0-30	46	5	2	1	1	1	42	2	1	1	1	1
		30-60	47	15	14	3	3	1	42	22	10	8	6	1
		60-90	47	-	-	9	-	2	43	-	-	10	-	2
	Kükürt	0-30	49	7	4	3	3	3	43	12	10	6	3	2
		30-60	49	24	15	10	8	7	44	22	15	12	10	7
		60-90	45	-	-	26	-	16	44	-	-	22	-	8
	Jips	0-30	49	3	3	1	1	1	43	5	3	2	2	1
		30-60	48	18	7	3	1	1	43	15	10	8	5	2
		60-90	46	-	-	7	-	4	44	-	-	27	-	11

Çizelge 4.2 Toprak SAR ve DSY değerlerinin uygulanan yıkama suyu ile değişimi (devamı)

Seri	Konu	Toprak Derinliği (cm)	SAR						DSY					
			0	30	60	90	120	150	0	30	60	90	120	150
4	Tanık	0-30	51	1	1	1	1	1	31	4	2	2	2	2
		30-60	49	12	7	4	3	2	33	12	10	7	5	4
		60-90	47	-	-	13	-	5	33	-	-	26	-	16
	Sülfürik Asit	0-30	53	2	1	1	1	1	31	2	2	2	2	2
		30-60	48	14	7	3	3	1	33	15	8	3	2	2
		60-90	46	-	-	13	-	2	31	-	-	3	-	1
	Kükürt	0-30	52	1	1	1	1	1	31	9	2	2	1	1
		30-60	48	9	5	3	3	2	31	5	4	3	3	2
		60-90	46	-	-	3	-	1	33	-	-	2	-	1
	Jips	0-30	52	3	1	1	1	1	32	11	2	2	2	2
		30-60	47	7	7	2	1	1	32	15	9	3	3	1
		60-90	46	-	-	10	-	5	32	-	-	16	-	9

İslahta dikkate alınan 60 cm'lik derinlik göz önüne alındığında tüm konu ve serilerde DSY değerleri, planlanan DSY olan 10'un altına düşürüldüğü belirlenmiştir. Benzer sonuçlar; Sönmez (1991), Bahçeci (1984), Yılmaz (1980), ve Beyce (1977)'nin çalışmalarında dile getirilmektedir. Üçüncü katman incelendiğinde yalnızca sülfürik asit konusunun tüm serilerde DSY'yi 10 değerinin altına düşürdüğü belirlenmiştir. Toprağın ilk 60 cm'nin ıslahı için yapılan çalışmanın toprağın 90 cm'lik bölümü için de yeterli olduğu saptanmıştır. Buradan da anlaşılacağı üzere sülfürik asit ıslah materyali olarak kullanıldığında diğer ıslah materyalleri olan jips ve kükürt'e göre çok daha başarılı bir ıslahı daha kısa sürede gerçekleştirebilmektedir.

Genel olarak hem DSY'si hem de SAR değerleri değerlendirildiğinde ıslah için dikkate alınana 60 cm'lik toprak katmanı için tüm konularda değerlerin bir iki civarında olduğu belirlenmiştir. 90 cm toprak profili dikkate alındığında Seri 1'deki tanık, jips ve kükürt konusunun yanında Seri 2'de tanık konusu, Seri 3'de jips konusu ve Seri 4'deki tanık konusunda DSY değerleri 10'un üzerinde gerçekleşmiştir.

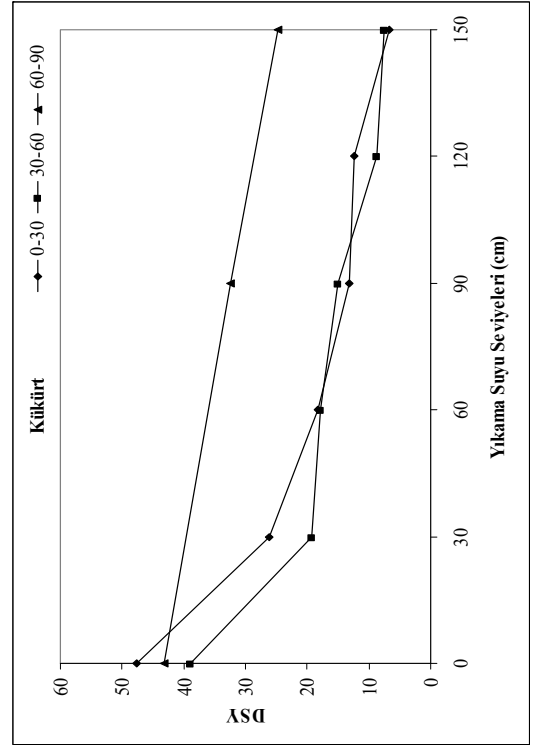
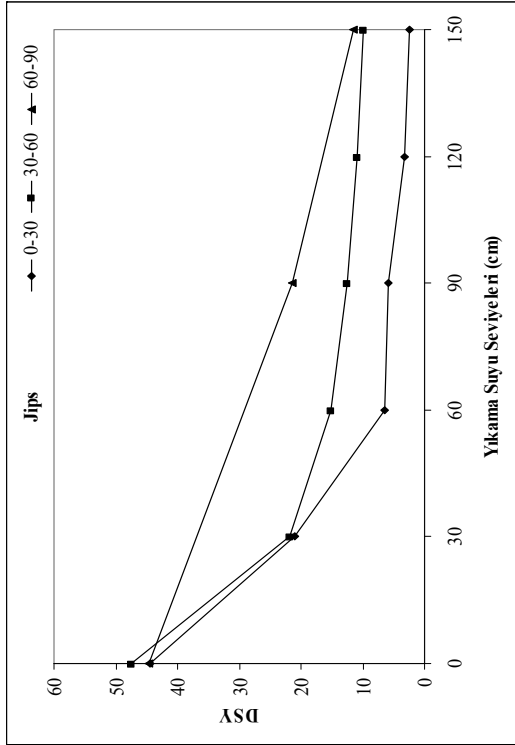
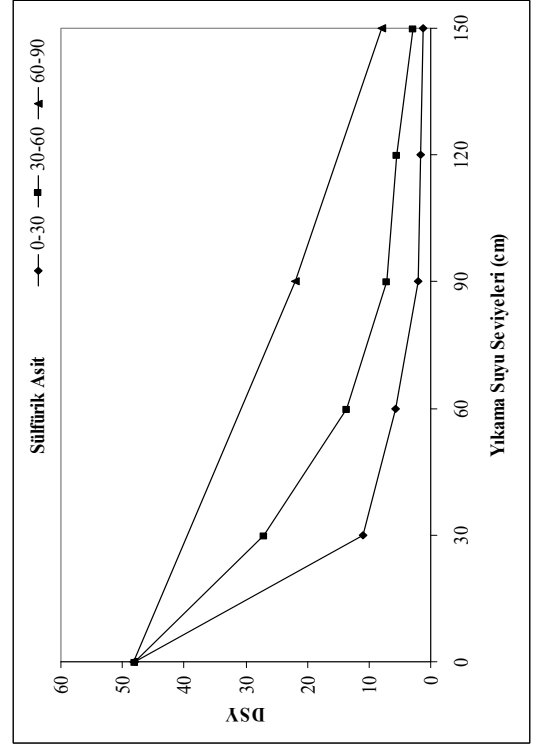
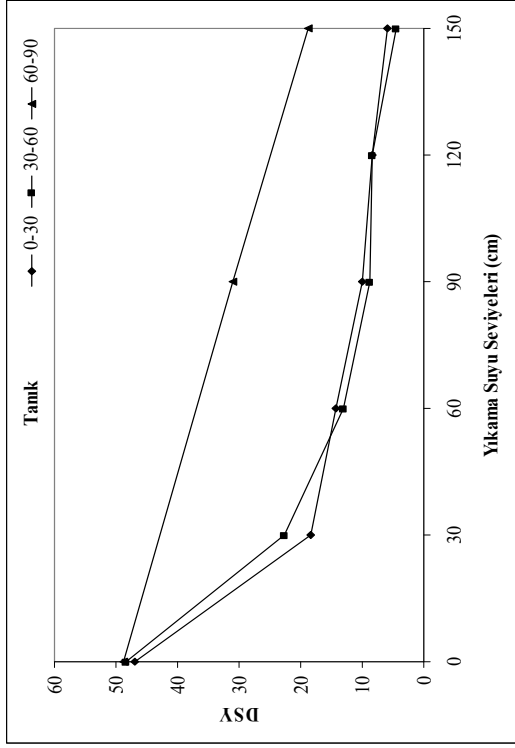
Toprak fiziksel özelliklerindeki bu olumlu değişimin derecesini, topraktaki baskın kil minerali çeşidi ve toprak tekstürü belirlemektedir. Kaolinit grubu (1:1 tipi) killerin yaygın olduğu topraklarda sodyumun dispers edici etkisi, montmorillonit grubu (2:1 tipi) killerin baskın olduğu topraklara göre daha düşük seviyededir. Tekstür özellikleri bakımından ise ince bünyeli topraklar kaba bünyeli topraklara göre daha fazla dispers olma eğilimindedirler (Yakupoğlu ve Özdemir, 2007).

Toprakta dispersiyona neden olan  $Na^+$  iyonu ile flokülasyona neden olan tuzların karşılıklı ilişki derecesi “kabarma faktörü” olarak tanımlanmaktadır. Kabarma faktörü, toprak matriksi içersinde su tutulurken toprağın genişleme derecesinin ölçüsüdür. Tutulan suyun miktarı direkt olarak hem DSY hem de EC değerlerine etki etmektedir (McNeal, 1968). Bu konuda yürütölen bir araştırmanın sonuçları dispersiyon olayına etki eden etmenlerin başında toprağın sodyum, kalsiyum, magnezyum içeriği ve DSY değeri gelmektedir. Toprağın artan DSY değeri dispersiyonu artırarak, kabuk tabakası oluşumunu teşvik etmektedir. Kalsiyum ve magnezyum kabuk tabakasının şekillenmesinde önemli bir role sahiptir. Toprak veya sulama suyunun kalsiyum içeriğinin arttığı durumda sodyumun dispers edici etkisi azalmaktadır. Toprak-su sisteminin EC değerinin azalması killerin şişmesine ve gözenek büyüklüğünün azalmasına neden olmaktadır (Bresson and Boiffin, 1990).

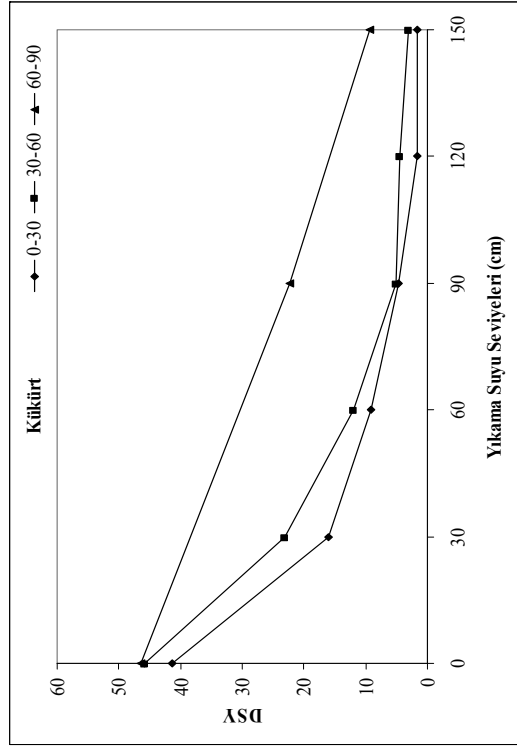
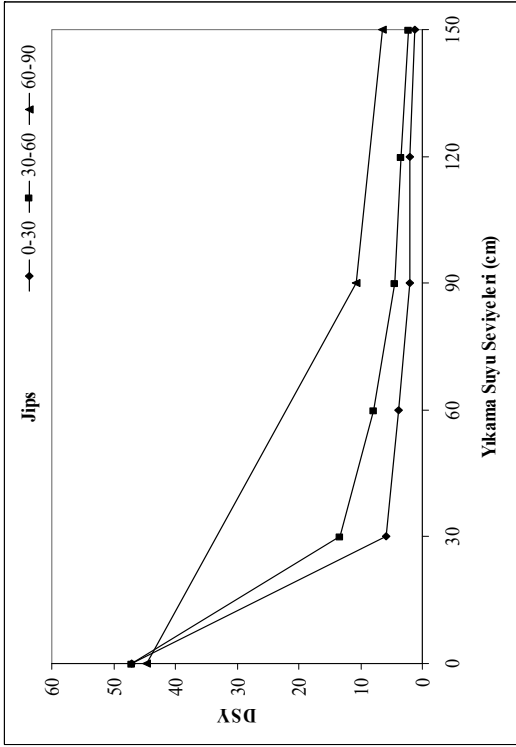
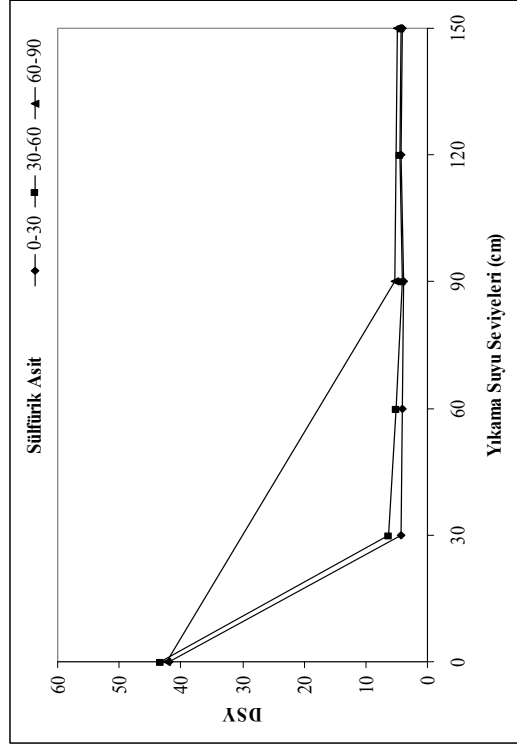
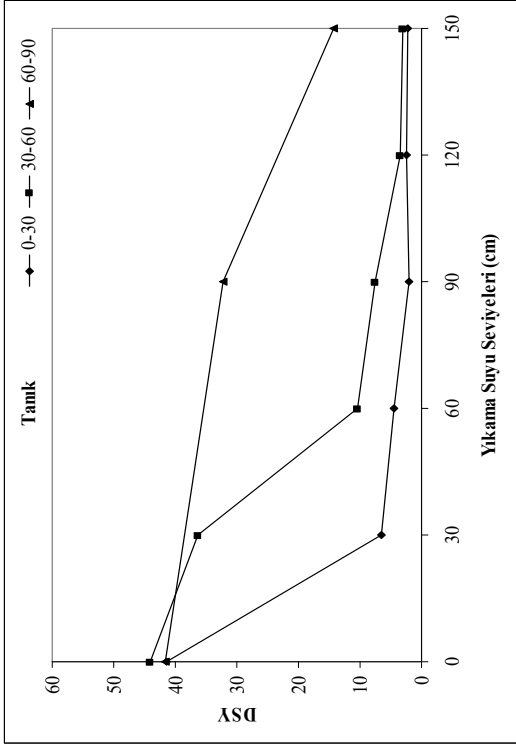
Su içersinde bulunan bileşikler topraktaki organik ve inorganik komplekslerle fiziksel ve kimyasal tepkimeye girerler. Bunun sonunda istenen veya istenmeyen bazı toprak özellikleri ortaya çıkar. Örneğin suda kalsiyumun olması, toprağın hava su geçirgenliğini artırırken, sodyumun olması bunun tersi bir durum ortaya çıkarır. Toprakta adsorbe edilen katyon dağılımı toprak suyu ile denge halindedir. Sulama ve gübreleme ile toprakta tutulan iyonların dağılımı değişir. Kalsiyum, magnezyum ve alüminyum gibi iki ve üç değerli katyonlar, sodyum ve potasyum gibi bir değerli katyonlara kıyasla kil zerreleri yüzeyinde daha kuvvetle tutulurlar. Bu nedenle bu katyonlar kil zerrelere daha büyük ve stabil agregatlar halinde bir araya toplanmasını ve dolayısıyla daha iyi yapıdaki tarım topraklarının meydana gelmesini sağlarlar. Böylece ortama kalsiyumun hakim olması sonucu, granüle bir yapı oluşur. Toprak

kolayca işlenen, geçirgen bir özellik kazanır. Düşük tuz konsantrasyonuna sahip topraklarda aralarında sodyumun da yer aldığı değişebilir katyonların hakim duruma geçmesi toprak yapısının bozulmasına neden olur. Sodyumsuz durumda su kolaylıkla infiltre olurken, sodyumlu durumda bu mümkün olmaz ve su toprak üzerinde birikir. Toprakta adsorbe edilen sodyum (SAR) değeri %10-15'i geçtiğinde, kil kompleksleri disperse hale geçer, geçirgenlik azalır, toprak işleme güçleşir, çimlenme zayıflar. Dolayısıyla bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenir. Toprakta birikmesi olası Değişebilir Sodyum Yüzdesi (DSY) miktarı SAR değeri kullanılarak hesaplanabilir (Kanber vd. 1992).

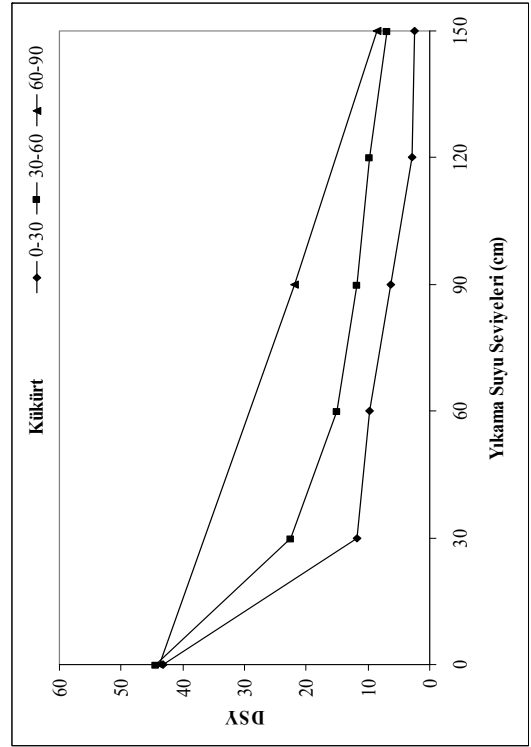
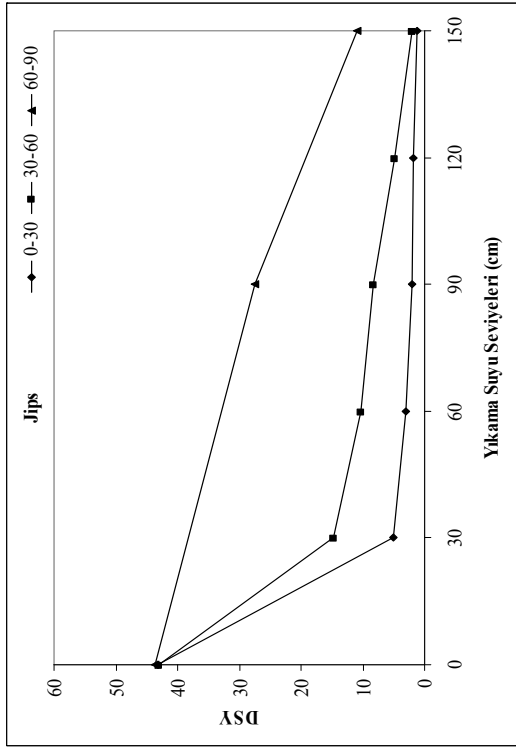
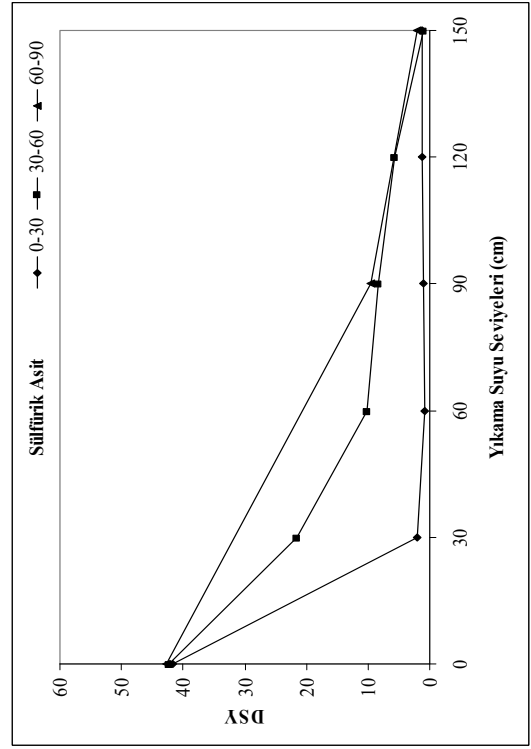
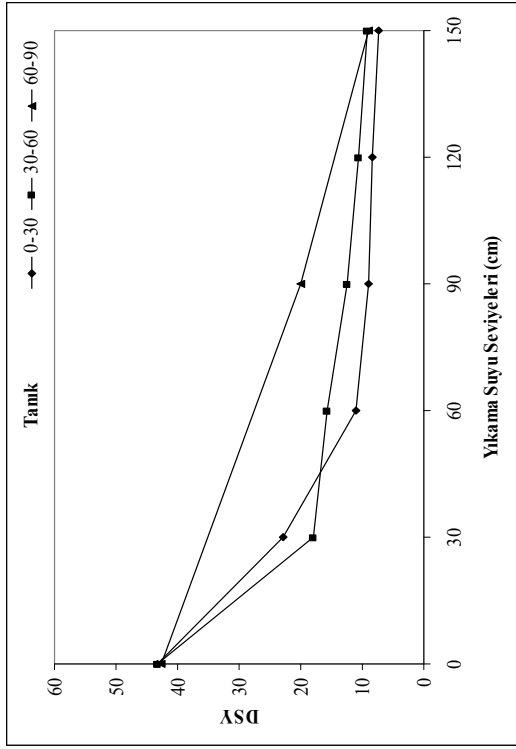
Buharlaştırma sonucu toprak nem içeriğinde meydana gelen kayıpları azaltmak için yapılan malçlama işlemi, toprağın tuzlulaştırma eğilimini azaltmaya yönelik bir uygulamadır (Bressler *et al.* 1986). Topraktaki çözünebilir tuz derişiminin yüzeyde yüksek olmasının beklendiği yerlerde, tuzlu su kullanıldığında malçlama tuzların yıkanabilirliğine yardım eder ve DSY'yi azaltır. Böylece, tuza dayanıklı bitkilerin yetiştirilmesine olanak sağlar. Taban suyu yüzeyden 90, 120 ve 180 cm derinliklerde olduğunda buharlaştırma hızı, ince kumlu-tıntı kuru bir toprak yüzeyinde sırasıyla yaklaşık 8,3 ve 1 mm/gün olabildiği belirlenmiştir. Bu nedenle uygulanması mümkün olan zamanlarda, çözünebilir tuzların yukarıya doğru akısını azaltmak için malçlama yapılmasının teşvik edilmesi gerektiği belirlenmiştir (Rhoades *et al.* 1992).



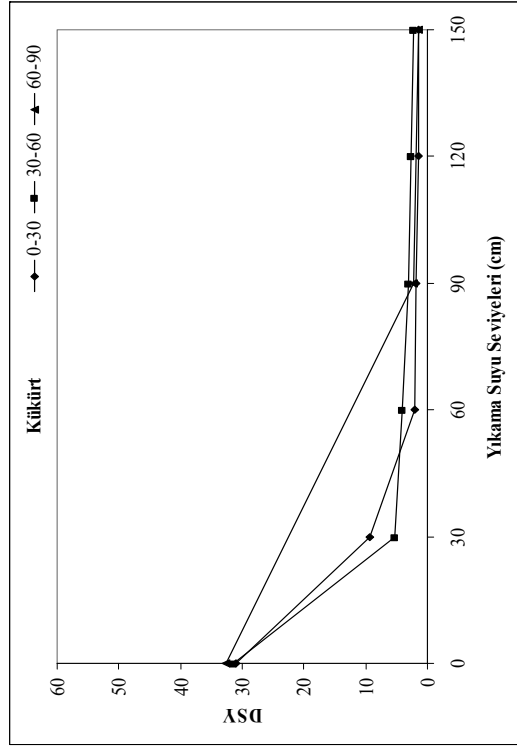
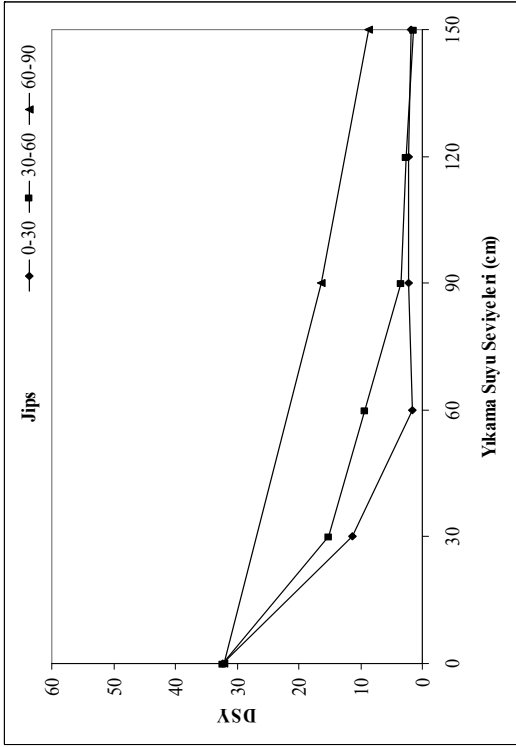
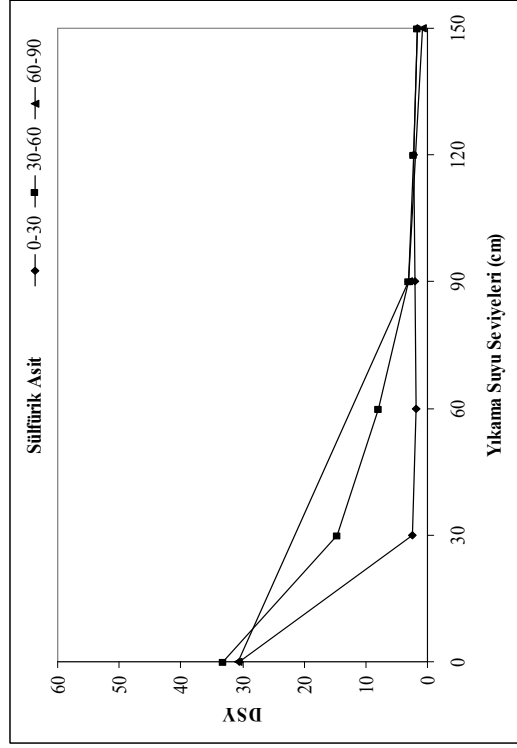
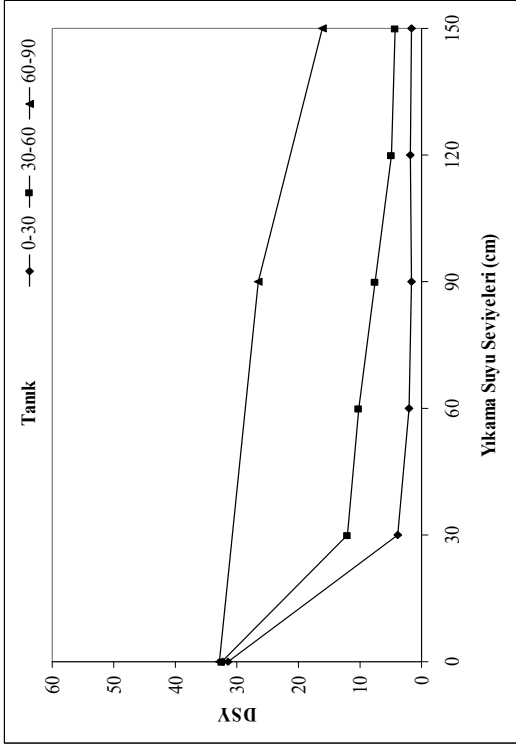
Şekil 4.6 Yıkama sırasında 1 nolu toprak serisinde belirlenen DSY değişimi



Şekil 4.7 Yıkama sırasında 2 nolu toprak serisinde belirlenen DSY değişimi



Şekil 4.8 Yıkama sırasında 3 nolu toprak serisinde belirlenen DSY değişimi



Şekil 4.9 Yıkama sırasında 4 nolu toprak serisinde belirlenen DSY değişimi

#### 4.4 Tuzluluk yönünden değerlendirilmesi

Örneklerin tuzluluk yönünden değerlendirilmesinde kalan tuz yüzdesi ve tuz yıkama eğrisinde yararlanılmıştır. Bu değerlerin hesaplanmasında kullanılan EC ve Bor değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucunda toprakta kalana tuz yüzdesi (Şekil 4.10, 4.11, 4.12, 4.13) ve tuz yıkama eğrileri (Şekil 4.14, 4.15, 4.16, 4.17) hazırlanmıştır. Konuya ilişkin grafikler incelendiğinde karşımıza çıkan tablo aşağıdaki gibidir.

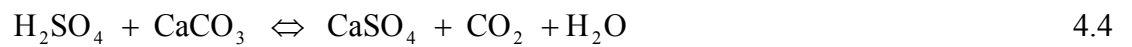
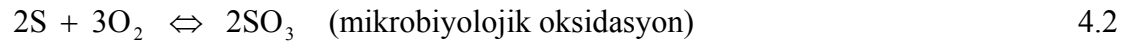
Çizelge 4.3'de verilen EC değerleri incelendiğinde en yüksek değerler 1 nolu seride 25.8 dS/m, 2 nolu seride 39.2 dS/m, 3 nolu seride 35.6 dS/m ve 40.7 dS/m olarak belirlenmiştir. Ölçülen bor değerleri bakımında en yüksek değer 1 nolu seride 39 ppm, 2 nolu seride 42.2 ppm, 3 nolu seride 33.7 ppm ve 38.8 ppm olarak ölçülmüştür.

Toprakta ıslahın gerçekleşmesi tamamıyla kimyasal reaksiyonlara bağlıdır. Uygulanan kimyasal maddeye bağlı olarak aşağıdaki kimyasal reaksiyonlar gerçekleşir.

Kimyasal ıslah maddesi olarak jipsin kullanılması durumunda toprakta oluşan reaksiyonlar;

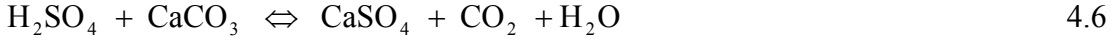


Kimyasal ıslah maddesi olarak kükürdün kullanılması durumunda toprakta oluşan reaksiyonlar;





Kimyasal ıslah maddesi olarak sülfürik asidin kullanılması durumunda toprakta oluşan reaksiyonlar;



Bu denklemlerdeki  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ve  $\text{CaCO}_3$  şu şekilde de yazılabilir;



Bu şartlarda da  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaSO}_4$  gibi değişebilir sodyum ile reaksiyona girebilecek durumda ve denklem 4.2'deki kükürt atomunun  $\text{H}_2\text{SO}_4$  haline okside olduğu zaman teorik olarak kalsiyumla 4 sodyum atomunun yer değiştirmesine sebep olur. Kelley (1951) tarla şartları altında, her bir kükürt atomunun aşağı yukarı 3 değişebilir sodyum iyonu ile yer değiştirdiğini bulmuştur. Sera şartlarında saksıda yürütülen çalışmada reaksiyon fazla miktarda ve  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  oluşmadan gerçekleştiği belirlenmiştir. Toprak neminin fazla, toprak sıcaklığının düşük olması ve bitkilerin karbondioksidin ifraz edilmesi, reaksiyonun bir sonucu olarak  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 'nin oluşmasını sağlar (Anonuyus, 1954).

Çizelge 4.3 Toprağın Elektriksel iletkenlik ve Bor değerlerinin uygulanan yıkama suyu ile değişimi

Seri	Konu	Toprak Derinliği (cm)	EC (dS/m)						Bor (ppm)					
			0	30	60	90	120	150	0	30	60	90	120	150
1	Tanık	0-30	23.8	2.7	1.6	1.2	1.2	1.2	25.6	15.6	11.1	10.2	7.2	6.4
		30-60	18.2	12.8	4.6	4.5	2.1	1.9	23.9	20.5	17.5	16.7	15.9	15.5
		60-90	18.4			3.9		2.4	38.7			34.7		21.9
	Sülfürik Asit	0-30	24.8	4.5	4.4	4.1	3.9	3.8	23.7	14.5	13.2	7.1	4.2	3.7
		30-60	19.9	13.3	7.5	5.7	5.5	3.5	31.7	31.9	28.5	18.1	17.5	10.5
		60-90	25.2			4.8		3.1	38.5			33.6		10.8
	Kükürt	0-30	17.6	2.5	2.3	2.4	2.2	1.3	25.5	13.9	13.9	12.3	10.2	9.4
		30-60	19.0	12.6	5.1	5.2	5.1	2.4	31.3	25.8	22.7	22.0	21.1	18.8
		60-90	24.0			2.4		2.2	39.0			26.0		22.1
	Jips	0-30	24.8	4.9	4.8	4.7	4.4	4.3	26.6	19.5	13.8	8.5	5.5	3.7
		30-60	23.7	11.7	6.1	5.4	5.3	4.2	31.1	28.2	24.0	17.8	17.3	16.2
		60-90	25.8			5.6		5.4	39.7			34.6		22.6
2	Tanık	0-30	39.2	2.1	1.5	1.5	1.4	1.2	24.6	21.5	20.2	19.8	17.0	15.6
		30-60	26.3	5.0	4.4	4.6	1.5	1.9	31.6	28.0	27.9	23.8	21.4	19.8
		60-90	23.3			13.5		3.4	42.2			37.6		34.0
	Sülfürik Asit	0-30	36.9	5.6	4.3	3.6	3.0	3.3	26.8	8.8	8.7	6.6	5.2	5.6
		30-60	32.5	7.1	5.5	4.6	3.5	3.1	25.1	15.6	14.6	12.4	7.0	6.4
		60-90	25.7			3.9		3.6	20.4			12.7		6.0
	Kükürt	0-30	35.8	4.6	3.5	1.5	1.4	1.1	20.2	12.5	8.4	6.9	4.8	5.5
		30-60	29.1	8.6	4.8	2.7	1.7	1.7	19.5	16.9	15.3	10.5	7.8	7.8
		60-90	23.0			3.3		2.8	20.1			17.6		15.3
	Jips	0-30	40.6	4.4	4.3	3.4	3.3	3.1	20.4	15.7	15.4	11.3	6.7	5.8
		30-60	31.4	10.4	6.8	3.8	3.5	3.4	23.2	18.6	17.5	15.5	13.4	9.8
		60-90	25.0			5.3		4.6	23.0			19.1		13.6
3	Tanık	0-30	31.4	6.0	1.8	1.4	2.0	2.3	23.1	17.7	14.1	11.0	10.8	9.0
		30-60	31.1	10.0	4.8	4.5	2.6	2.7	28.1	27.4	27.8	27.0	11.5	11.6
		60-90	26.6			9.0		6.6	28.5			25.5		19.5
	Sülfürik Asit	0-30	35.2	5.8	5.8	4.5	4.2	5.2	25.7	20.3	15.6	15.8	12.3	11.7
		30-60	35.6	6.2	6.1	4.2	2.8	2.8	33.7	31.4	27.0	19.6	18.2	16.9
		60-90	25.6			6.4		4.9	32.2			24.6		23.4
	Kükürt	0-30	34.4	6.7	4.1	4.1	4.1	2.0	33.7	24.8	21.3	19.5	16.6	14.6
		30-60	27.2	10.7	3.9	3.7	3.4	3.2	29.9	27.3	27.2	26.8	26.1	16.5
		60-90	28.4			12.5		8.4	31.9			22.5		16.6
	Jips	0-30	33.3	4.9	3.7	3.5	3.5	3.7	29.4	21.5	18.8	15.6	15.0	14.7
		30-60	29.3	10.6	3.6	3.7	3.4	3.7	29.6	19.0	17.6	12.5	11.8	11.0
		60-90	26.6			5.4		3.7	30.1			18.7		16.2

Çizelge 4.3 Toprağın Elektriksel iletkenlik ve Bor değerlerinin uygulanan yıkama suyu ile değişimi (devamı)

Seri	Konu	Toprak Derinliği (cm)	EC (dS/m)						Bor (ppm)					
			0	30	60	90	120	150	0	30	60	90	120	150
4	Tanık	0-30	39.0	4.2	3.5	3.3	3.3	3.3	37.5	32.8	21.2	19.4	16.5	13.2
		30-60	31.6	5.4	4.2	4.0	3.7	3.5	36.5	27.9	26.3	25.9	24.0	11.2
		60-90	26.6			6.0		3.6	27.3			20.3		14.0
	Sülfürik Asit	0-30	40.7	4.3	3.6	3.5	3.5	3.2	36.5	23.0	16.7	16.7	15.8	13.0
		30-60	30.6	9.2	5.5	4.9	4.4	3.5	36.5	32.6	29.3	23.8	23.1	17.6
		60-90	26.0			7.7		3.9	31.0			27.8		20.5
	Kükürt	0-30	35.4	4.4	2.2	2.3	2.3	2.2	37.3	20.3	11.3	10.3	7.5	6.9
		30-60	30.3	7.8	5.3	4.0	3.4	2.1	33.0	23.0	17.0	12.4	8.7	5.6
		60-90	26.0			3.8		3.4	29.0			18.2		9.5
	Jips	0-30	39.7	4.6	3.9	3.2	2.8	2.7	38.8	30.8	16.5	11.3	11.0	11.6
		30-60	30.1	6.6	6.2	4.0	3.3	3.7	34.4	19.6	16.6	15.7	11.4	12.4
		60-90	24.9			5.8		4.1	28.0			20.6		15.4

Toprağın ilk katmanı dikkate alındığında hemen hemen tüm konu ve serilerde benzer durum saptanmıştır. Yıkama suyunun ilk diliminin uygulanmasıyla birlikte toprak tuzluluğunda hızlı bir azalma belirlenmiştir. Buna neden olan etmen olarak, alanın eski göl tabanı olması söylenebilir. Bu sebepten dolayı çözünebilir tuz miktarı yüksek ve ilk yıkama suyu dilimiyle tekrar çözünerek alt katmanlara hareket ederek toprağın ilk 30 cm'lik katmanından yıkanmıştır. İkinci katman olan 30-60 cm'lik bölümde ise sülfürik asidin dışındaki konularda yıkama suyu miktarına bağlı olarak azalma yüksek hızda yıkama suyunun son dilimine kadar devam etmiştir. Ancak sülfürik asit konusunda bu hız 90 cm yıkama suyundan sonra diğer konulara göre daha düşük seyretmiştir. Bunun nedeni 90 cm'lik yıkama suyuyla birlikte toprakta beklenen iyileşmenin gerçekleşmiş olması ve elde edilen değerlerin daha da altına inilememesidir. Diğer bir değişle sülfürik asit dışındaki konularda 150 cm yıkama suyu uygulanarak elde edilen ıslah, sülfürik asitle birlikte uygulanacak 90 cm'lik yıkama suyu ile sağlanabilmektedir. Benzer durum 60-90 cm'lik toprak katmanı için de söylenebilir. Seri 3'deki kükürt konusunun dışındaki diğer tüm seri ve konularda bulunan katmanların tamamında toprakta kalan tuz, %20'nin altına inmiştir.

Tuz yıkama eğrileri incelendiğinde regrasyon katsayılarını kısmen düşük olduğu görülmektedir. Buna sebep olan etmen, topraktaki çözünebilir tuzların fazlalığıdır. Yıkama suyunun ilk diliminin uygulanmasıyla birlikte hızlı bir düşüş gerçekleşmiştir. Buna bağlı olarak da söz konusu değer düşük olarak belirlenmiştir.

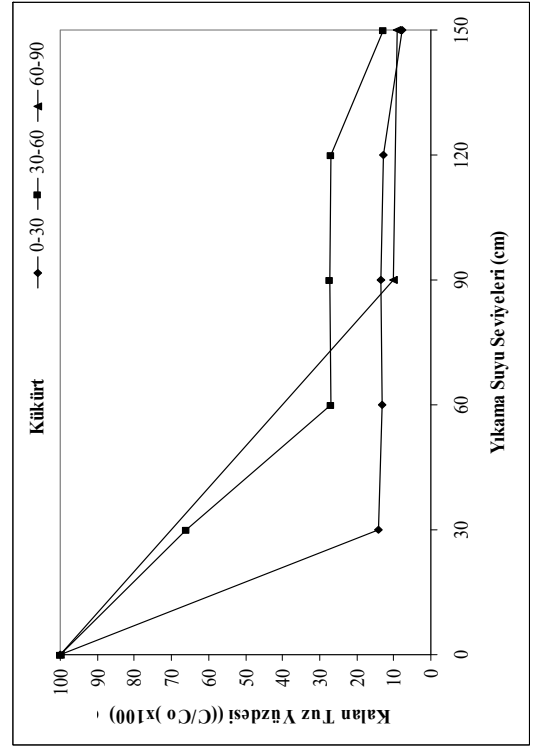
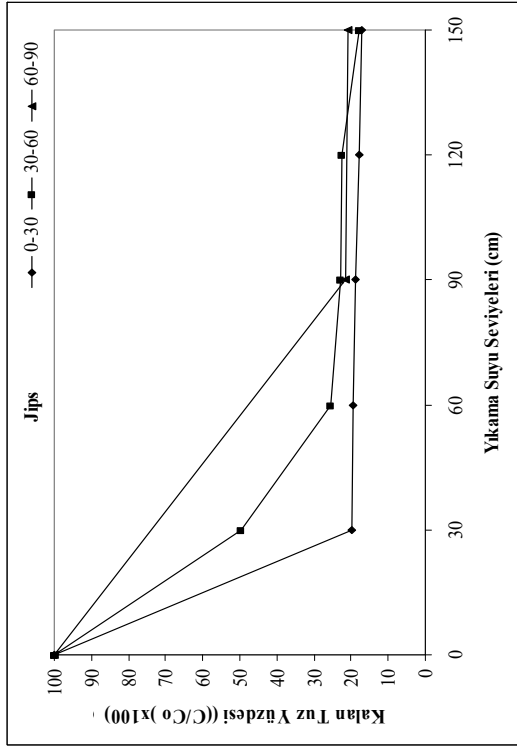
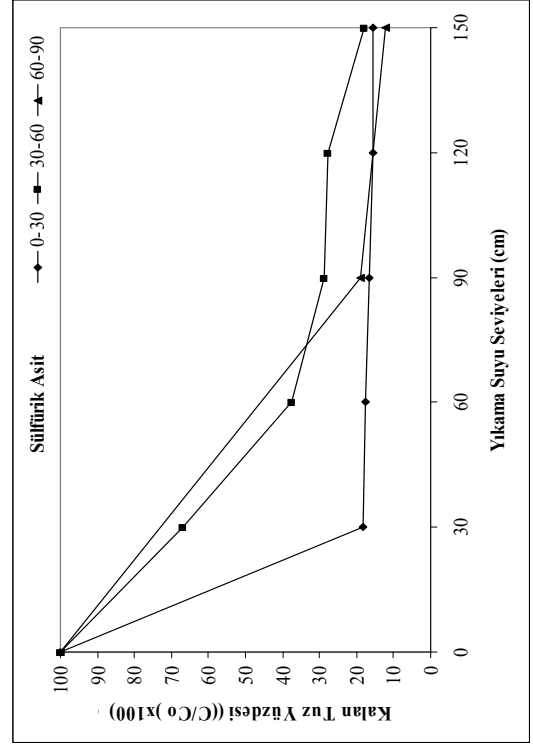
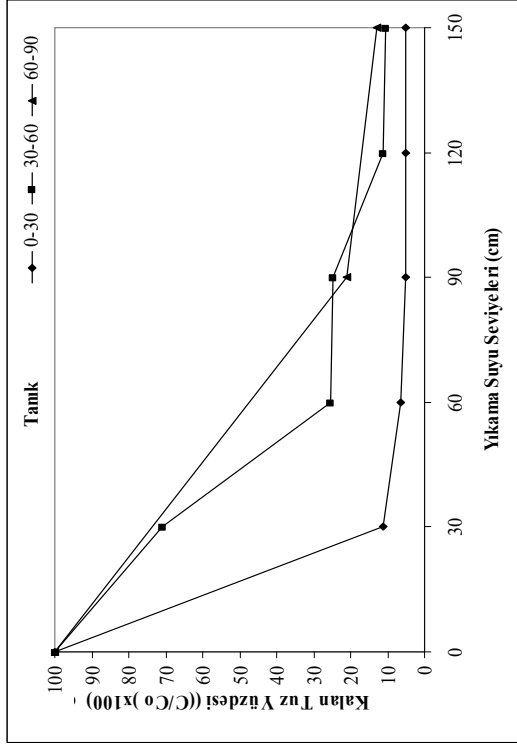
Bir çok araştırmacı tarafından da dile getirildiği üzere tuzluluk sorunu olan bölgelerde aynı zamanda Bor sorunuyla da karşılaşmaktadır. Bor'un topraktan uzaklaştırılması oldukça zor ve zaman alıcı bir süreç olmasının yanında aynı zamanda da pahalı bir işlemdir. Çalışmada uygulanan yıkama suyu miktarı bor yıkanmasında gerek toprakta kalan bor yüzdesi (Şekil 4.18, 4.19, 4.20, 4.21) gerekse bor yıkama eğrisinden de (Şekil 4.22, 4.23, 4.24, 4.25) görülebileceği gibi yeterli olmamıştır. Tanık konu dışında kalan konularda toprağın ilk katmanında bor değerinin 10 ppm'in altına indiği belirlenmiştir. Genel olarak değerlendirme yapıldığında yıkamanın bor açısından yetersiz olmasına karşılık, tüm konularda uygulanan yıkama suyuna bağlı olarak her üç toprak katmanında da arzu edilen seviyede olmasa da önemli oranda bor giderimi belirlenmiştir.

Tuzlu toprakların yıkanmasında kullanılan yıkama suyunun 3 katı kadar yıkama suyu ile topraktaki bor konsantrasyonunun emniyetli seviyeye düşürülebileceği (Reeve *et al.* 1955; Tanji *et al.* 1972; Beyce 1977; Ayyıldız 1983 ve Sönmez 1991) çeşitli kaynaklarca bildirilmektedir.

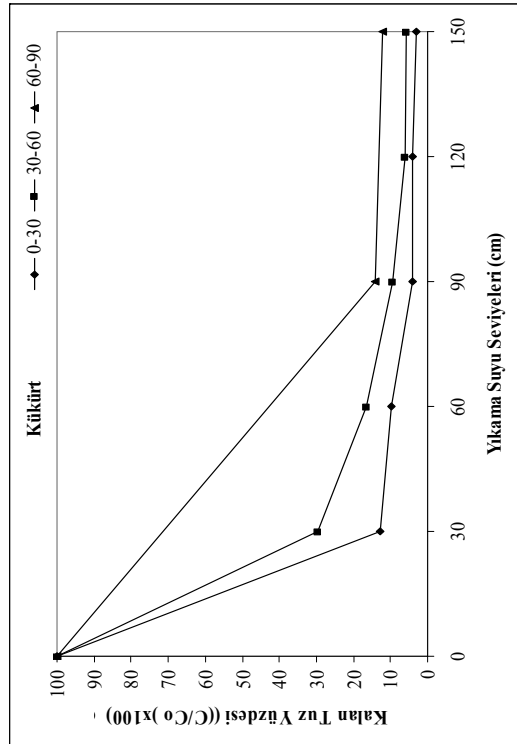
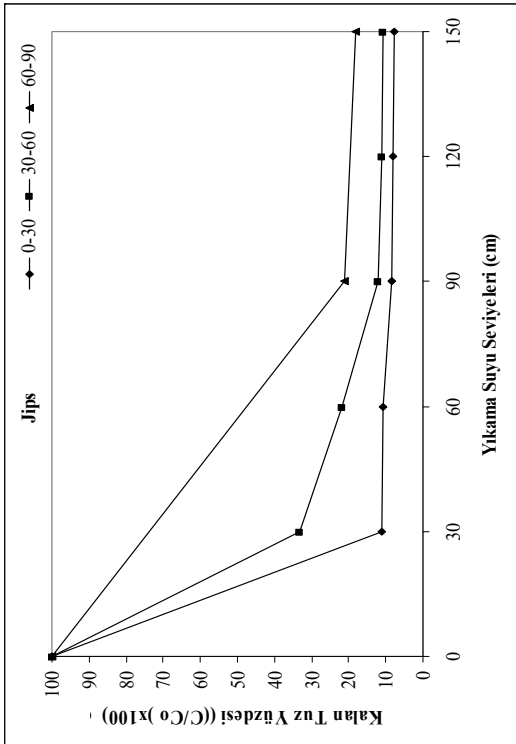
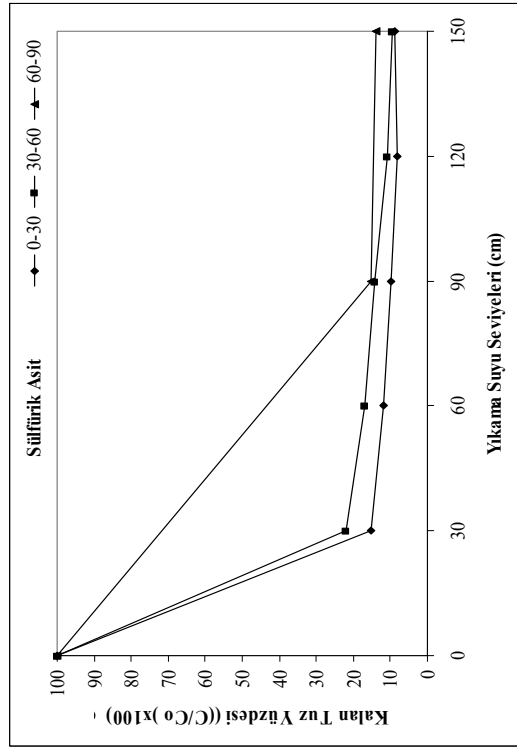
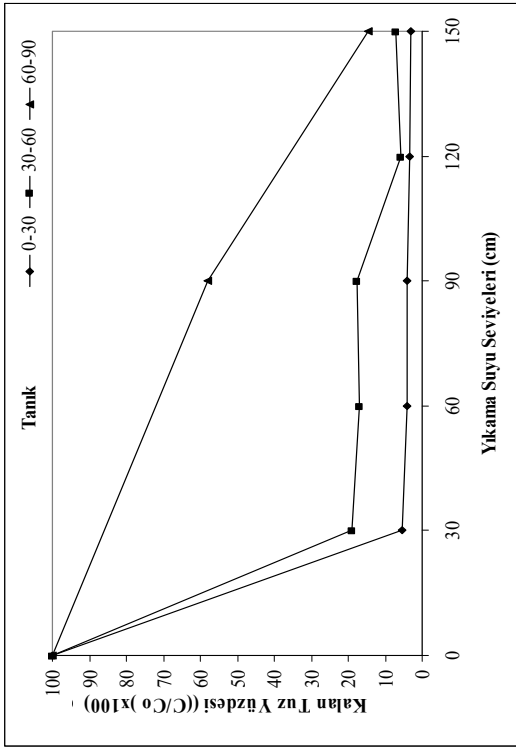
Elde edilen sonuçlar geçmiş yıllarda yapılmış olan çalışmalarla tam bir uyum içinde bulunmaktadır. Örneğin; Özden ve Ören (1986), Iğdır Ovası tuzlu, sodyumlu ve borlu topraklarının ıslahı için gerekli jips ihtiyacı, yıkama suyu miktarı ve yıkama süresini belirlemek için yapmış oldukları denemede 900 cm yıkama suyu uygulamışlardır. Sonuçta topraktan bor yıkanması için toprak derinliğinin 28 katı, tuz yıkanması için 18 katı suya ihtiyaç olduğunu, 0-60 toprak derinliğinde % 60 olan değişebilir sodyumu 15'e düşürmek için dekara 4.30 ton jipse gereksinim olduğunu vurgulamışlardır.

Bahçeci (1984), Konya–Ereğli ovası tuzlu, sodyumlu ve bor’lu topraklarının ıslahı için yürüttüğü çalışmada, 40 cm toprak derinliğindeki tuzların %79.2’sinin yıkanması için toprak derinliğinin 7.2 katı yıkama suyu verilmesi gerektiğini belirtmektedir.

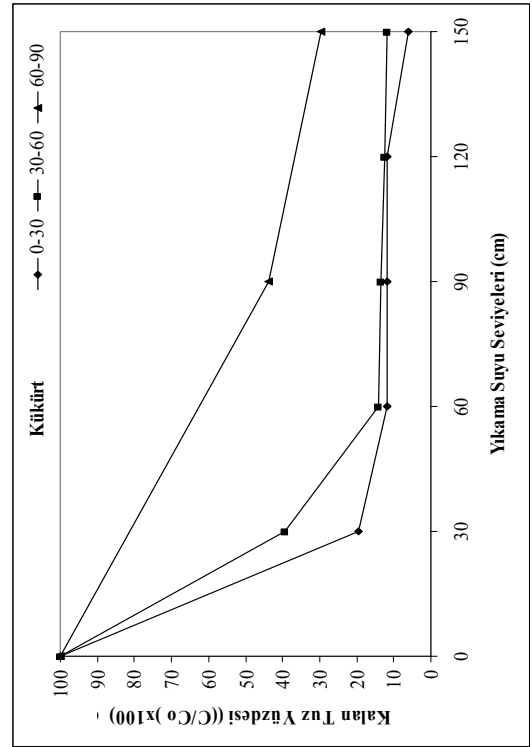
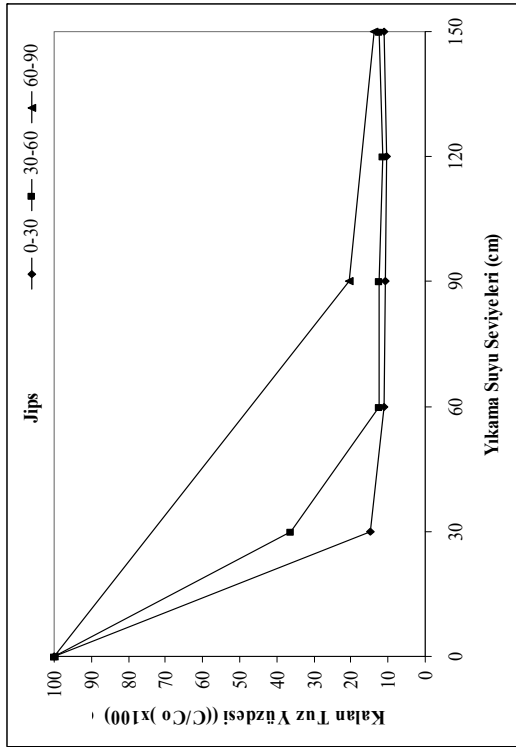
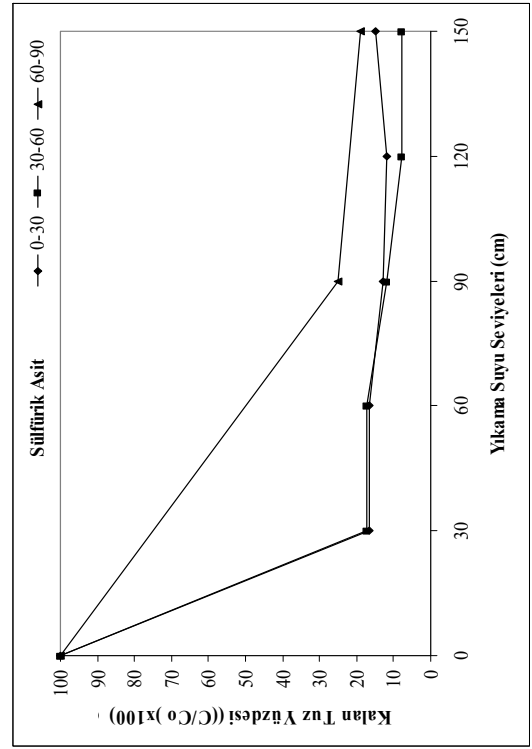
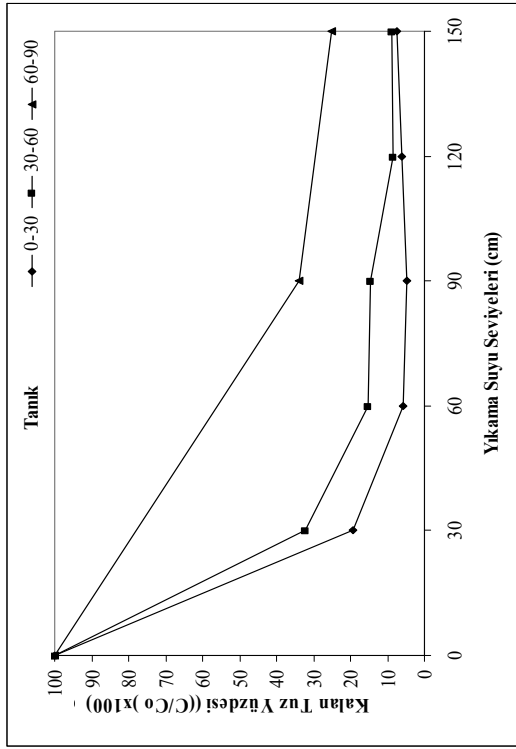
Yılmaz (1978), Yazıköy–Burdur tuzlu sodyumlu ve bor’lu topraklarının ıslahı için toprak derinliğinin 3 katı su verilerek profildeki tuzun %55’inin yıkanabileceğini, Yıldırım (1980), Afyon ovası tuzlu-sodyumlu topraklarında, tuz ve bor’un %70’inin yıkanması için toprak derinliğinin 8 katı yıkama suyu verilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Yine, Yılmaz (1980), Konya ovası tuzlu ve borlu Alüvyal topraklarında, çözünebilir tuz ve bor’un %80’nin yıkanabilmesi için sırasıyla toprak derinliğinin 2.5 ve 5 katı yıkama suyu uygulanmasının zorunlu olduğunu bildirmektedir.



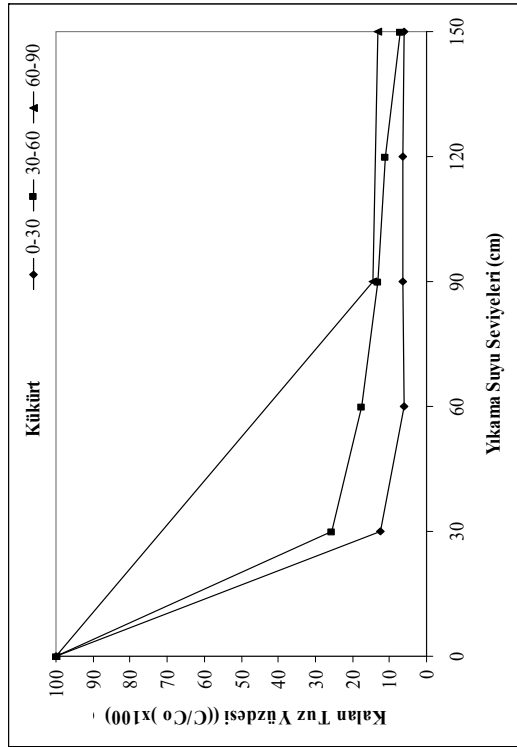
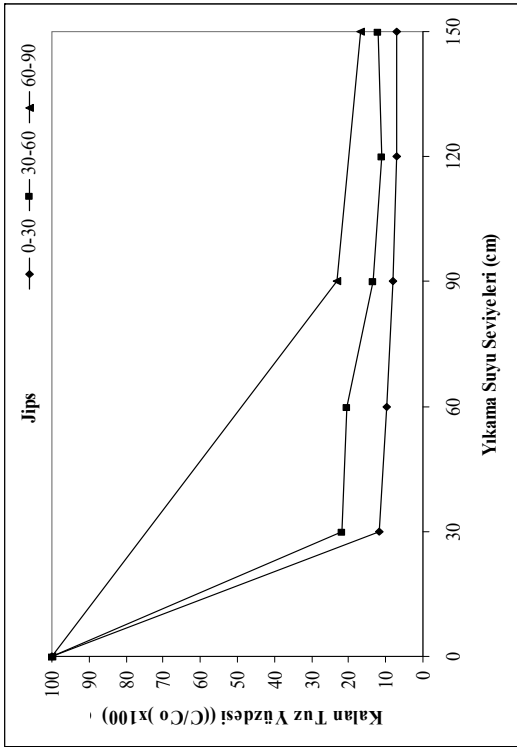
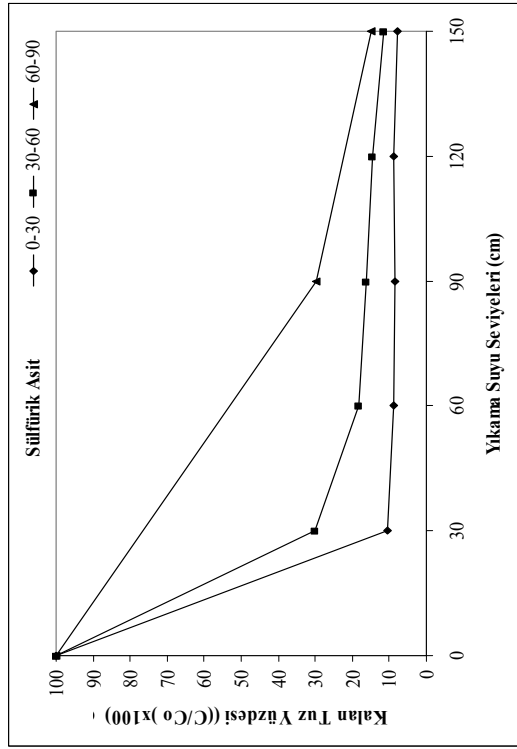
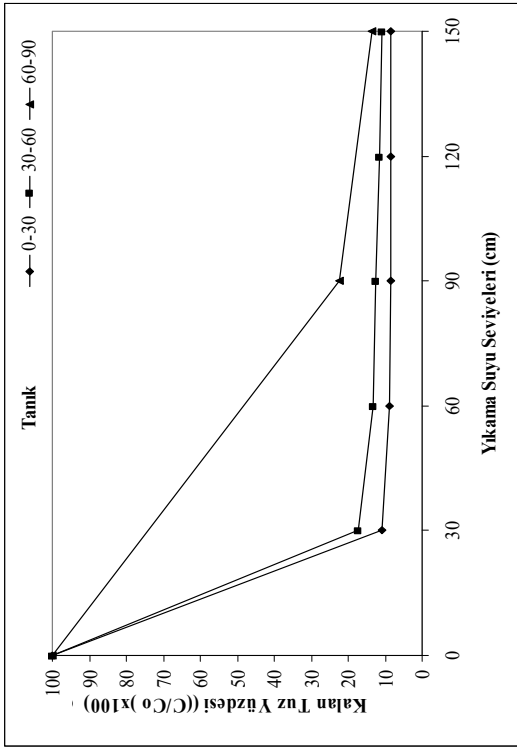
Şekil 4.10 Yıkama sırasında 1 nolu toprak serisinde belirlenen tuz yüzdesi değişimi



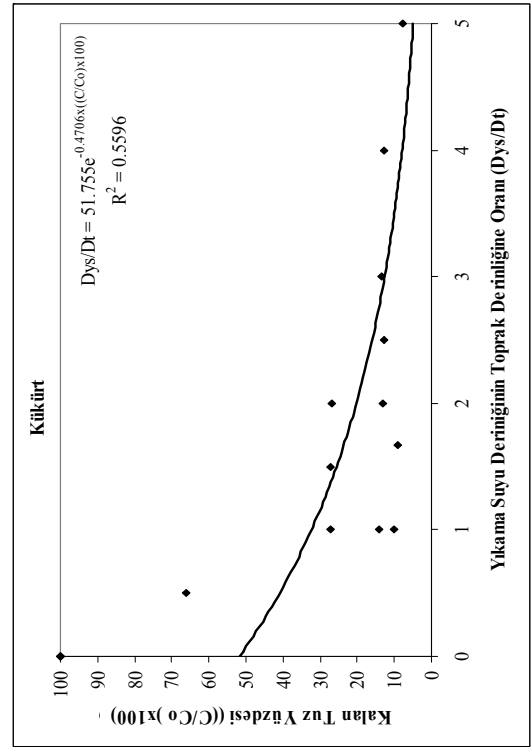
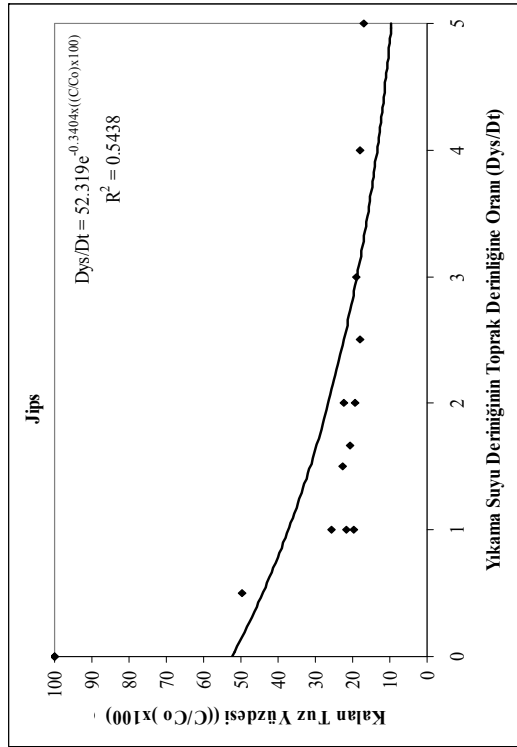
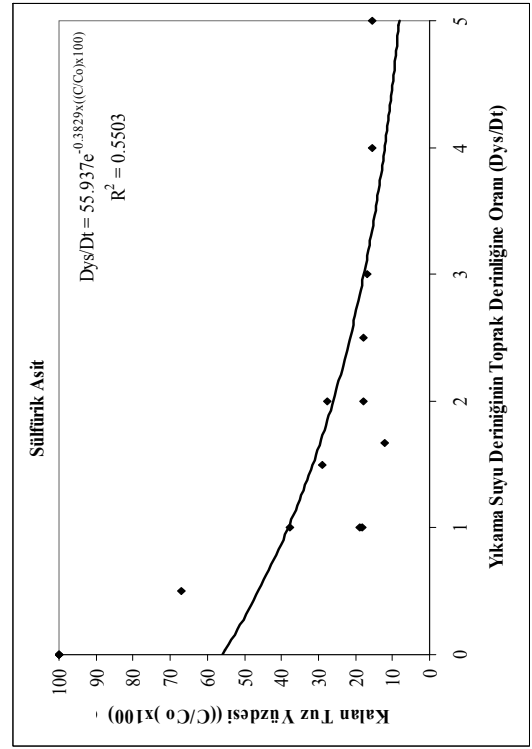
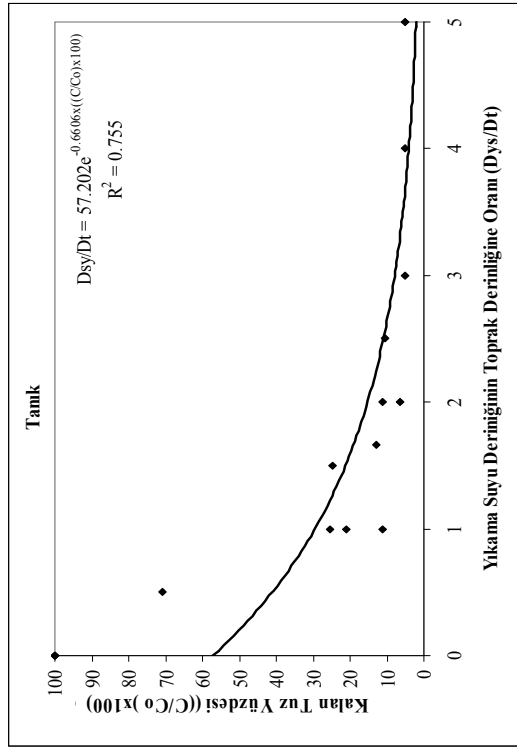
Şekil 4.11 Yıkama sırasında 2 nolu toprak serisinde belirlenen tuz yüzdesi değişimi



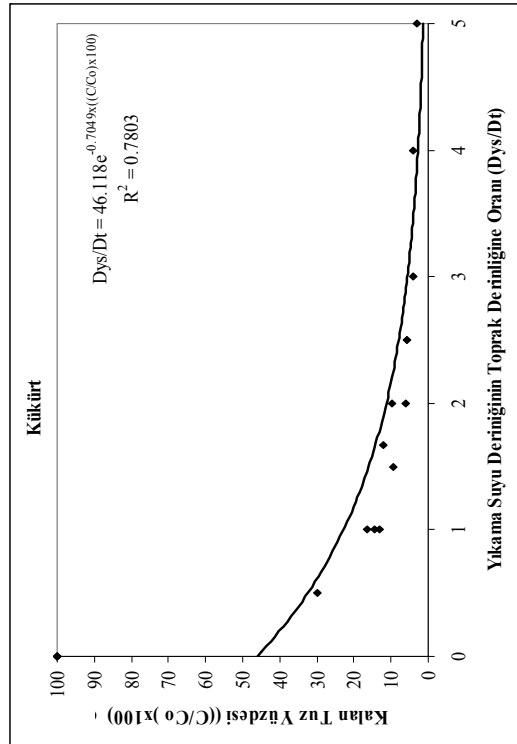
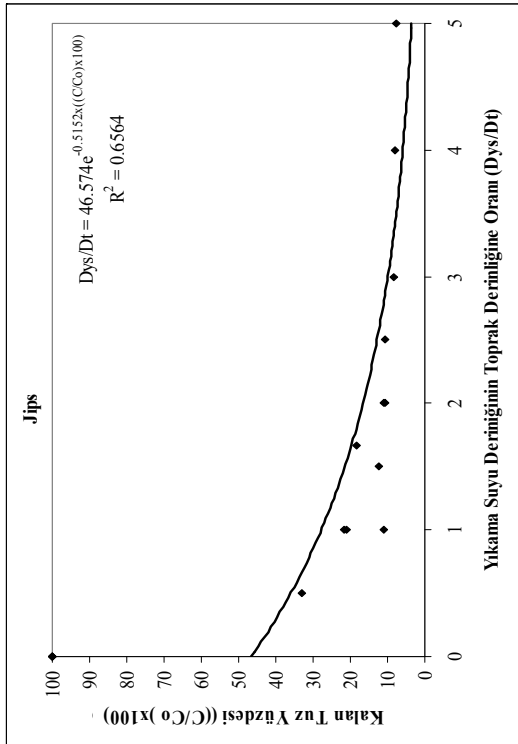
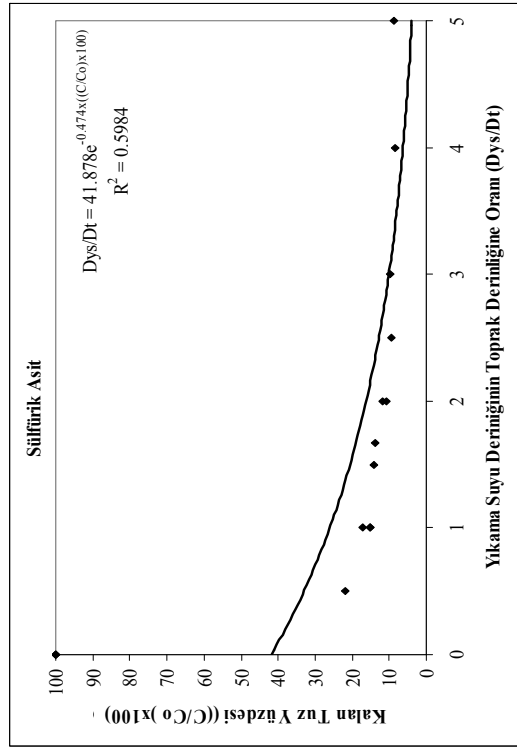
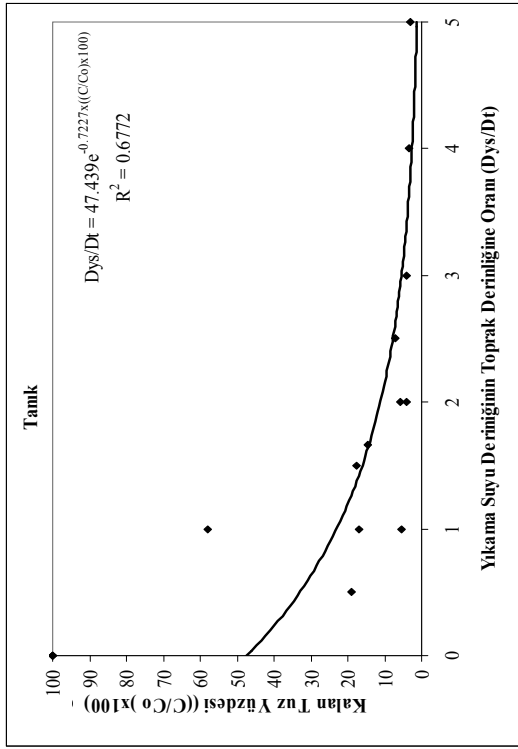
Şekil 4.12 Yıkama sırasında 3 nolu toprak serisinde belirlenen tuz yüzdesi değişimi



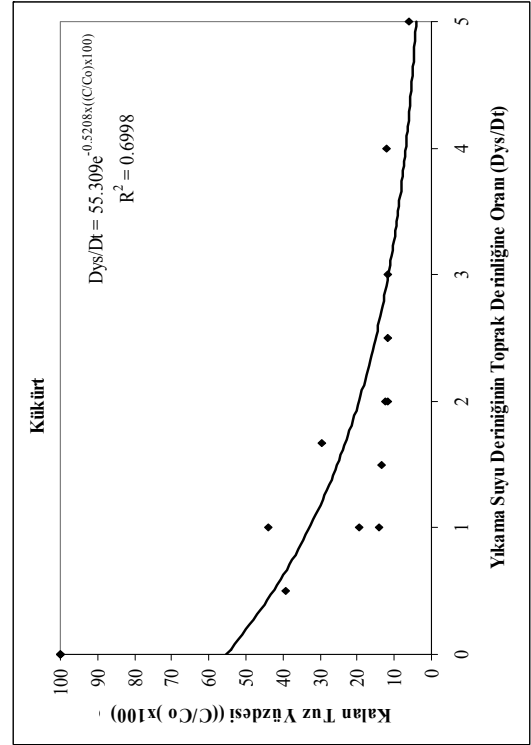
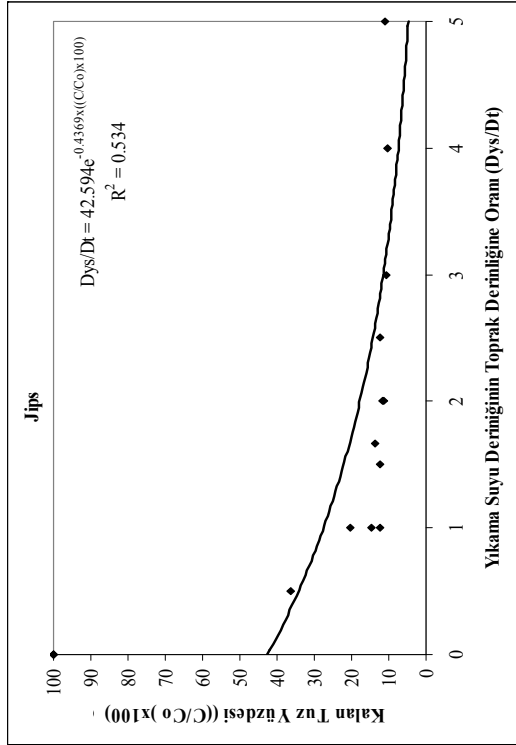
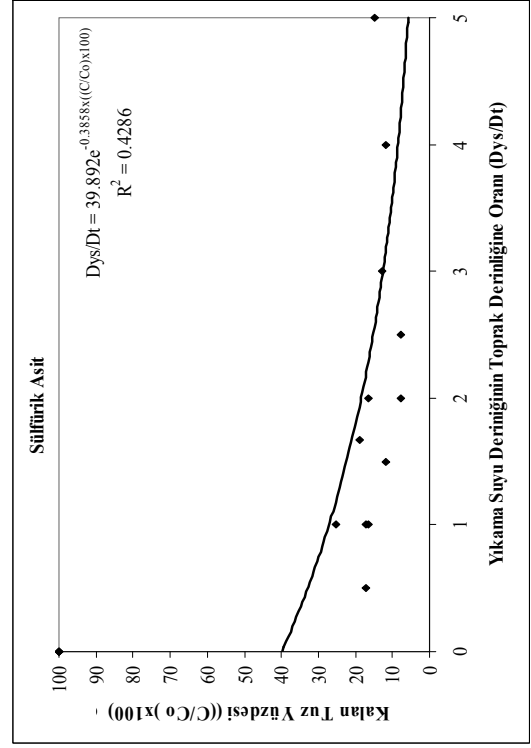
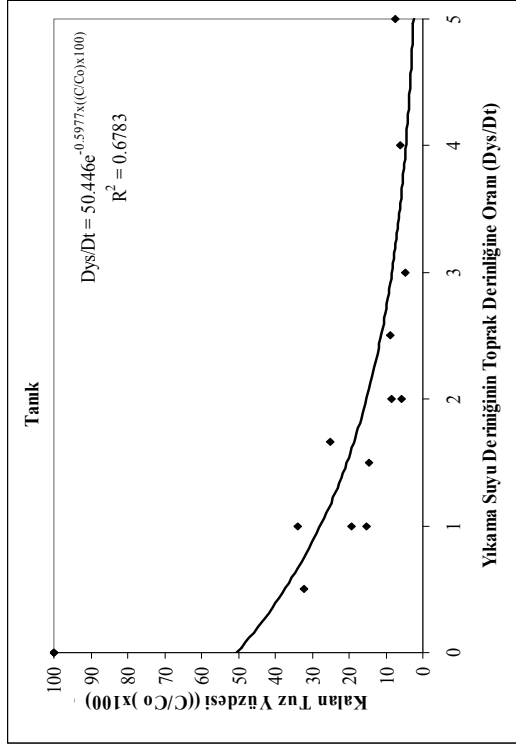
Şekil 4.13 Yıkama sırasında 4 nolu toprak serisinde belirlenen tuz yüzdesi değişimi



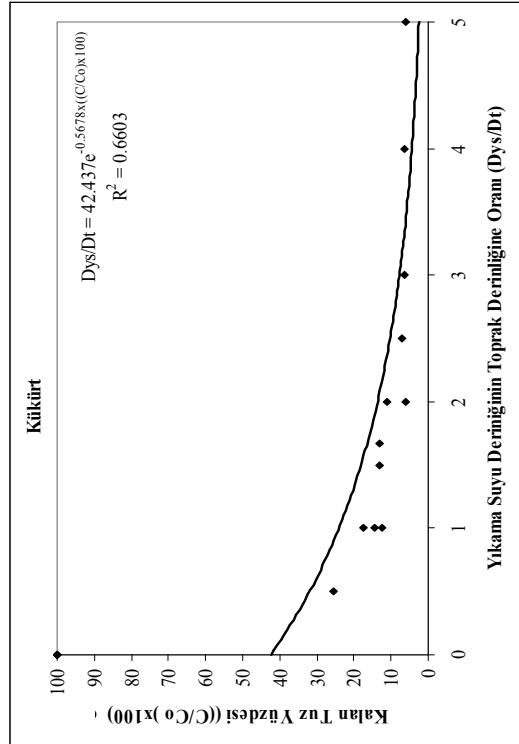
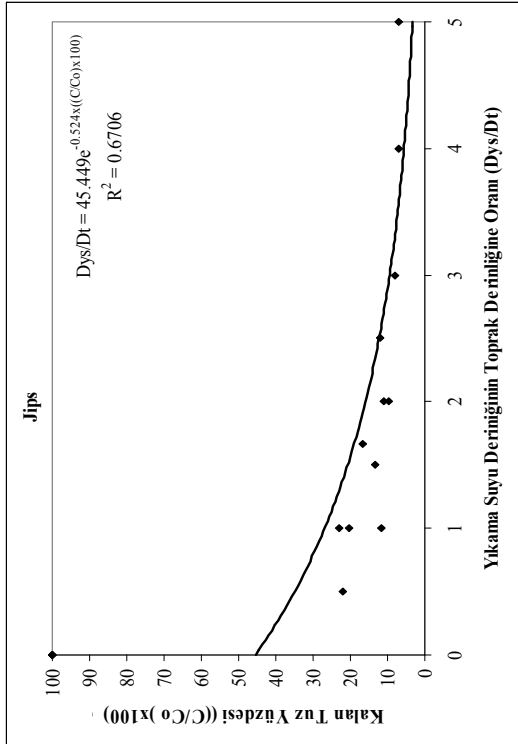
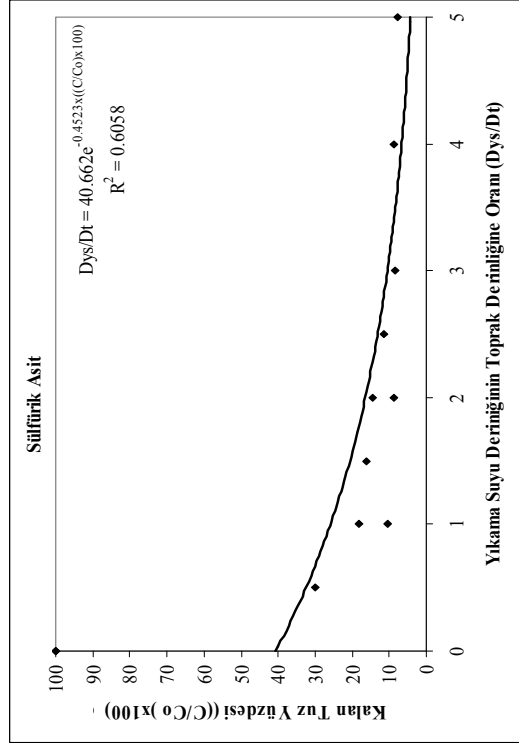
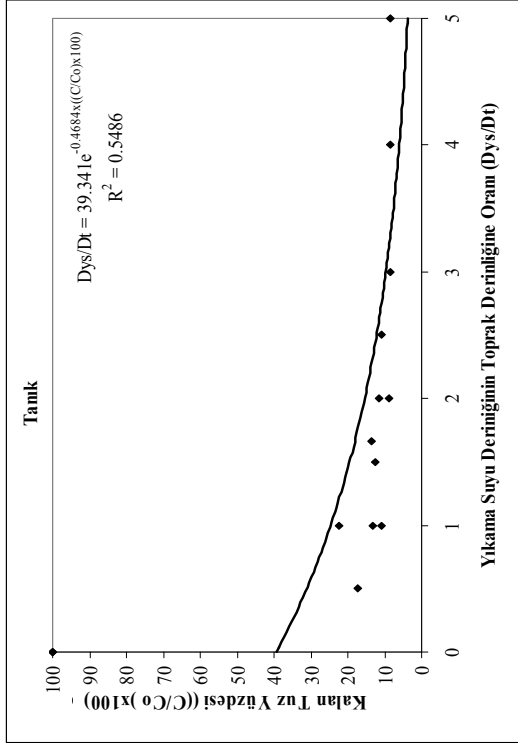
Şekil 4.14 Yıkama sonunda belirlenen 1 nolu toprak serisine ait tuz yıkama eğrisi



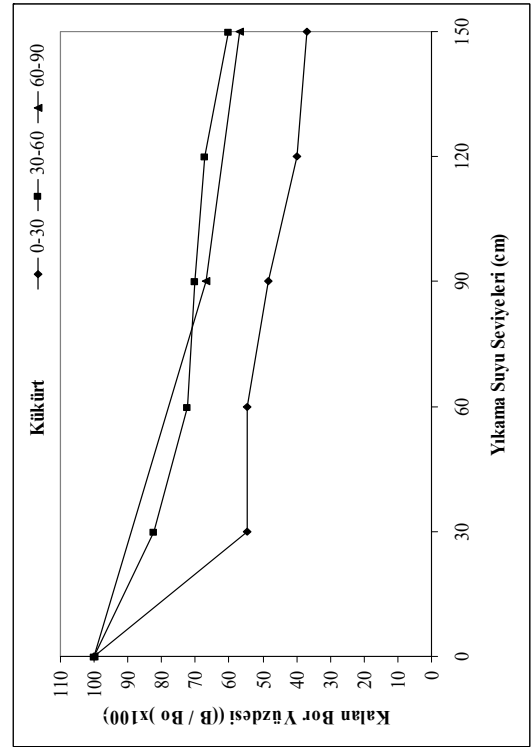
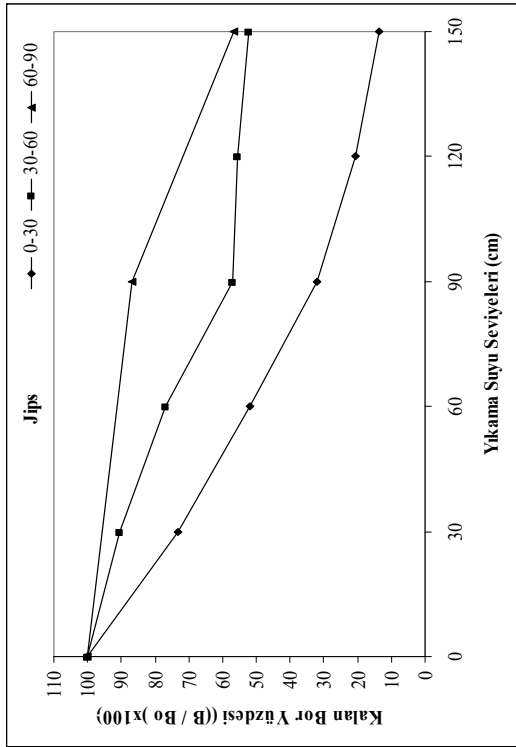
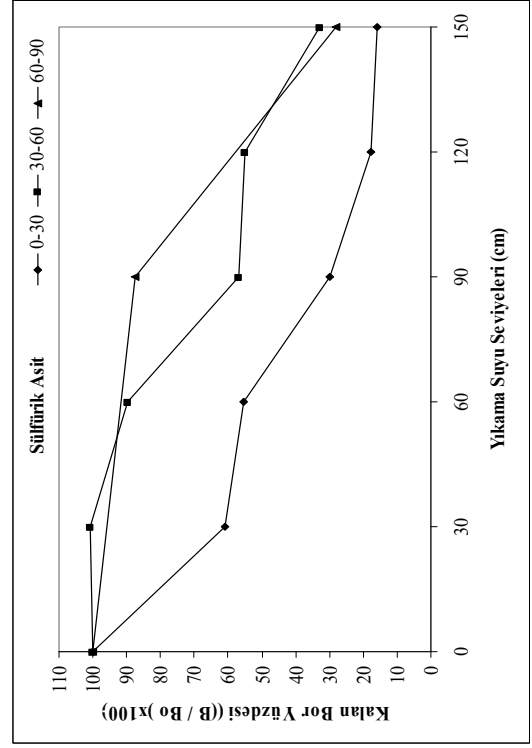
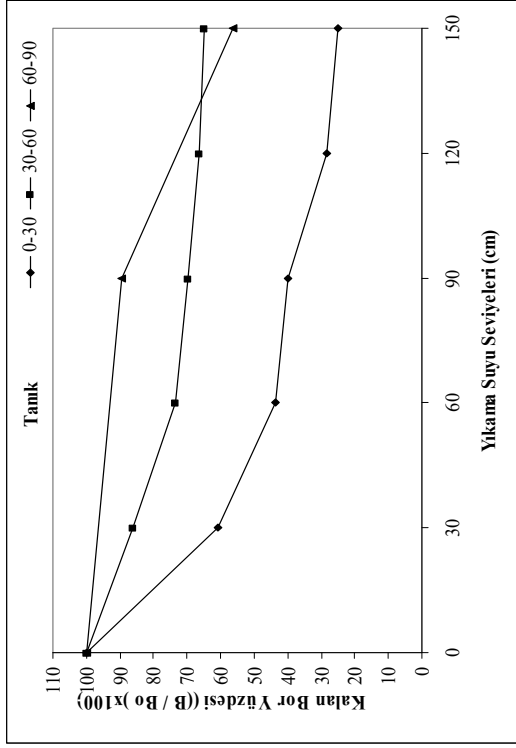
Şekil 4.15 Yıkama sonunda belirlenen 2 nolu toprak serisine ait tuz yıkama eğrisi



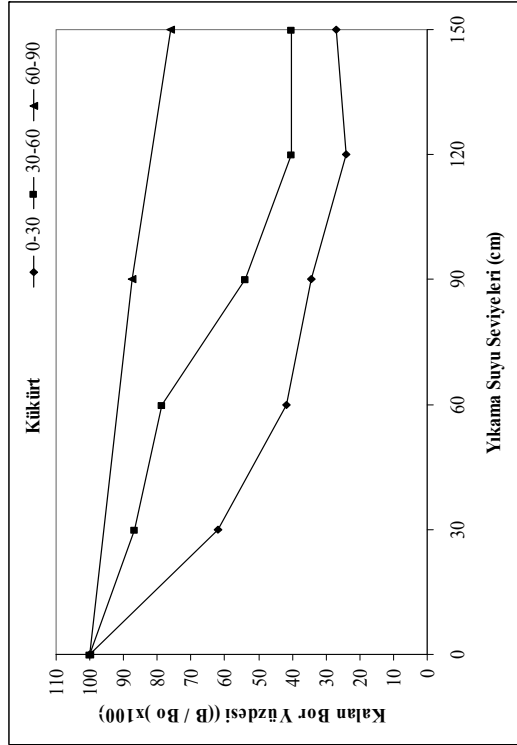
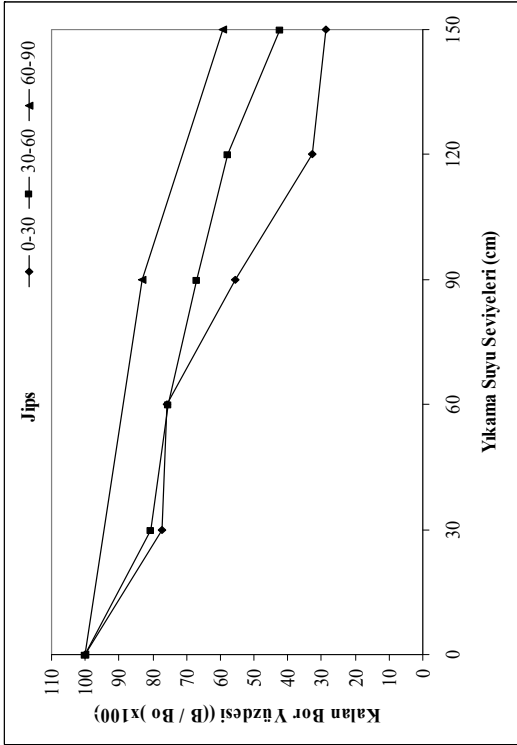
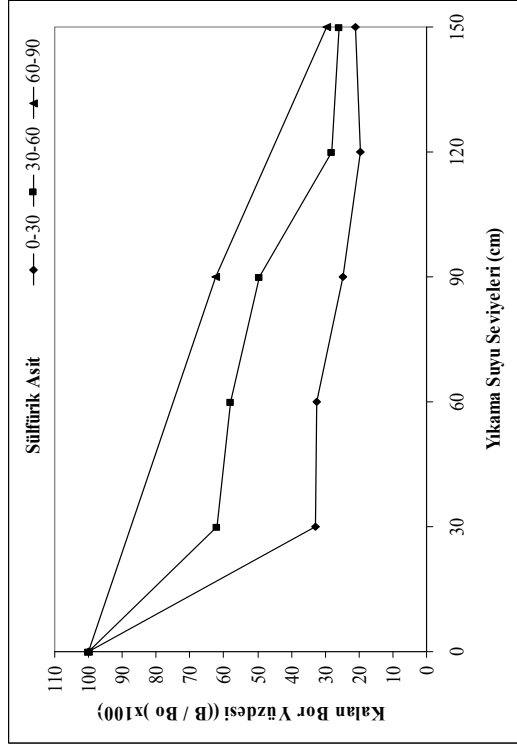
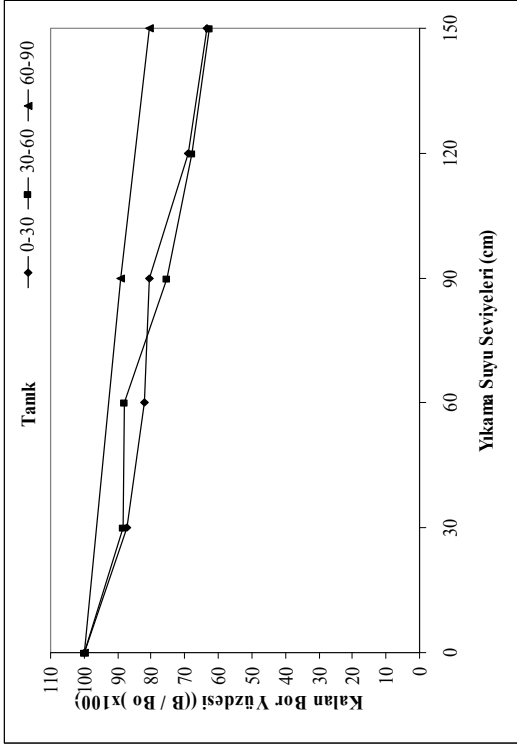
Şekil 4.16 Yıkama sonunda belirlenen 3 nolu toprak serisine ait tuz yıkama eğrisi



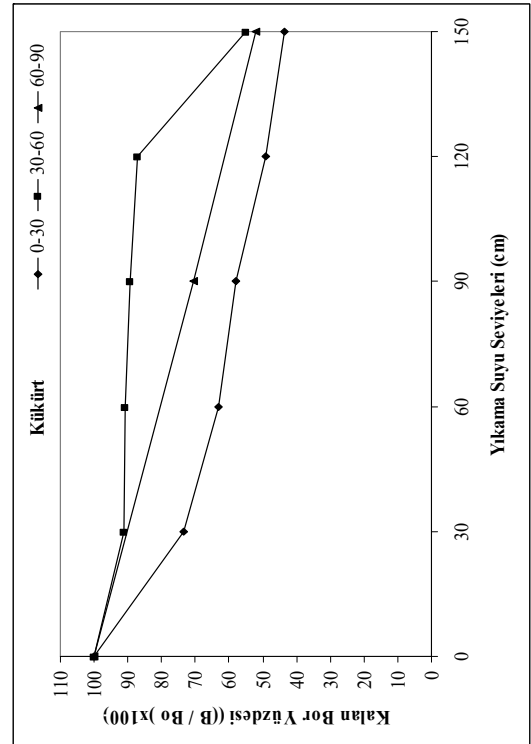
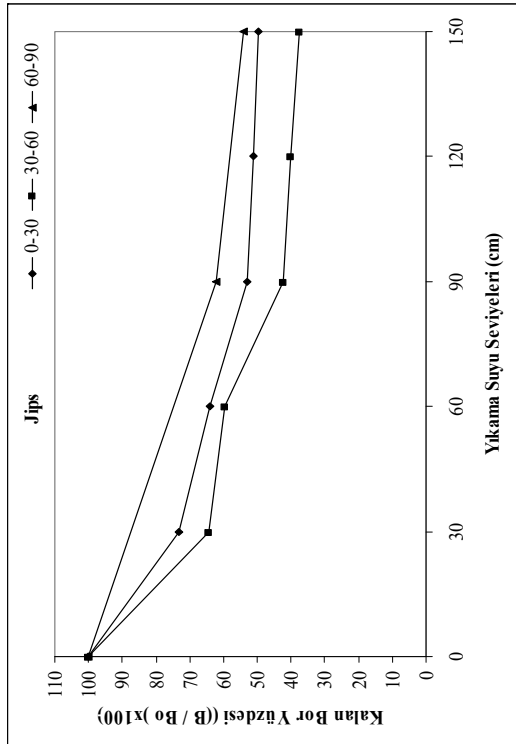
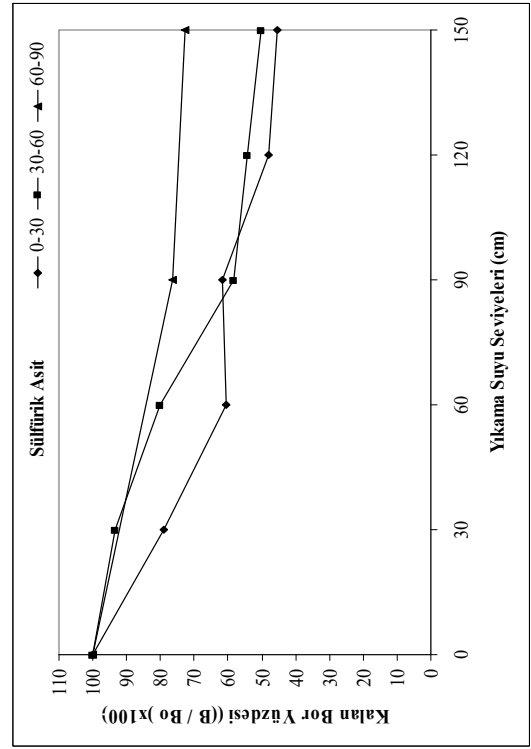
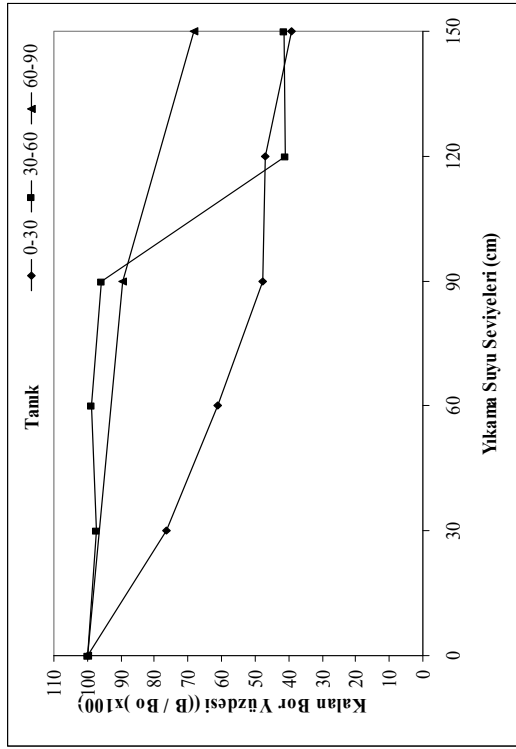
Şekil 4.17 Yıkama sonunda belirlenen 4 nolu toprak serisine ait tuz yıkama eğrisi



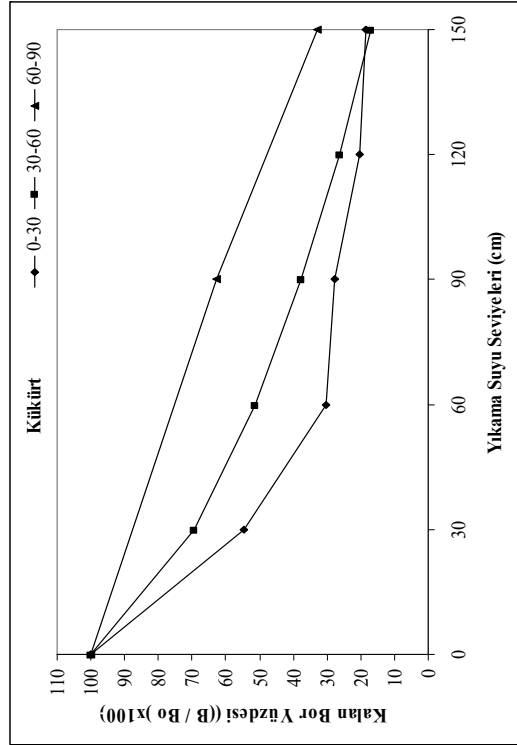
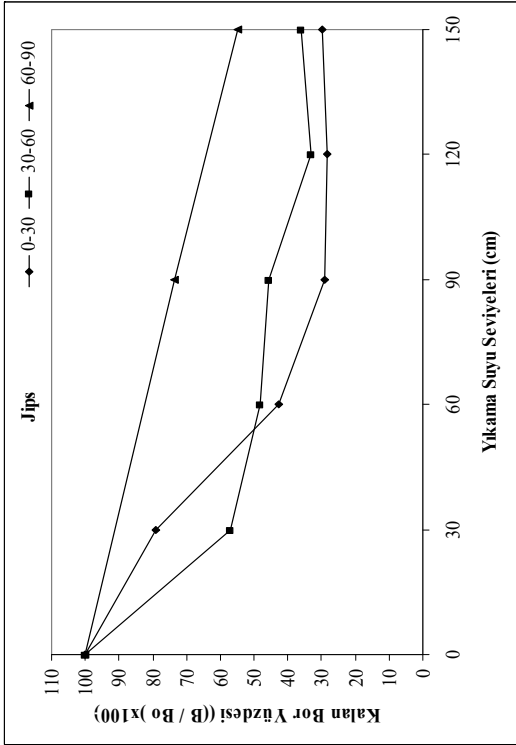
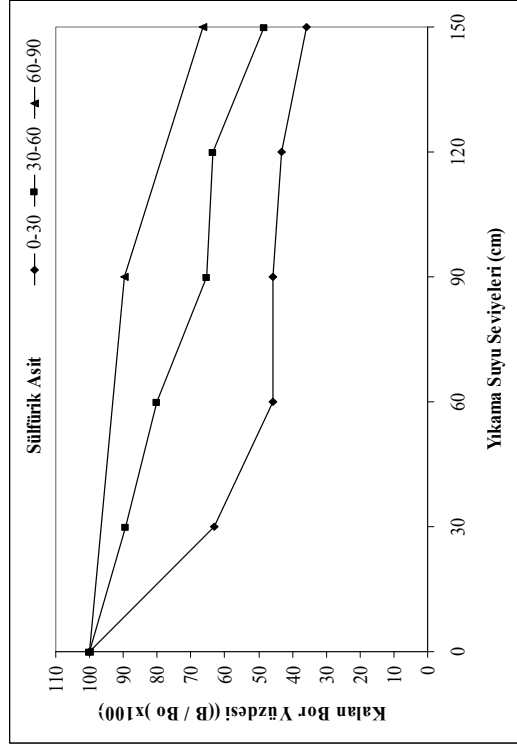
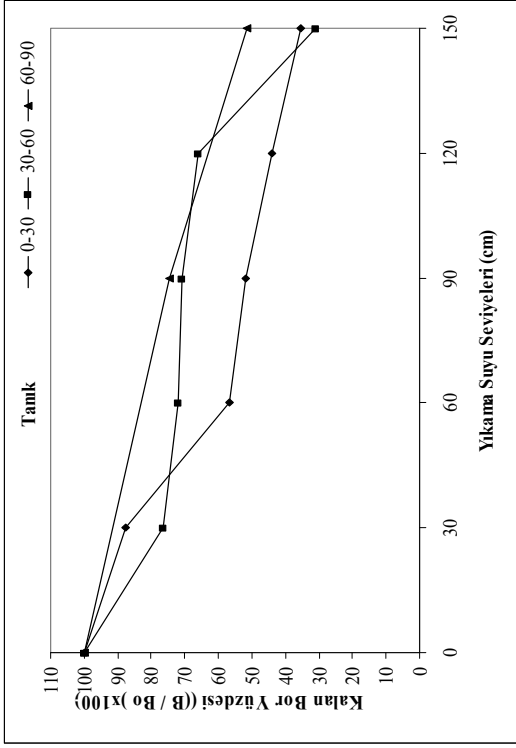
Şekil 4.18 Yıkama sırasında 1 nolu toprak serisinde belirlenen bor yüzdesi değişimi



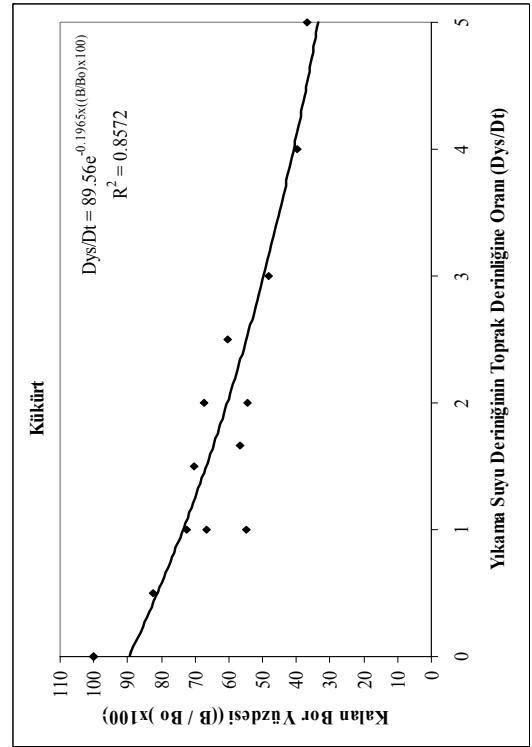
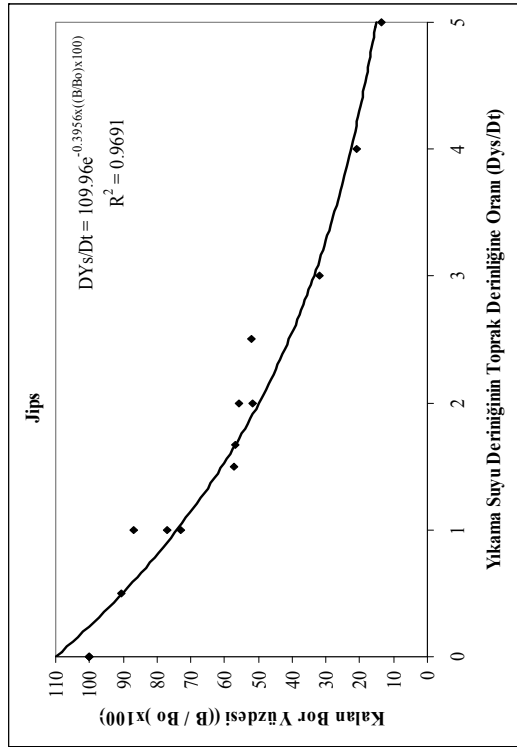
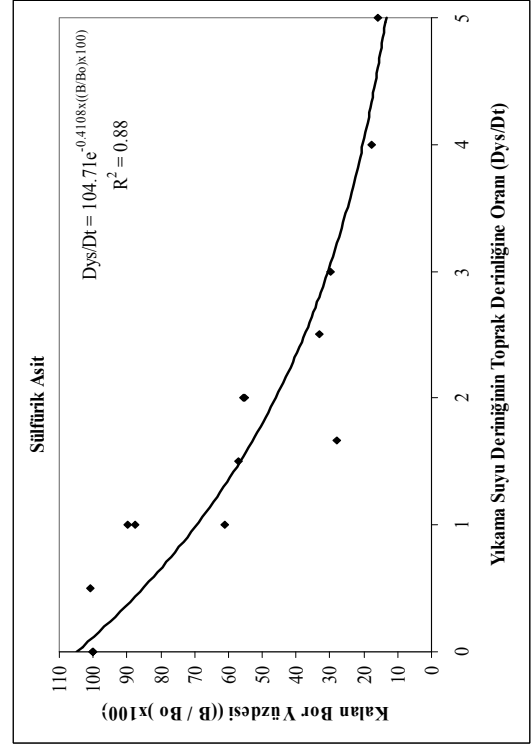
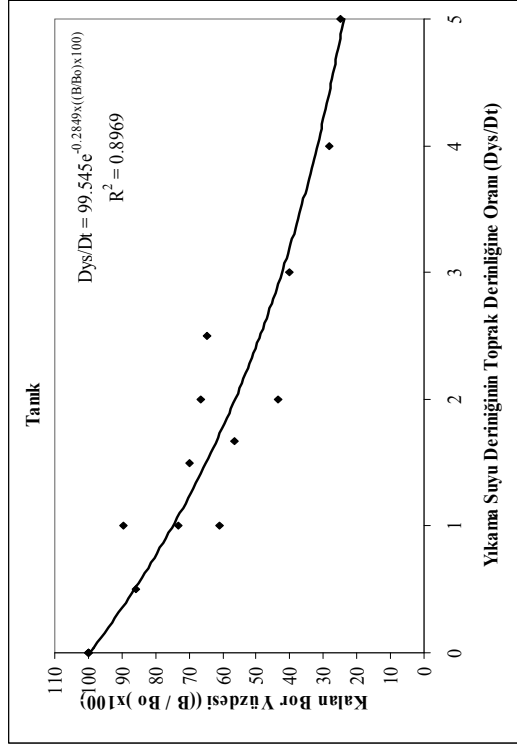
Şekil 4.19 Yıkama sırasında 2 nolu toprak serisinde belirlenen bor yüzdesi değişimi



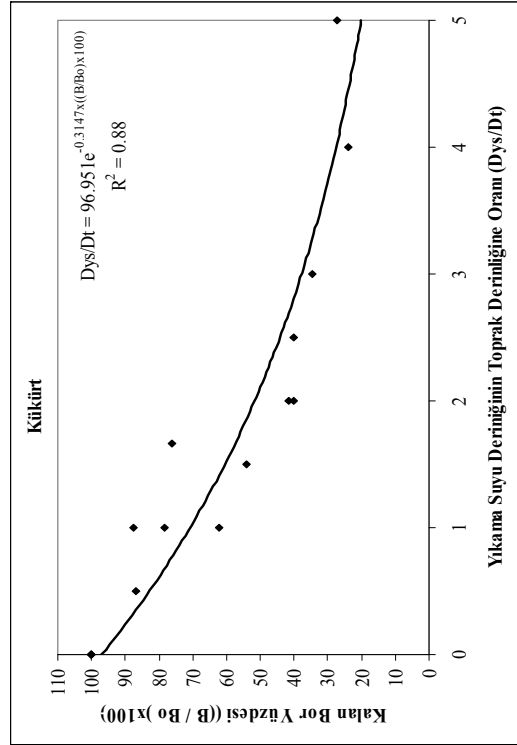
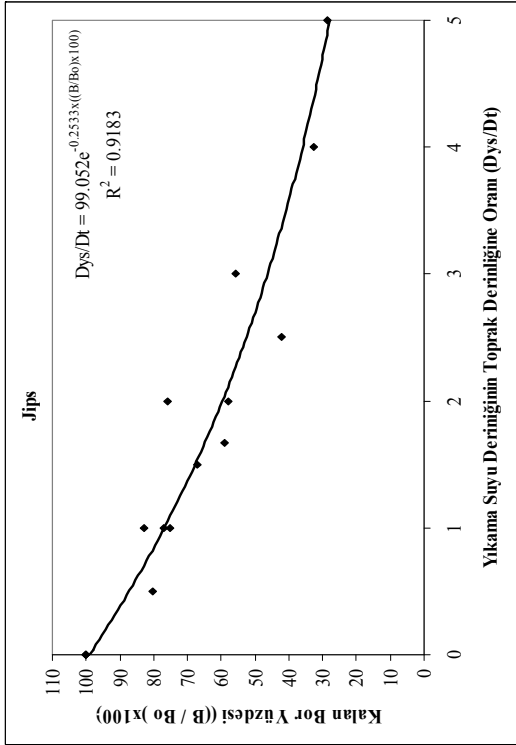
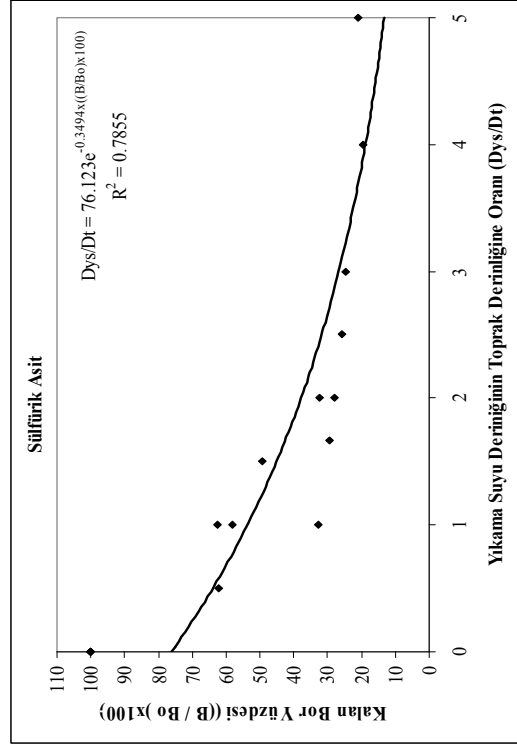
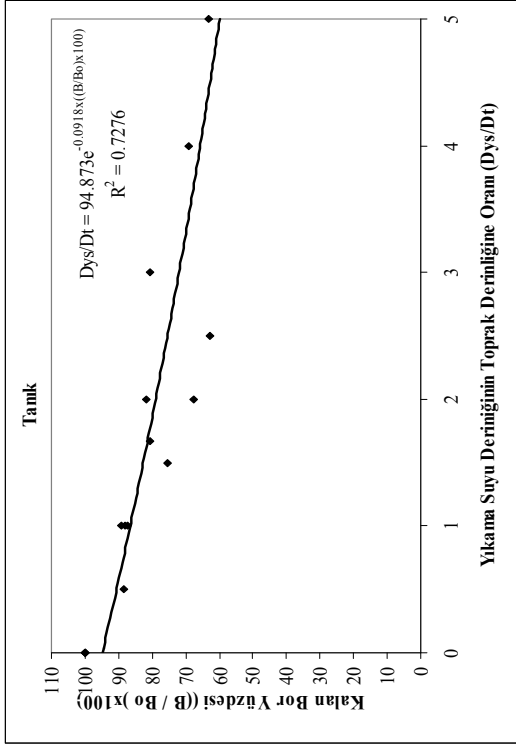
Şekil 4.20 Yıkama sırasında 3 nolu toprak serisinde belirlenen bor yüzdesi değişimi



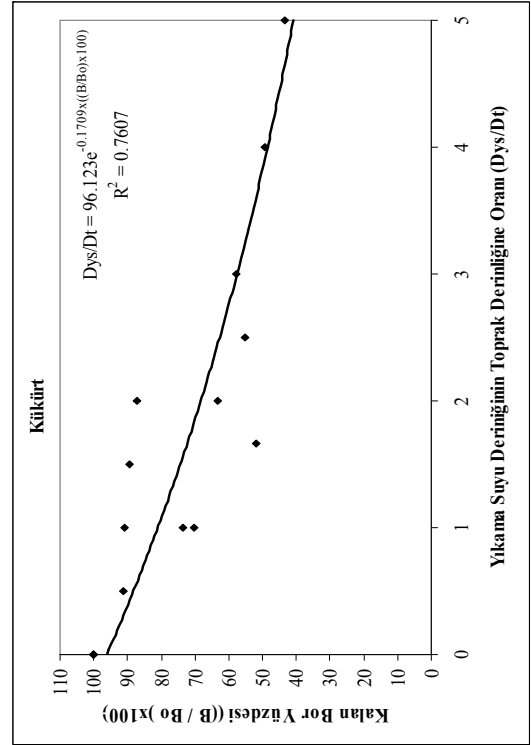
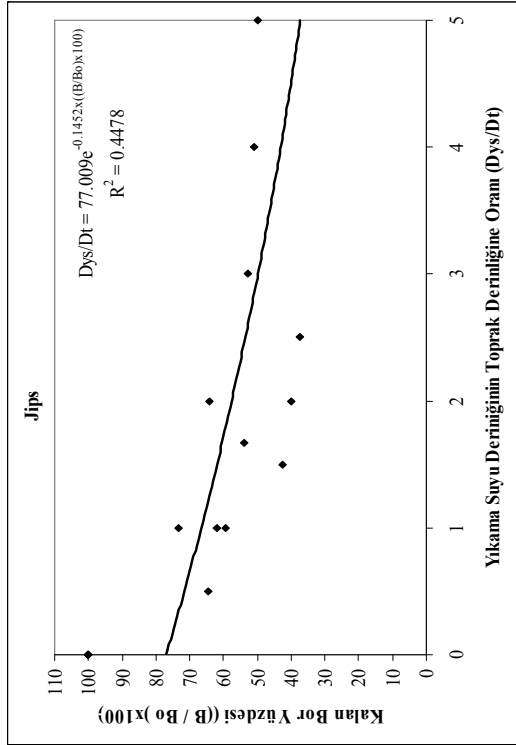
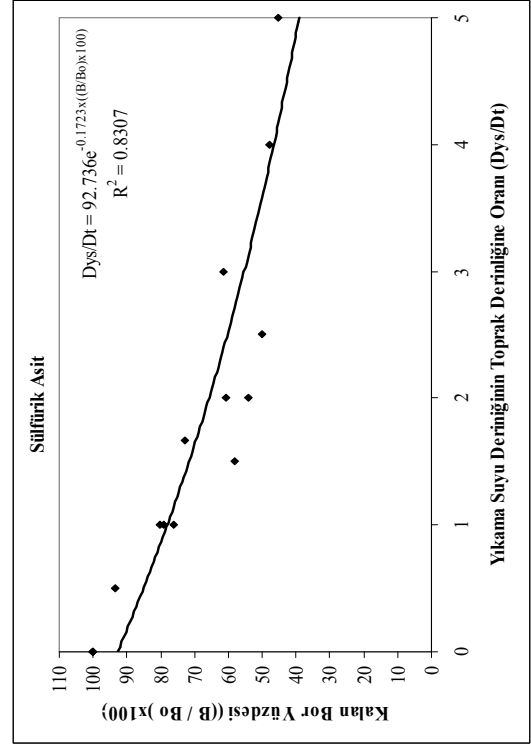
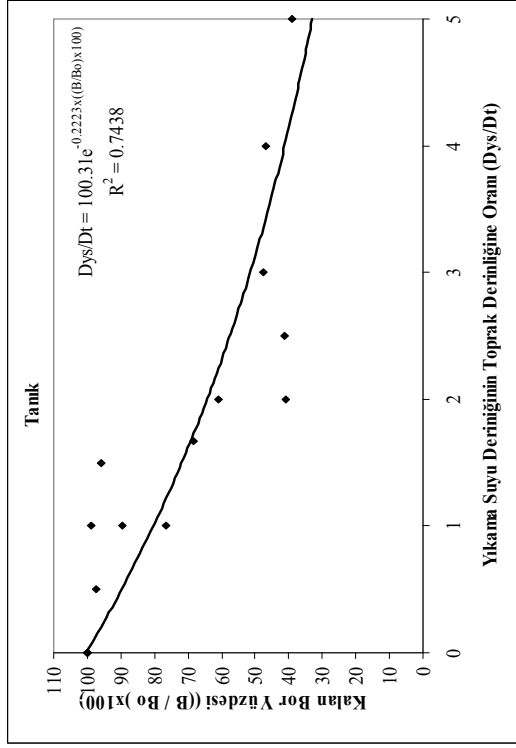
Şekil 4.21 Yıkama sırasında 4 nolu toprak serisinde belirlenen bor yüzdesi değişimi



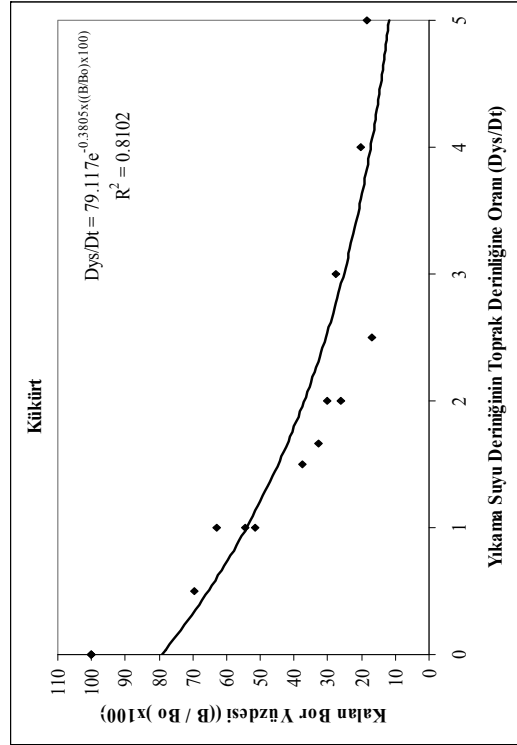
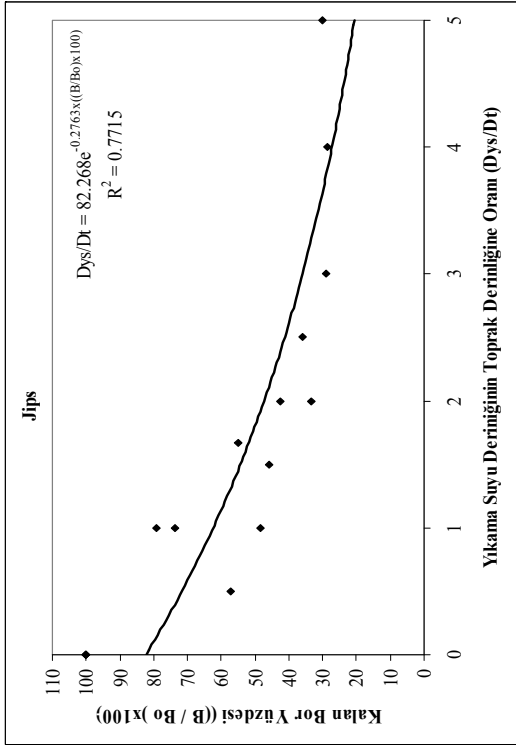
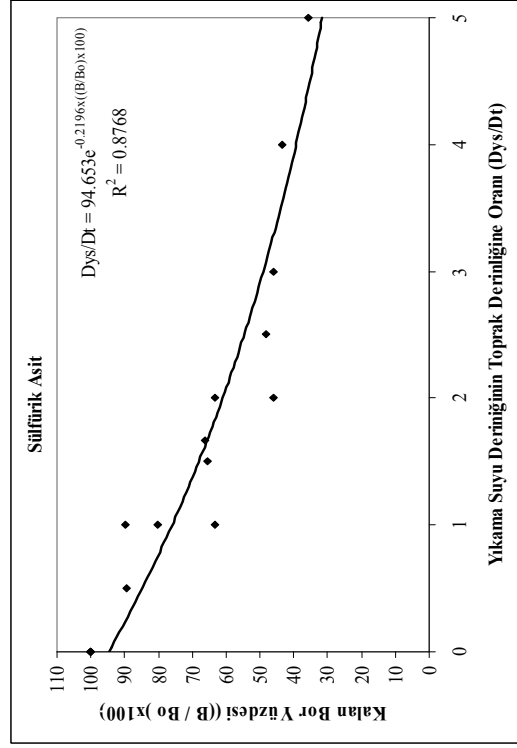
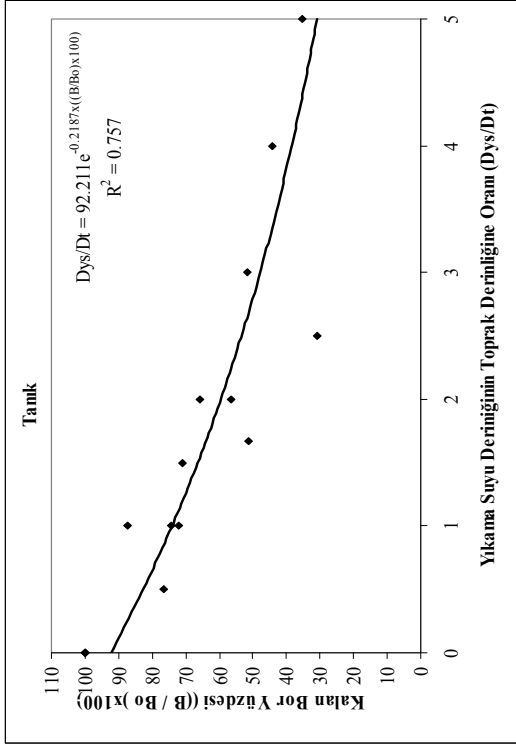
Şekil 4.22 Yıkama sonunda belirlenen 1 nolu toprak serisine ait bor yıkama eğrisi



Şekil 4.23 Yıkama sonunda belirlenen 2 nolu toprak serisine ait bor yıkama eğrisi



Şekil 4.24 Yıkama sonunda belirlenen 3 nolu toprak serisine ait bor yıkama eğrisi



Şekil 4.25 Yıkama sonunda belirlenen 4 nolu toprak serisine ait bor yıkama eğrisi

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1. Sonuçlar

Bitki kök bölgesindeki toprak tuzluluğu EM Metodu ve mobil elektriksel iletkenlik ölçüm tekniğinin gelişmesinin sonucu olarak hızlı, güvenilir ve uygun maliyetle ölçülebilmektedir. Ancak ECa ölçümleri toprağın tuz içeriğinden, tekstüründen, sıcaklığından ve su içeriğinden tamamıyla etkilenir. Bu nedenle bir alandaki baskın toprak özelliklerinden etkilenen ECa ölçümlerinin harita hazırlanmasında kullanılacak şekilde koordinasyonu sağlanarak düzeltilmesi gerekir. Hassas tarım açısından düşünülürse hazırlanan ECa haritasının doğru bir şekilde algılanması durumunda, (1) tuzlu toprağa sahip alanların envanterini; (2) toprağın su içeriği ve tekstürüne ilişkin özel bilgiler; (3) bitki seçimi için gerekli bilgileri; (4) sulama ve drenaj yönteminin geliştirilmesi gereken alanları ve (5) potansiyel bitki üretimini etkileyen geçici toprak özelliklerinin izlenmesini sağlar (Corwin and Lesch 2003).

Yapılan ölçümler ve analizler sonucunda çalışma alanı tuzluluğunun mekansal değişimi belirlenmiştir. Ayrıca tuzluluğun hangi yönde farklılık gösterdiği ve bu farklılığın şiddetinin ne olduğu da saptanmıştır. Bu bilgiler yardımıyla da daha gerçekçi ve doğru planlamalar yapılabilirken, aynı zamanda da yapılan bu planların yapılacak izleme çalışmalarıyla doğru bir şekilde yürütülmesi sağlanabilir. Diğer yandan alınacak tedbirler yardımıyla da sürdürülebilir bir tuzluluk yönetiminin gerçekleştirilmesine imkan sağlanabilir. Ayrıca hazırlanan haritalar yardımıyla su dağıtımını gözden geçirilirken, kanal sistemleri belirlenebilir ve yetiştiricilerin sorunlarının değerlendirilmesinde kullanılabilir (George and Bennet, 2005).

Ölçümlerin doğru şekilde yorumlanmasında büyük bir karışıklık bulunmaktadır. Bazı yazarlar doğrudan okunan elektriksel iletkenlik (ECa) değeri ile saturasyon çamuru ekstraktına karşılık gelen (ECe) ölçümleri yoluyla hesaplanan değerlerin ilişkilendirilmesini (kolere edilmesini) önermektedir. Bu amaç için farklı kalibrasyon

modelleri ve kolerasyon faktörleri geliştirilmiştir. Topraktaki mevcut tuz, toprak tekstürü ve su içeriğindeki değişimlerden etkilenir. Bu konudaki araştırmaların çoğu ölçüm alanında belirli toprak nem koşullarında doğru kalibrasyonunun tertiplenmesini önermektedir (Metternicht 2003).

Özel bitki yönetimini de içine alan bölgesel uygulamalarda tarla ölçeğindeki ECa ölçümlerinin temel bileşenleri; (1) ECa ölçüm tasarımı; (2) toprak örneklerinin toplanması; (3) jeoreferans bilgilerinin toplanması; (4) jeoreferanslaması yapılmış ECa bilgilerine dayalı toprak örneklerini tasarımı; (5) toprak özelliklerinin uygun fiziko-kimya analizleri; (6) tuzluluğun birincil olduğu durumda saturasyon ekstrak E<sub>Ce</sub>'sinin toprak örnekleri üzerinden belirlenmesi yoluyla okunan ECa değerlerinin kalibrasyonunun sağlanması; (7) özel istatistiksel analiz, (8) ECa ölçümlerini etkileyen baskın toprak özellikleri ve (9) uzaktan algılamada gelişmelerdir ( Corwin and Lesch 2005).

Yapılan çalışmalar sonucunda, çalışma alanı toprakları kuzey-güney ve güney-doğu doğrultusunda tuzluluk eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Öte yandan arazinin kuzey kısmında diğer bölgelere göre daha düşük tuzluluk saptanmıştır. Yer yer arazinin iç kısımlarında düşük tuzluluk gösteren alanlar da bulunmaktadır.

Arazinin güney doğu doğrultusunun en uç bölgesi, tuzluluğun en şiddetli olduğu bölgedir. Bunun nedeni söz konusu bölgenin eski göl aynasına en yakın bölge olması ve aynı zamanda da drenaj kanalına en uzak bölgede yer almasıdır.

Islah açısından sonuçlar değerlendirecek olursa, aşağıdaki hususlar dile getirilebilir;

Islah amaçlı kullanılan ıslah materyallerinden en hızlı ve etkin iyileşmeyi sülfürik asit materyali sağlamıştır.

pH değerleri açısından seri 3 ve 4, seri 1 ve 2' ye göre daha düşük değerler göstermiştir. Özellikle sülfürik asit uygulamasından pH değeri her seride 8'in altında kalırken diğer uygulamalarda 8 değerinin üzerinde seyretmiştir. Derinlik dikkate alındığında ise 0-30 ve 30-60 cm'lik katmanlarda küçük düşüşler belirlenmiştir. Buna karşılık 60-90 cm derinlikte az miktarda artış belirlenmiştir. Bunun nedeni st katmanlardan yıkanan tuzun bu katmanda toplanması ve pH değerini yükseltmesidir.

SAR değeri dikkate alındığında 2. ve 4. seriler 1. ve 3. serilere göre daha hızlı ve daha etkin bir iyileşme sergilemişlerdir. Ancak serilerin tamamında istenilen düzeyde iyileşme yalnız sülfürik asit uygulamasının yapıldığı konularda 90 cm'lik yıkama suyu uygulamasıyla sağlanmıştır. Buna ilave olarak aynı uygulamada 90 cm toprak derinliğinde önemli oranda iyileşme de belirlenmiştir. Diğer uygulamalarda ise 150 cm yıkama suyu uygulamasına karşılık ancak 60 cm'lik toprak profilinde iyileşme belirlenmiştir.

Benzer durum DSY değerinde de bulunmaktadır. Yine sülfürik asit uygulaması SAR'da olduğu gibi DSY'nde de en hızlı iyileşmeyi yine 2 ve 4 nolu serilerde sağlamıştır. Ancak seri 3'n tanık konusu ve seri 1'in jips konusu, ıslahta dikkate alınan 60 cm derinlikteki DSY'nin 10'un altına düşürülmesini sağlayamamışlardır. Yalnız sülfürik asit konusunda 60 cm toprak derinliği için planlanan iyileşmenin 90 cm toprak derinliği içinde yeterli olduğu belirlenmiştir.

Tuzluluk değişimi incelendiğinde ilk dikkati çeken husus, yıkama suyunun 30 cm'lik ilk diliminin uygulanmasıyla serilerin ve konuların tamamında hızlı bir iyileşmenin belirlenmesidir. Bunun nedeni olarak da toprakta çözülebilir tuzların fazlalığı düşünülmektedir. Sülfürik asit uygulaması 4 serinin tamamında beklentilerin üstünde bir iyileşme sağlamıştır. İyileşme hızı bakımından diğer konuların hızı 90 cm'lik yıkama suyu uygulamasından sonra sülfürik asit uygulamasının hızından daha yüksek gerçekleşmiştir. Buna sebepte sülfürik asit uygulamasında 90 cm yıkama suyu uygulamasının beklenen iyileşmeyi sağlaması ve bu miktardan fazla verilen yıkama suyunun yıkama etkinliğini kaybetmesidir.

Seri 3'deki kükürt uygulamasının dışında kalan tüm konularda ve serilerde toprakta kalan tuz yüzdesi %20'nin altına düşürülmüştür.

Bor açısından bakıldığında tanık konu dışında kalan sülfürik asit, jips ve kükürt konularında, toprağın 0-30 cm'lik katmanında bor değeri 10 ppm değerinin altına düşürülebilmektedir. Alan bor elementi bakımından oldukça zengindir. Bu nedenle de uygulanan yıkama suyu miktarı bor yıkaması açısından oldukça yetersiz kalmıştır.

İslahın gerçekleşmesi için gerekli süre dikkate alındığında; sülfürik asit uygulamasının diğer konulara göre çok hızlı bir ıslah sağladığı ve süreyi yarı yarıya azalttığı belirlenmiştir. Her seri ve konu için infiltrasyon süreleri belirlenmiştir. Uygulanacak yıkama suyu miktarının derinlik olarak denklemde yazılmasıyla gerekli yıkama zamanı belirlenebilmektedir. Kimyasal uygulamasının yapılmadığı tanık konunun yanı sıra kükürt konusu da en düşük infiltrasyon hızına sahiptir.

## 5.2 Öneriler

Arazide tuzluluk belirleme çalışmalarında EM38 güvenilir bir şekilde kullanılabilir. Özellikle tuzluluğun mekansal değişiminin belirlenmesinin yanında değişimin izlenmesinde, tuzluluğun eğiliminin belirlenmesinde, drenaj sorunu olan bölgelerin belirlenmesinde, tuzluluğun yüksek olduğu ya da yükseldiği bölgelerde tuza dayanıklı bitki deseninin belirlenmesinde rahatlıkla kullanılabilir.

Yürütülen çalışmalar gösteriyor ki EM38 hem küçük hem de büyük alanların tuzluluğunun belirlenmesinde büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Klasik metotlara göre çok büyük kolaylıklar sağlarken aynı zamanda da hem maliyet hem de zaman açısından büyük avantajlar ortaya çıkarmaktadır.

EM38, toprak tuzluluğunun teşhis edileceği alanların belirlenmesinde, tuzluluk haritalarının hazırlanması çalışmalarında, hem bölgesel alanların hem de tüm ülke çapında ki sorunlu alanların belirlenmesinde rahatlıkla kullanılabilir. Ülkemizde hali hazırda sorunlu alan miktarının, çok önceden bu zamana kadar yapılmış etütlere dayandırılarak tahmini olarak verildiğini göz önüne alırsak, bu metotla kısa bir süre içerisinde bu alanların son derece güvenilir sonuçlarla belirlenmesinin yanında ister bölgesel isterse ülkesel boyutta dağılımın da belirlenmesine olanak sağlayacağı söylenebilir. Ayrıca bu metotla sulamaya bağlı tuzluluğun değişimi de belirlenebilir. Her sulama sezonu sonunda yapılacak ölçümlerle yapılan sulamalar izlenebilir ve aynı zamanda da değerlendirilebilir. Elde edilecek bilgiler yardımıyla hem sulamalarda düzenleme yapılabilirken hem de bitki deseninin oluşturulması sağlıklı bir şekilde yapılabilir.

EM38 yalnız tuzluluğun belirlenmesinde kullanılan bir araç değildir. Yapılan bir çok çalışmada nitrat azotunun ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) belirlenmesinde, toprak tekstürünün belirlenmesinde ve hatta farklı EM modelleriyle arkeolojik alanların belirlenmesinde güvenilir bir şekilde kullanılabilceği bildirilmektedir.

Tuzdan etkilenen alanlarda yetiştiricilik yapılırken, tuz etkisini en aza indirmek için, yeterli drenaj koşulları sağlanmalı, tuzluluk seviyesi iyi bir şekilde belirlenmeli, kültürel işlemler uygun yapılmalı, sulama uygun ve yeterli düzeyde, mümkünse sık aralıklarla yapılmalı ve tuza toleransı yüksek bitkiler yetiştirilmelidir (Bernstein, 1960).

Tuzlu alkali toprakların ıslahında yaygın olarak kullanılan jips materyalinin yanı sıra kükürt ve özellikle de sülfürik asit kullanılabilir. Çalışma alanı topraklarının ıslahında gerek zaman gerekse ihtiyaç duyulan yıkama suyu miktarının değerlendirilmesi sonucunda, sülfürik asidin ıslah materyali olarak kullanılmasının daha fazla yarar sağlayacağı belirlenmiştir. Özellikle infiltrasyon hızının artırılması ve daha az yıkama suyuna ihtiyaç duymasının yanında sülfürik asit kullanımı, alanın en kısa sürede tarıma kazandırılmasında önemli katkılar sağlayabilecektir.

Uzun yıllar içinde tuzluluğun engellenmesi ve ıslahın sağlanmasında jips ve kükürt materyali kullanılabilir. Bu özellikteki alanlarda jips ya da sülfürik asidi ıslah materyali olarak kullanmak büyük avantajlar sağlayabilir.

Yapılan çalışmalar ışığında, Karaman – Ayrancı tuzlu alkali toprakları yeterli drenaj koşullarında ve yıkama suyunun sağlanması durumunda en hızlı sülfürik asit materyaliyle ve 90 cm yıkama suyu ile ıslahı edilebilir. Diğer ıslah materyalleri olan jips ve kükürt istenilen iyileşme ancak 150 cm yıkama suyu ile sağlanabilir. Islah materyalinin seçiminde en önemli etken hiç şüphesiz ki maliyetleridir. Seçilecek materyalin hem ekonomik hem de uygulanabilir olmasının yanında ihtiyaç duyduğu yıkama suyu miktarı ve zaman açısından da değerlendirilmesi büyük faydalar sağlayacaktır. Öte yandan yıkamaların aralıklı göllendirme esasına göre yapılması yani ıslak – kuru periyodunun oluşturulması istenilen ıslahın sağlanması açısından son derece önemlidir. Çünkü sağlanacak bu periyot toprakta sıcaklık farkı oluşturulacak ve bu durum doğrudan topraktaki kimyasal reaksiyonu artıracaktır. Artan kimyasal reaksiyon sayesinde ıslah istenilen düzeyde gerçekleşecektir.

## KAYNAKLAR

- Abdu, H., Robinson, D.A., Jones, S.B., 2005 Comparing Bulk Soil Electrical Conductivity Determination Using the DUALEM-IS and EM 38-DD Electromagnetic Induction Instruments. *Soil.Sci.Soc. Am. J.* 71: 189: 196
- Abid Al-Sahib, S.J. 1980. Potassium Behavior During And After Leaching of Salt Affected Soil in Iraq. Master thesis. Baghdad Universty. Iraq.
- Abrol, I.P., Yadav, J.S.P., Massoud, F.I., 1988. Salt Affected Soils and Their Mangament. FAO Soils Bulletin 39. Roma.
- Ağca, N., 1990. Harran Ovasında Bazı Yaygın Toprak Serilerinde Değişebilir Sodyum Oranı (ESR) Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) İlişkilerinin Saptanması. Çukurova Üni. Fen Bil. Ens. Toprak Anabilim Dalı. Doktora Tezi.
- Ahmed, M.F., 2001. Simulating and Assessing Salinisation in the Lower Nomai Valley. Department of Agricultural Cemistry and Soil Science. The University of Sydney New Sowth Wales. Avustralia (MSc. Thesis) P.
- Akalan, İ. 1983. Toprak Bilgisi. A.Ü.Z.F. Yayınları :878, Ders Kitabı: 243, Ankara
- Akbay, Ş.B.Yıldırım (1974). Alpu Orasında Tuz Sodyum ve Bor'un Etkilemiş olduğu Toprakların. Islahı İçin Grekli Yıkama Suyu Jips Miktarı ve Islah Suresinin Tespiti. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları
- Akyol, M., 1990. Güledar Barajı Sulama Alanı Topraklarının Tuzlulaşma Süresi ve Yıkama İhtiyacının Saptanması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi.
- Alap, M. 1959. Tarsus'ta Çorak Arazi Islah Çalışmaları. *Topraksu Dergisi*, 1;10-16.
- Al-Ganimi, A.K. 1985. Use of Radiactive Sodium-22 To Study The Sodium Movement And Distribution in Natural Soil Columns. Master Thesis. Baghdad Universty. Baghdad, Iraq.
- Amezketta, E., R. Aragües, and R. Gazol, 2005. Efficiency of Sulfuric Acid, Mined Gypsum, and Two Gypsum By-Products in Soil Crusting Prevention and Sodic Soil Reclamation. *Agron. J.* 97:983–989 (2005). doi:10.2134/agronj2004.0236 PV, American Society of Agronomy columns 677 S. Segoe Rd., Madison, WI 53711 USA
- Amezketta, E., 2007. Soil Salinity a Geophysical Survey With Electromagnetic Technology a Case Study. *Spanish Journal of Agricultural Research* 2007 (5), 91-101
- Anaç, S., Aksoy, U., 2000. Foreword. International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity. 30 March 2002, Antalya- Turkey
- Anonim, 1978. Konya - Ereğli Akgöl Toprakları İstikşaf Etüt Muhtırası. DSİ Konya Ereğli Akgöl İstikşaf Etüt No: 1602.T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.

- Anonim, 2006a. Ortalama ve Ekstrem Değerler. Meteoroloji Bülteni. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara
- Anonim, 2006b. Toprak Etüt Raporu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi. Ankara.
- Anonuyumus, 1954. Diagnosis And Improvement of Saline And Alkali Soils, U.S. Salinity Lab. Staff, Editor:L.A. Richards, U.S.D.A. Agr. Handbook No.60, USA.
- Anonuyumus, 1994. Sustainability of Irrigated Agriculture, Part Five: Water Quality Management, Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Sustainability, Vimieo, Portugal.
- Anonymous, 1995. Western Fertilizer Handbook.. Produced by the Soil Improvement Comminute of the California Fertilizer Association. Interstate Publishers, Inc., Sacramento, California.
- Anonymous, 2002. Mapping Soil Salinity Update Californig Agricultural Technology Institute. California State University, Fresno Spring 2002.
- Anonymous 2008. Reclamation of Salin and Sodic Soils Web Sayfası: <http://ag.agsource.com/education/tram/ak15.asp>. Erişim tarihi 24 Temmuz 2008
- Asaeedi, A.H., Elprince, A.M. 1999. Leaching Requirement Conceptual Models For Reactive Salt. Plant and Soil, Vol. 208(1);73-86.
- Ashour, N.I., Serag, M.S., Elhaleem, A.K.A., Mekki, B.B. 1997. Forage Production From Three Grass Species Under Saline Irrigation in Egypt. Journal of Arid Environments, 37(2); 299-307.
- Aydemir, S.and Najjar, F., 2005. Aplication Amendments (Gypsum and Langbeinite) to Reclaim Sodic Soil Using Sodic Irrigation Water. Australian Journal of Soil Research 2005. 43, 5547-5553.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1989. Water Quality For Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29, Rome
- Ayyıldız, M. 1976. Yapılan Sulamalar Sonucu Toprakların Tuzlu Hale Gelmeleri İçin Gececek Tuzlulaşma Müddetinin Hesaplanmasında Uygulanan Bir Yöntem. TOPRAKSU Teknik Dergisi, Sayı:42, Ankara.
- Ayyıldız, M. 1983. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. A.Ü.Z.F. Yayınları:879, Ankara.
- Ayyıldız, M., Güngör, Y. ve Erözel, Z.1984. Tuzlu Topraklarda Yıkama Suyu Miktarının Toprağın Elektriksel İletkenliğine Etkisinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yıllığı, 1983. Ankara.
- Bahçeci, İ.1982. Konya Ovası Ana Tahliye Kanalı Suyunun Toprak Üzerine Etkisi. T.C. Köyişleri ve Kooperatifler Bakanlığı, Konya Bölge Topraksu Araştırma Ens. Ara. Raporu. Genel Yayın No:76, Rapor Yayın No:62, Konya.
- Bahçeci, İ., 1983. Aksaray Ovası Tuzlu Sodyumlu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Islah Maddesi Miktarı ile Islah Süresi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Konya Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No:79

- Bahçeci, İ., 1984. Konya-Ereğli Ovası Tuzlu Sodyumlu Borlu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu ve Islah Maddesi Miktarları ile Islah Süresi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Konya Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No:115
- Bahçeci, İ., 1989. Burdur – Yarıköy Tuzlu Sodyumlu Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Kükürt Fabrikası Flotasyon Atığı, Yıkama Suyu Miktarı Ve Islah Süresi. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Konya Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No:132.
- Balba, A. M., 1976. Predicting Soil Salinization, Alkalization And Water Logging. Prognosis of Salinity And Alkalinity. FAO Soils Bull. 31, 241-253p., Rome.
- Balçın, M. ve Çelik, S. 1992. Amasya Tuzlu Sodyumlu ve Bor'lu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu ve Islah Maddesi Miktarı ve Yıkama Süresi ,T.C. Başbakanlık K.H.G.M. Yayınları, Genel Yayın No.120, Rapor No:72, Tokat.
- Barry, D.A., Parlange, J.Y., Saffigna, P.G., Rose, C.W. 1982. Theory of Solute Transport in Soils From The Method of Characteristics. Irr. Sci. 4;277-287.
- Bastiaansen, W.G.M., Kabat, M., Menenti, M. 1989. A New Simulation Model of Bare Soil Evaporation in Deserts, EVADES. The Winand Staring Centre for Integrated Land, Soil and Water Research, Wageningen. 73p. The Netherlands.
- Bayraklı, F., 1998. Toprak Kimyası. O.M.Ü. Zir. Fak. Ders Kitabı. No: 26, 1. Baskı, Samsun.
- Beecher H.G. Dunn, B.W., 2002. Using Electromagnetic Induction Technology to Determine Spatial Variability and Sampling sites for Soil Acidity Assessment. in Australian Society of Soil Science Conference Perth, WA, Abstract, pp. 26-27. (ASSI: Perth, W.Aust)
- Bennet, D.L. and George, R.J., 1995. Using the EM38 to Measure the Effect on Soil Salinity on Eucalyptus Globulus in Sowth Western Australia. Agricultural Water Management vol.27, P 69-86
- Berkman, İ.1968. Toprakların Hidrolik İletkenlik Değerlerinin Tayini ve Etkileyen Faktörler. Atatürk Üni. Zir. Fak. Toprak Fiziği, s:24-25 , Erzurum.
- Bernstein, L. 1960. Salt Tolerance of Field Crops, Agr. Information Bull. No:217, Washington, D.C.
- Beyazgül, M., 1995. Saihli Ovası Tuzlu Alkali Topraklarının Islahında Keçiborlu Kükürt İşletmesi Flotasyon Atıklarının Kullanım Olanakları. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No:207.
- Beyce, Ö. 1962. Çorak Arazi Islah Araştırmaları. Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları No: 119, Ankara.
- Beyce, O., 1974. Experiences in The Reclamation of Saline And Alkali Soils And Irrigation Water Qualities in Turkey. FAO. Irrigation and Drainage Paper.
- Beyce, Ö., 1977. Türkiye'nin Bazı Sulama Developman Alanlarındaki Tuzlu ve Sodyumlu Topraklarda Yıkama Suyu ve Islah Maddesi Miktarının Saptanması

Üzerine Bir Araştırma. TOPRAKSU Genel Md. Yayınları M.T.A. Enst. G.Yay. N. 44 - ANKARA

- Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1962a. Miscible Displacement. II. Behavior of Tracers. Soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.26;126-128.
- Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1962b. Improved Leaching Practices -Save Water Reduce Drainage Problems. California Agr. 16;5
- Biggar, J.W. and Nielsen, D.R. 1976. Spatial Variability of The Leaching Characteristics of A Field Soil. Water Research. 12(1);78-84.
- Boast, C.W.1973. Modeling The Movement of Chemicals in Soils By Water. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J. 115;224-230.
- Borsheim, B., Johnston, P., 2002. Effects of Sulfuric Acid and Calcium on Poor Quality Water in a USGA Spec. Sand Based Green (2022). Web: www.ptrc.oldcollege.ca. Erişim: 03.10. 2008.
- Bower, C.A., Gardner, W.R., and Goertzen, J.O. 1957. Dynamics of Cation Exchange in Soil Columns. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.21;20-24.
- Bower, C.A. 1963. Diagnosing Soil Salinity. Agr. Information Bull.No: 279, Washington,D.C.
- Bresler, E., Hoffman, G.L., 1986. Irrigation Management For Soil Salinity Control. Theories and Tests. Soil Sci. Soc. Am. Proc.J., 50; 1552-1559.
- Bresson, L. M. and Boiffin, J., 1990. Morphological Characterization of Soil Crust Development Stages on Experimental Field. Geoderma 47: 301-325.
- Brevik, E.C., Fenton, T.E. and Lazari, A., 2003. Differences in EM 38 Readings Taken Above Crop Residues Versus Reading Taken With Instrument Ground Contact Precision Agriculture, 4, 351-358. 2003. Kluwer Academic Publishers.
- Brevik, E.C., Fenton, T., Horton, R., 2004. Effect of Daily Soil Temperature Fluctuations on Soil Electrical Conductivity as Measured With the Geonics EM 38. Precision Agriculture. 5.145-152. 2004.
- Brevik, E.C., Fenton, T.E., Lazari, A., 2006. Soil Electrical Conductivity as a Function of Soil Water Content and Implications for Soil Mapping. Precision Agric. (2006) 7: 393-404.
- Broadfoot, K., Morris, M., Stevens, D. And Heuperman, A., 2002. "The Role of EM 38 in Land and Water Planning on the Tragowel Plains in Northern Victoria. Exploration Geophysics 33, 90-94.
- Bronson, K.F., Booker, D.J., Officer, S.J., Lascano, R.J., Maas, S.J., Searcy, S. W., Booker, J., 2005. Apparent Electrical Conductivity, Soil Properties and Spatial Covariance in the U.S. Southern High Plains. Precision Agriculture 6, 297-311.
- Brooks, R.H., Bower C.A., and Reeve, R.C. 1956. The Effect of Various Exchangeable Cations Upon the Physical Condition of Soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J. 20(3);325-327.

- Brooks, R.H., Goertzen, J.O., and Bower, C.A. 1958. Prediction of Changes in The Compositions of The Dissolved And Exchangeable Cations in Soils Upon Irrigation With High Sodium Waters. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.*, 22;122-124.
- Brown, J. J. and Glenn, E.P., 1999. Reuse of Highly Saline Aquaculture Effluent To Irrigate A Potential Forage Halophyte, Suaeda Esteroa, *Aquacult. Eng.* 20 (1999), pp. 91–111.
- Bunchter, B., Hinz, C, Flury, M. and Flükler, H.1995. Heterogeneous Flow And Solute Transport in An Unsaturated Stony Soil Monolith. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.* 59; 14-21.
- Burns, I.G. 1974. A Model For Predicting The Redistribution of Salts Applied To Fallow Soils After Excess Rainfall Or Evaporation. *Journal of Soil Science*, 25; 165-178.
- Cameron, D. R., De Jong, E., Read, D.W.L. and Oosterveld, M., 1981. Mapping Salinity With Elektomagnetic Induction And Satellite – Based Navigation Methods. *Can. J. Soil. Sci.* 74:335-343.
- Cannon, M.E., McKenzie, R.C. and Lachapelle, G., 1994. Soil Salinity Mapping With Electromagnetic Induction and Satellite-Based Navigation Methods. *Canadian Journal of Soil Science*, V. 74, p.335-343.
- Carter,D.L., and Fanning, C.D., 1964. Combining Surface Mulches And Periodic Water Application For Reclaiming Saline Soils . *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.*28;564-567.
- Carter, L.M., Rhoadas, J.d., Chesson, J.H., 1993. Mechanization of Soil Salinity Assessment for Mapping. An ASAE Metting Presentation Paper No: 931557. Web: [www.ars.usd.gov](http://www.ars.usd.gov). Erişim: 08.08.2008.
- Cassel, D.K. 1971. Water And Solute Movement Suesa Loam For Two Water Management Regime. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.* 35;859-866.
- Ceuppens, J., M.C.S.Wopereis, and K.M. Miezán, 1997. Soil Stalination Processes in Rice Irrigation Schemes in The Senegal River Delta. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61:1122–1130
- Change, C., T.G. Sommerfeldt, and T. Entz. 1988. Soil Salinity And Sand Content Variability Determined By Two Statistical Methods An Irrigated Saline Soil. *Can. J. Soil Sci.* 68:209–221.
- Childs, S.W. and Hanks, R.J. 1975. Model of Soil Salinity Effects on Crop Growth. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.* 39;617-622.
- Corwin, D. L. And Rhoades, J. D., 1982. An Improved Technique For Determining Soil Electrical Conductivity – Depth Relation From Above – Ground Electromagnetic Measurements. *Soil sci. Soc. Am. J.* 46:517-520.
- Corwin, D.J. and Lesch, S.M. 2003. Application of Soil Electrical Conductivity to Precision Agriculture: Theory, Principles and Guidelines. *Agronomy Journal* 95: 455-471 (2003).
- Corwin, D.J. and Lesch, S.M. 2005. Apparent Soil Electrical Conductivity Measurements in Agriculture. *Computer and Electronics in Agriculture* 46 (2005): 11-43.

- Corwin, D.J., 2005. Mapping, Monitoring, and Assessment of Salinity Using Apparent Soil Electrical Conductivity. *Managing Saline Soils and Water: Science, Technology and Soil Issues*. April 25-27 2005. Riverside, CA pp: 125-128.
- Curtin, D., and Syers, J.K., 1990. Influence of Nitrate And Chloride on The Adsorption And Transport of Sulfate in Soils. *Journal of Soil Sci.*, 41;433-442.
- Çınar, A.I., 1978. Kazova Sodik Topraklarının Islahı İçin Verilmesi Gerekli Jips ve Yıkama Suyu Miktarları İle Yıkama Süresinin Tespiti. *Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları*. Topraksu Araş. Enst. Müd. Yayınları No: 18/11
- Çiftçi, N., Kara, M., Uğurlu, N., Yılmaz, M. 1995. Konya Ovasında Drenaj Suları İle Sulanan Arazilerde Tuzluluk ve Sodyumluluk Sorunları, 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, Kültür Teknik Derneği Yayını, S:471-481, Antalya,Kemer
- Çiftçi, N., Topak, R., Yılmaz, A. M. ve Süheri, S. 2004. Konya Ovası Tuzlu Sodyumlu Topraklarında Jips Uygulaması. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu. 20-21 Mayıs, Ankara. T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı DSİ Gen. Müd. Bildiri Kitabı, 117-121.
- Davidson J. L., Quirk, J.P. 1960 The Influence of Dissolved Gypsum on Pasture Establishment on Irrigated Sodic Slays. *Aust. J. Agric. Res.*, Voli 12 No:1
- Davidson J.L., Quirk, J.P., 1961. the Influence of Dissolved Gypsum on Pasture Establishment on Irrigated Sodic Calys. *Aust. J. Agri. Res.* 12:100-110.
- Davidson, J.M., Nielsen, D.R., Biggar, J.W. 1963. The Measurements And Description of Water Flow Through Columbia Şilt Loam And Hesperia Sany Loam. *Hilgardia*, 34;601-617.
- Day, P.R. 1956. Dispersion of A Moving Salt Boundary Advancing Through Saturated Sand. *Trans. Amer. Geophy. Union.* 37;595-601.
- De Jong, E., A.K. Ballantyne, D.R. Cameron, and D.W.L. Read. 1979. Measurement of Apparent Electrical Conductivity of Soils by an Electromagnetic Induction Probe to Aid Salinity Surveys. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 43:810-812.
- Dieleman, P.J. 1963a. Dynamics of Salt in The Soil-Water System. *Land Drainage Principles And Application*. Volume II. ILRI (editör in press), Wageningen.
- Dieleman, P.J. 1963b. Ed. Reclamation of Salt Affected Soils in Iraq. *Int. Inst. For land Rec. And Imp, H. Veenman and Zonen N.V/ Wageningen* S: 30-40
- Doering, E.J., Reeve, R.C., and Stochinger, K.P. 1964. Salt Accumulation And Salt Distribution As An Indicator of Evaporation From Fallovv Soils. *Soil Sci.* 97;312-319.
- Doğan, D., A. Yarpuzlu, 1983. Aşağı Seyhan Ovası Tuzlu Sodyumlu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Jips, Yıkama Suyu Miktarı ve Yıkama Süresinin Tespiti. *B.T.A.E. Yayınları Tarsus*.
- Dorsan, F., 1988. Gediz Havzası'nın Tuzlu, Tuzlu Alkali Topraklarının Islahı ve Tarımsal Üretim Gücünün Yükseltilmesi İçin Alınması Gereken Kültürteknik Önlemleri Üzerine Bir Araştırma (Doktora Tezi). *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, İzmir*.

- Dutt, G.R. 1963. Development of A Computer Program To Calculating The Ionic Composition of Percolating Waters. Irr. Univ. of Califofnia . Davis. Contribution No:50.
- Dyson, J.S. and White, R.E. 1987. A Comparisons of The Convection Dispertion Equation And Transfer Function Model For Predicting Chloride Leaching Through An Undisturbed Structured Clay Soil. Journal of Soil Sci. 38; 157-172.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T., 2005. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 20(3):118-123.
- Emdad, M. R., Raine, S. R., Smith, R. J., Fardad, H., 2004. Effect of Water Quality on Soil Structure And Infiltration Under Furrow Irrigation. Irrig Sci. 23: 55-60.
- Ergene, A. 1962. Toprak Kimyası. Ders Notu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 128, Erzurum.
- Ergene, A., 1982. Toprak Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Erzurum
- Ergene, A., 1993. Toprak Biliminin Esasları. Ders Notu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 267.
- Erözel, A. Z. ve Açar, A. 1992. Sulamada Tuzlu Suların Kullanım Olanakları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını. 1333, Ankara.
- Feijtel, T.C., Moore, P.A., McKee, K. and Mendelsohn, I. 1989. Salinity And Fooding Level As Determinants of Soil Solution Composition And Nutrient Content in Panicum Hemitomum. Plant And Soil, 114(2); 197-203.
- Fireman, M. 1957. Salinity and Alkali Problems in Relation to High Water Tables in Soils. Drainage of Agricultural Lands. Edited James N. Luthin. American Society of Agronomy Madisons Wisconsin USA.
- Fritton, D.D., Kirkham, D., and Shaw, R.H. 1967. Soil Water Chloride Redistribution Under Various Evaporation Potentials. Soil Sci. Soc. Am. Proc.J., 31;599-603.
- Garcia, C, Hernandez, T. 1996. Influence of Salinity on The Biological And Biochemical Activity of A Calciarthird Soil. Plant and Soil. 178(2);255-263.
- Gardner, W.R. and Brooks, R.H. 1956. A Descriptive Theory of Leaching. USDA. Soil. Sci, 83, No:4, U.S.A.
- Gardner, W.R. and Brooks, R.H. 1957. A Descriptive Theory of Leaching. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J. 83;295-304.
- Gemerding, A.P., Wagenet, R.J., and Van Genuchten, M.T., 1990. Application of Two-Site/Two Region Models For Studying Simultaneous None Equilibrium Transport And Degradation of Pesticides. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J. 54;957-963.
- George R.J., Bennet, D.I., Arkell, P.T. and Vukelic, B., 1994. Soil Salinity in the South West Irrigation Area. Extent and Management Options, in Happer R.J., Compiler, Soils 94 Triennial Western Australian Soil Science Conference, 3 rd, Busslton 1994. Proceedings P 101-108
- George, R. and Bennett, D., 2001. Salinity Mapping Using Ground EM Systems in High Rainfall Agricultural Areas of Southwest WA. Salinity Mapping Methods-

Technical Report. Salinity Mapping Methods in the Australian Context P 133-137.  
Web: [www.nrm.gov.au](http://www.nrm.gov.au)

- George, R. and Bennett, D., 2005. Salinity Mapping in High Rainfall Agricultural Area of South-west WA. Department of the Environment and Heritage and Agriculture Fisheries and Forestry, June 2005. Web: [www.nrm.gov.au](http://www.nrm.gov.au). Erişim: 27.07.2007.
- German, P., Beven, K. 1981. Water Flow in Soil Macropores. I. An Experimental Approach. *Journal of Soil Sci.*, 32;1-13.
- Ghuman, B.S., and Prihar, S. 1980. Chloride Displacement By Water in Homogenous Columns of Three Soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*J. 44; 17-21.
- Gordon, I., 2003. Defining Soil Salinity And Its Potential Implications For Road Design in Queensland. Web Sayfası: <http://www.mainroads.qld.gov.au>. Erişim Tarihi: 14.09.2007.
- Greenspain, M., 2006. Practical and Meaningful Soil Mapping. Web: [www.Winebusiness.com](http://www.Winebusiness.com). Erişim: 22.09.2008
- Grieve, C.M., Suarez, D.L., Shannon, M.C. 1999. Effect of Saline Irrigation Water Composition on Selenium Accumulation By Wheat. *Jour. of Plant Nutrition.*, 22(9); 1443-1450
- Gupta, R.K., Bhumbla, D.K. and Abrol, K. . 1984. Sodium-Calcium Exchange Equilibrium in Soils As Affected By Calcium Carbonate And Organic Matter. *Soil Sci.* 138(2); 104-114.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z. 1994. Drenaj ve Arazi Islahı. A.Ü.Z.F. Yayınları No: 1341, Ders kitabı:389, Ankara, 325s.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z., Yıldırım, Y.E. ve Öztürk, A. 1992. Yıkama Suyu Kalitesinin Toprak Kolonunda Oluşturduğu İyon Değişimlerinin Belirlenmesi. A.Ü.Z.F. Yayınları: 1242, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler:683,43s. Ankara.
- Hajrasuliha, S., N. Baniabbassi, J. Metthey, and D.R. Nielsen. 1980. Spatial Variability of Soil Sampling For Salinity Studies in Southwest Iran. *Irrig. Sci.* 1:197–208.
- Hamdy A. 1998. Saline Irrigation Management For A Sustainable Use. in, Sustainable Use of Non Conventional Water Resources in The Mediterranean Region, April 10-30, 1998,91-144.
- Hansen, V.E., Israelsen, O. 1965. *Irrigation Principles and Practices*. Third edition, John Wiley and Sons. Inc. New York. S: 909-920
- Harron WRA, Webster GR, Cairns RR. 1983. Relationships Between Exchangeable Sodium And Sodium Adsorption Ratios in A Solonetzic Soil Association. *Canadian Journal of Soil Science* 63: 461–467.
- Hartge, K.H., 1966. *Zeitschrift tur Vvasier And Boden*, 18; 19-22., Verlag Paul Paley, Berlin.
- Hedley, C. B., Yule, I. J., Eastwood, C. R., Shepherd, T. G., Arold, G., 2004. Rapid Identification of Soil Textural And Management Zones Using Electromagnetic Induction Sensing of Soils. *Australian Journal of Soil Research*, 2004. 42, 389-400.

- Hendrickx, J.M.H., Baerends, B., Koza, Z.I., Sadig, M. and Arkam Choudhry, M., 1992. Soil Salinity Assessment by Electromagnetic Induction of Irrigated Land. Soil Science Society of America Journal Volum 56, No:6.
- Hoffman, G. J. and Jobs J. A., 1983. Leaching Requirement For Salinity Control III. Barley, Cowpea, And Celery. Agricultural Water Management, Volume 6, Issue 1, March 1983, Pages 1-14
- Hojberg, L., and George, R.J., 1995. EM 38 Correlation With Soil Salinity and Yield of Irrigated Pastures in South Western Australia. Bunbury, Resource Management, Agriculture Western Australia P 25
- Hulsbes, W.C. 1960. Leaching of Saline Soil in Iraq. Netherlands Journal of Agri. Sci. Vol;8
- Huseman, C, Wolkewitz, H., and Phalke, K. 1964. Stellungnahme Zum Problem Der Drainabstandbestimmung Auf Grund Bisheriger Untersuchungen Des Instituts F. Kulturtechnik 4. Flurbereinigung, 5, Ver. Paul Parey, Berlin.
- Hussain,G., Aljalaud, A.A., Al-Shammery, S.F., Karamulas, S. 1995. Effect of Saline Irrigation Water on Biomas Yield, And The Protein, Nitrogen, Phosphorus And Potassium Composition of Alfalfa in A Pot Experiment. Journal of Plant Nutrition , 18(11);2389-2408.
- Irvine, S.A. and Doughton J.A., 2001. Salinity And Sodidity, Implications For Farmers in Central Queensland. in 'Proceedings of The 10<sup>th</sup> Australian Agronomy Conference'. Australian Society of Agronomy [www.regional.org.au/au/asa/2001/](http://www.regional.org.au/au/asa/2001/) Erişim Tarihi: 12.09.2008
- Inceoğlu, İ., Munsuz, G., Özel, N., 1976. Bor-Pınarbaşı Çorak Islahı Araştırmaları. TÜBİTAK Yayınları No:323, TOAG Serisi No:56. Ankara.
- Jackson, R.D.1964. Water Vapour Diffusion in Relatively Dry Soil. Instead- State Experiments. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J. 28(2);172-176.
- Jung, W.K., Kitchen, N.R., Sudduth, K.A., Kremer, R.J. and Motavalli P. P., 2005. Relationship of Apparent Soil Electrical Soil Electrical Conductivity to Claypan Soil Properties. Soil. Sci. Soc. Am. J. 69: 883-892 (2005).
- Jury, W.A. 1982. Simulation of Solute Transport Using A Transfer Function Model. Water Resour. Res. 18;363-368.
- Jury, W.A., Jarrell, W.M, and Dewitt, D. 1979. Reclamation of Saline-Sodic Soil By Leaching. Soil Sci. Soc. Am. Proc.J.43;l 100-1106.
- Kachanowski, R:G., Gregorich, E.G., Van Wesenbeeck, I. J., 1998. Estimating Spatial Variations of Soil Water Content Using Non-Contacting Electromagnetic Inductivity Methods. Canadian Journal of Soil Science 68, 715-722.
- Kaffka, S.R., Lesch, S.M., Bali, K.M., and Corwin, D.L., 2005. Site-Spesific Management in Salt Effected Sugar Beet. Fields Using Electromagnetic Induction. Computers and Agriculture 46 (2005) 329-350.
- Kanber, R., Kırdı, C. ve Tekinel, O., 1992. Sulama Suyu Niteliği ve Sulamada Tuzluluk Sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:21, Ders Kitapları Yayın No:6, Adana.

- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S. ve Yılmaz, N., 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. Web Sayfası: [www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/013rizakanber.pdf](http://www.zmo.org.tr/etkinlikler/6tk05/013rizakanber.pdf)  
Erişim Tarihi: 10.10.2006
- Kara, T. ve Apan. M., 2000. Tuzlu Taban Suyunun Sulamalarda Kullanımı İçin Bir Hesaplama Yöntemi. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 15(3):62-67.
- Kaul, B.K.1964. Physi kalisch-Chemische Erscheinungen beim stromen einer Flüssigke-  
Ittdurch Tonmineralien, 8.int. Bodenkudnicher Kong. Bodenphysik 1;244-245,  
Bucharest/Romania.
- Kayael, N., 1985. Keçiborlu Kükürt İşletmesi Atıkların Bölge Tarım Kooperatiflerinin  
Kullanım Olanakları. A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Özetleri (1982-1987).
- Kazman, Z., Shainberg, I., Gal, M., 1983. Effect of Low Levels of Exchangeable Na  
and Aplplied Phosphogypsum on the Infiltration Rate of Various Soils. Soil Sci.  
35:184-192.
- Kelley, W. P., 1951. Alkali Soils, Their Formation, Properties And Reclamation.  
Reinhold Publishing Corporation. New york, U.S.A
- Kelley, W.P. 1960. Alkali Toprakların Teşekkülleri Özellikleri ve Islahları. Teknik  
Araştırmalar No: 1 (Çeviri:Ö. Beyce), Adana
- Keller, J., Alfaro, S.J. 1966. Effect of Water Application Rate on Leaching. Soil Sci.  
102;107-114.
- Khosla, B.K., Gupta, R.K, Abrol, I.P. 1979. Salt Leaching And The Effect of Gypsum  
Application in A Saline Sodic Soil. Agricultural Water Management Cent. Soil  
Sal. Res. Fast Kanral, India.
- Kwiatkowski, J., Marciak, L.C., Wentz, D., Vanderplyim, H. 1994 Salinity Mapping by  
Landscape Within the County of Vulcan, Alberta. Agriculture – Building a Healt  
by Environment. Alberta – Canada.
- Lamsal, K., Paudyal, G.N., Saeed, M. 1999. Model For Assesing Impact of Salinity on  
Soil Water Aavailability And Crop Yield. Agri. Water Management, 41(1):57-70.
- Lang, H.F., Pannkuk, T.R., 1998. Effects of Fertilizer Concentration And Minimum  
Leach Drip Irrigation on The Growth of New Guinea Impatiens. Horstscience  
33(4);683-688.
- Lange, M.L., Webb, B.L., Jolley, V.D., and Nelson, S.D., 2005. Long-Term Effects of  
Suface Applied Amendments in Reclamation of Sodic Soil. Western Nutrient  
Managment Conferance. 2005.vol. 6. Salt Like city.UK.
- Lee, J., Jaynes,D.B., and Horton, R. 2000. Evaluation of A Simple Method For  
Estimating Solute Transport Parameters: Laboratory Studies. Soil Sci. Soc. Am.  
Proc.J., 64;492-498.
- Lesch, S. M., Rhoadses, J. D., Lund, L. J. and Corwin, D.L., 1992. Mapping Soil  
Salinity Using Calibrated Electromagnetic Measurements. Soil Sci. Soc. Am. J.  
56:540-548.
- Lesch, S. M., Strauss D., J. And Rhoadses, J. D., 1995a. Spatial Prediction of Soil  
Salinity Using EM Induction Techniques, 2, An Efficient Spatial Sampling

- Algorithm Suitable For Multiple Linear Regression Model Identification And Estimation. *Water Resource. Res.* 31:387-398
- Lesch, S.M., Strauss, D. J., Rhoades, J.D., 1995b. Spatial Prediction of Soil Salinity Using Electromagnetic Induction Techniques 1. Statistical Prediction Model: A Comparison of Multiple Linear Regression and Cokriging. *Water Resources Research*, vol.3 No: 2, Pages 373-386. February 1995.
- Lesch, S.M., Corwin, D.L. and Robinson, D.A., 2005. Apparent Soil Electrical Conductivity Mapping A5 an Agricultural Management Tool in Arid Zone Soils. *Computers and Electronics in Agriculture* 46 (2005) 351-378.
- Lilienthal, H., Itter, C, Rogasik, J., and Schnug, E., 2005. Comparison of Different Geoelectric Measurement Techniques to Detect in-Field Variability of Soil Parameters. *Land Bouforshung Volkenrade* 4 /2005 (55): 237-243.
- Lunda, E.D. Colin, P.E., Christy, D., Drummond, P.E., 1999. Applying Soil Electrical Conductivity Technology to Precision Agriculture. in *Proceedings of 4th International Conference on Precision Agriculture*. St Paul, Minnesota, 19-22 July 1999. (Eds PC Robert, RH. Rust) pp. 1089-1100. (Soil. Sci. Society of America: Madison, WI).
- Maas, E.V. and Hoffman, G.J., 1977. Crop Salt Tolerance-Current Assessment. *J. Irrigation and Drainage Division., ASCE* 103 (IR2): 115.
- Mace, J.E., Amrhein, C.; Oster, J.D.;1999. Comparison of Gypsum and Sulfuric Acid for Sodic Soil Reclamation *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 13:171-188,1999
- Mavi, A. 1981. Bafra Ovasındaki Tuzlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Yıkama Süresi. Genel Yayın No:1 1, Rapor Yayın No:9, Samsun.
- McBride R.A., Gordon A.M., Shrive, S.C., 1990. Estimating Forest Soil Quality From Terrain Measurements of Apparent Electrical Conductivity. *Soil Science Society of American Journal* 54, 290-293.
- McKenzie, R.C., George, R.J., Wood, M.E., Cannon and Bennett, D.I., 1997. Use of Electromagnetic Induction Meter (EM 38) as a Tool in Managing Salinization. *Hydrogeology Journal V.S. NO: 1.* 1997
- McKenzie, R.C., 2000. Salinity Mapping and Determining Crop Tolerance With an Electromagnetic Induction Meter (Canada). EM 38 Workshop, New Delhi India. Feb 4, 2000.
- McNeal, B. L., 1968. Prediction of The Effect of Mixed Salt Solutions on Soil Hydraulic Conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 31: 190-193.
- McNeal, B.L., Oster, J.D. and Hatcher, J.T., 1970. Calculation of Electrical Conductivity From Solution Composition Data As An Aid To in Situ Estimation of Soil Salinity. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34:405-414.
- McNeill, J.D., 1980 Electromagnetic Terrain Conductivity Measurement low Induction numbers: Mississauga, Ontario, Geonics Limited Technical Note TN-6, 15P

- McNeill, J.D., 1986. Rapid, Accurate Mapping of Soil Salinity Using Electromagnetic Ground Conductivity Meters: Mississauga, Ontario, Geonics Limited, Technical Note. TN- 18 33 p.
- McNeill, J. D., 1992. Rapid, Accurate Mapping of Soil Salinity by Electromagnetic Ground Conductivity Meters. in Advance in Measurement of Soil Physical Properties: Bring Theory into Practice. SSSA Special Publication No:30 pp. 209-229.
- Meiri, A. and Plaut, Z. 1985. Crop Production And Management Under Saline Conditions, Plant and Soil 89;253-271.
- Menenti, M. 1984. Physical Aspect And Determination of Evaporation in Deserts Applying Remote Sensing Techniques. Ph.D. Thesis. Wageningen. The Netherlands, 202p.
- Meternicht, G.I., Zinck, J.A. 2003. Remote Sensing of Soil Salinity: Potentials and Constraints Remote Sensing of Environment 85 (2003) 1-20
- Miller,RJ., Biggar, J.W., and Nielsen , D.R., 1965. Chloride Displacement in A Panoche Clay Loam in Relation To Water Movement And Distribution . Water Resour. Res., 1;23-73.
- Minhas, P.S. and Khosla, B.K., 1987. Leaching of Salts As Affected By The Method of Water Application And Atmospheric Evaporability Under Shallow And Saline Water-Table Conditions. J. Agric. Sci. 109 (1987), pp. 415–419.
- Minkas, P.S., Naresh, R.K., Chauhan C.P.S., Gupta, R.K. 1994. Field Determined Hydraulic Properties of A Sand Loam Soil Irrigated With Various Salinity And SAR Waters. Agri. Water Management. 25(2);97-108.
- Mondal, R.C., Sharma, D.R. 1979. Effect of Long-Term Use of Saline Irrigation Water on Wheat Yield And Soil Salinity. Indian Journal of Agricultural Sciences Cent. Salinity Research Ins. Karnal, Haryana, India.
- Moore, J.J. 1963. Physical Chemistry. Prentice Hall Book Co. USA.
- Moreno, F., Cabera, F., Andreu, L., Vaz, R., Martinaranda, J., and Vachaud, G., 1995. Water Movement And Salt Leaching in Drained And Irrigated Marsh Soils of Southwest Spain. Agricultural Water Management, 27(1);25-44.
- Munsuz, N., Çaycı, G. ve Ok, S. S., 2001. Toprak Islahı ve Düzenleyiciler. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları, No: 1518, Yardımcı Ders Kitabı: 471.
- Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. 1961. Miscible Displacement in Soils. I. Experimental Information. Soil Sci. Soc. Am. Proc.J.25;1-5.
- Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. 1962. Miscible Displacement in Soils. III. Theoretical Considerations. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J. 26;216-221.
- Nielsen, D.R. and Biggar, J.W. 1963. Miscible Displacement in Soils. IV. Mixing in grass beads. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J. 27;10-13.
- Nissen, H.H., Moldrup, P., Kachanoski, R.G., 2000. Time Domain Reflectometry Measurements of Solute Transport Across a Soil Layer Boundary. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J., 64;62-74.

- Nogues, J., Robinson, D. A., Herrero, J., 2006. Incorporating Electromagnetic Induction Methods into Regional Soil Salinity Survey of Irrigation Districts. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70:2075–2085 (2006).
- O’Leary, G.J., Grinter, V., Mock, I., 2008. Optimal Transect Spacing for EM 38 Mapping for Dryland Agriculture in the Murray Mallee, Australia. Web Adresi: [www. cropsceience.org.au](http://www.cropsceience.org.au). Erişim: 18.11.2008.
- Odeh, I.O.A., A.B. McBratney, and Chittleborough, D.J., 1995. Further Results on Prediction From Terrain Attributes: Heterotopic Co-Kriging And Regression-Kriging. *Geoderma* 67:215–236.
- Oster, J.D., Frenkel, H. 1980. The Chemistry of Reclamation of Sodic Soils With Gypsum And Lime . *Soil Sci. Soc. Am. Proc.J.* 44;41-45.
- Oster, I.D. 1994. Irrigation With Poor Quality Water. *Agricultural Water Management* Vol.25,Iss 3, p 271-297
- Ömer, S.M. 1994. Tuzlu Alkali Topraklarda İyon Taşınmasına Ait Simulasyon Modeli ve Programlanması. A.Ü.F.B. Enstitüsü Doktora tezi, Ankara.
- Özdemir, N., 1998. Toprak Fiziği. OMÜ Yayınları, Ders Kitabı No: 30.
- Özden, M., Ören, E., 1986. İğdir Ovası Tuzlu, Sodyumlu ve Borlu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Jips İhtiyacı, Yıkama Suyu Miktarı ve Yıkama Süresinin Saptanması. Köy Hizmetleri Genel Md. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları Gn. Yay.No. 12 Erzurum.
- Özkara, M., 1981. Ege Bölgesinin Tuzlu Sodyumlu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Jips ve Yıkama Suyu Miktarı ile Yıkama Süresinin Tesbiti. BTAE Yayınları Yayın No:70 Menemen.
- Öztürk, A., 1989. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Tuzlulaşma Süresi ve Yıkama İhtiyacının Saptanması. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Yüksek Lisans Tezi.
- Öztürk, H.S. 2000. Tuzlu Toprakların Su Akış Hızının İyon Hareketi Üzerine Etkisi. A.Ü. Fen Bilimleri Ens. Doktora Tezi, Ankara.
- Paltwal, K.V., and Gandhi, A.P. 1976. Effect of Salinity, SAR, Ca/Mg Ratio in Irrigation Water And Soil Texture on The Predictability of Exchangeable Sodium Percentage. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.J.* 122(2);85-90.
- Panin, P.I. 1962. Salt Discharge From Soil And Determination of Leaching . *Soviet Soil Sci.*,7;703-709.
- Parlange, J.Y., Haverkamp, R., and Touma, J., 1985. Infiltration Under Poned Condition: I. Optimal Analytical Solution And Comparison With Experimental Observations. *Soil Sci.*, 139;305-311.
- Patterson, A. R., 2001. Consideration of Soil Sodidity When Assessing Land Application. Environmental&Health Protection Guidelines Technical Sheet Reference 01/7. Web Sayfası: [www.dlg.gov.au/dlg/dlghome/document/septicsafe/draftsodicity.pdf](http://www.dlg.gov.au/dlg/dlghome/document/septicsafe/draftsodicity.pdf). Erişim Tarihi: 10.10.2008
- Peryea, F.J., Bingham, F.T. and Rhoades, J.D. 1985. Regeneration of Soluble Boron By Reclaiming High Boron Soils . *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.* 49;313-316.

- Poliwal, K.V. 1982, A Review on Solute Movement in Soil. State of Organization For Land Reclamation. General Establishment for Design and Research, Baghdad.
- Poonia, S.R. and Talibudeen, O., 1977. Sodium Calcium Exchange in Salt-Affected And Normal Soils. *Journal of Soil Sci.* 28;276-288.
- Prather, R.J., Goertzen, J.O., Rhoades, J.D., and Frenkel, H., 1978. Efficient Amendment Use in Sodic Soil Reclamation. *Soil Sci. of Am. J.* 42(5);782-786. USDE/SEA Salinity Lab., Riverside, California.
- Preat, J.p., and Gillgren, D., 2005. Mapping Crop Production With Tomorrow's Technology Final Report MAF – Sustainable Farming Fund. Grant Number: 01/187 Project No: 4930. December 2005. Lincoln Ventures Ltd. Private Bag 3062, Hamilton.
- Prendergast, J.B.1995. Soil Water Bypass And Solute Transport Under Irrigated pasture. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.* 59;1531-1539.
- Prichard, T.L., Meyer, J.L., Hoffman, G.J., Kegel, F.R., Roberts, R. 1983. Relationship of Irrigation Water Salinity. *California Agriculture.* 37;7-8 , California, USA.
- Pupisky, H. and Shainberg, I. 1979. Salt Effects on The Hydraulic Conductivity of A Sandy Soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.J.* 43(3);429-433.
- Rahman W.A. and Rowell, D.L., 1979., The Influence of Magnesium in Saline And Sodic Soils: A Specific Effect Or A Problem of Cation Exchange?. *J. Soil Sci.* 30 (1979), pp. 535–546
- Rao, D. L.N. and Ghai, S. K., 1985. Urease and Dehydrogenase Activity of Alkali and Reclaimed Soils. *Aust. J. Soil Res.*, 1985, 23, 661-5
- Reeve, R.C., Pillsbury, A.F. and Wilcox, L.V., 1955. Reclamation of Saline and High Boron Soil in The Coachalla Valley of California, Hilgardia, USA. 24;69-91.
- Reeve, R.C. 1957. The Relation of Salinity To Irrigation And Drainage Requirements. *Congr. irrigation Drainage* 5.(10); 175-187.
- Reeve, R. C., Bower, C. A., 1960: Use of High Salt Waters As A Flocculant And Source of Divalent Cations For Reclaiming Sodic Soils. *Soil Sci.* 90, 139-144.
- Reeve, R.C. 1961. Factors Which Affect Permeability. *ASA, Agron* , 7;404-413,
- Reeve, R.C. and Doering, E.J. 1965. Field Comparison of the High-Salt-Water Dilution Method and Conventional Methods for Reclaiming Sodic Soils. VI. Cong., Intl.Comn. on Irrigation and Drainage, Ques, 19,1-14 p., New Delhi, India.
- Rengasamy, P. and Olsson, K. A., 1993. Irrigation and Sodcity. *Aust. J. Soil Res.* 31: 821-37.
- Rhoades, J.D., Ingulson, R.D., and Hatccher, J.T., 1970. Laboratory Determination of Leachable Soil Boron. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.* 34;938-941.
- Rhoades, J.D., S.M. Lesch, P.J. Shouse, and Alves, W.J., 1989. New Calibrations For Determining Soil Electrical Conductivity-Depth Relations From Electromagnetic Measurements. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 74–79.
- Rhoades, J.D., Kandiah, A. and Mashali, A.M., 1992. The Use of Saline Waters For Crop Production. *FAO Irrigation and Drainage Paper No:48*, p: 1 -33, Rome.

- Rhoades, J.D., Lesch, S.M., Lemert, R.D., Alves, W.J., 1997. Assessing Irrigation/Drainage/Salinity Management Using Spatially Referenced Salinity Measurements *Agricultural Water Management* 35 (1997) 147-165.
- Rhoades, J.D., F. Chanduvi, and Lesch, S.M., 1999. Soil Salinity Assessment. Methods And Interpretation of Electrical Conductivity Measurements. FAO Irrigation and Drainage Paper 57. FAO, Rome.
- Rhoades, J.D., Lesch, S.M., Lemert, R.D. and Alves, W.J., 2006. Assessment of Salinity and Irrigation / Drainage Practices. Web Sayfası: [www.ars.usda.gov](http://www.ars.usda.gov)., Erişim Tarihi: 27.05.2007
- Robbins, C.W., Jurinak, J.J. and Wagenet, R.J., 1980. Calculation Cation Exchange in A Salt Transport Model. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.* 44; 1195-1199.
- Robinson, D.A., Lebron, I., Lesch, S.M. and Shouse, P., 2004. Minimizing Drift in Electrical Conductivity Measurements in High Temperature Environments Using the EM38. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 339-345 (2004)
- Rose, D.A. 1963a. Water Movement in Porous Materials: Pat I. Isothermal Vapour Transfer. *British Journal of Applied Physics* 14;256-262.
- Rose, D.A. 1963b. Water Movement in Porous Materials: Pat II. The Separation of The Components of Water Movement. *British Journal of Applied Physics* 14;491-495.
- Saatçılar, M. H., 1989. Salihli Söke Ovalarında Bandırma Gübre Sanayi Atığı Jipsli Materyalinin Çorak Toprakların İslahında Kullanım Olanakları. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Menemen Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No:152
- Sadig, M., Hassan, G, Mehdi, S.M., Hussian, N., and Jamil, M., 2007. Amelioration of Saline-Sodic Soils With Tillage Implements And Sulfuric Acid Application. *Pedosphere* 17(2):182-190. 2007
- Schwap, G.O., Fausey, N.R., Kopcak, D.E. 1980. Sediment And Chemical Content of Agricultural Drainage Water. *Transactions of The American Society of Agricultural Engineers*, 23(6); 1446-1449.
- Selassie, T.K., Jurinak, J.J., and Dudley, L.M., 1992. Saline And Sodic Saline Soil Reclamation :First Order Kinetic Model. *Soil Sci.* 154; 1-7.
- Selim, H.M. and Mansell, R.S. 1976. Analytical Solution of The Equation For Transport of Reactive Solutes Through Soils. *Water Resources Research.* 12(3);528-532.
- Sevgilioğlu, M., 1986. Harran Ovası Tuzlu Sodyumlu Toprakların İslahı İçin Gerekli Jips, Yıkama Suyu Miktarı ve Süresi. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Müdürlüğü Yayınları Yayın No: 31 Şanlıurfa.
- Shalhevet, J. and Bernstein, L. 1967. Effects of Vertically Heterogeneous Soil Salinity on Plant Growth and Water Uptake. *Soil Sci.*, Vol. 106:2, U.S.A.
- Shalhevet, J. and Yaron, B., 1973. Effect of Soil And Water Salinity on Tomato Quality. *Plant And Soil*, 39: 285-292.
- Sharma, D.P. and Gupta, S.K., 2000. Application of EM38 for Soil Salinity Appraisal: An India Experience. EM 38 Workshop, New Delhi, India, Feb.4.2000

- Shaw, R. J., & Thorburn, P. J., 1985. Prediction of Leaching Fraction from Soil Properties Irrigation Water and Rainfall. *Irrigation Science*, 6, 73-83
- Simmons, C.T., Narayan, K.A. 1998. Modelling Density-Dependent Flow And Solute Transport At The Lake Tutchewop Saline Disposal Complex, Victoria. *Journal of Hydrology* 1998. 206(3-4);219-236.
- Sing, B., and Narain, P., 1980. Effect of The Salinity Irrigation Water on Wheat Yield And Soil Properties. *Indian Jour. of Agri. Sci. R.B.S. Cali. Bichpuri, Agra* 283, 105 U.P. India.
- Slavich, P.G. and Petterson G.H. 1990. Estimating Average Rootzone Salinity From Electromagnetic Induction (EM38) Measurements. *Australian Journal of Soil Research* 28 (3) 453-463.
- Sourell, H. And Al-Karadsheh, E., 2008. Precision Irrigation Toword Improving Irrigation Water Management. Web Sayfası: <http://afeid.Montpellier.Cemagref.fr>. Erişim Tarihi: 03.06.2008
- Sönmez, B., 1988. Kükürt Fabrikasyon Atıklarının Sodyumlu Topraklarda Islah Maddesi Olarak Kullanım İmkanlarının Belirlenmesi. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No :158. Ankara.*
- Sönmez, B.1990. Tuzlu ve Sodyumlu Topraklar. Köy Hizmetleri Araştırma Ens. Müd. Yayınları, Genel Yayın No:62, Teknik Yayın No: 17, Şanlıurfa.
- Sönmez, B., 1991. Tuzlu ve Alkali Toprakların Islah Kriterlerinin Programlama Tekniği Kullanılarak Belirlenmesi ve Tarla Denemeleriyle Kalibrasyonu. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No :176. Ankara.*
- Sönmez, B. ve Beyazgül, M., 2008. Türkiye’de Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Islahı ve Yönetimi. *Sulama ve Tuzlanma Konferansı 12-13 Haziran 2008, Şanlıurfa.*
- Sönmez, N., ve Tekinel, O., 1969. Ziraat Fakültesi Yıllığı Fasikül 3-5/696-697. A.Ü.Z.F Yayınları, Ankara.
- Sönmez, N., Ayyıldız, M., Güngör, Y., Erözel, Z., Baumann, H., Kretschmar, R., 1980. Çumra Sulama Şebekesindeki Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Islahı Üzerine Bir Araştırma. *Türk Tarımının Geliştirilmesi Üzerine Araştırmalar. Göttingen Georg-August Üniversitesi ve Ankara Üniversitesi Ziraat Fakülteleri Arasındaki Ortaklığın Sonuçları 1966-1980. Türkçe – Almanca Sempozyum. 23 Kasım 1980. Ankara.*
- Starr, J.L., Dreoo, H.C., Frink, C.R., Parlange, J.Y., 1978. Leaching Characteristics of A Layered Field Soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.42(3);386-391.*
- Stawell, L.J. 2005. Evaluation of the Geonics EM 38 for Soil Moisture Assessment PALE Turfgrass Research Institute. November 2005. Web Sayfası: [www.Paceturf.org](http://www.Paceturf.org). Erişim Tarihi : 08.02.2006
- Subba Rea, N., Subbaiah, G.V., and Ramaiah, B. 1987. Effect of The Salinity Irrigation Vvater on Tomoto Yield And Soil Preperities. *Journal of the Indion Society of Coastral Agricultural Research, India.*
- Sudduth, K. A., Drummond S.T., Kitchen N.R., 2001. Accuracy Issues in Electromagnetic Induction Sensing of Soil electrical Conductivity for Precision Agriculture. *Computer and Electronics in Agriculture* 31, 239-264.

- Sudduth, K.A., Kitchen, N.R., Drummond, S.T. 2008 Soil Conductivity Sensing on Claypan Soils: Comparison of Electromagnetic Induction and Direct Methods. Web Sayfası: [www.engineering.purdue.edu](http://www.engineering.purdue.edu). Erişim Tarihi: 22.09.2008
- Şener, S. 1993. Ege Bölgesinde Lizimetre Koşullarında Değişik Kalitedeki Sulama Sularının Pamuk Verimine ve Toprak Tuz Dengesine Etkileri. T.C. Başbakanlık K.H.G.M. Menemen Araştırma Ens. Yayınları genel yayın : 192, Rapor Yayın No: 126, Menemen
- Tamm, C.O., Wiklander, G. and Popovic, B., 1977. Effect of Application of Sulphuric Acid to Poor Pine Forests. *Water, Air and Soil Pollution* 8 (1977) 75-87. (Abstract)
- Tanji, K.K., Donen, L.D., Ferry, G.V., Ayers, R.S., 1972. Computer Simulation Analysis on Reclamation of Salt Affected Soils in San Joaquin Valley, California. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 36:127-133
- Tanji, K.K., and Karajeh, F.F. 1991. Saline Drain Water Reuse in Agroforestry System. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 119(1); 170-180.
- Tanji, K.K., 1996. *Agricultural Salinity Assessment and Management*. Published by Am. Society of Civil Engineers, New York, USA.
- Taş, İ., Zaimoğlu, Z., 2001. Yüksek Tuz Konsantrasyonuna Sahip Suların Sulamada Kullanımının Toprak İnfiltrasyonu Üzerine Etkisi. I. Türkiye Su Kongresi, 8-10 Ocak 2001, İstanbul.
- Terkeltoub, R.W. and Babcock, K.L., 1971. A Simple Method For Predicting Salt Movement Through Soil. *Soil Sci.* 111;182-187.
- Thorne DW, Peterson HB 1954 Irrigated Soils. *Soil Science*: November 1954 - Volume 78 - Issue 5 - ppg 406
- Triantafilis, J., 1996. Quantative Assessment of Soil Salinity in The Lower Namoi Valley. PhD. Diss. Univ. of Sydney, Australia.
- Triantafilis, J., 2008, *Assessing and Managing Irrigation Salinity: Including EM surveying*. David Williams and the Salinity Management Subprogram of NSW DPI. NSW DPI, Dubbo.
- Triantafilis, J., Ahmed, M.F., and Odeh, I.O.A. 2002. Application of a mobile Electromagnetic Sensing System (MESS) to Assess Cause and Management of Soil Salinisation in an Irrigated Cotton Growing Field. *Soil. Use and Management* 18, 330-339.
- Triantafilis, J., G.M. Laslett, and McBratney, A.B., 2000. Calibrating An Electromagnetic Induction Instrument to Measure Salinity in Soil Under Irrigated Cotton. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1009–1017.
- Triantafilis, J., Huckel, A.I., Odeh, I.O.A., 2001. Comparison of Statical Prediction Methods for Estimating Field – Scale Clay Content Using Different Combination of Ancillary Variables. *Soil Science* 166, 415-427. Doi:10.1097/00010694-200106000-00007

- Triantafilis, J., Odeh, I.O.A. and McBratney, A.B. 2001. Five Geostatistical Models to Predict Soil Salinity from Electromagnetic Induction Data Across Irrigated Cotton. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65: 869- 878 (2001).
- Triantafilis, J., Huckal, A.I. and Odeh, I.O.A., 2003. Field-Scale Assessment of Deep Drainage Risk. *Irrig. Sci.* (2003) 21: 183-192
- Uhden, O. 1964. Taschenbuch landwirtschaftlicher vasserbau. Franchishe Verlagshandlung. S;33-69 and 364. Stutgard.
- Ünal, H. ve Başkaya, H. S., 1981. Toprak Kimyası. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları: 759. Ders kitabı: 218. 39-94.
- Van Alphen, J.G., Verhoeven, B., 1982. Salt Affected Land and Its reclamation. International Enstitute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen. The Netherlands.
- Van der Leilj, A., 1983. Use of Electromagnetic Induction Instrument (Type EM 38) For Mapping of Soil Salinity. Internal Report Research Branch, Water Resources Commission, NWS, Australia.
- Van der Molen, W.H.1973. Salt Balance And Leaching Requirement, in *Drainage Principles And Application* , Wageningen, The Netherlands.
- Van Genuchten and Hoffman, 1984. M.Th. Van Genuchten and G.J. Hoffman , Analysis of crop salt tolerance data. in: *Soil Salinity under Irrigation Processes and Management I.* Shainberg and J. Shalhevet, Editors, *Ecological Studies* 51, Springer, New York (1984), pp. 258–271.
- Van Hoorn, J.W. 1981. Salt Movement, Leaching Efficiency And Leaching Requirement. *Agric. Water Management.* 4;409-428.
- Van Hoorn, J.W., and Alphen, J.G. van, 1988. Salinity Control, Salt Balance and Leaching Requirement of Irrigated Soils, I.C.A.M.A.S. Mediterranean Agronomic Entitude, Bari, Italy.
- Van Hoorn, J.W. and Van Alphen, J.G., 1990. Salinity Kontrol, Salt Balance And Leaching, Lecture Notes, Wageningen.
- Van Hoorn, J.W., and Van Alphen, J. C, 1991. Salinity Control, Salt Balanced And Leaching Requirement of Irrigated Soils. Course Lectures, International Center For Advance Mediterranean Agronomic Studies of Bari, Italy.
- Van Wesenbeeck, I.J., and Kachanoski, R.G., 1994. Effect of Variable Horizon Thickness on Solute Transport. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.* 58; 1307-1316.
- Varallyay, G., 2002. Environmental Stresses Induced By Salinity/Alkalinity in The Carpathian Basin. 17th WCSS, 14-21 August, Thailand. Symp. No:33. Paper No: 1570.
- Volobouev, P.L. 1960. Salt Discharge From Soils And Determination of Leaching Norms. *Soviet Soil Sci.* 7;703-709.
- Walker, P.N., Thorne, M.D., Benham, E.C, and Sipp, S.K., 1979. Reducing Salt Pickup From Irrigated Lands. *Jur. of The Irr. And Dra. Divi.* Vol:105. No: ILRI.

- Ward, A.L., Kachanoski, R.G., and Elrick, D.E., 1995. Analysis of Water And Solute Transport Away From A Surface Point Source. *Soil Sci. Soc. Am. Proc. J.* 59; 699-706.
- Warrence, N. J., Bauder, J. W. and Pearson, E. K., 2002. Basic of Salinity And Sodidity Effects on Soil Physical Properties. Web Sayfası: [www.iav.ac.ma/agro/dss/chimieso/basics\\_salinity](http://www.iav.ac.ma/agro/dss/chimieso/basics_salinity) Erişim Tarihi: 08.06.2007
- Wild, A., 2003. *Soils, Land and Food: Managing The Land During The Twenty-First Century*. Cambridge, UK. Cambridge University Pres.
- Williams, B.G., and G.C. Baker. 1982. An Electromagnetic Induction Technique For Reconnaissance Surveys of Soil Salinity Hazards. *Aust. J. Soil Res.* 20:107–118.
- Woods, S. A., 1996. Salinity Tolerance of Ornamental Trees and Shrubs. Alberta Agriculture, Food and Rural Development. [www.agric.gov.ab.ca/soil/saltroot.html](http://www.agric.gov.ab.ca/soil/saltroot.html)
- Yadav J S P and Girdhar I K 1980 Effect of Varying Mg/Ca Ratio And Electrolyte Concentration in The Irrigation Water on The Soil Properties And Wheat Crop. *Plant and Soil* 56, 413–418.
- Yakupoğlu, T. ve Özdemir, N., 2007. Tuzluluk ve Alkaliliğin Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri. *O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi* 22(1):132-138.
- Yarpuzlu, A.D., Doğan, D. 1986. Aşağı Ceyhan Ovası Tuzlu Sodyumlu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Jips Yıkama Suyu Miktarı ve Yıkama Süresi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınlan, Genel Yayın No:1 16, Rapor Serisi.66, Tarsus.
- Yaunghan, P.J., Lesch, S.M., Corwin, D.L. and Cone, D.G., 1995. Water Content Effect on Soil Salinity Prediction. A Geostatistical Study Using Cokriging. *Soil Science Society of America Journal* Volume 59. No: 4 July-Agust 1995.
- Yıldırım, B. 1980. Afyon Ovası Tuzlu Sodyumlu ve Borlu Toprakların Islahı İçin Gerekli Jips ve Yıkama Suyu Miktarı İle Yıkama Süresi. *Topraksu Arş. Ens. Yayınları*. Genel Yayın: 166, Rapor Yayın No: 125, Eskişehir.
- Yılmaz, T. 1978. Burdur-Yazıköy Tuzlu Sodik Bor'lu Topraklarının Islahı İçin Gerekli Jips ve Yıkama Suyu Miktarı ve Yıkama Süresinin Saptanması. *Topraksu Araş. Ens. Müd. Yayınlan no: 17, Konya*
- Yılmaz, T. 1980. Konya Ovası Tuzlu Ve Borlu Alüvyal Topraklarının Islahı İçin Gerekli Yıkama Suyu Miktarı ve Yıkama Süresinin Saptanması. *Topraksu Araş. Ens. Müd. Yayınları no:63/49, Konya*
- Yurtseven, E. 1989. Değişik Kalitedeki Sulama Sularının Soya Fasulyesi Verimine Etkisi. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora tezi, Ankara.
- Yurtseven, E. ve Bozkurt, 1997. Sulama Suyu Kalitesi ve Toprak Nem Düzeyinin Marulda Verim ve Kaliteye Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 3(2) 44-51.
- Yurtseven, E. 1999. Sürdürülebilir Tarım ve Tuzluluk Etkileşimi. VII. Kültürteknik Kongresi, Kapadokya. S:237-245.
- Yurtseven, E., Öztürk, H.S., Demir, K., Kasım, U. 1999. Sulama Suyu Tuzluluğunun Toprak Profiline Tuzlulaşmaya Etkisi. VII. Kültürteknik Kongresi, Kapadokya.

- Yurtseven, E., 2000. Patlıcanda (Solunum Melongena L.) Su Tüketimine Tuzluluğun Etkisi. Topraksu Dergisi, Sayı: 2, Ankara.
- Yurtseven, E., Öztürk, H. S., Demir, K. ve Kasım, M.U., 2001. Sulama Suyu Tuzluluğunun Tınlı Toprakta Profil Tuzluluğuna Etkisi. Ankara Üniv. Tarım Bilimleri Dergisi. 7:3:1-8 .
- Zalasiewicz, J.A., Mathers, S.J., Cornwell, D.J., 1985. The Application of Ground Water Conductivity Measurements to Geological Mapping. Q. J. Eng. Geol. London. 18:139-148.
- Zartman, R. E.; Gichuru, M., 1984. Saline Irrigation Water: Effects on Soil Chemical and Physical Properties. Soil Science. December 1984 - Volume 138 - Issue 6
- Zhang, R., 2000. Generalized Transfer Function Model For Solute Transport in Heterogeneous Soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. J., 64; 1595-1602.
- Zia Munir, H., Ghafoor, A., Saifullah, M. Boers, T.H., 2006. Comparison of Sulfurous Acid Generator And Alternate Amendments To Improve The Quality of Saline-Sodic Water For Sustainable Rice Yields. Paddy And Water Environment, Volume 4, Number 3, September 2006 , Pp. 153-162(10)
- Zia, M.H., Saifullah, A.G., Boers, M., 2006. Comparison of Sulfurous Acid Generator and Alternate Amendments to Improve The Quality of Saline-Sodic Water For Sustainable Rice Yields. Paddy Water Environ (2006) 4:153-162

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İsmail TAŞ  
Doğum Yeri : Ortaköy  
Doğum Tarihi : 1974  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ortaköy Lisesi (1991)  
Lisans : Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü (1999)  
Yüksek Lisans : Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (2002)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü  
(2000-2003)  
Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü  
(2003 - )

### Yayımları (SCI ve diğer)

- Kirnak, H., **İ. Taş**, C. Kaya and D. Higgs, 2002. Effects of deficit irrigation on growth, yield, and fruit quality of eggplant under semi-arid conditions Australian Journal of Agricultural Research, 53:1367-1373 (2002).
- Kirnak, H., C. Kaya, D. Higgs ve **İ. Taş**, 2003. Responses of drip irrigated bell pepper to water stress and different nitrogen levels with or without mulch cover. J. of Plant Nutrition, 26 (2): 263-277 (2003).
- C. Kaya, D. Higgs, H. Kirnak & **I. Tas**, 2003. Mycorrhizal Colonisation Improves Fruit Yield And Water Use Efficiency in Watermelon (Citrullus Lanatus Thunb.) Grown Under Well-Watered And Water-Stressed Conditions. Plant and Soil 253: 287–292, 2003

- Cengiz Kaya, David Higgs, Halil Kirnak and **Ismail Tas**, 2003. Ameliorative Effect of Calcium Nitrate on Cucumber and Melon Plants Drip Irrigated with Saline Water. *Journal of Plant Nutrition* Vol. 26, No. 8, pp. 1665–1681, 2003
- Kirnak, H., D. Higgs, C. Kaya and **İ. Taş**, 2005. “Effects of irrigation and nitrogen rates on growth, yield, and quality of muskmelon in semiarid regions” *J.of Plant Nutrition*. 28:621-638 (2005).
- Kirnak, H., Kaya, C., **Taş, İ.**, Higgs, D. 2001. The Influence of Water Deficit on Vegetative Growth, Physiology, Fruit Yield and Quality in eggplants. *Bulg. J. Plant Physiol.*, 2001, 27 (3-4), 34-46.
- Kirnak, H., **Taş, İ.**, Berekatoglu, K., 2001 The estimation of evaporation from Ataturk Dam using Empirical Methods. *Harran U. Agric. Fac. Journal* number 1-2 volume 5. p.1-8
- Kirnak, H, Demirtas, N. ve **Taş, İ.**, 2001. Research on the effects of dams in Malatya region on climate and agriculture. *Harran Uni. Agric. Fac. Journal* number 1-2 volume 5. p.9-18
- Kirnak, H., **Taş, İ.**, Kaya, C., 2002. Effects of Different Irrigation Levels on Growth Yield and Quality of Eggplant under Semiarid Conditions.. *Harran U. Agric. Fac. Journal*. number 3-4 volume 5. p.77-86.
- Kirnak, H., S. Demir, **İ. Taş** ve M. Çakmaklı, 2002. “Response of different irrigation water applications on yield and growth of lettuce grown in greenhouse,” *Harran U. Agric. Fac. Journal.*, 6(1-2):47-54 (2002).
- Taş, İ.**, Yaşar, B., Özkay, F., Akgül, S., Gökalp, Z., 2009. Waste Water Use in Irrigation - Ankara Case Study. *International Conference on Plants & Environment Pollution (ICPEP)*. 6-11 July 2009 Kayseri /Turkey
- Yaşar, B., Gencel, B., **Taş, İ.**, 2007. Renewable Energy, Sustainability and Biodiesel. *Second Annual YOK-Suny Collaboration Symposium Scientific Collaboration For Sustainable Development* 23 –25 May 2007 / Çukurova University, Adana, Turkey
- Taş, İ.**, Zaimoglu, Z., 2001. Effect of water use with high amount of salt content in irrigation soil infiltration, *Turkey Water Congress I*, January 8-10, 2001 Istanbul
- Taş, İ.**, Kirnak, H., 2001. Present Situation of Salinity and Water Table Level After Irrigation in Harran Plain II: *GAP Agriculture Congress* 24-26 October 2001. Şanlıurfa.
- Taş, İ.**, Kirnak, H., 2001. Present and Possible Future Problems of Harran Plain Irrigation and Their Solutions II: *GAP Agriculture Congress* 24-26 October 2001. Şanlıurfa.
- Çakmak, B., Ozyanık M., Gokalp, Z., ve **Taş, İ.**, 2004. Assessment of Pollution Source And Pollution in Beyşehir Lake Watershed. *I. Grand Water Symposium*. 23-24 December 2004. Konya.
- Özkay, F., **Taş, İ.**, ve Gökalp, Z., 2006. Alternative Utilities of Agricultural Wastes. *VI. National Clean Energy Symposium*. 25-27 May 2006 Isparta.
- Taş, İ.**, Özkay, F., Gökalp, Z., Tekiner, M., 2007. Utilization of Reverse Osmosis Process in Waste Water Treatment. *Symposium of national environmental at Mersin University* 18-21 April 2007
- Taş, İ.**, Yaşar, B., Gökalp, Z., Tekiner, M., 2008. The Pricing of water in Turkey and World. *Congress of Second Water Politics*. 20-22 March 2008 Ankara.
- Ozkay, F., **Taş, İ.**, Çelik, A., 2008. Environmental Problems in Irrigation Projects. *Congress of Second Water Politics*. 20-22 March 2008 Ankara.

- Gökalp, Z., **Taş, İ.**, Ozkay, F., 2008. Irrigated Agriculture and Wetland. Wetland Conference 11-12 July 2008. Kayseri.
- Ozkay, F., **Taş, İ.**, 2008. Constructed Wetland For Waste Water Evaluation. Water Consumption, Treatment and Re-Use Symposium. 3-5 September 2008. Bursa.
- Taş, İ.**, Aküzüm, T., Öztürk, A., Bulut, T., 2008. Artificial Recharge of Groundwater. Grand Water And Aridity in Konya Enclosed Basin Symposium. 11-12 September 2008. Konya.
- Çakmak, B., Gökalp, Z., **Taş, İ.**, 2008. Assessment of Agricultural Groundwater Use in Turkey. Grand Water And Aridity in Konya Enclosed Basin Symposium. 11-12 September 2008. Konya.
- Özkay, F., **Taş, İ.**, Bulut, T., Yenice, C., Yaşar, B., 2008. The Environmental Impacts of Wetlands Used for The Disposal of Wastewater And The Possibilities of Using The Disposed Water For Irrigation. AB Sürecinde Ulusal Sanayi ve Çevre Sempozyumu. 27-28 Kasım 2008. Adana.