

**FARKLI KURUMA SEVİYELERİNDE
EŞİT, KADEMELİ ARTAN VE AZALAN
SU UYGULAMALARININ
TOPRAKTAKİ TUZ YIKANIMI ÜZERİNE ETKİSİ**

Selda ÖRS

**Doktora Tezi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı
Prof. Dr. Ömer ANAPALI
Doç. Dr. Fatih KONUKCU**

2011

Her hakkı saklıdır

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**FARKLI KURUMA SEVİYELERİNDE EŞİT, KADEMELİ ARTAN
VE AZALAN SU UYGULAMALARININ TOPRAKTAKİ TUZ
YIKANIMI ÜZERİNE ETKİSİ**

Selda ÖRS

TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI

ERZURUM
2011

Her hakkı saklıdır



**T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



TEZ ONAY FORMU

FARKLI KURUMA SEVİYELERİNDE EŞİT, KADEMELİ ARTAN VE AZALAN SU UYGULAMALARININ TOPRAKTAKİ TUZ YIKANIMI ÜZERİNE ETKİSİ

Prof. Dr. Ömer ANAPALI ve Doç. Dr. Fatih KONUKCU danışmanlığında, Selda ÖRS tarafından hazırlanan bu çalışma 18/04/2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Başkan	: Prof. Dr. Turhan AKÜZÜM	İmza	: 
Üye	: Prof. Dr. İbrahim ÖRÜNG	İmza	: 
Üye	: Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU	İmza	: 
Üye	: Prof. Dr. Mustafa CANBOLAT	İmza	: 
Üye	: Prof. Dr. Ömer ANAPALI	İmza	: 
Üye	: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN	İmza	: 
Üye	: Doç. Dr. Fatih KONUKCU	İmza	: 

(imza)
Yukarıdaki sonucu onaylıyorum
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projesi kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 2004/77

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirilerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

FARKLI KURUMA SEVİYELERİNDE EŞİT, KADEMELİ ARTAN VE AZALAN SU UYGULAMALARININ TOPRAKTAKİ TUZ YIKANIMI ÜZERİNE ETKİSİ

Selda ÖRS

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ömer ANAPALI
Ortak Danışman: Doç.Dr. Fatih KONUKCU

Tuz yikanımı ve hareketini etkileyen yıkama stratejilerinin karşılaştırılması amacıyla laboratuvar koşullarında toprak kolonlarla yürütülmüş bu çalışmada, hafif ve orta bünyeli topraklarda 93 cm yıkama suyu, 5 dilim halinde eşit miktarlarda (18,6 cm), artan oranlarda (3, 6, 12, 24, 48 cm) ve azalan oranlarda (48, 24, 12, 6, 3 cm) uygulanmıştır. Her bir yıkama toprak kolonlarında farklı nem kayıplarına (%15, %30, %45) ulaşıldığında uygulanmıştır. Planlanmış olan deneme koşulları kuramsal modele aktarılarak, hafif ve orta bünyeli toprakta tuz yikanımı ve yıkama eğilimlerinin tanımlanabilmesine dair değerlendirmeler yapılmıştır.

Yıkama uygulamaları sonucu topraklarda nem kaybı oranları ve yıkama yöntemlerine bağlı olarak tüm derinliklerdeki uygulama sonuçları istatistiki olarak önemli seviyede farklı sonuçlar vermiştir. Hafif ve orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda ve %45 nem azalmasının takip edildiği su uygulamaları ile toprak kolonundan en yüksek seviyede tuz yikanımı sağlamıştır.

Yıkama suyunun eşit miktarlarda ve %45 nem kaybı takip edilerek uygulanmasıyla, toprak derinliğinin 1,5 katı olarak seçilmiş yıkama derinliği ile hafif bünyeli toprakta mevcut tuzların %91,52'si, orta bünyeli toprakta ise, %87,57'si yikanabilmiştir. Yapılan korelasyon analizleri ile tüm konularda deneme sonuçları ile kuramsal model sonuçları arasında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.

2011, 183 sayfa

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

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

THE IMPACTS OF CONSTANT, INCREASING AND DECREASING WATER APPLICATIONS ON SALT LEACHING OF SOIL PROFILE AT DIFFERENT DRYING LEVELS

Selda ORS

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Ömer ANAPALI
Co-Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Fatih KONUKCU

This study was conducted to compare leaching strategies effective on salt movement and leaching from soil columns under laboratory conditions by applying 93 cm leaching water intermittently into 5 intervals. The leaching water were applied in three application methods: with equal amounts (18,6 cm), with increasing ratios (3, 6, 12, 24, 48 cm) and with decreasing ratios (48, 24, 12, 6, 3 cm) on light and medium textured soils. Time between leaching intervals were decided according to three different moisture drying ratios (15%, 30% 45%). Experimental results of salt leaching were compared with the simulated results and general trends of leaching curves related to the leaching process were evaluated to define salt movement for the analyzed soils.

There were statistically significant differences among the results of leaching applications at different moisture levels of soils at all depths. the treatments . The most effective salt leaching from the soil profile was equal amount of water application with %45 moisture drying level for both light and medium textured soils.

Under the conditions of 45% moisture drying level with leaching water depth as 1,5 fold of soil depth; 91,52% of total salt for light textured soil, 87,57% of total salt at medium textured soil were leached out. These experimental results were in accordance with the simulated results.

2011, 183 pages

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

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın başlangıcından itibaren, planlanması, yürütülmesi ve tamamlanması süresince bilgi ve önerileri ile beni yönlendiren ve sabırla zaman ayıran danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ömer ANAPALI'ya, bu süreçte çok değerli katkılar sağlayarak hiçbir zaman yardımlarını esirgememiş hocam Sayın Doç. Dr. Fatih KONUKCU'ya teşekkür ederim.

Tez izleme komitesinde bulunan değerli hocam Sayın Prof.Dr. Mustafa CANPOLAT'a ve her zaman bir adım daha ilerlememi sağlayan, hep yanımda olan kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Üstün ŞAHİN'e en derin şükranlarımı sunarım.

Bütün çalışmalarım boyunca hep desteğini hissettiğim bölüm başkanım Sayın Prof. Dr. Mustafa OKUROĞLU'na, kıymetli katkılarından ve nezaketinden dolayı değerli hocam Sayın Prof. Dr. Turhan AKÜZÜM'e ve lisans eğitimime başladığım ilk günden beri her konuda kıymetli fikirlerine başvurduğum hocam Sayın Prof. Dr. İbrahim ÖRÜNG'e, teşekkürü borç bilirim.

Bu çalışmanın gerek labaratuvar gerekse yazım aşamasında yanımda olan Sayın Hülya ESENBÜĞA ve Sayın Esra AKSU'ya minnettarlığımı belirtmek isterim, onlar olmasaydı herşey çok daha zor olurdu.

Ve son olarak hep uzağımda olsalar da sevgileriyle beni her zaman sıcacık saran ailem, siz olmasaydınız başarılarım bu kadar anlamlı olmazdı.

Selda ÖRS

Nisan, 2011

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	39
3.1. Materyal.....	39
3.1.1. Araştırma toprakları	39
3.2. Yöntemler.....	40
3.2.1. Laboratuvar analiz yöntemleri.....	40
3.2.1.a. Toprak tekstürü.....	40
3.2.1.b. Hacim ağırlığı.....	40
3.2.1.c. Solma Noktası, Tarla Kapasitesi ve Doyma noktası	40
3.2.1.d. Katyon değişim kapasitesi.....	40
3.2.1.e. Kireç	41
3.2.1.g. Elektriksel iletkenlik.....	41
3.2.2. Denemenin kurulması ve yürütülmesi.....	41
3.2.2.a. Toprak kolonlarının hazırlanması.....	41
3.2.2.b. Kolonlara tuz uygulaması.....	42
3.2.2.c. Yıkama suyunun uygulanması.....	43
3.2.2.4. Deneme konuları	45
3.2.3. İstatistiksel değerlendirme.....	45
3.2.4. Yıkama eğrileri ve eşitliklerinin çıkarılması	46
3.2.5. Kuramsal Model	46
3.2.5.a. Eşit miktarlarda su ile yıkama uygulamasının kuramsal model yaklaşımı ...	48
3.2.5.b. Eşit oranlarda arttırılmış su uygulamasının kuramsal model yaklaşımı.....	50

3.2.5.c. Eşit oranlarda azaltılmış su uygulamasının kuramsal model yaklaşımı	52
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	55
4.1. Toprak kolonlarında yıkama uygulamaları sonucunda oluşan tuz hareketleri....	55
4.1.1. Hafif bünyeli toprakta kolon boyunca gerçekleşen tuz hareketleri.....	62
4.1.1.a. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	62
4.1.1.b. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	65
4.1.1.c. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	68
4.1.1.d. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış su miktarları ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	71
4.1.1.e. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış su miktarları ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	74
4.1.1.f. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış su miktarları ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	77
4.1.1.g. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	79
4.1.1.h. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	83
4.1.1.i. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	85
4.1.2. Orta bünyeli toprakta kolon boyunca gerçekleşen tuz hareketleri	88
4.1.2.a. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	89
4.1.2.b. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	91
4.1.2.c. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	94
4.1.2.d. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış su miktarları ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	96
4.1.2.e. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış su miktarları ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	99
4.1.2.f. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış su miktarları ile % 45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	101

4.1.2.g. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	104
4.1.2.h. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	106
4.1.2.ı. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları.....	108
4.2. Kuramsal Model	111
4.2.1. Hafif bünyeli toprakta tuz yıkanımı kuramsal model sonuçları	111
4.2.1.a. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi	111
4.2.1.b. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit su miktarları ve % 30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi	115
4.2.1.c. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi	118
4.2.1.d. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve % 15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi.....	121
4.2.1.e. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi.....	124
4.2.1.f. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi.....	127
4.2.1.g. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi.....	130
4.2.1.h. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi.....	133
4.2.1.ı. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi.....	136
4.2.2. Orta bünyeli toprakta tuz yıkanımı kuramsal model sonuçları	140
4.2.2.a. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi	140
4.2.2.b. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi	143

4.2.2.c. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi	145
4.2.2.d. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda arttırılmış ve %15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi	148
4.2.2.e. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda arttırılmış ve %30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi	152
4.2.2.f. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda arttırılmış ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi	155
4.2.2.g. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi.....	158
4.2.2.h. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi.....	161
4.2.2.ı. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi.....	165
5. SONUÇ	169
KAYNAKLAR	172
ÖZGEÇMİŞ	184

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

$a\ b\ c\ d\ldots n$	Toprak katmanı nem miktarları
$a'\ b'\ c'\ldots n'$	Toprak katmanında yıkama ve nem kaybından sonra kalan su miktarı
C_i	Yıkama suyu tuz konsantrasyonu
$C_{s1\ldots n}$	Toprak solusyonu n. katman başlangıç tuz konsantrasyonu
$C_{X1e\ldots ne}$	n. katmanda nem kaybından sonra meydana gelmiş konsantrasyon
C_{Xnm}	n. katmanda m. yıkama sonrasında sahip olduğu konsantrasyon
EC	Elektriksel iletkenlik
EC_0	Başlangıç elektriksel iletkenliği
$EC_{1:5}$	Toprak su solusyonu elektriksel iletkenliği
DN	Doyma Noktası
NK	Nem kaybı
NaCl	Sodyum klorür
SN	Solma noktası
TK	Tarla kapasitesi
$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \theta, \omega$	Yıkama suyu miktarları

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Toprak kolonları ve yıkama düzeneği	42
Şekil 3.2. Yıkama uygulamaları sonrası kolondaki toprak profili	44
Şekil 4.1. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	64
Şekil 4.2. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	67
Şekil 4.3. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	69
Şekil 4.4. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	72
Şekil 4.5. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	75
Şekil 4.6. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	78
Şekil 4.7. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	81
Şekil 4.8. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	84
Şekil 4.9. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	86
Şekil 4.10. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	90
Şekil 4.11. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	92
Şekil 4.12. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	95
Şekil 4.13. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	97

Şekil 4.14. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	100
Şekil 4.15. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	103
Şekil 4.16. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	105
Şekil 4.17. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	107
Şekil 4.18. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	109
Şekil 4.19. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	113
Şekil 4.20. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri...	114
Şekil 4.21. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	116
Şekil 4.22. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri...	117
Şekil 4.23. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	119
Şekil 4.24. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri...	120
Şekil 4.25. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	122
Şekil 4.26. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	123

Şekil 4.27. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	125
Şekil 4.28. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	126
Şekil 4.29. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	128
Şekil 4.30. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	129
Şekil 4.31. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	131
Şekil 4. 32. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	133
Şekil 4.33. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	134
Şekil 4.34. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	136
Şekil 4.35. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	138
Şekil 4.36. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	139

Şekil 4.37. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	141
Şekil 4.38. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri...	142
Şekil 4.39. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	144
Şekil 4.40. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri...	145
Şekil 4.41. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği	146
Şekil 4.42. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri...	148
Şekil 4.43. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	150
Şekil 4.44. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	151
Şekil 4.45. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	153
Şekil 4.46. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	154
Şekil 4.47. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	156

Şekil 4.48. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	157
Şekil 4.49. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	159
Şekil 4.50. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	161
Şekil 4.51. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	163
Şekil 4.52. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	164
Şekil 4.53. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği.....	166
Şekil 4.54. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC değerleri	167

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye’de tuzlu ve sodyumlu topraklarının dağılımı.	6
Çizelge 3.1. Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	39
Çizelge 3.2. Uygulanan yıkama suyu miktarları ve oranları	43
Çizelge 3.3. Deneme konuları.....	45
Çizelge 4.1. Hafif bünyeli toprak ve orta bünyeli toprakta farklı nem azalması seviyeleri ve farklı yöntemler için Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları.....	55
Çizelge 4.2. Farklı topraklarda, farklı kuruma seviyeleri ve farklı yıkama yöntemleri ve farklı derinliklere bağlı olarak varyans analiz sonuçları (F değerleri)....	62
Çizelge 4.3. Hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	63
Çizelge 4.4. Hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %’si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	65
Çizelge 4.5. Hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	66
Çizelge 4.6. Hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %’si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	68
Çizelge 4.7. Hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	69
Çizelge 4.8. Hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %’si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	70

Çizelge 4.9. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	72
Çizelge 4.10. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	73
Çizelge 4.11. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu	75
Çizelge 4.12. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	76
Çizelge 4.13. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu	77
Çizelge 4.14. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	79
Çizelge 4.15. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu	80
Çizelge 4.16. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	82
Çizelge 4.17. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	83
Çizelge 4.18. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	85

Çizelge 4.19. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu	86
Çizelge 4.20. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	88
Çizelge 4.21. Orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	89
Çizelge 4.22. Orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	91
Çizelge 4.23. Orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	92
Çizelge 4.24. Orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	93
Çizelge 4.25. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	94
Çizelge 4.26. Orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	95
Çizelge 4.27. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	97
Çizelge 4.28. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	98

Çizelge 4.29. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	99
Çizelge 4.30. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	101
Çizelge 4.31. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu.....	102
Çizelge 4.32. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	103
Çizelge 4.33. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu	104
Çizelge 4.34. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi	105
Çizelge 4.35. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu	107
Çizelge 4.36. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	108
Çizelge 4.37. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu	109
Çizelge 4.38. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	110
Çizelge 4.39. Kuramsal model ile hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu	

uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu	112
Çizelge 4.40. Kuramsal model ile hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	113
Çizelge 4.41. Hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu.....	115
Çizelge 4.42. Kuramsal model ile hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	116
Çizelge 4.43. Hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu.....	118
Çizelge 4.44. Kuramsal model ile hafif bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	120
Çizelge 4.45. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu.....	121
Çizelge 4.46. Kuramsal model ile hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	122
Çizelge 4.47. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu.....	124
Çizelge 4.48. Kuramsal model ile hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri.....	126
Çizelge 4.49. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu.....	127

Çizelge 4.50. Kuramsal model ile hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	128
Çizelge 4.51. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu	130
Çizelge 4.52. Kuramsal model ile hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	132
Çizelge 4.53. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu	134
Çizelge 4.54. Kuramsal model ile hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	135
Çizelge 4.55. Hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu	137
Çizelge 4.56. Kuramsal model ile hafif bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	138
Çizelge 4.57. Orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu	140
Çizelge 4.58. Kuramsal model ile orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	141
Çizelge 4.59. Orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu	143

Çizelge 4.60. Kuramsal model ile orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	144
Çizelge 4.61. Orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu.....	146
Çizelge 4.62. Kuramsal model ile orta bünyeli topraklarda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	147
Çizelge 4.63. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu.....	149
Çizelge 4.64. Kuramsal model ile orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	150
Çizelge 4.65. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu.....	152
Çizelge 4.66. Kuramsal model ile orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	153
Çizelge 4.67. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu.....	155
Çizelge 4.68. Kuramsal model ile orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri	157
Çizelge 4.69. Orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu.....	158

- Çizelge 4.70.** Kuramsal model ile orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri 160
- Çizelge 4.71.** Orta bünyeli topraklarda eşit oranda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu 162
- Çizelge 4.72.** Kuramsal model ile orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri 164
- Çizelge 4.73.** Orta bünyeli topraklarda eşit oranda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu 165
- Çizelge 4.74.** Kuramsal model ile orta bünyeli topraklarda eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri 167

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun her geçen gün artmasıyla insanların beslenmesinde çok ciddi sorunlar oluşmaktadır. Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerindeki ülkeler beslenme sorununa çözüm olarak kuru tarım arazilerinden birim alandan daha fazla ürünün alınmasını hedeflemiştir. Dolayısıyla yerüstü ve yeraltı su kaynaklarından sulama suyu sağlamak için büyük yatırımlara yönelmişlerdir.

Tarımsal üretimi artırmada; sulamanın olumlu etkisi ilk sırada düşünülmüş olmakla birlikte uygun bir yönetim olmaksızın yapılan sulamanın çevreye zarar vereceği ve üretimin sürdürülebilirliğini tehlike altına alabileceği unutulmamalıdır. Sulama alanındaki gelişmeler göz kamaştırıcı olmasına rağmen, dünyanın birçok yerinde yanlış sulama yönetimi uygulamaları, yeraltı suyu seviyelerini önemli düzeyde düşürmüş, toprakları tahrip etmiş ve su kalitesini düşürmüştür (Aküzüm ve Çakmak, 2008). Tuzluluk, her zaman sulu tarımı tehdit eden en önemli etmenlerden birisidir. Bu yüzden toprak yönetimi açısından sulamalardan su tasarrufuna izin veren ve kök bölgesinde hem suyun hem de tuzun dağılımını geliştirecek ve aynı zamanda iyi bir strüktürel yapıyı oluşturacak ve koruyacak özelliklere sahip olması beklenir (Crescimanno 2007). Tarımsal üretimde birim alandan en yüksek verimi alabilmek için gübreleme, tarımsal mücadele, mekanizasyon, kaliteli tohum vb. uygulamalar da bu sürece dahil edilmelidir. Sulama, ilaçlama, gübreleme, uygun tohumluk ve bitki seçimi gibi kültürel işlemlerin öncelikli olarak uygulamaya konulması yanı sıra fiziksel ve kimyasal yönden özellikleri bozulan ancak üretim potansiyeli olan tuzlu, sodyumlu ve drenaj sorunlu arazilerin ıslahı da önem kazanmaktadır.

Sulama yapılan birçok yerde suyun uygun şekilde kullanılmaması nedeniyle birkaç yıllık sulamadan sonra toprakların eski verimliliklerini kaybettikleri hatta yeniden kullanılmaları için çok büyük emek ve masrafa gerek duyulacak kadar tuzlandıkları görülmektedir. Tuzluluk sorunu denetim altına alınmadığı takdirde zamanla verimlilik

azalmakta, arazi değeri düşmekte ve birçok durumda arazi tümüyle üretim dışı kalmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

Sulanan alanların yaklaşık yarısı tuzluluk, sodyumluluk ve yüzeysel tabansuyu tehdidi altındadır. Tarımsal üretimin yapılamadığı ve kısmen düşük verimlilikle bu alanlarda tarımın yapıldığı düşünülürse kaybın ne kadar büyük olduğu anlaşılır (Rhoades 1987; El-Ashry 1991). Sorunlu toprakların bitki yetiştiriciliği açısından yüksek tarımsal potansiyele sahip olan ovalar içerisinde bulunuyor olması bu toprakların önemini ve ıslahının gerekliliğini zorunlu kılmaktadır. Türkiye’de de Harran, Amik, Konya, Iğdır ve Aşağı Seyhan gibi verimli ovalarda tuzluluk sorunları bulunmaktadır.

Toprakta bulunan fazla tuzlar; osmotik basınç etkisiyle bitkinin su alımını kısıtlamakta, bazı iyonların dengesiz alınmasını veya zehir etkisi yaparak doğrudan ve toprak fiziksel ve kimyasal yapısını bozarak da dolaylı bitki yetiştiriciliğini olumsuz etkilemektedir. Toprak içerisinde özellikle bitki kök bölgesinde bulunan tuzların uygun sınırlar içerisinde alınması ve kontrol altında tutularak sonraki zamanlarda devamlılığını sürdürebilmesi geniş oranda suyun uygulama yöntemine ve hareketine bağlıdır.

Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinin tuz etkisinde kalmış topraklarda tuz hareketi üzerine buharlaşmanın etkisinin fazla olduğu bilinmektedir. Buharlaşmanın fazla olduğu dönemlerde kılcal hareket ile yükselen su içerisinde çözünmüş olan tuzlar suyun buharlaşmayla uzaklaşması sonucunda bitki kök bölgesinde veya toprak yüzeyinde birikmektedir. Diğer taraftan yağışlı dönemlerde tuzları yıkayacak ve aşağılara taşıyacak kadar etkili olmayan yağışlarla az da olsa tekrar aşağı doğru taşınmakta ve böylece birbirini takip eden ıslanma ve kuruma işlemleri sonucunda toprak profili boyunca tuzlar sürekli bir hareket göstermektedir. Bu nedenle topraktaki tuzlarının, çeşit ve hareketliliğini bilmek toprak yönetimi ve ıslah çalışmalarının başarısını artırmaktadır.

Arazi ıslahının esas kademelerinden birisi yıkamadır ancak yıkamada birçok yöre ve zaman için yetersiz olan suyu bilgisizce ve aşırı bir şekilde kullanmamız mümkün değildir. Toprakların başlangıç tuz miktarları, yıkamadan sonra istenilen tuz seviyesi, ıslah edilecek toprak derinliği ve toprak özellikleri ıslah için gerekli su miktarının belirlenmesinde ana faktörlerdir.

Küresel ısınma dolayısıyla beraberinde getirdiği kuraklık sorunu az veya yetersiz olan su kaynaklarının her alanda olduğu gibi ıslah işleminde de çok daha dikkatli kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Son zamanlarda hem iyi kalite sulama suyu sıkıntısının çekilmesi, hem de fazla yıkamanın toprak yapısında oluşturduğu olumsuz etkilerden kurtulmak için doymamış şartlardaki tuz hareketleri önemli olmuştur.

Arazide ıslah çalışmalarına başlanılmadan önce doğal drenaj koşulları geliştirilmeli eğer yoksa nasıl bir drenaj sistemlerinin tesis edileceğine karar verilmelidir. Tuzluluk sorunu için yapılacak yıkamalarda suyun hangi yöntemle ve ne kadar verileceği, sodyumlu ve tuzlu-sodyumlu topraklarda ise kullanılacak olan kimyasal ıslah maddesinin cinsi, miktarı ve nasıl uygulanacağı gibi hususları belirlemek gerekir. Uygulamaların nasıl yapılacağına karar verebilme noktasında farklı uygulamaların birçok kez laboratuarda denenerek gerçekte ne gibi sonuçlar doğuracağını kestirebilmeye yardım edebilecek fiziksel ve matematiksel modeller oluşturulmalıdır. Bu konuda topraktan daha homojen ve basit, geçirgen ortam oluşturan sentetik iyon değişim ortamı olarak cam, plastik borular veya kum tankları kullanılarak önemli çalışmalar yapılmıştır. Su ve çözelti hareketi veya tuz yıkanmasını açıklamak için yapılan modeller kavramsal yaklaşımları ve karmaşıklığına göre geniş ölçüde değişiklik gösterirler.

Tuzlu, sodyumlu toprakların ıslah ve idaresinde tuz yıkamasını kontrol eden faktörler gerektiği gibi değerlendirilememektedir. Örneğin toprağın suya doygunluk derecesi bir noktaya kadar aralıklarla su uygulanmasıyla kontrol ediliyorsa da uygulamada verilen aralığın toprakta ne derinlikte ve ne kadar bir doyma açığı ve kuruma oluşturduğu bilinmemektedir. Ayrıca toprak suyu gözenek hızı, toprağın başlangıçtaki su içeriği ve

ıslanma derinliği gibi faktörler yeterince değeriendirilememektedir. Bu alışma tuz yıkanmasını kontrol eden faktörlerden yıkama suyu miktarı, uygulama şekli ve topraktaki nem kaybının etkilerini belirlemeyi amaçlamıştır.

Arazi ıslahında yıkama suyunun verimli bir şekilde kullanılmasına ışık tutacak olan bu çalışmada laboratuvar koşullarında hafif ve orta bünyeli toprak örnekleri ile hazırlanan toprak kolonlar üzerinde üç farklı kuruma seviyesinde eşit, eşit oranlarda arttırılmış ve eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ile yürütölmüş uygulamalarda gerçekleşen tuz taşıınımı incelenmiştir. Belirlenen sonuçların denemelerde esas alınan sınır koşullarına göre oluşturulan kuramsal model ile karşılaştırılması yapılmış ve deneme ile modelin uyumu incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Toprak ve su kaynakları insanlığın geleceği için sürdürülebilir bir şekilde yönetilme zorunluluğu olan doğal zenginliklerdir. Uzun dönemde bu doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir yönetimi temel gerekliliktir. Kurak ve yarı kurak iklim koşullarında sulama uygulamaları, toprak ve su kaynaklarının tuz dengesinde önemli oranda değişmelere neden olabilmektedir. Tuzluluk; sulamalarla yeraltı suyuna karışan çözünabilir tuzların yüksek taban suyuyla birlikte toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşma sonucu suyun topraktan ayrılarak tuzun toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın kesimlerinde birikmesi olayıdır (Ergene 1982; Kwiatowsky 1998; Kara 2002). Böylece topraktaki tuz, zamansal ve toprak özelliklerine bağlı olarak yersel farklılıklar geçirmektedir. Tuzluluk sorunu çoğu zaman temelinde yanlış arazi kullanımı, yanlış sulama ve uygun olmayan suyun sulamada kullanılmasıyla ortaya çıkmaktadır (Smedema and Rycroft 1988). Bu etmenlerin yanı sıra, toprak tuzlulaşması iklim elemanlarından özellikle sıcaklık ve nemliliğin etkisi altındadır. Hava sıcaklığı ve hava nemi, gerek toprak yüzeyinden olan buharlaşmayı ve gerekse bitki yapraklarından olan terlemeyi kontrol edici bir etkiye sahiptir. Buharlaşma ve terlemenin artmasıyla kök bölgesi içerisinde ve toprak yüzeyindeki suyun eksilmesi hız kazanır ve tuzluluk artar (Kanber vd 1992; Yurtseven vd 1999).

Toprak tuzluluğunun ve sodyumluluğun artması tüm dünyada toprakların bozulmasına önemli bir neden olarak görülmekte ve gelecekte bu konunun daha da önemli olacağı düşünülmektedir (Wong *et al.* 2009). Mevcut durumda, dünyadaki sulanan alanların %50'sini meydana getirebilecek kadar veya sadece yağışa dayalı sulama yapılan alanların en az iki katından ancak elde edilebilecek, dünya yiyecek ihtiyacının üçte birini karşılanabileceği bir potansiyel kadar üretim kapasitesine sahip miktarda alan tuzluluk problemine sahiptir (Ghassemi *et al.* 1995; Hillel 2000). Bitkisel üretimi kısmen sınırlandıracak derecede tuzluluk ve sodyumluluk sorunu bulunan bu alanlarının küçük bir kısmında verim ve kalite düşüklüğüne rağmen üretim yapılmaktadır. Ancak

bu durum üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. Tarım yapılan alanlarda yanlış toprak ve su yönetim uygulamalarının sürdürülmesi sonucunda bu alanlar zaman içerisinde terk edilmektedir. Bütün dünyada 100'den fazla ülkede tuzlu toprakları görmek mümkündür (Rengasamy 2006) ve 2000 yılında FAO tarafından yayınlanan rapora göre, dünyada toplam tuzlu ve sodyumlu topraklar 831 milyon hektardır (Martinez Beltran and Manzur 2005).

Türkiye' de tuzlu ve sodyumlu toprakların dağılımı işlenen arazi miktarına göre Çizelge 2.1'de verilmiştir (Sönmez 2004). Tuzlu ve sodyumlu toprakların Türkiye yüz ölçümünün %2'sine, toplam işlenen tarım arazilerinin %5.48'ine, ekonomik olarak sulanabilen 8,5 milyon hektar arazinin %17'sine eşittir. Çizelgeden görüldüğü gibi, toplam sorunlu alanların %74,'ü tuzlu, %25,5'i tuzlu-sodyumlu ve %0,5'i ise sodyumlu topraklardan oluşmaktadır.

Çizelge 2.1. Türkiye' de tuzlu ve sodyumlu topraklarının dağılımı

Sorunun Niteliği	Alan (ha)	Sorunlu Alana Göre (%)
Hafif Tuzlu	614617	41
Tuzlu	505603	33
Sodyumlu	8641	0.5
Hafif Tuzlu- Sodyumlu	125863	8.0
Tuzlu- Sodyumlu	264958	17.5
Toplam	1518722	100

Tuzlu toprakların en belirgin özelliği toprak yüzeyinde çiçeklenme şeklinde veya buharlaşmanın meydana geldiği yere ve yıkanabilme durumuna bağlı olarak üst horizonlarda yüksek oranlarda çözünebilir tuzların muhtelif cinslerini ihtiva etmeleridir. Toprak yüzeyinde görülen beyaz tuz kabukları tuzlu toprakların en belirgin özelliklerinden ise de bütün tuzlu toprakların yüzeyinde beyaz tuz kabukları görülmeyebilir (Verhoeven 1974). Bazı tuzlu topraklarda yüzeyde açık gri renkli ince bir tuz kabuğu ve hemen altında 5-10 cm kalınlığında açık renkli yumuşak ve un gibi dağılabilen toprak tabakası olacak şekilde birbirleriyle irtibatı olmayan tek tane strüktürde tabakalar bulunabilir. Tuzlu topraklarda profil oluşumu belirgin değildir.

Fiziksel ve kimyasal özellikleri yatay ve düşey çok kısa mesafelerde büyük değişiklikler gösterebilir (Verhoeven 1974; Smedema and Rycroft 1983). Islah ve toprak idaresinde büyük yönlendirici etkisi olan bu değişimlerinin haritalanmasında son yıllarda coğrafi bilgi sistemleri yoğun olarak kullanılmaya başlanılmıştır (Schofield and Kirkby 2003).

Toprak çözeltisinde fazla miktarda çözünebilir tuzların bulunması kil partiküllerinin flokülasyonunu teşvik etmektedir. Flokülasyondaki meydana gelen artış kil mineralojisi, toprak bünyesi ve sulama uygulamalarına bağlıdır. Bu oluşum sonucunda, toprak agregatları arasındaki boşluklar dispers topraklara oranla daha geniş olmakta, toprak daha yüksek geçirgenlik değerine ulaşmakta ve su dolu gözeneklerin hacmi artmaktadır. Böylece geçirgenlik benzeri normal topraklarınkine eşit veya daha fazladır (Ergene 1982; Ayyıldız 1983). Toprak çözeltisindeki tuzluluğun artışı, toprak agregasyonu ya da stabilizasyonu üzerine olumlu bir etkiye sahiptir. Agregasyon ve stabilizasyondaki bu artış havalandırmadan çok kök gelişimine ve kök penetrasyonuna fayda sağlamaktadır (McNeal *et al.* 1968; Öztürk 2004).

Sulama suyu tuz konsantrasyonunun artması ile toprak çözeltisi konsantrasyonu da artmaktadır. Topraktaki su, buharlaşma ve bitki kullanımıyla tüketildiğinde geride toprak suyundaki tuzlar kristalleşerek birikmekte bir kısmı ise bitki bünyesine alınan toprak suyu ile bitki vejetatif aksamında birikerek kaliteyi etkilemektedir (Lyle *et al.* 1986). Toprak çözeltisindeki yüksek tuz konsantrasyonu adsorbe katyonları toprak partiküllerinin yüzeyine daha sıkı bir şekilde itmekte ve katyonların toprak parçacıkları tarafından tutulmasını arttırmaktadır (Bauder and Brock 2001).

Bitkilerin normal gelişmeleri için toprakta sürekli olarak bitkinin kolaylıkla kullanabileceği miktarda su bulunmalıdır. Gelişmelerini engelleyecek düzeyde fazla suyun bulunması durumunda bitki köklerinin suya batık halde kalmaları yani havasızlık sorunu yaşaması yanı sıra kök bölgesinde suyun azalması da bitkide giderek su stresini arttırmaktadır. 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. Toprak içerisinde yeterli miktarda su bulunmasına rağmen bitkilerin solmaya başladıkları görülebilir. Bu durum yüksek toprak tuzluluğunun yarattığı fizyolojik kuraklık durumundan kaynaklanmaktadır. Fizyolojik kuraklık durumunda osmotik basınç nedeniyle bitki kökleri topraktaki mevcut suyu alamamaktadırlar (Ayyıldız 1990). Dolayısıyla osmotik basınç bitkilerin topraktan su almalarını sınırlayarak bitkinin transpirasyonu, solunumu, su alımını ve kök gelişimini azaltarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Abu-Sharar 1998). 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). Ayrıca toprak tuzluluğu, hormonal dengede yıkım meydana getirmekte fotosentezi azaltmakta, nitrat alımını düşürmekte, protein sentezinde azalmaya neden olmaktadır. Bu durum, bitkinin yaş ve kuru ağırlığını etkilediğinden çiçek sayısını azaltmakta ve verimim azalmasına neden olmaktadır (Sharma 1980; Robinson vd 1983).

İkinci bir etki olarak çözünebilir tuzların bitki içinde meydana getirdiği olumsuz durumdan bahsedilebilir. Çözünebilir tuzlar bitkiler tarafından kolayca alınabilirler. Bitki bünyesine giren tuz iyonları çeşidine ve miktarına göre belli bir konsantrasyonu aşınca bitkiye zararlı olmaktadır. (Maas and Hoffman 1977; Ben-Hur *et al.* 1998). Bitki üzerine beslenme ve metabolizmayı bozmak yoluyla zehirleyici etki yaparlar. Örneğin, sodyum klorür, yüksek çözünürlülüğü dolayısı ile bitkilere son derece zararlıdır. Ayrıca toprakta tuz konsantrasyonunun artmasıyla toprağın yapısı bozularak bitki gelişimi yavaşlamakta hatta durmaktadır (Kanber vd 1992; Güngör ve Erözel, 1994).

Topraklarda tuzluluğa neden olan tuzların hepsinin fizikokimyasal özellikleri farklıdır. Bu tuzların topraktaki rolleri bileşiklerinin karakterine, miktarına, çözünürlüklerine ve bitkilere olan toksitelerine büyük miktarda bağlıdır (Szabolcs 1989). Toprakta hangi iyonların daha fazla miktarda birikebileceği ve yıkanabileceği hususu tamamen yağışlar,

doğal yıkanma durumu, sulama suyunun kalitesi, taban suyu hareketi ve derinliği gibi faktörlere bağlıdır (Dieleman 1963).

Tooth ve Bloso (1998), Macaristan'ın bazı bölgelerinde yaptıkları çalışmalarda elektriksel iletkenliği 0,2 ile 2,4 dS/m arasında değişen sulama sularının 3 yıl sonunda toprak derinliğindeki tuzluluk miktarının 2,05 kat arttığı bununda toprağın 40-100 cm'lik katmanına 2,24 ile 5,60 ton/ha arasında tuz biriktirdiğini belirtmişlerdir.

Toprağın katı kısmı ile toprak çözeltisi sürekli reaksiyon halindedir. Katyonların toprak kolloidleri tarafından tutulma veya serbest bırakılma tercihleri ve kuvvetleri farklı olmaktadır. Bazı tuzların daha az veya çok yıkanmasının sebebi kolloid kısımla olan reaksiyon kapasitesidir (Al-Nakshabandi *et al.* 1971). Toprakta bulunan tuzun suda çözünürlüğü ne kadar fazla ise o oranda iyi yıkanma gerçekleşmektedir (Al- Huseyni 1984). Abid Al Sahib (1980)'e göre iyonların topraktan uzaklaştırma sırası $Cl^- > Na^+ > Mg^{++} > Ca^{++} > K^+ > SO_4^{-2}$ şeklindedir.

Başlangıçta suda yüksek derecede çözünebilen tuzların yıkanması, son aşamalarda kireç ve jips gibi az çözünebilen tuzların çözünmesi ile yıkama başlangıcında hızlı bir tuz yıkanması olmakla birlikte son aşamalarda sabite yakın bir değer olarak kalmaktadır. Cassel (1971), topraktaki klor tuzlarının çözünürlüğünün yüksek olması nedeniyle su ile kolayca taşınabildiğini bildirmiştir. Curtin and Syers (1990), sülfatın topraktan yıkanmasının klora göre daha yavaş olduğunu bunda klor tuzlarının çözünürlüklerinin sülfat tuzlarına göre fazla olmasının yanı sıra sülfatın kil mineralleri tarafından kısmen adsorblanmasının etkisi olduğunu belirtmektedir.

Öztürk (2000)'de elde edilen sonuçlara göre, tuz konsantrasyonu azaldıkça, bunu daha da düşürmek için daha fazla yıkama suyunun gerektiği tüm uygulamalarda belirlenmiştir. Örneğin iki toprakta da çok kısa bir süre içerisinde başlangıçta ölçülen 36-39 mS/cm arasındaki değerler 5-8 mS/cm değerlerine ulaşılmış ama bunu 1 ms/cm 'ye indirmek için yaklaşık bir o kadar daha suyun kullanılması gerekmiştir.

Heng *et al.* (1999) iki ayrı akış rejiminde toprak kolonlarından yıkanan Ca, Mg, Na, Br, ve SO₄'ın süzükteki konsantrasyon değişimlerini izlemişlerdir. Yüksek akış hızından kaynaklanan öncelikli akımın, süzükteki iyon konsantrasyonunu önemli ölçüde etkilediğini ve bu olayın katyon değişim olayından veya toprakta sülfat absorpsiyonundan daha da etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Tarımı yapılan kültür bitkilerinin tümü tuzluluğa karşı aynı tepkiyi göstermezler. Bazı bitkiler tuzluluğa karşı daha hassas iken, bazı bitkiler daha dayanıklıdır (Feng *et al.* 2003). Tuza dayanımı fazla olan bitkiler yüksek tuzluluklarda bile verimde önemli azalmalar oluşturmazken, tuza dayanımı fazla olmayan bitkiler düşük tuzluluklarda bile önemli azalmalar gösterebilir (Yurtseven vd 1996).

Dayanıklı bitkiler, tuzlu topraklarda su gereksinimlerini karşılamak amacıyla osmotik etkiye karşı daha fazla güç geliştirebilen bitkilerdir. Bitkinin tuza dayanımlarının incelenmesi, özellikle toprak tuzluluğunun belirli bir düzeyin altına düşürülemediği alanlarda ekonomik düzeyde ürün verebilecek bitkilerin seçilerek yetiştirilmesi amacıyla önemlidir (Kotuby *et al.* 1997).

Tuzluluk bitki gelişimini, verimini ve kalitesini azaltarak üretimde kayıplara yol açmaktadır (Liang *et al.* 2005; Tejada *et al.* 2006). Şayet tuzlu topraklarda bitkisel üretim yapılıyor ise iki husus çok iyi değerlendirilmelidir. Bunlardan biri, tuzlu alanların doğru yönetilmesi ve planlamasıdır. Bu amaçla tuza dayanıklı bitkiler seçilerek uygun tarım tekniği ve sulama yönteminin kullanılmasıyla bitkinin tuzdan zarar görmesi azaltılabilir. Sulamada tuzluluk yönetimi konusunda alanda şayet drenaj sorunu yok ise sulama suyuna ek olarak yıkama suyu uygulamaları oldukça önemlidir. Çünkü yıkama uygulamaları sulama suyuyla toprağa ilave edilen tuzların uzun zaman sürecinde dengesinin korunmasında çok önemli yöntemdir. İkinci husus ise tuzlu toprakların yıkama ile ıslah edilmeleridir (Ayers and Westcot, 1989).

Sulamaya yeni açılan arazilerde sulama tesislerine paralel olarak onunla birlikte kesinlikle drenaj tesisleri de düşünölmeli ve tesis edilmelidir. Uygun drenaj tesisi bulunmayan koşullarda toprakta su ve tuz dengesinin kurulması oldukça zordur. Çünkü sulamalar nedeniyle topraklara eklenen tuzların bitki kök bölgesinden dışarı atılması ancak drenaj tesisleriyle sağlanabilmektedir. Sulama sonucunda bitki kök bölgesinde birikmekte olan tuzlar, uzaklaştırılmaz ise bir süre sonra toprakta tuzluluk sorunu kesinlikle ortaya çıkmaktır (Ayyıldız 1990).

Tuzluluğun olumsuz etkisi; sadece ürün verimi ve kalitesi üzerine değil aynı zamanda toprağın fiziksel ve kimyasal yönden bozularak bitkisel üretimi sınırlandırması bazen olanaksız kılması ve yeraltı sularına tuzun karışarak kalitelerinin de bozulması olarak sıralanabilir (Feng *et al.* 2003; Ekmekçi vd 2005). Kurak ve yarı kurak alanlarda buharlaşmanın derecesine bağılı olarak en fazla tuz yoğunluğu toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın kesimlerde görülür. Örneğın buharlaşma kayıplarının % 50 ile % 90 arasında olduğı yörelerde tuz konsantrasyonu 2 ile 20 kat arasında arttığı belirlenmiştir (Sparks 1996). Toprak yüzeyinde biriken tuzların doğal yağışlarla uzaklaştırma olanağı olmadığından üretim için ciddi bir sorun oluşturmaktadır (Sharma *et al.* 1993).

Tuzlu ve sodyumlu toprakların iyileştirilmesi uzun zaman alan, zor ve maliyeti yüksek olan bilgi birikimi gerektiren bir dizi işlemi gerektirir. Toprakta tuz yıkanmasında gerekli olan su miktarının güvenilir olarak tahmin edilmesi önemlidir. Yetersiz yıkama toprakta tuzluluğun devam ediyor olmasına ve dolayısıyla ürün kaybına neden olmakta, aşırı yıkama ise suyun gereksiz harcanmasına, bitki besin maddelerinin topraktan yıkanarak uzaklaşmasına ve toprakta fazla su sorununa ve genellikle toprağın tekrar tuzlanmasına neden olmaktadır. Yıkama işleminde arazi yüzeyinde suyun üniform dağılımını sağlamak için gerekiyorsa arazi tesviyesi yapılır. Tuzlu topraklar genellikle yıkanarak sodyumlu ve tuzlu-sodyumlu topraklar ise uygun ıslah maddeleri ile birlikte yıkanarak iyileştirilir. Yıkama suyunun iyi nitelikli ve bol olması gerekir. Sorunlu toprakların ıslahı yapılacağı zaman kullanılacak ıslah maddesinin miktarı ve çeşidi ıslah süresi ve topraktaki çözünabilir tuzların toprak profili içerisindeki hareketinin bilinmesi ıslah çalışmasının başarılı olmasında etkili olacaktır.

Toprak içerisinde bulunan ve belirli bir kimyasal içeriğe sahip çözeltinin farklı kimyasal içerikteki diğer bir çözelti ile değiştirilmesi olayına yıkama denir. Yıkama uygulamalarının büyük bir çoğunluğu, yüksek taban suyu seviyesinin mevcut olduğu sorunlu toprakların iyileştirilmesi kök bölgesindeki çözünebilir tuzların yıkanarak bitkiler için zararlı olmayan düzeylere düşürülerek topraktan uzaklaştırılması esasına dayanır. Yıkama işlemi, çözünebilir tuz kapsamı bitkilerin zarar görmeyeceği düzeye indiğinde tamamlanır. Toprakta yapılacak olan ıslah çalışmasında mutlaka uygulanması gerekli genel karakterli işlemler vardır. Bunlar tesviye, drenaj ve yıkama işlemleridir (Özgül 1974). Islah düzeyi genellikle kök bölgesi olup ıslahın ana maddesi olarak veya ana maddeyi aktifleştirme vasıtası olarak kullanılan su kök bölgesinden geçirilmelidir. Bu nedenle hangi yöntem uygulanırsa uygulansın hangi tip tuzluluk sorunun bulunursa bulunsun ıslah için drenaj kesin olarak gereklidir (Ayyıldız 1983). Böylece bitkiler için zararlı miktarda çözünebilir tuz içeren taban suyu düzeyinin kök bölgesinden uzaklaştırılması sağlanır (Apan 1992). Eğer yeniden tuzlanmanın önüne geçecek önlemler alınmamışsa yani tuzlanmanın nedenleri ortadan kaldırılmamışsa veya en azından azaltılmamışsa böyle bir yıkamanın yararı olmayacaktır. Bu nedenle Arpacı (2002), iyileştirme sonrası alınacak önlemlerin başarıyı sürekli kılacağını; karşıt durumda konu edinilen toprakların marjinal nitelikli olduklarından çok çabuk yeniden önceki sorunlu durumlarına dönebileceklerini bildirmiştir.

Daha önceleri yapılmış çalışmalar (van der Merwe 1973; Streutker *et al.* 1981; Du Plessis 1986; Moolman 1993) genellikle kök bölgesinden tuzların yıkanmasına odaklanmış ve genellikle çalışmaların çoğu temel prensip olarak her sulama işlemiyle tuzların biraz daha yıkanmasını amaçlamıştır. Yeni sulama teknolojileri ise yıkama sularının hacimlerini ve içeriğindeki tuz miktarlarının düşürülmesine odaklanmıştır (Hillel 2000). Bu nedenle toprak tuzluluğu verimi etkileyen sınır değerlere ulaşmadan peridiyodik olarak yıkama uygulanmasının yapılması önerilmektedir (Monteleone *et al.* 2004).

Topraktaki tuzların yıkanması toprak suyunun hareketleri ile yakından ilişkilidir. Toprak içerisindeki suyun hareketi veya tutulması ise gözenek büyüklük ve dağılımıyla

ilgilidir. Toprak gözenekleri toprağın bünyesinin ve yapısının bir sonucu olarak ortaya çıkmış olup büyüklük ve işlevleri yönünden büyük, orta ve küçük gözenekler olarak üç grupta ifade edilebilir. Büyüklüğü 100 mikronu aşan gözenekler büyük gözenek olup asıl işlevleri havalanma ve drenajdır; 100-30 mikron arasında olan orta gözeneklerin asıl işlevleri su iletimidir. Küçük gözenekler ise 30-3 mikron arasında değişmekte olup su tutmaya yararlar (Gemalmaz 1993). Gözenek devamlılığı büyük gözenek bölgesinde en kötü, orta gözenek bölgesinde ise en iyidir. Toprakta su geçirgenliğini artırmak için gözenek büyüklüğünü artırmak her zaman yeterli değildir. Doymamış su geçirgenliği açısından gözenek devamlılığı gözenek çapından daha önemli olmaktadır. Yani gözenek çapı ne kadar büyütülürse büyütülsün veya küçültülsün gözenekleri birleştiren ara kanallar değişmedikçe su geçirgenliği büyük ölçüde değişmeyecektir (İlbasmış 1976).

İçlerinde akışın olduğu toprak gözenekleri hem çapları değişen hem de bir diğeri ile bağıntılı borucuklardan ibaret olup bunların farklı akışkanlarla dolu olabilmeleri de söz konusudur. Böylece kılcal borulardaki akışa ilişkin eşitliğin topraktaki akışa basit bir biçimde uygulanma olanağı yoktur. Mikroskopik bakımdan toprak içerisindeki akış son derece karmaşıktır. Bununla birlikte topraktaki makroskopik su akışını çözümlemede Darcy yasası kullanılmaktadır (Beyce 1975).

Hafif bünyeye sahip topraklarda yapılan yıkama, gözenek hacmi daha fazla ve nem miktarı daha az olduğundan diğer bünyelere sahip topraklara oranla daha yüksek yıkama randımanı vermektedir (Ghuman and Prihar 1980). Hoffman (1990), farklı oranlardaki yıkamaların profildeki tuz miktarını değişik düzeylerde etkilediğini belirtmiştir. Aynı sulama suyunun kullanılması halinde kumlu-tınlı topraklar yani hafif bünyeli topraklar killi topraklardan yani ağır bünyeli topraklardan daha kısa zamanda tuzlu hale gelmektedirler. Sadece sulama suyu yönüyle değil killi toprakların aynı koşullar altında tuzlu hale gelmeleri için daha uzun zamanın geçmesi gerektiği belirtilmektedir (Ayyıldız 1976).

Toprak üzerinde suyun verilme miktarı o andaki suyun toprağa giriş hızıyla orantılıdır. Kumlu killi tın toprakta başlangıçta çok hızlı infiltrasyon hızı gözlemlenmiş ve zamanla bu yavaşlamıştır. Killi tın toprakta ise başlangıçtan beri oransal olarak düşük fakat sürekli artış kaydedilmiş ve belirli bir süre sonunda hızlı bir artış görülmüştür (Öztürk 2000).

Ağır bünyeli topraklarda aşırı kurumadan dolayı oluşan büyük çatlak ve kırıklar bir sonraki yapılacak su uygulamasının randımanını düşürmektedir. Suyun bir kısmı bu kırık ve çatlaklardan hemen akıp uzaklaşmaktadır. van der Molen (1973), kırıklar veya büyük boşluklardan akan bu suyu bypass, Prendergast (1995) ve Bouma and Dekker (1978) kısa devir ve Germann and Beven (1981) öncelikli akış olarak adlandırmışlardır. Büyük boşluklar boyunca hızlı akan su yavaş akan suya göre kök bölgesinden tuz yıkanmasında daha az etkilidir.

Toprak suyu toprak gözeneklerinde hareket ederken içerisindeki çözünmüş maddeleri de beraberinde taşımasına kütle akışı denir. Toprak çözeltisinde çözünmüş olan maddeler, difüzyon veya kütle akışı konveksiyon yoluyla hareket ederler difüzyon ve konveksiyon olayları birlikte aynı veya zıt yönde meydana gelebilir. Yıkanma olayı veya su hareketi sırasında toprak gözeneklerinde akmakta olan sıvının akış hızına bağlı olarak çözünmüş maddelerin değişmesi karışması ve dağılması olaylarına hidrodinamik dağılım denir. Bu dağılım topraktaki su hareketleriyle birlikte meydana gelir. Konveksiyon ve dispersiyon iç içe oluşmaktadır. Toprağa giren yıkama suyu ile toprak çözeltisinin karıştırılması suretiyle tuz değişiminin meydana gelmesine miscible displacement adı verilmekte olup toprakta tuz yıkanması bu şekilde gerçekleşmektedir. (Gardner and Brooks 1957).

Toprak içindeki sıvı akışını basit olarak yer değiştirme (piston akışı) ile açıklayabiliriz. Ancak bu akış, genel olarak hareketi açıklamakla birlikte tam anlamıyla hiçbir zaman toprakta oluşmamaktadır. Piston akışı teorisine göre tuz çözeltisi ve su yüzeyleri arasında karışma olmadan toprak profiline giren suyun toprak çözeltisini iterek hareket

etmesi gerekmektedir. Ayrıca da piston akışında sıvının viskoz akışı ve türbülans hareketi yoktur.

Park and O'Connor (1980), doygun hidrolik iletkenliğin yıkama suyu niteliğine bağılı olarak belirgin bir şekilde değıştığını gözlemişlerdir. Tuzlu sodyumlu topraklarda iyi nitelikli su kullanılması durumunda toprağın geçirgenliğı önemli ölçüde azalmaktadır. Deneme sonuçlarına göre kumlu topraklarda her türlü yıkama suyu, orta bünyeli topraklarda ise sodyumu yüksek olmayan yıkama sularının kullanılabileceğı ince bünyeli topraklarda ise tuzlu-sodyumlu suların kullanılamayacağını belirlemişlerdir.

Toprak profillerindeki tuzların ve spesifik bazı iyon hareketlerinin yön ve konsantrasyonlarının bilinmesi, toprağın kullanım ve ıslah tekniğı açısından yararlı olmaktadır. Toprakta tuz hareketini etkileyen faktörler; topraktaki nem miktarı, toprak bünyesi, yıkama suyunun akış hızı, topraktaki tuz çeşidi, toprakta bulunan tuzların çözünürlükleri ve sıcaklık olarak sıralanabilir. Toprak çözeltisinde, iki farklı nokta arasındaki potansiyel enerji farklılığı toprak içinde suyun akış yönünü belirler. Doğadaki bütün maddelerin eğilimi potansiyel enerjisi yüksek olan yerden, düşük olan yere doğrudur. Toprak çözeltisi eğim doğrultusunda hareket etmekte ve kendisini çevreleyen ortam ile dengeye gelmektedir (Boast 1973). Diffüzyon iki nokta arasında konsantrasyon farkı olduğı zaman gerçekleşir. İyonlar yüksek konsantrasyondan düşük konsantrasyona doğru hareket eder. Toprak çözeltisinde akım hızının yavaş olduğı sature olmayan koşullar tuz yıkımında önemli rol oynamaktadır (Boast 1973; Moore 1963).

İki sulama uygulaması arasında geçen süreçte, çözünmüş maddelerin, agregatların yüzeyine difuze olabilmeleri veya küçük gözeneklerden büyük gözeneklere doğru hareket sağlayabilmeleri, daha sonrasındaki sulama uygulaması ile de büyük gözeneklerdeki akım yollarından uzaklaşması gerçekleşir Sature olmayan koşullarda, uygulanan suyun büyük bir miktarı toprak matriksi içinde hareket edeceğinden ayrıcalıklı akım yollarından ve büyük gözeneklerden geçecek akış azaltılmış olmaktadır

(Strock 2001). Strüktürel olarak yapılaşmış killi topraklar, sature olmamış koşullarda gerçekleştirilen yıkamadan büyük fayda sağlarlar (Tanton *et al.* 1995; Armstrong *et al.* 1998). Buna karşın kumlu tın ve tınlı kum gibi yaygın olarak örneğin Güney Afrika'da sulanan topraklarda ayrıcalıklı akım yollarına rastlanmaz (Zelege 2003).

Birçok laboratuvar çalışması (Miller *et al.* 1965; Nielsen and Biggar 1961) ve tarla denemeleri (Biggar and Nielsen 1962a, Nielsen *et al.* 1962; Oster *et al.* 1972) belirli bir miktar su ile ortamdan uzaklaştırılan tuz miktarının toprağın doygunluk noktasının altında yani doymamış koşullarda olmasıyla önemli miktarda arttığını göstermişlerdir. hem iyi kalite sulama suyu sıkıntısının çekilmesi hem de fazla yıkamanın toprak yapısında oluşturduğu olumsuz etkilerden kurtulmak için doymamış şartlardaki su hareketleri büyük bir ilgi odağı olmuştur (Schulin *et al.* 1986; Bond and Phillips 1990; Alemi *et al.* 1991). Alfaro (1965) suyun düşük uygulama oranlarının toprakta klorür tuzlarının uzaklaştırmasında yüksek uygulanma oranlarından daha etkili olduğunu bulmuştur. Terkeltoub and Babcock (1971), toprak profilinde yavaş hareket eden suyun hızlı hareket edenden, düşük rutubet düzeyinde hareket edenin doymuş halde hareket edenden daha etken bir yıkama sağladığını belirtmektedir. Abbas (1984), tuzlu toprakların profillerinde yapılan yıkama deneylerinde doymun olmayan koşullarda, doymuş koşullardan %25 daha fazla yıkama randımanı bulmuştur.

Arazide doymun olmayan şartların, aralıklı göllendirme veya infiltrasyon değerinin altındaki bir hızla aralıklı yağmurlama ile sağlanabileceğini önermişlerdir. Al Ganimi (1985), tuz yıkanmasında yağmurlama, aralıklı göllendirme ve devamlı göllendirme olmak üzere üç yöntem kullanmıştır. Yağmurlama ve aralıklı göllendirmede difüzyon mekanizması daha iyi işlediğinden en iyi sonuç alınmıştır. Yıkama suyu akış hızı ne kadar düşük olursa o kadar iyi tuz yıkanması gerçekleşmektedir.

Topraklarda düşey tek yönlü çözünmüş madde hareketinin belirlenmesi çeşitli nedenlerden dolayı zordur. İlk olarak toprakta bulunan büyük ve sürekli boşluklar ile küçük boşlukların denge durumunda bile çok düzensiz su hareketleri oluşturduğu

Bouma and Wosten (1979) ve Bouma (1981) tarafından belirlenmiştir. Ayrıca, hareketsiz su bölgelerinin bulunması (van Genuchten and Wierenga 1976) ve anyonların toprak yüzeylerinden itilmesi (Addiscott 1985) çözülmüş maddelerin hareketini lokal alanlarda bile belirlememizi daha karışık hale getirmektedir (Thomas and Swoboda 1970; Bresler 1973; Addiscott 1985). Bunlara ilave olarak bozulmamış killi topraklarda doygun koşullarda bile büyük ve sürekli boşluklar ile pedlerin içerisindeki küçük gözeneklerin düzgün olmayan su hareketleri oluşturduğu Bouma (1981) tarafından ortaya koyulmuştur.

Suyun toprak gözeneklerinde akışına karşı toprakla su arasında bir çekim kuvveti oluşur. Tuz çözeltisi, gözeneğin duvarları boyunca sürüklenme şeklinde hareket ettiğinden gözenek duvarları yakınında daha yavaş akış olmaktadır. Yıkama çözeltisi büyük gözeneklerde daha çok hareket etme eğilimine girecek daha küçük gözeneklerde hareket daha yavaş olacaktır. Yıkama suyunun toprak gözeneklerindeki akış hızı ne kadar az olursa o kadar iyi tuz yıkanması gerçekleşmektedir (Abed Al Sahib 1980).

Öztürk (2004) farklı akış hızlarının iyon hareketi üzerine etkilerini, kumlu killi tın ve killi tın bünyeli toprak kullanarak büyük toprak kolonlarında incelemiştir. İyon konsantrasyonunu belli bir değere düşürmek için toprakta 3 cm ve 6 cm sabit su yükü uygulamalarında 3 cm sabit su yükünde yıkama randımanının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Kumlu killi tın topraktan iyon yıkanması, killi tın toprağa göre daha kolay olmuştur. Tüm uygulamalarda yavaş akış hızlarında yüksek yıkama randımanları belirlenmiştir.

Al-Sibai *et al.* (1997) çözülmüş maddenin gözenekli ortamda taşınması olayını, gözenek boşluklarının iki bölgeden oluştuğu, çift yönlü porozite yaklaşımıyla açıklamaktadır. Toprak partiküllerinin veya daha büyük boşlukların içinde konveksiyon veya dispersiyon ile iletimin sağlandığı hareketli-su bölgesi ve agregatların içindeki sadece difüzyon olayının gerçekleşebildiği küçük gözeneklerde bulunan hareketli su

bölgesi olarak tanımlanabilir. Tuz yıkanmasının ise aktif olarak gerçekleştiği bölge büyük gözeneklerin bulunduğu hareketli su bölgesidir.

Gamerding *et al.* (1990) toprak suyunu, sıvı ile dolu boşluklardaki hareketli su agregatlarının içerisinde bulunan hareketsiz su olarak ikiye ayırmışlar ve sadece bu hareketli kısmın toprakta taşınma yöntemlerinde rol aldıklarını söylemişlerdir. Tarla veya laboratuvar çalışmalarıyla elde edilen sonuçlardan, toplam su içerisindeki hareketsiz suyun miktarının %0'ı ile % 35-55'e (Smettem 1984), zayıf yapıli tropikal topraklarda (Seyfried and Rao 1987) ve strüktürsüz çöl topraklarında (Jaynes *et al.* 1988) %75'e kadar çıktığı bildirilmiştir. Jaynes *et al.* (1995) %33 kil ve %37 silt içeren killi tın toprakta hareketsiz suyun topraktaki toplam suya oranının %25 ile %98 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Toprak yüzeyinde suyun göllendirilmesi ve infiltre edilmesinde büyük miktarda suya ihtiyaç duyulmaktadır. Daha önce de belirtilmiş olduğu gibi, yıkama sırasında su, toprak profilinde tekdüze bir şekilde akmamakta, toprak agregatlarının arasındaki makroporları takip etmektedir. Bu tür bir akış yıkamanın etkinliğini azaltmaktadır. Fasilalı yıkamada tuzlar, fasıla sırasında diffüzyon ile agregatların yüzeyine doğru hareket etmekte ve bir sonraki yıkama ile makroporlardan uzaklaştırılması nedeniyle daha etkili olmaktadır (Konukcu vd 2005).

Nielsen *et al.* (1986), aralıklı göllendirme için hazırlık gerektirmeyen yağmurlama sulamanın özellikle yüksek buharlaşma koşullarının olmadığı zamanlarda yüksek yıkama randımanı verdiğini belirtmişlerdir. Sonrasında Jurinak (1988), aralıklı göllendirme veya yağmurlama teknikleri toprak tekstürüne bağıli olmadan uygulanabildiğini, fakat ince tekstürlü topraklarda aralıklı göllendirme ile tuz yıkanması için kullanılan su sürekli göllendirmede kullanılan sudan 1/3 oranında daha az olabildiğini buna karşılık aralıklı göllendirme ile daha çok zamana ihtiyaç duyulduğunu belirtmektedir. Yine aynı çalışmada uygulamalardaki yıkama randımanın, birim zamanda verilen suyun toprağın doygun şartlardaki hidrolik iletkenliğinin altında olması

ile arttığını açıklamıştır. Tanji (1990) ise yıkama randımanını uygulanan her bir birim hacim yıkama suyunun uzaklaştırdığı tuz miktarı olarak tanımlamıştır.

Hidrolik iletkenliği az olan topraklarda yıkama suyunun aralıklı olarak verilmesi yani toprağın periyodik olarak kuruma ve ıslanması toprağın infiltrasyon hızını ve yıkama etkinliğini artırmaktadır (van Alphen and Verhoven 1982; Ayyıldız 1983).

Yıkama çalışmalarında güdülen amacın topraktaki özellikle bitki kök bölgesindeki fazla çözünebilir tuzların uzaklaştırılması olmakla birlikte uygulamanın fizibil olması göz ardı edilmemelidir. Bu durum daha çok esas alınacak ıslah ölçütlerinin belirlenmesi ve uygulanabilirliği ile yakından ilişkilidir. Tarla denemeleri ile belirlenecek ölçütler zaman, masraf ve iş gücü açısından ıslah işlemi için gerekli maliyetin önemli kısmını oluşturacaktır. Bununla beraber ilk bakışta gerçeğe en yakın ölçütlerin tarla denemeleri ile elde edilebileceği düşünülebilir. Ancak bu düşünce her zaman doğru değildir. Çünkü tuzluluk ve sodyumluluk sorununun topraktaki dağılımı fiziksel ve kimyasal açıdan yatay ve düşey yönde çok büyük değişimler göstermektedir. Tüm bu değişimleri içerecek şekilde farklı yerlerde yeterli sayıda tarla denemesi yapmak olanaksızdır. Laboratuar denemeleri ise daha az masraf ile daha çok seçenekleri test edebilme ve etkilerini görebilme olanağını sunmaktadır. Laboratuar koşullarında bozulmuş toprak örnekleri kullanılarak yapılan tuz yıkama denemelerinden elde edilen bulguların uygulamaya aktarımında dikkatli yaklaşmak gerekmektedir (Cassel *et al.* 1974). Laboratuarlarda yapılan yıkama denemeleri toprak profilinin bir benzetmesi olan toprak kolonları kullanılarak yapılabildiği gibi drenaj araştırmalarında yaygın bir şekilde kullanılan kum tanklarına benzer şekilde toprak tankları kullanılarak ta yapılabilir. Laboratuar denemelerinden elde edilen ölçütlere göre tarla denemelerinin planlanması daha akılcı olabilir.

Toprak kolonlarda iyon taşıma çalışmalarının birçoğu doygun ve denge şartları altında yapılmaktadır. Toprakların kurutulup elenerek kullanılması sırasında toprak yapısı bozulmaktadır. Bu sorun son zamanlarda bozulmamış toprak kolonları kullanılarak veya

tarla denemeleri ile aşılmıştır. Tarla denemeleri su iletimi üzerine çok yararlı bilgiler vermesine rağmen kontrollü şartlar altında bile bazen giren ve çıkan su arasında farkların oluşmasına neden olmaktadır (Jardine *et al.* 1988). Ayrıca buna ilave olarak tarla denemeleri ve tuz taşınması çalışmaları doygun bölge içersinde olmakta, alt tabakalardan ve yeraltı sularından gelen girişimleri kontrol edememekte ve bu denemelerin çok az kısmı doymamış şartlardaki akışı incelemektedir (Gelhar *et al.* 1992).

Büyük boyutlarda yapılan toprak kolonları bir çok çalışmada kullanılmıştır (Jardine *et al.* 1988; Booitink and Bouma, 1991; Thindall *et al.* 1992). Küçük çaplı toprak kolonlarındaki farklılıkların çoğunluklu deneysel hatalar olarak kabul edilmesine karşılık, büyük ölçekli laboratuvar çalışmalarında veya tarla denemelerinde ki farklılıklar toprak özelliklerinde ki bölgesel farklılıklar olarak değerlendirilmektedir.

Khan and Jury (1990) bozulmuş ve bozulmamış değişik uzunluktaki toprak kolonlarında farklı akış hızı ve kolon çapında süzükteki kimyasal madde konsantrasyonunu incelemişler. Bozulmuş kolonlarda dağılım katsayısının sabit olduğunu bozulmamış kolonlarda ise sadece düşük akış hızında sabit değer elde edildiğini ve yüksek akış hızında kolon uzunluğu ile birlikte dağılım katsayısının arttığını belirtmişlerdir.

Evans and Levin (1969), toprak kolonlar kullanarak yaptıkları ıslah çalışmasında topraktaki tuz ve su miktarının zaman ve derinliğe göre değişimini kolonları değişik zamanlarda parçalayıp toprak örnekleri üzerinde yapılan analizlerle tespit etmişlerdir. Bu çalışmada izlenen yöntem toprak suyu ve tuzlarının değişik derinliklerdeki miktarlarının zaman içerisindeki değişimlerini toprak örneği almaya gerek kalmadan izlemeye olanak vermiştir.

Tuzlu, sodyumlu toprakların iyileştirilmesi ile ilgili yürütülen çalışmalar, daha çok, iyileştirme için gerekli yıkama suyu miktarı, yıkama süresi ve iyileştirici miktarı gibi

ölçütlerin saptanmasını amaçlayan araştırmalardır. Araştırmalarda yıkama suyu aralıklı göllendirme yöntemiyle uygulanmış ve genellikle su uygulamaları arasında 24 veya 48 saat beklenilmiş bu sürenin neden seçildiği ise belirtilmemiştir.

Minhas and Khosla(1986) düşük buharlaşma isteği olan bölgelerde yağmurlama ve aralıklı göllendirme ile yıkanamın en iyi yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Özyurt ve Atalay (1987) yürüttükleri ıslah çalışmasında yıkamaları her defasında 30 cm su verilerek aralıklı göllendirme yöntemi ile tamamlamışlardır. Toprak yüzeyinden yıkama suyunun çekilişinden 48 saat sonra ikinci yıkama suyu uygulaması yapılmıştır. Yılmaz (1980), Konya ovası tuzlu ve borlu topraklarının ıslahında; yıkamalar aralıklı göllendirme yöntemiyle yapılmış ve her seferinde 20 cm su uygulanmıştır. Her kısım suyun toprak yüzeyinden çekilmesi ile bir sonraki uygulama arasında 48 saat aralık verilmiştir. Deneme sonuçlarına göre topraktaki toplam çözünebilir tuzların %80 'ini yıkamak için Dys/Dt oranını 2,5 olarak belirlenmiştir. Aynı araştırmacının başka bir yöre sorunlu toprakları için yürüttüğü ıslah çalışmasında da toplam çözünebilir tuzların %80'ini yıkamak için Dys/Dt oranının 6,8 olarak belirlemiştir. Denemenin yürütülmesinde yine aralıklı göllendirme 20 cm'lik kısımlar halinde su uygulaması ve suyun toprak yüzeyinden çekilmesinden sonra 48 saat bekleme yapılmıştır (Yılmaz 1978).

Sevgioğlu (1987), Harran ovası tuzlu sodyumlu topraklarının ıslahı için esas alınan 60 cm toprak derinliği için 183 cm yıkama suyunun yeterli olacağı sonucuna varmıştır. Denemede yıkama suyu 30 cm'lik kısımlar halinde aralıklı göllendirme yöntemi ile uygulanmış ve suyun toprak yüzeyinden çekilmesinden sonra 48 saat beklenilmiştir.

Bandyopadhyay (1989), laboratuvar çalışmasında jips içermeyen asidik tuzlu topraklarda asitliği ortadan kaldırmak için 10 gün aralıklarla 3-4 kez yıkama yapılması gerektiğini belirtmektedir.

Toprakların başlangıç tuz miktarları, yıkamadan sonra istenilen tuz seviyesi, ıslah edilecek toprak derinliği ve yıkama suyu hızı ve yıkama sırasında toprakta tutulan su miktarı gibi toprak özellikleri ıslah için gerekli su miktarının belirlenmesinde ana faktörlerdir. Tuzlu ve sodyumlu toprakların yıkanması sırasında bitki besin maddeleri de topraktan uzaklaşırlar. Marwan and Rowell (1995), tuzlu-sodyumlu toprakların yönetimi ve ıslahı süresince çözünebilir tuzların taşınması nedeniyle toprağın fiziksel koşullarında bozulmalar meydana geldiğini açıklamışlardır. Bu yüzden yıkama sonrası toprak verimliliğini artırıcı önlemlerin en az seviyede alınması için uygun miktarda su kullanılması gereklidir (Öztürk 2000).

Arazi ve laboratuvar koşullarında tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahına yönelik yürütülen çalışmalarda tüm denemeler ıslah projesinde ihtiyaç duyulan ölçütleri üretmeye yarar. Laboratuvar denemeleri veya model çalışmalarıyla elde edilen sonuçlar değişik uygulamaların gerçekteki yansımalarının nasıl olacağını tahmin edebilmede önemli ipuçları verebilmektedir. Örneğin ıslah çalışmalarında toprağın verimliliğinin korunarak, fiziksel yapısının geliştirilerek mevcut tuzluluk sorunun giderilmesi için toprak özelliklerine göre uygulamaların nasıl değiştirilebileceği kararı hususunda yine laboratuvarda yıkama denemeleri sonucunda karar verilebilir.

Al Jaloud (1994) tuzdan etkilenmiş toprakların ıslahında gereksinilen su miktarını laboratuvar koşullarında araştırmıştır. 0-30 cm derinliğinde toprağın ıslahı için 10-30 cm su derinliği gerektiği ve tuzdan etkilenmiş topraklarda 50 cm derinliğinde ki bir profilin ıslah edilmesi için 30-60 cm su derinliğinin sağlanması gerektiğini belirtmiştir.

Hussain *et al.* (1989) tarla koşullarında tuzdan etkilenmiş toprakların ıslahında gereken su ihtiyacını araştırmışlardır. Toprak yüzeyinden itibaren 30cm derinliğe kadar (0-30 cm) olan katmanın ıslahı için 20-30 cm, 30-60 cm toprak derinliği için ise 60-90 cm su derinliğinin oluşturulması gerektiğini belirtmişlerdir. Tuzdan etkilenmiş toprakların ıslahı ve su uygulama yöntemine göre toprağın tüm 0-60 cm derinliğinin ıslahı için 50-60 cm derinliğinde su kullanılması gerektiğini açıklamışlardır.

Selassie *et al.* (1992) toprağın başlangıç tuz içeriğinin % 90'ını gidermek için alüviyal toprakta gözenek hacminin 1,1 katı vertisol toprakta 1,3 katı sulama suyuna ihtiyaç duyulduğunu açıklamışlar ve sulama suyundaki bu farklılığın başlangıç nem miktarlarındaki ve tekstürdeki farklılığı yansıttığını belirtmişlerdir.

Laboratuarda yapılmış yıkama denemelerinde birim suyun birim toprak derinliğinden gidereceği tuz miktarı olarak tanımlanan yıkama etkinliğinin, toprakta başlangıçta bulunan tuz miktarı ile arttığı gözlenmiştir (Mavi 1981).

Reeve *et al.* (1955), ıslah edilecek toprağın 1 m derinliğine 1 m su uygulanmasının ortalama tuz konsantrasyonunu % 80 azalttığını tespit etmiştir. Bahtiyar (1971), Erzincan ili tuzlu ve sodyumlu topraklarının ıslahı için dekara 4 ton jips ve 258 cm yıkama suyunun yeterli olacağını belirtmektedir.

Gardner ve Brooks (1957), profildeki toprak tuzluluğunu %80 azaltmak için toprak boşluk hacminin 1,42 katı su geçirilmesi gerektiğini belirtmektedirler. Toprakta başlangıçta bulunan tuzların %44'ünün yıkanabilmesi için Panin (1962) o derinlikteki toprağın tarla kapasitesinde tutabileceği miktarda su verilmesini önermektedir. Benzer şekilde Khosla *et al.* (1979), toprak profilindeki tuzun %80'inin yıkanabilmesi için 1.0 cm toprak derinliğine 0,4 cm yıkama suyunun uygulanması gerektiğini bulmuşlardır. El-Dujaili and İsmail (1971), toprak tuzluluğunun güvenilir seviyeye getirebilmek için birim toprak derinliğinin 1,5 katı yıkama suyuna ihtiyaç olduğu sonucuna varmışlardır.

Örneğin, farklı yörelerde farklı toprak özellikleri ile yürütülmüş çalışmalarda, Özden ve Ören (1986) toprak derinliğinin 18 katı yıkama suyuna ihtiyaç olduğunu, Bahçeci (1989), topraktaki çözünabilir tuzların %75'inin yıkanabilmesi için toprak derinliğinin 7 katı yıkama suyuna ihtiyaç olduğunu belirtmektedirler. Oster *et al.* (1972), topraktaki çözünabilir tuzların %70'inin yıkanabilmesi için 1 cm toprak derinliğine aralıklı göllendirmede 0,5 cm, sürekli göllendirmede ise 1,2 cm yıkama suyuna, Anapalı (1991), 300 cm, Yıldırım (1981) 314,8 cm yıkama suyuna ihtiyaç olduğunu

belirtmektedirler.

Çınar (1978), yaptığı ıslah çalışmasında yıkama suyu miktarını 624 cm olarak bildirmiş, su uygulamalarını 10 cm'lik kısımlar halinde aralıklı göllendirme yöntemiyle tamamlamış ve yıkamalar arasında 48 saat aralık bırakılmıştır.

Bahçeci (1984), Konya Ereğli Ovası sorunlu topraklarının ıslahında toprağın 40 cm derinliğinin ıslahı için tuzların %79,2 sinin yıkanması ve bunun için toprak derinliğinin 7,2 katı yıkama suyuna ihtiyaç olduğunu belirtilmektedir. Denemede her defasında 30 cm su uygulanmış ve uygulanan suyun toprak yüzeyinden çekilmesinden 48-72 saat sonra ikinci su uygulaması yapılmıştır.

Khosla *et al.* (1979) Hindistan Haryana'daki tuzlu ve sodyumlu topraklarda tarla koşullarında yaptıkları çalışmada toprak profilindeki tuzun % 80'inin yıkanması için 1,0 cm toprak derinliğine 0,4 cm yıkama suyu gerektiğini bildirmişlerdir.

Beyce (1977), toprakta toplam çözünebilir tuzların % 80'inin yıkanabilmesi için aralıklı yağmurlamada toprak derinliğinin 3 katı, devamlı göllendirmede 4,25 katı, aralıklı göllendirmede 5,25 katı su ihtiyacı belirlemişlerdir.

Bahçeci (1983), Aksaray Ovası Ulurmak sulama şebekesi içerisindeki tuzlu sodyumlu ve borlu topraklarda yaptığı yıkama denemesinde toplam çözünebilir tuzların % 80'inin yıkanması için toprak derinliğinin 5 katı yıkama suyu ihtiyacı olduğunu belirtmiştir.

Yıldırım (1980), Afyon Ovası tuzlu sodyumlu topraklarında yürütülen ıslah çalışması 253,69 cm yıkama suyuyla tamamlanmış ve yıkama aralıklı göllendirme yöntemiyle uygulanmıştır. Su 17 cm'lik kısımlar halinde ve 48 saat aralıklarla tamamlanmıştır.

Mavi (1981), Bafra Ovası tuzlu toprakların ıslahı için yürüttüğü çalışmada toplam 210 cm yıkama suyu uygulanmıştır. Uygulanan her 30 cm yıkama suyunun toprak yüzeyinden çekilmesinden 48 saat sonra yeni su uygulaması yapılmıştır.

Balçın ve Çelik (1992), aralıklı göllendirme şeklinde yapılan yıkamalar sonucunda Amasya Suluova tuzlu sodyumlu ve borlu topraklarının ıslahı için gerekli ölçütler belirlenmiştir. Toprakta mevcut tuzun 4 dS/m'nin altına düşürülmesinde 180 cm yıkama suyu yeterli bulunmuştur. Veya toprakta mevcut tuzların % 50'sinin yıkanabilmesi için toprak derinliğinin 6 katı yıkama suyuna ihtiyaç olduğu belirtilmiştir. Yıkama suyu 30 cm'lik kısımlar halinde uygulanmıştır ve her uygulama arasında 48 saat beklenilmiştir.

Yıldırım (1990), Sakarya Pamukova topraklarında yaptığı ıslah çalışmasında yıkama suyu aralıklı göllendirme yöntemiyle 20 cm'lik kısımlar halinde uygulanmıştır. Arpacı (2002), aralıklı göllendirme yöntemiyle 20 cm'lik kısımlar halinde 240 cm yıkama suyu uygulamıştır. Deneme alanı için başlangıçtaki tuzların giderilebilmesi için 120 cm yıkama suyunun yeterli olduğunu belirlemiştir.

Özkara (1981) yaptığı ıslah çalışmasında 15 cm'lik kısımlar halinde 240 cm yıkama suyu uygulamıştır. Yıkama aralıkları ise 6 ile 10 gün arasındadır. Yıldırım (1981), Eskişehir Beylikahır yöresi sorunlu topraklarının ıslahı için yaptığı çalışmada, 20 cm su aralıklı olarak uygulanmış ve her uygulama arasında 36-48 saat beklenilmiştir.

Sönmez (1990), Aşağı Kızılırmak Havzası tuzlu ve sodyumlu topraklarının ıslahı için yürüttüğü çalışmada 30 cm'lik kısımlar halinde toplam 270 cm su uygulanmış ve her uygulama arasında 48 saat beklenilmiştir. Deneme sonuçlarına göre toprakta mevcut tuzların %85'inin yıkanması için toprak derinliğinin 4 katı yıkama suyuna ihtiyaç vardır.

Uzunoğlu ve Ağar (1992), yürüttükleri ıslah çalışmasında yıkama suyu 20 cm'lik kısımlar halinde toplam 260 cm su uygulamışlardır. Verilen suyun toprak yüzeyinden çekilmesinden sonra bir sonraki su uygulaması için 48 saat beklenilmiştir.

Yarpuzlu ve Doğan (1986), Aşağı Seyhan Ovası tuzlu sodyumlu topraklarında yaptıkları ıslah çalışmasında toplam 380 cm yıkama suyu 20 cm'lik kısımlar halinde aralıklı göllendirme yöntemiyle uygulamışlardır. Ve uygulamalar arasında 48 saat beklenilmiştir.

Toprak içindeki çözünmüş maddenin, kirleticilerin ve mikro organizmaların taşınımı toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik içeriklerindeki geçici değişikliklere bağlı olduğundan gözlenmesi ve modellenmesi oldukça zordur (Stagnitti *et al.* 1999) fakat topraklarda farklı su uygulama rejimleri altında tuz hareketi tahmini önemlidir. Toprakta iyon hareketi üzerine deneysel bulgular ile çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen yarı amprik denklemler arasında bir uyum gözlemlenmektedir.

Islah süresince gerekli olan su derinliği ve zaman birçok parametreye dayandığından bir yerden bir yere göre değişmektedir. Bu parametreler arasında ilk olarak, toprak tekstürü, toprak strüktürü, toprak gözenek geometrisi, kil minereolojisi ve killerin fiziksel ve kimyasal özellikleri gibi toprak özellikleri sayılabilir. Yanısıra, başlangıç tuz içeriği, çözünebilir tuzların kimyasal özellikleri ve yıkama suyu karakteristikleri de sıralanabilir (van Horn and van Alphen 1994). Anılan tüm parametrelerin modellerin uyumlu sonuçlar vermesi adına etkili olması muhtemeldir.

van Der Molen (1956), kromotografik yöntemle Glueckauf teorisine dayanarak, toprak kolonunun eşit tabakalarının üst üste dizilmesiyle oluştuğunu ve tabakalarda tuz dengesi olduğunu kabul ederek bir araştırma yapmıştır. Araştırmada yıkama üst tabakalardan başlayıp aşağı doğru oluşmaktadır. Toprak yüzeyine verilen yıkama suyu tuz konsantrasyonu sıfır olarak kabul edilmektedir. Yağmur suları ile yıkandığında, toprak profili boyunca toprak çözeltisi tuz konsantrasyonu dağılımı, oransal gözenek hacmi

olarak ölçülerek, yıkama suyu miktarı ve yıkanmak istenen toprak profili tabaka derinliğine bölünerek tabaka sayısını dikkate alan bir eşitlik yardımıyla hesaplanabileceğini belirtmiştir.

Tuz konsantrasyonunu yarıya indirebilmek için gerekli su hacmi aşağıdaki denklemden hesaplanmıştır.

$$\bar{V} = 0.014Ad \dots\dots\dots \text{ olduğunda}$$

$$B = \frac{B_0}{2}$$

$\bar{V}$: Topraktan geçen yağmur suyu hacmi (mm/cm³)

A: Topraktaki nem miktarı (mm/100gr)

d: Toprak derinliği (cm)

B₀: Başlangıçtaki tuz konsantrasyonu (gr/100 gr)

B: Toprakta istenilen tuz konsantrasyonu (gr/100 gr)

Nielsen and Biggar (1961), tuzların topraktaki hareketini irdeleyerek, Darcy yasasını, 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 yıkama suyu tuz konsantrasyonuna eşitlenmesi gerekmektedir.

Dutt (1963), bilgisayar programı ile jipsli topraktan sızan su kalitesini tahmin etmek için ve herhangi bir derinlikte ve herhangi bir zamandaki tuz konsantrasyonunu belirlemek için aşağıdaki formülü kullanmıştır.

$$C_i^j = C_{i-1}^j \frac{\theta_{si} - \theta_i^0}{\theta_{si}} C_i^{j-1} \frac{\theta_i^0}{\theta_{si}}$$

i, j: Derinlik ve zaman

θ : Rutubet miktarı

θ_{si} : Herhangi bir derinlikteki por hacmi

C_i^j : Değişebilir katyonlar ve çözülebilir maddelerin etkilerine göre düzenlenecek tuz miktarı.

Leffelaar and Sharma (1977), yaptıkları çalışmada, van Der Molen (1956), Glueckauf ve Terkeltoub and Babcock (1971) teorilerine dayanarak yeni bir model geliştirmişlerdir. Toprak kolonunu eşit tabakalara bölerek, elektriki iletkenliği EC_i olan birinci tabakaya (a) cm su ilave edilerek; birinci tabakaya su ilave etmeden önceki elektriki iletkenliği $EC_{0.1}$ ve içerdiği nem miktarı (b)' dir. Su ilavesinden sonra birinci tabakanın son elektriki iletkenliği (EC_1) aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$F_1 a EC_i + b EC_{0.1} = (F_1 a + b) EC_1$$

F_1 : Birinci tabakanın yıkama randımanı katsayısı (toprak çözeltisi ile toprağa giren suyun karışma yüzdesi) dir. İkinci tabakaya sızacak su miktarı (a-c) cm kadardır, çünkü birinci tabakada su miktarı (c) cm tutulmuştur. İkinci tabakanın içerdiği su miktarı (d) cm dir ve elektriksel iletkenliği (EC_2) şu şekilde hesaplanır.

$$F_1 (a - c) EC_1 + d EC_{0.2} = [F_2 (a - c) + d] EC_2$$

Aynı işlemler N tabakaya kadar ve arka arkaya ilave edilen su ile devam edilerek tuz yıkama eğrileri elde edilmiştir.

Hoffmann and van Genuchten (1983), matematiksel ifadeleri içeren “ Exponential Water Uptake Function; Üstel Su Alım Fonksiyonu” modeli ile, kararlı akış koşullarında ve üniform sulama programı altında, ortalama kök bölgesi tuzluluğu ile yıkama oranı arasında ilişki kurmuşlardır. Modelde verim, drenaj suyu miktarı, sızan suyun elektriksel iletkenlik değerini tahminlendiğini, tuz çökeltme veya çözünmelerini dikkate almadığı gibi, matrix stresi ve suyun bileşimini göz ardı ettiğini bildirmişlerdir.

van Horn and van Alphen (1954) kurmuş oldukları basitleştirilmiş eşitliği şöyle açıklamışlardır. Yıkama; (C_i) konsantrasyonundaki sulama suyu veya yağmur suyunun C_{s1} konsantrasyonundaki birinci katmandaki toprak suyu ile karışması ile başlayacağından karışımdan sonra I. katmana ait toprak solusyonu konsantrasyonu aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$$aC_i + bC_{s1} = (a+b) C_{x1}$$

a : yıkama suyu miktarı (mm)

b : I. katmandaki toprak suyu miktarı

C_i : yıkama suyu tuz konsantrasyonu (meq/l)

C_{s1} : I. katmandaki toprak suyu tuz konsantrasyonu (meq/l)

C_{x1} : Yıkamadan sonra I. katmanın tuz konsantrasyonu (meq/l)

Eğer yıkamadan sonra I. katmanda kalan su miktarı c mm ise, C_{x1} konsantrasyonlu bir miktar $(a-c)$ su perkole olarak II. katmana geçecek ve bu katmanın nem miktarı ile karışacaktır. Karışımdan sonra II. katmana ait tuz konsantrasyonu (C_{x2}) aynı yolla hesaplanabilir.

$$(a-c) C_{x1} + dC_{x2} = (a-c+d) C_{x2}$$

d : II. tabaka içinde bulunan su miktarı (mm)

van Horn and van Alphen (1954), benzer eşitliklerin yıkama randımanı katsayısının veya hacim değerlerinin farklı derinliklerle değişebileceği, daha karmaşık durumlar için oluşturulabileceğini fakat eşitlik çok kompleks bir hal alacağından numerik metodları kullanmanın daha kolaylık sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Terkeltoub and Babcock (1971), sulama sonrası, toprak profili boyunca çözünabilir tuzların dağılım hareketini tahmine yarayan basit bir model üzerinde çalışmışlardır. Modelde toprak profilinin eşit kalınlıkta ve üst üste gelmiş tabakalardan oluştuğu varsayılmıştır. Yıkama suyu, her tabakada toprak tarla kapasitesine (%A) yükselmeden, alttaki ikinci tabakaya geçmemektedir. Modelin başlangıçtaki toprak rutubetini B, yıkama suyu tuz konsantrasyonunu Y(me/l), başlangıçtaki toprak tuzluluğu Z (me/l), yıkama suyu ve toprağın başlangıç ile karışmadan sonra oluşan final tuz konsantrasyonu R(me/l) hesaba katan teorik eşitlik üzerine kuruludur.

$$R = \frac{B(Z) + (A + B)Y}{A}$$

İkinci katmanda ise, başlangıçtaki nem C ve tuz konsantrasyonu x (me/l) olarak sembolize edildiğinde , sonuçta oluşan tuz konsantrasyonu P (me/l) şu şekilde hesaplanmaktadır.

$$P = \frac{C(x) + (A - C)R}{A}$$

N tabakaya kadar işlemler devam etmektedir. Modelin ince ve kaba bünyeli topraklarda sulama sonucu oluşan tuz dağılımı, deneysel ölçümlerle sulanan değerlere göre oldukça iyi tahmin edilmiştir.

Toprak içersinde hareket eden suyun niteliği, yönü ve hızını bilmek adına poroz ortamda iyon hareketi üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bunun yanı sıra

         maddelerin ve tuzun mekanizmasının tam anlamıyla anlaşılması, bu transfer süresince karşılaşılan biyolojik, kimyasal ve fiziksel birçok durumu açıklayabilen uygun matematik koşulların geliştirilmesi kadar şüphesiz toprak ve su yönetiminde de akılcı ve sürdürebilir bir ön koşuldur. Bu doğrultuda daha öncede çalışmaları detaylandırılan Nielsen and Biggar (1961, 1962, 1963) ve Biggar and Nielsen (1963) gözenekli ortamdaki karışabilir yer değişim olgusunu açıklamaya çalışmışlar ve büyük katkılar sağlanmıştır. O zamandan beri çeşitli analitik, yarı analitik ve nümerik çözümler önerilmiştir (Simunek *et al.* 2005, Leij and van Genuchten 2002, Hseih *et al.* 2001, Vanderborght *et al.* 2000, Feyen *et al.* 1998). Çalışmaların hepsinde çeşitli başlangıç ve sınır koşulları altındaki gözenekli ortamda çözünebilir maddelerin taşınması ya da bazıları katı- çözülmüş madde etkileşimleri gibi eř zamanlı oluşan diğer işlemleri hesaba katarak problemi tanımlamayı amaçlamışlardır.

Faulkner *et al.* (2009), çalışmalarında yeni matematiksel ve labaratuvar modellerini yeraltı sularındaki akışı ve çözünmüş madde taşınmasını simultane etmek amacıyla Stokes eşitliğini ve Darcy eşitliğini kullanarak kurmuşlardır.

Youngs and Leeds-Harrison (2000), fasılalı yıkama metoduyla, çalışma yapılan alanlarda toprağın yıkanması için %84 daha az suya ihtiyaç duyulduğunu ve %76 zamandan kazanım sağlandığını belirtmişlerdir. Teorik  alışmaları kaba bünyeli toprakları kapsıyor olmasına rağmen, metodolojik olarak çalışmalarının ince bünyeli topraklarda aynı sonuçları vereceğini bildirmişlerdir. Youngs and Leeds-Harrison (2000) tarafından önerilmiş olan kısmi göllendirme modeli, Mirjat *et al.* (2008) ve Mirjat and Rose (2009) tarafından labratuvarlarda kum tankları kullanılarak denenmiş ve elde ettikleri sonuçlar Youngs and Leeds-Harrison (2009) tarafından tahmin edilen değerlerle uyum sağlamıştır. Fakat yapılan deneme kaba bünyeli topraklar üzerinde y r t l m ş olduğundan, ince bünyeli tabakalaşmış topraklarda çalışılmamıştır. HYDRUS-2D/3D (Simunek *et al.* 2006) gibi su ve çözünmüş madde taşınımını iki boyutlu, sature olmuş ortamda yapabilen bilgisayar modelleri bu tür analizleri yapabilmek adına uygun araçlar olacaktır (Siyal *et al.* 2010).

Panin (1962) laboratuarda yapmış olduğu yıkama denemelerinde aktif yıkama değeri yıkama sonrası ve öncesi tuz miktarı oranının logaritmasıyla toprağın tarla kapasitesi ve bir sabite ile çarpımı yoluyla hesaplamış ve bu değerin deneysel olarak bulunan sonuçlardan en fazla % 6,1 saptığını bulmuştur.

Thokal *et al.* (1992) kolon çalışması ile farklı tarla koşullarına göre 3 yıkama modeli oluşturmuşlardır. Bu çalışmanın amacı minimum drenaj hacmi ile tuzların yıkanması olup hergün 3 cm su uygulanarak yapılan geçici sulama modeli ile en iyi sonuçları elde etmişlerdir. Doygunluk sağlanarak yıkama yapılmasının geçici yıkama koşullarından daha etkili olduğu görülmüştür.

Daha öncede belirtildiği gibi genellikle tüm topraklar tuz taşınımını pekiştiren ayrıcalıklı bir akım yoluna sahiptirler. Tuz hızlı bir şekilde bu yollardan yüksek gözenek hızıyla aşağıya doğru taşınabilir fakat toprak matriksinin daha az geçirgen olduğu yerlerde düşük gözenek su hızıyla tutulabilir. Cote *et al.* (2000) yaptıkları çalışmada bu ayrıcalıklı yolların yıkanma üzerine etkilerini ölçmek için bazı denemeler yürütmüşlerdir. Deneysel sonuçlarını ise yıkamada ayrıcalıklı akış yollarıyla çevrelenmiş, tek küresel agregat (SSA) içinde konsantrasyon eğiminde çeşitli varyasyonların etkisini tahminleyen bir amprik eşitlikle karşılaştırmışlardır. Çalışmada kullanılan model kuru ya da yaş periyotun herhangi birindeki zamansız konsantrasyon miktarını ve belirli bir zamanda yıkanan fraksiyon miktarını vermektedir. Girdi parametresi olarak da periyotların birimsiz sürelerini kullanır. Bu parametrelerin belirlenmesi için küresel agregatın yarıçapı, agregat içindeki difüzyon katsayısı gereklidir. Yaptıkları çalışmada iki farklı toprak tipiyle dolu bozulmamış 300 mm uzunluğunda ve 216 mm çapında toprak kolonları kullanmışlardır. Denemelerinde aynı anda hem göllendirme yöntemi hem de fasılalı yıkama yöntemlerini kullanmışlar böylelikle kuru periyotların yıkama üzerine etkisini belirlemek istemişler ve sonuç olarak akışın kesilmesiyle yapılan drenajın topraklardaki yıkamayı %10-20 oranında arttırdığını belirtmişler ve bu değeri modelle tutarlı bulmuşlardır.

Ragab *et al.* (1996) yaptıkları çalışmada iki farklı model kullanarak Nitrat yıkanmasını tahmin etmeye çalışmışlar, modellerde ayrıcalıklı akım yollarını başka bir deyişle bypass akışını dikkate alarak ve almaksızın elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış, sonuç olarak bypass akımının dikkate alınmasıyla modelin ölçülen değerleri daha iyi yansıttığını belirtmişlerdir. Çalışmada başlangıç olarak SOIL model kullanılmış ve topraktaki su hareketi yorumlanmış ve buradan alınan değerlerle SOILN modelinde girdi olarak değerlendirilmiş, denemede iki parsel üzerinde çalışılarak ölçülen değerlerle tahminlenen değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Poulovassilis *et al.* (2007), topraklardaki taşınım üzerinde çalışırken algoritmik yaklaşımı önermişlerdir. Bu yaklaşım kararlı durum su akış şartlarına dayanmaktadır ve tuz birikimi ve yıkanması işlemlerinin her ikisini de uygulamaktadır. Modelin temel varsayımı tuz birikimi ya da yıkanması oranının ilk sıra kinetik eşitliği takip etmesidir. Laboratuvar ve arazi denemelerinde gözlemlenen piston-akış mekanizmasının katılımı mevcut modellerle toprak kolonunu alttan bölerek ve çeşitli toprak kısımlarında kıvrım integrali uygulayarak açıklanabileceği belirtilmişlerdir.

Toprakta ayrıcalıklı akım yollarının mevcudiyeti durumunda tuz taşınımını tanımlamak için iki nüfus alanı yaklaşımı genellikle kullanılır (Coats and Smith 1964). Bu yaklaşımla toprak iki farklı bölgeye ayrılır. Toprak fraksiyonuyla ilgili olan yüksek geçirgenliğe sahip bölgeki makroporlar olarak tanımlanabilecek birinci bölge ve daha az geçirgenliğe sahip toprak matriksindeki gözenekler ise ikinci bölgeyi oluştururlar. Daha basitleştirmek için daha az geçirgen bölgedeki su hareketsiz olarak kabul edilir. Geçirgen bölge ayrıcalıklı geçiş yolları olarak tanımlanacak, daha az geçirgen olan bölge ise gerçek arazi koşullarında durumu çok basitleştirmesine rağmen, agregat olarak tanımlanmıştır. Makroporlardaki akış yollarını kullanan tuz taşınımı adveksiyonla gerçekleşirken, agregalardaki diffüzyon değişimi akış önemlidir. İki bölge arasındaki tuz taşınımının iki yolla hesaplanacağı Cote *et al.* (1999) belirtilmiştir. Tanımlanmış kütle-transfer katsayısı kullanılarak çözüme ulaşılabileceği gibi, Fick'in ikinci difüzyon kanunu da uygulanabilir. Makalede arazi toprağında Fick yasası için agregatların şekline ve ebatlarına karar vermek doğal şartlar altında uygulanabilir olmadığı, kütle-

transfer yöntemi gibi iki bölgeli modellerde ise sınırlamanın agregatların içinde sadece ortalama konsantrasyonun belirleniyor olmasıdır. Agregatlar içinde konsantrasyon farkı olmadığı farz edilmektedir ki arazi koşullarında arazi toprağının bağlı olduğu koşulların çeşitliliği düşünüldüğünde agregatlar boyunca tuz konsantrasyonunun homojen kalmasının olası olmadığını belirtmişlerdir.

Kullanılan matematik modellerin yanı sıra son yıllarda tahmin özelliği öne çıkan bilgisayar modeller kullanılmıştır. Bu modeller arasında DRAINMOD bilgisayar programı; drenaj performansının belirlenmesinde, yüzey ve toprak altı su yönetim sistemlerinin çeşitli kombinasyonlarının toprak su rejimine etkilerinin simülasyonunda, alternatif drenaj sistem planlamalarının ürün verimine olan etkilerinin tahmininde, su tablası kontrol sisteminin simülasyonunda, değişik sulama stratejileri ile drenajın etkileşiminin analizinde, toprak ve drenaj suyunun tuzluluk seviyelerinin tahmininde kullanılmaktadır.

Yine son yıllarda literatürde yer bulmuş bir model olan WaSim (Water Simulation) modeli taban suyu hareketlerini, drenaj boşalımını, toprak tuzluluğunu ve drenaj akış kalitesini tahminleyebilen tek boyutlu bir toprak su denge modelidir. Hirekhan *et al.* (2007) modelin diğerleri arasına çok yeni katılımı dolayısıyla daha fazla değerlendirme çalışması yapılmasının uygun olduğunu belirterek mevcut formu ile yüzeyaltı drenaj sistemlerinin hidrolik performansını değerlendirmek veya yarı kurak muson iklimine sahip bir bölgede yüzeyaltı drenaj sistemini belirlemek konusunda modeli mükemmel ve basit bir araç olarak gördüklerini vurgulamışlardır. Model üzerinde daha somut uygulamalarla drene edilen alanlarda drenaj akış kalitesi, tuz transferi ve yıkama simülasyonları üzerine yapılacak çalışmalarla model potansiyelinin daha da ortaya çıkacağını belirtmişlerdir.

Kullanılan bilgisayar tabanlı modellerden biri ise literatürlerde SWAP (Soil Water Atmosphere Plant System) ismiyle yer bulmuş, su akımını, tuz taşınımını ve bitki büyümesini tümleyebilen ve temel olarak toprak suyu akışı Darcy ve Richard

eşitliklerine dayanan bir modeldir. SWAP tarafından geliştirilen işlemin teorisi yoğun bir şekilde van Dam *et al.* (1997) tarafından tanımlanmıştır. Bu model konveksiyon, difüzyon ve dispersiyonu, non- linear adsorpsiyonu ayırmayı ve tuzun kök tarafından alınımını simüle eder. Bu da tuzun bitki gelişimi üzerine etkisini de içine alarak pestisit ve tuz taşınımının da simülasyonuna izin verir. (Kroes *et al.* 1999) Çözünen maddelerin taşınımı için adveksiyon-dispersiyon eşitliklerini kullanan SWAP su ve tuz stresinin potansiyel bitki su kullanımı üzerine etkisini, drenaj desenini toprağın fiziksel ve hidrolik özelliklerini dikkate alarak belirler (Su *et al.* 2005).

Flowers *et al.* (2005) çalışmalarında tuzluluğa eğilimli alanlarda sulamayla domates yetiştirilmesinin ve üretiminin arttırılmasını amaçlayan SALTMED projesi üzerinde çalışmışlardır. Tuza dayanımı yüksek olarak tanımlanan domates çeşidi (Floradade) Mısır ve Suriye olmak üzere iki farklı ülkede, üç yıl süreyle damla ve karık sulama olarak, tuzlu ve normal suyun karışım halinde veya döngüsel olarak tuzlu su ile normal suyun sulama suyu olarak kullanılmasıyla yetiştirilmiştir. Mısır'da meyve verimi ve meyve sayısı damla sulamanın karıştırılmış sulama suyunda en yüksek değere ulaşmıştır. SALTMED biokütle üretiminin, ürün veriminin, tuz taşınımının, bitki su alımının ve evaporasyonun dikkate alındığı bir modeldir. Sonuçlar göstermiştir ki gözlemlenen ve tahminlenen sonuçlar uyum sağlamaktadır.

Bu çalışmanın akabinde Ragab *et al.* (2005) mevcut başarılı SALTMED kalibrasyonunu takip ederek modeli, Mısır ve Suriye'deki bütün 2000, 2001 yılı ve 2002 yılının bir kısmındaki arazi verilerini kullanarak tekrar denemişlerdir. İki ülkeden alınan beş farklı büyüme dönemindeki veriler kullanılarak tuzluluk dağılımı, toprak nemi, su alımı, verimdeki tuz etkisi başarılı bir şekilde tahmin edilmiştir. Tahminlenen ve gözlenen sonuçlar Akdeniz bölgesine ve tuzluluğa uyumlu Floradade domates çeşidinden alınmıştır. Araştırma sonuçları sulama suyu tuzluluğunun fonksiyonu olarak su alımı verim arasındaki ilişkiyi nonlinear olarak göstermiş ve bir polinom olarak irdelenmesinin daha başarılı olacağını ortaya koymuştur. Çalışmada kullanılan SALTMED modeli tarla koşullarında toprak, bitki ve su yönetimine yardımcı bir araç olarak geliştirilmiştir. Model bilgisayar temelli, kullanımı kolay, sulama sistemi, bitki

ve toprak temelli kurulmuş, yağış miktarını da hesaplayarak tüm sulama sistemleriyle, tüm toprak tipleriyle ve tüm su kaliteleriyle kullanılabilir olarak tanımlanmaktadır. Model, evapotranspirasyonu, çıplak toprak evaporasyonunu, bitki su alımını, yıkanma gereksinimlerini, toprak tuzluluk profilini, toprak nem profilini ve verimi hesaplamaktadır.

Purandara *et al.* (2008) yapmış oldukları çalışmada toprak yüzeyinden giren tuzların kök bölgesinden geçerek yeraltı suyuna kadar taşındıklarını ve bu durumun kurak ve yarı kurak bölgelerde ciddi sorunlar meydana getirebileceğini vurgulamışlar ve iki farklı klimaya sahip, yeraltı suyu ve yüzey suları ile sulama yapılan deneme alanlarında toprak tuzluluğunu ve yeraltı suyu kirliliğini değerlendirmişlerdir. Çalışmada SWIM (Soil Water Infiltration Movement) modelini kullanarak potasyum konsantrasyonunu toprak profilinde farklı sulama şartlarında değerlendirmişlerdir. Richard ve adveksiyon-dispersiyon eşitliklerine dayanan modelin kullanımına dair tahmin edilen ve ölçülen değerler arasında yüksek bir uyum gözlemlediklerini belirtmişlerdir. Toprak ve su özellikleri, başlangıç şartları ve yağış, evaporasyon açığı gibi zamana bağlı sınır değerler SWIM'i çalıştırmak için gerekli veriler olarak bildirmişlerdir.

Kompleks modeller tuz çeşidine, sulama miktarına, yer ve zamana bağlı olarak bitkilerin göstereceği duyarlılığın nasıl olacağı konusundaki pek çok belirsizlikleri tahmin edebilmektedirler. Bunların uygulamalarla kullanılabilmeleri için pek çok veriye gerek duyulmaktadır ancak, genellikle bu veriler elde yoktur. Veri yetersizlikleri nedeniyle kompleks modellerin uygulanabilirlikleri ve dolayısıyla faydaları, basit modellere göre daha az olmaktadır. Basit modellerin avantajı ise, kararlı akış koşullarında, sulamada kullanılan suların bileşimlerine göre ortaya çıkabilecek olası en kötü durumların tahmini yapabilmeleridir (Rhoades 1972; FAO 1992)

Bir matematik model, çok sayıda senaryo kurarak, kısa süre içinde bu seneryoları kendi aralarında karşılaştırarak, soruna en iyi çözüm öneren seçenekleri sağlayabilen etkili ve ekonomik bir araç olabilir. Sonuç olarak, basit ampirik eşitliklere veya fiziksel ve

kimyasal detaylı tanımlamalara dayanan geniş bir dağılıma sahip birçok model, arazi yüzeyindeki akışı ve çözünmüş madde taşınımını tahminlemek için önerilmiştir (Wallach *et al.* 2001; Singh 2002). Bu modeller uygulanan kimyasalların su kalitesi ve çevre korunumu adına en iyi yönetim pratiklerini (BMPs) sağlayabilmesi amaçlı da kullanılmakta ve mevcut modellerden bazıları çok iyi sonuçlar vererek giderek daha yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat, modellerin parametre tahminleri, başlangıç koşullarının yeterince iyi tanımlanmaması ve çözünmüş madde kaynaklarının karakteristiklerinin eksik tanımlanması olarak sayılabilecek üç nedenle pratik uygulamalarında sıkıntılar oluşturmaktadır (Deng *et al.* 2005).

Çözünmüş madde taşınımını simule eden mevcut modellerin girdi olarak kullandığı parametrelere ait tahmin metodlarının eksikliği sıralanabilecek ilk problemlerden birisidir. Akış derinliği katsayısı gibi momentum eşitliğindeki bazı parametreler, Reynolds sayısına bağlı olarak akışın laminar olması kabulüyle ampirik sabitler olarak alınmaktadır (Myers 2002). Daha doğru sonuçlar için, bu parametreler model simülasyonlarını ölçümlerle eşleştirerek karar verilmelidir. Yarı ampirik parametrelerin kalibrasyonları ile, simülasyonlar tahmin kabiliyetlerini kaybedebilir veya simule edilen değerler doğruluktan uzaklaşabilmektedir. Literatürdeki parametre tahminleri için kullanılacak etkili yöntemlerin eksikliği nedeniyle, parametreler ve parametre seçimi son zamanlarda fazla tartışılmamaktadır. Bazı modeller, model simülasyonlarını gözlemlerle uyumlu hale getirebilmek için, fiziksel temellere dayanmayan ampirik düzeltme faktörleri sunmaktadırlar (Akan 1987). Sonuç olarak uygulama yapan mühendisler literatürdeki makalelerde geçen modelleri genellikle pratikteki mühendislik uygulamaları için kullanışlı bulmamaktadırlar. Mevcut modellerle ilgili ikinci problem ise başlangıç konsantrasyon dağılımının ölçümlerden sapması olarak bildirilmektedir. Yapılmış olan pek çok laboratuvar ve arazi ölçümlerinde başlangıç çözünmüş madde konsantrasyonunun yaygın olarak sıfır kabul edilmesine karşın gerçekte toprak solusyonu yüksek başlangıç konsantrasyonundan üssel olarak düşmektedir. Gerçek başlangıç konsantrasyon koşullarının belirsizliği durumu tam yansıtmayan bir tahmin yürüteceğinden sonuçlarda önemli bir uyumsuzluk meydana gelmesi olasıdır. Modeli basitleştirmek ve kullanışlı hale getirmek amaçlı olarak başlangıç değerinin sıfır kabul

edilmesi genellikle uygun görülürken, yaygın olarak öne sürüleceği gibi homojen arazilerde akım başladığı anda çözünmüş maddenin en yüksek konsantrasyon değerinden devamlı bir şekilde seyrelmesi beklenmektedir. Sonuç olarak arazi yüzeyinden oluşan akışta başlangıç konsantrasyon değerinin sıfır alınması mümkün değildir. Arazi yüzeyinden oluşan akışlarda, yüzey akış verilerinde en yüksek başlangıç konsantrasyon değerleri görülmektedir. Bu nedenle pratik uygulamalar ve çevre etkileşimleri açısından yüksek öneme sahip olan yüzey akış konsantrasyon değerlerinin mümkün olduğunca doğru değerlendirilmelidir fakat mevcut modellerin çok azı bu durumu dikkate almaktadır. Bu nedenle çözünmüş madde taşınımı modelleri adveksiyon-dispersiyon eşitliğinden türetilmeli ve açık ve kullanılabilir çözelti koşullarına sahip olmalıdır. Mevcut modellerin sahip olduğu üçüncü problem olarak ise gerçekte pek nadir görülecek olan kabul edilmiş ani dağılma kaynağıdır (Deng *et al.* 2005).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma toprakları

Araştırmada, Erzurum yöresinde yaygın olarak bulunan bazaltik, kireçtaşı, kollufulivial ve organo-mineral ana materyal üzerinde oluşmuş benzer toprak nem ve sıcaklık rejimine sahip %2-9 eğimli tarım arazilerindeki büyük toprak gruplarından 0-30 cm'lik işleme katmanından alınan hafif ve orta bünyeli olmak üzere 2 farklı toprak örnekleri kullanılmıştır. Araştırmada kullanılmak üzere 0-30 cm'lik işleme katmanından alınan bozulmuş toprak örneklerinin her iki grubunda da tuzluluk yönünden sorun bulunmamaktadır. Alınan örnekler laboratuara getirilerek oda sıcaklığında kurutulmuş ve 1 cm açıklıklı elekten geçirilmiştir. Ayrıca, her toprak örneği için 2 mm'lik elekten geçirilmiş alt örneklerde toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır.

Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Şimşek (1993)'e göre örneklerden birisi hafif bünyeli topraklar grubunda olup kumlu tın, diğeri ise orta bünyeli topraklar grubunda siltli tın sınıflandırmaları içerisinde yer almıştır.

Çizelge 3.1. Deneme topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

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

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

3.2. Yöntemler

3.2.1. Laboratuvar analiz yöntemleri

3.2.1.a. Toprak tekstürü

Toprakların tekstürleri Bouyoucos hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir (Gee and Bauder 1986).

3.2.1.b. Hacim ağırlığı

Toprakların hacim ağırlıkları silindir yöntemine ile belirlenmiştir (Demiralay 1993).

3.2.1.c. Solma Noktası, Tarla Kapasitesi ve Doyma noktası

Basıncı membran aleti ile 15ve 1/3 atmosferlik basınç altında tespit edilmiştir (Cassel ve Nielsen, 1986). Doygunluk yüzdesinin tayini Demiralay'a (1993) göre yapılmıştır.

3.2.1.d. Katyon değişim kapasitesi

Toprakların katyon değişim kapasiteleri, örneklerde sodyum asetatla (1 N, pH=8,2) sodyum adsorbsiyonu sağlandıktan sonra, amonyum asetatla (1 N, pH=7.0) ekstrakte edilen solusyonlarda alev fotometresiyle Na okuması yapılarak belirlenmiştir (Rhoades 1982).

3.2.1.e. Kireç

Toprakların kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak saptanmıştır (Nelson 1982).

3.2.1.f. Toprak reaksiyonu

Toprakların pH'ları 1:2.5'luk toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (Mc Lean 1982).

3.2.1.g. Elektriksel iletkenlik

Hazırlanan 1:5 toprak solusyonlarından elde edilen süzüklerde elektriksel iletkenlik aleti ile dS/m olarak belirlenmiştir (Rhoades 1996).

3.2.2. Denemenin kurulması ve yürütülmesi

3.2.2.a. Toprak kolonlarının hazırlanması

Deneme, laboratuvar koşullarında her bir toprak bünyesi için 135 kolon üzerinde yürütülmüştür. Kolonlar, 10 cm çapında 120 cm uzunluğunda plastik borulardan hazırlanmış ve altlarına su çıkışını kolaylaştıracak plastik süzekler yerleştirilerek deneme için hazır hale getirilmiştir. Yıkama suyunun topraktan uzaklaşmasını kolaylaştırmak amacıyla tabanda çakıl ve yıkanmış kumdan hazırlanan 3 cm kalınlığında filtre oluşturulmuştur.



Şekil 3. 1. Toprak kolonları ve yıkama düzeneği

Kolon tabanında oluşturulan kum-çakıl filtre üzerine tuz yıkanımının inceleneceği 62 cm yüksekliğinde toprak yerleştirilmiştir. Homojen bir toprak kolonu oluşturmak için toprak hacim ağırlığı da dikkate alınarak 10 cm yükseklik için gerekli toprak miktarları hesaplanmış ve kolonlar kısımlar halinde doldurulmuştur. Gerekli olduğunda toprakların uygun yerleştirilmesi için ince demir çubuklarla 10-15 kez şişleme yapılmıştır. Hazırlanan kolonlar bir düzeneğe yerleştirilmiştir. Bu ayaklı düzenekte kolonlar yere temas etmeyecek şekilde üst kısmından askılı ölçü aletlerine asılmıştır.

3.2.2.b. Kolonlara tuz uygulaması

Kolon içerisine toprak yerleştirilirken kolunun 10 cm'lik üst kısmını oluşturacak toprak 250 g tuz (NaCl) ile karıştırılarak kolona yerleştirilmiş böylece tüm kolonlarda tuzluluğun yüzeyde yoğunlaşmış durumu temsil edilmiştir. Denemede kullanılacak tuz miktarının belirlenmesinde, deneme sonunda yapılan analizlerde tuzun kolon içi derinliklerinde mevcudiyetini ve hareketini daha kolay bir şekilde izleyebilmek amacı önemli rol oynamıştır. Bu miktardaki tuzun kullanımı kolon içindeki hareketini daha rahat takip edilmesine olanak sağlamış ve yıkama işleminin kolon içinde hangi derinliklerde, hangi etkinliklere sahip olduğu konusunda fark edilebilir sonuçlar vermiştir.

3.2.2.c. Yıkama suyunun uygulanması

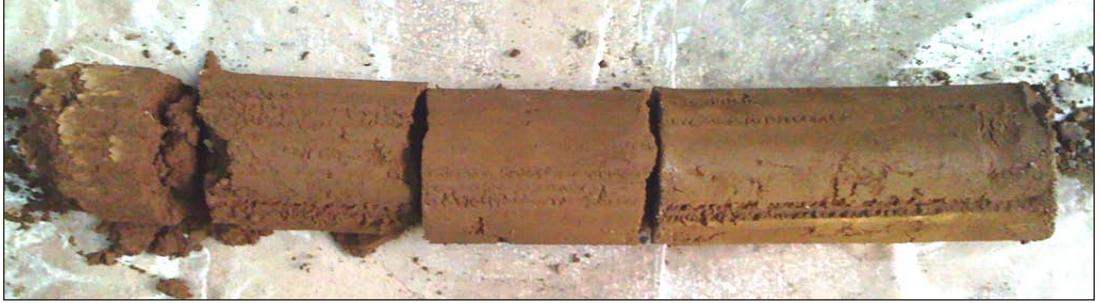
Yıkama uygulamalarının yapıldığı süre içerisinde laboratuardaki sıcaklık $24\pm 2^{\circ}\text{C}$ arasında değişmiştir. Yıkama suyu olarak 0.201 dS/m elektriksel iletkenlik ve 0.28 sodyum adsorbsiyon değerine sahip şebeke suyu kullanılmış ve her konu için hesaplanan su miktarı ölçülü olarak verilmiştir. Her bir toprağa aralıklı su uygulama yöntemiyle su verilmiştir. Aralıklı su uygulama yönteminde esas olan suyun belirli aralıklarla dilimler halinde verilmesidir. Bu çalışmada toplam yıkama suyunun 5 dilime ayrılarak uygulanması planlanmıştır. Toprak derinliğinin 1,5 katı olarak kabul edilen 93 cm yıkama suyunun dilimlere bölünmesinde üç farklı yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntem olarak 18,6 cm'lik eşit miktarlarda dilimler oluşturulmuştur. İkinci yöntem 3 cm, 6 cm, 12 cm, 24 cm, ve 48 cm olmak üzere eşit oranlarda arttırılmış su uygulamalarından, üçüncü yöntem olarak da 48 cm, 24 cm, 12 cm, 6 cm ve 3 cm'lik eşit oranlarda azaltılmış su uygulama dilimleri oluşturulmuştur (Çizelge 3.2). Her bir yöntemde yürütülen yıkama uygulamalarında, %15, %30 ve %45 oranlarında nem azalmaları esas alınarak yıkama aralıkları belirlenmiştir. Toprak yüzeyine uygulanan suyun çekilmesinden sonra takip edilen ağırlık ölçümlerine dayanarak kolonda istenilen nem azalması oranı elde edildiğinde ikinci uygulamaya geçilmiştir.

Çizelge 3. 2. Uygulanan yıkama suyu miktarları ve oranları

Uygulama Konusu	Uygulanan su miktarı (cm)					Toplam Su
	I. Yıkama dilimi	II. Yıkama dilimi	III. Yıkama dilimi	IV. Yıkama Dilimi	V. Yıkama dilimi	
Eşit	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	93
Artan	3	6	12	24	48	93
Azalan	48	24	12	6	3	93

Kolon ağırlıklarının düzenli olarak takip edilebilmesi için kolonlar deneme süresince özel hazırlanan düzenekte tutulmuş ve 10 g hassasiyete sahip askı terazilerle ağırlıklarındaki değişiklik gözlenerek yıkama aralıkları arasındaki zaman belirlenmiştir. Her bir yıkamadan sonra her alt konudan üç kolon devre dışı bırakılarak yıkama

uygulamalarının her bir diliminin meydana getirdiği tuz hareketi belirlenmiştir. Bu izlenilen yöntem, tuzların değişik derinliklerdeki miktarlarının zaman içerisindeki değişimlerini toprak örneği almaya gerek kalmadan izlemeye olanak vermiştir. Her bir yıkama suyu dilimi uygulandıktan sonra toprak yüzeyinden suyun çekilmesi ve konusuna göre gerekli nem azalması gerçekleşince üç kolon bozularak derinliğe göre tuz takibi yapılmıştır. Toprak kolonları düzgün bir şekilde boşaltılmış (Şekil 3.2) ve her 10 cm'lik kalınlıktan 3 tekerrürlü toprak örnekleri alınarak elektriksel iletkenlik değerleri 1:5 toprak:su süspansiyonunda (Rhoades 1996) EC metre ile ölçülmesiyle belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Yıkama uygulamaları sonrası kolondaki toprak profili

3.2.2.4. Deneme konuları

Bu çalışma, kumlu tın ve siltli tın bünyesine sahip örnekler üzerinde 3 farklı yıkama suyu uygulama yöntemi (Eşit, artan ve azalan), 3 farklı nem seviyesi (%15, %30 %45) dikkate alınmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3. Deneme konuları

Hafif bünyeli toprak (SL)	Orta bünyeli toprak (SiL)
Eşit miktarlarda yıkama suyu	Eşit miktarlarda yıkama suyu
%15 nem azalması	%15 nem azalması
%30 nem azalması	%30 nem azalması
%45 nem azalması	%45 nem azalması
Eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu	Eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu
%15 nem azalması	%15 nem azalması
%30 nem azalması	%30 nem azalması
%45 nem azalması	%45 nem azalması
Eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu	Eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu
%15 nem azalması	%15 nem azalması
%30 nem azalması	%30 nem azalması
%45 nem azalması	%45 nem azalması

3.2.3. İstatistiksel değerlendirme

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

3.2.4. Yıkama eğrileri ve eşitliklerinin çıkarılması

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

3.2.5. Kuramsal Model

Kurulan modelde toprak tarla kapasitesi ve doyma noktası, toprak mevcut tuz miktarı, toprak mevcut nem miktarı, yıkama suyu tuz konsantrasyonu parametreleri model girdi verileri olarak alınmıştır. Deneme planının kuramsal olarak modellenmesi aşamasında bazı varsayımlar ve kabullenmeler yapılmıştır.

Tuzlu topraklar tabakalardaki yıkanma oranı açısından çok farklılıklar göstermektedirler. Bu nedenle, tuzlu toprakların yıkanmasını tanımlayan en iyi yol toprağı tek bir tabakada değerlendirmek yerine bir çok tabakadan oluşmuş bir profil olarak değerlendirmektir (van Horn and van Alphen 1994). Kurulan modelde toprak kolonu eşit derinlikteki tabakaların üst üste dizildiği toprak profilini simgelemektedir. Hesaplamalar, 10 cm'lik altı katman üzerinden yapılmıştır. Tabakaların geçirgenlik değeri eşit kabul edilmiştir.

Karışım suretiyle tuzun yer değişimi, tuz çözeltilerinin hareketiyle oluşabilir. Bu olay farklı iki sıvı konsantrasyonu arasında meydana gelmektedir. Bu sıvılar önce

birbirleriyle karışır ve yeni bir karışım konsantrasyonu oluşur daha sonra bu konsantrasyon değerindeki çözelti aşağı katlara taşınır. Tuzlu toprakların sulama suyu ile yıkanması bu olaya iyi bir örnektir (Paliwal 1982). Tabakalar arasında tuz yıkanımı gerçekleşirken toprak çözeltisinin her bir katmanda yeni bir karışım ve yeni bir konsantrasyon oluşturarak ilerlediği varsayılmıştır. Bu doğrultuda, her bir katman için yıkama esnasında ve nem azalmalarından sonra farklı konsantrasyon değerleri hesaplanmıştır.

Suyun bir alt tabakaya geçişi, toprak tekstürüne bağlı olarak değişen tarla kapasitesi veya doyma noktası değerine ulaşıldıktan sonra gerçekleşmektedir. Eşit ve eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ile yürütülmüş olan uygulamalarda, toprak kolonunda katmanlar arasındaki geçişlerin toprak doyma noktasına ulaştıktan sonra meydana geldiği varsayılmıştır. Eşit oranlarda arttırılmış su miktarları ile yürütülen uygulamada başlangıçta toprak kuru olduğu için bir alt kattaki tabakaya geçişlerin toprak tarla kapasitesine ulaştıktan sonra, daha sonraki uygulamalarda doyma noktasına ulaşıldıktan sonra gerçekleştiği varsayılmıştır. Bu nem seviyelerine ulaşıldıktan sonraki yıkama suyu miktarının perkole olarak bir alt kata geçtiği varsayılmıştır.

Kuramsal modelde yıkanma sırasında kimyasal bir çökelme ve çözülme olmadığı, toprakta bulunan tuzların çözünürlülük farklılıkları oluşturmadığı, su hareketinin hızının tuz hareketi hızına eşit olduğu kabul edilmiştir. Diğer bir anlatımla, difüzyon olayı dikkate alınmamış sadece kütleli akışın var olduğu kabul edilmiştir.

Kuramsal model sonuçları ile deneme sonuçları arasındaki uyum SPSS programı kullanılarak yapılan korelasyon analizi ile karşılaştırılmıştır (SPSS 1999).

Kuramsal modelde kullanılan bazı semboller şöyledir;

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \theta, \omega$: Yıkama suyu miktarları

TK : Tarla kapasitesi

DN : Doyma noktası

NK : Nem kaybı (%15, %30, %45)

C_i : Yıkama suyu tuz konsantrasyonu (g/L)

$C_{s1...n}$: Toprak solusyonu n. katman başlangıç tuz konsantrasyonu (g/L)

$a, b, c, d, \dots, n$: toprak katmanı nem miktarları (cm)

$Cx_{1e, \dots, ne}$: n. katmanda nem kaybından sonra meydana gelmiş konsantrasyon

Cx_{nm} : n. katmanda m. yıkama sonrasında sahip olduğu konsantrasyon

$a', b', c', \dots, n'$: Toprak katmanında yıkama ve nem kaybından sonra kalan su miktarı (cm)

$a', b', c', \dots, n' = (TK - (TK * NK))$ veya $(DN - (DN * NK))$

3.2.5.a. Eşit miktarlarda su ile yıkama uygulamasının kuramsal model yaklaşımı

I. Yıkama

$$(\omega \times C_i) + (a \times C_{s1}) = (\omega + a) \times Cx_{11}$$

$$(\omega + a - DN)Cx_{11} + (b \times C_{s2}) = (\omega + a - DN + b) \times Cx_{21}$$

$$(\omega + a - DN + b - DN) \times Cx_{21} + (c \times C_{s3}) = (\omega + a - DN + b - DN + c) \times Cx_{31}$$

$$(\omega + a - DN + b - DN + c - DN) \times Cx_{31} + (d \times C_{s4}) =$$

$$(\omega + a - DN + b - DN + c - DN + d) \times Cx_{41}$$

$$(\omega + a - DN + b - DN + c - DN + d - DN) \times Cx_{41} + (e \times C_{s5}) =$$

$$(\omega + a - DN + b - DN + c - DN + d - DN + e) \times Cx_{51}$$

$$(\omega + a - DN + b - DN + c - DN + d - DN + e - DN) \times Cx_{51} + (f \times C_{s6}) =$$

$$(\omega + a - DN + b - DN + c - DN + d - DN + e - DN + f) \times Cx_{61}$$

II. Yıkama

$$(\omega \times Ci) + (a' \times Cx_{11e}) = (\omega + a') \times Cx_{12}$$

$$(\omega + a' - DN) \times Cx_{12} + (b' \times Cx_{21e}) = (\omega + a' - DN + b') \times Cx_{22}$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN) \times Cx_{22} + (c' \times Cx_{31e}) = (\omega + a' - DN + b' - DN + c') \times Cx_{33}$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN) \times Cx_{32} + (d' \times Cx_{41e}) =$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d') \times Cx_{42}$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN) \times Cx_{42} + (e' \times Cx_{51e}) =$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e') \times Cx_{52}$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN) \times Cx_{52} + (f' \times Cx_{61e}) =$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN + f') \times Cx_{62}$$

III. Yıkama

$$(\omega \times Ci) + (a' \times Cx_{12e}) = (\omega + a') \times Cx_{13}$$

$$(\omega + a' - DN) \times Cx_{13} + (b' \times Cx_{22e}) = (\omega + a' - DN + b') \times Cx_{23}$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN) \times Cx_{23} + (c' \times Cx_{32e}) = (\omega + a' - DN + b' - DN + c') \times Cx_{33}$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN) \times Cx_{33} + (d' \times Cx_{42e}) =$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d') \times Cx_{43}$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN) \times Cx_{43} + (e' \times Cx_{52e}) =$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e') \times Cx_{53}$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN) \times Cx_{53} + (f' \times Cx_{62e}) =$$

$$(\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN + f') \times Cx_{63}$$

IV. Yıkama

$$(\omega \times Ci) + (a' \times Cx_{13e}) = (\omega + a') \times Cx_{14}$$

$$(\omega + a' - DN) \times Cx_{14} + (b' \times Cx_{23e}) = (\omega + a' - DN + b') \times Cx_{24}$$

$$\begin{aligned}
& (\omega + a' - DN + b' - DN) \times Cx_{24} + (c' \times Cx_{33e}) = (\omega + a' - DN + b' - DN + c') \times Cx_{34} \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN) \times Cx_{34} + (d' \times Cx_{43e}) = \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d') \times Cx_{44} \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN) \times Cx_{44} + (e' \times Cx_{53e}) = \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e') \times Cx_{54} \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN) \times Cx_{54} + (f' \times Cx_{63e}) = \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN + f') \times Cx_{64}
\end{aligned}$$

V. Yıkama

$$\begin{aligned}
& (\omega \times Ci) + (a' \times Cx_{14e}) = (\omega + a') \times Cx_{15} \\
& (\omega + a' - DN) \times Cx_{15} + (b' \times Cx_{24e}) = (\omega + a' - DN + b') \times Cx_{25} \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN) \times Cx_{25} + (c' \times Cx_{34e}) = (\omega + a' - DN + b' - DN + c') \times Cx_{35} \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN) \times Cx_{35} + (d' \times Cx_{44e}) = \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d') \times Cx_{45} \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN) \times Cx_{45} + (e' \times Cx_{54e}) = \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e') \times Cx_{55} \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN) \times Cx_{55} + (f' \times Cx_{64e}) = \\
& (\omega + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN + f') \times Cx_{65}
\end{aligned}$$

3.2.5.b. Eşit oranlarda arttırılmış su uygulamasının kuramsal model yaklaşımı

I. Yıkama

$$\begin{aligned}
& (\alpha \times Ci) + (a \times C_{s1}) = (\alpha + a) \times Cx_{11} \\
& (\alpha + a - TK) \times Cx_{11} + b \times C_{s2} = (\alpha + a - TK + b) \times Cx_{21}
\end{aligned}$$

II. Yıkama

$$(\beta \times Ci) + (a' \times Cx_{11e}) = (\beta + a') \times Cx_{12}$$

$$(\beta + a' - TK) \times Cx_{12} + (b' \times Cx_{21e}) = (\beta + a' - TK + b') \times Cx_{22}$$

$$(\beta + a' - TK + b' - TK) \times Cx_{22} + (c \times C_{s3}) = (\beta + a' - TK + b' - TK + c) \times Cx_{32}$$

$$(\beta + a' - TK + b' - TK + c - TK) \times Cx_{32} + (d \times C_{s4}) =$$

$$(\beta + a' - TK + b' - TK + c - TK + d) \times Cx_{42}$$

III. Yıkama

$$(\delta \times Ci) + (a' \times Cx_{12e}) = (\delta + a') \times Cx_{13}$$

$$(\delta + a' - TK) \times Cx_{13} + (b' \times Cx_{22e}) = (\delta + a' - TK + b') \times Cx_{23}$$

$$(\delta + a' - TK + b' - TK) \times Cx_{23} + (c' \times Cx_{32e}) = (\delta + a' - TK + b' - TK + c') \times Cx_{33}$$

$$(\delta + a' - TK + b' - TK + c' - TK) \times Cx_{33} + (d' \times Cx_{42e}) =$$

$$(\delta + a' - TK + b' - TK + c' - TK + d') \times Cx_{43}$$

$$(\delta + a' - TK + b' - TK + c' - TK + d' - TK) \times Cx_{43} + (e \times C_{s5}) =$$

$$(\delta + a' - TK + b' - TK + c' - TK + d' - TK + e) \times Cx_{53}$$

$$(\delta + a' - TK + b' - TK + c' - TK + d' - TK + e' - TK) \times Cx_{53} + (f \times Cx_{s6}) =$$

$$(\delta + a' - TK + b' - TK + c' - TK + d' - TK + e' - TK + f) \times Cx_{63}$$

IV. Yıkama

$$(\varepsilon \times Ci) + (a' \times Cx_{13e}) = (\varepsilon + a') \times Cx_{14}$$

$$(\varepsilon + a' - DN) \times Cx_{14} + (b' \times Cx_{23e}) = (\varepsilon + a' - DN + b') \times Cx_{24}$$

$$(\varepsilon + a' - DN + b' - DN) \times Cx_{24} + (c' \times Cx_{33e}) = (\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c') \times Cx_{34}$$

$$(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN) \times Cx_{34} + (d' \times Cx_{43e}) =$$

$$(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d') \times Cx_{44}$$

$$(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN) \times Cx_{44} + (e' \times Cx_{53e}) =$$

$$(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e') \times Cx_{54}$$

$$(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN) \times Cx_{54} + (f' \times Cx_{63e}) =$$

$$(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN + f') \times Cx_{64}$$

V. Yıkama

$$(\theta \times Ci) + (a' \times Cx_{14e}) = (\theta + a') \times Cx_{15}$$

$$(\theta + a' - DN) \times Cx_{15} + (b' \times Cx_{24e}) = (\theta + a' - DN + b') \times Cx_{25}$$

$$(\theta + a' - DN + b' - DN) \times Cx_{25} + (c' \times Cx_{34e}) = (\theta + a' - DN + b' - DN + c') \times Cx_{35}$$

$$(\theta + a' - DN + b' - DN + c' - DN) \times Cx_{35} + (d' \times Cx_{44e}) =$$

$$(\theta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d') \times Cx_{45}$$

$$(\theta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN) \times Cx_{45} + (e' \times Cx_{54e}) =$$

$$(\theta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e') \times Cx_{55}$$

$$(\theta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN) \times Cx_{55} + (f' \times Cx_{64e}) =$$

$$(\theta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN + f') \times Cx_{65}$$

3.2.5.c. Eşit oranlarda azaltılmış su uygulamasının kuramsal model yaklaşımı

I. Yıkama

$$(\theta \times Ci) + (a \times C_{s1}) = (\theta + a) \times Cx_{11}$$

$$(\theta + a - DN) + (b \times C_{s2}) \times Cx_{11} = (\theta + a - DN + b) \times Cx_{21}$$

$$(\theta + a - DN + b - DN) \times Cx_{21} + (c \times C_{s3}) = (\theta + a - DN + b - DN + c) \times Cx_{31}$$

$$(\theta + a - DN + b - DN + c - DN) \times Cx_{31} + (d \times C_{s4}) =$$

$$(\theta + a - DN + b - DN + c - DN + d) \times Cx_{41}$$

$$(\theta + a - DN + b - DN + c - DN + d - DN) \times Cx_{41} + (e \times C_{s5}) =$$

$$(\theta + a - DN + b - DN + c - DN + d - DN + e) \times Cx_{51}$$

$$(\theta + a - DN + b - DN + c - DN + d - DN + e - DN) \times Cx_{51} + (f \times C_{s6}) =$$

$$(\theta + a - DN + b - DN + c - DN + d - DN + e - DN + f) \times Cx_{61}$$

II. Yıkama

$$(\varepsilon \times Ci) + (a' \times Cx_{11e}) = (\varepsilon + a') \times Cx_{12}$$

$$(\varepsilon + a' - DN) \times Cx_{12} + (b' \times Cx_{21e}) = (\varepsilon + a' - DN + b') \times Cx_{22}$$

$$\begin{aligned}
&(\varepsilon + a' - DN + b' - DN) \times Cx_{22} + (c' \times Cx_{31e}) = (\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c') \times Cx_{33} \\
&(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN) \times Cx_{32} + (d' \times Cx_{41e}) = \\
&(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d') \times Cx_{42} \\
&(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN) \times Cx_{42} + (e' \times Cx_{51e}) = \\
&(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e') \times Cx_{52} \\
&(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN) \times Cx_{52} + (f' \times Cx_{61e}) = \\
&(\varepsilon + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN + f') \times Cx_{62}
\end{aligned}$$

III. Yıkama

$$\begin{aligned}
&(\delta \times Ci) + (a' \times Cx_{12e}) = (\delta + a') \times Cx_{13} \\
&(\delta + a' - DN) \times Cx_{13} + (b' \times Cx_{22e}) = (\delta + a' - DN + b') \times Cx_{23} \\
&(\delta + a' - DN + b' - DN) \times Cx_{23} + (c' \times Cx_{32e}) = (\delta + a' - DN + b' - DN + c') \times Cx_{33} \\
&(\delta + a' - DN + b' - DN + c' - DN) \times Cx_{33} + (d' \times Cx_{42e}) = \\
&(\delta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d') \times Cx_{43} \\
&(\delta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN) \times Cx_{43} + (e' \times Cx_{52e}) = \\
&(\delta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e') \times Cx_{53} \\
&(\delta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN) \times Cx_{53} + (f' \times Cx_{62e}) = \\
&(\delta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN + f') \times Cx_{63}
\end{aligned}$$

IV. Yıkama

$$\begin{aligned}
&(\beta \times Ci) + (a' \times Cx_{13e}) = (\beta + a') \times Cx_{14} \\
&(\beta + a' - DN) \times Cx_{14} + (b' \times Cx_{23e}) = (\beta + a' - DN + b') \times Cx_{24} \\
&(\beta + a' - DN + b' - DN) \times Cx_{24} + (c' \times Cx_{33e}) = (\beta + a' - DN + b' - DN + c') \times Cx_{34} \\
&(\beta + a' - DN + b' - DN + c' - DN) \times Cx_{34} + (d' \times Cx_{43e}) = \\
&(\beta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d') \times Cx_{44} \\
&(\beta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN) \times Cx_{44} + (e' \times Cx_{53e}) = \\
&(\beta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e') \times Cx_{54}
\end{aligned}$$

$$(\beta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN) \times Cx_{54} + (f' \times Cx_{63e}) =$$

$$(\beta + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN + f') \times Cx_{64}$$

V. Yıkama

$$(\alpha \times Ci) + (a' \times Cx_{14e}) = (\alpha + a') \times Cx_{15}$$

$$(\alpha + a' - DN) \times Cx_{15} + (b' \times Cx_{24e}) = (\alpha + a' - DN + b') \times Cx_{25}$$

$$(\alpha + a' - DN + b' - DN) \times Cx_{25} + (c' \times Cx_{34e}) = (\alpha + a' - DN + b' - DN + c') \times Cx_{35}$$

$$(\alpha + a' - DN + b' - DN + c' - DN) \times Cx_{35} + (d' \times Cx_{44e}) =$$

$$(\alpha + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d') \times Cx_{45}$$

$$(\alpha + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN) \times Cx_{45} + (e' \times Cx_{54e}) =$$

$$(\alpha + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e') \times Cx_{55}$$

$$(\alpha + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN) \times Cx_{55} + (f' \times Cx_{64e}) =$$

$$(\alpha + a' - DN + b' - DN + c' - DN + d' - DN + e' - DN + f') \times Cx_{65}$$

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Toprak kolonlarında yıkama uygulamaları sonucunda oluşan tuz hareketleri

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

Labaratuvarda yürütülen uygulamalarla elde edilen hafif ve orta bünyeli toprakların farklı yıkama yöntemleri ve farklı kuruma seviyelerine göre elde edilmiş tuzluluk ($EC_{1:5}$) sonuçları istatistik analizlerle değerlendirilmiş ve Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4. 1. Hafif bünyeli toprak ve orta bünyeli toprakta farklı nem azalması seviyeleri ve farklı yöntemler için Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçları

$EC_{1:5}$	Hafif bünyeli toprak						Orta bünyeli toprak					
	0,69b						1,25a					
	Yöntem			Nem azalma oranı (%)			Yöntem			Nem azalma oranı (%)		
	Eşit	Artan	Azalan	15	30	45	Eşit	Artan	Azalan	15	30	45
	0,48c	0,63b	1,00a	0,77a	0,69b	0,63c	1,05b	1,33a	1,38a	1,34a	1,29b	1,13c

	Hafif bünyeli toprak	Orta bünyeli toprak
Yıkama oranı	***	***
Nem azalma oranı	***	***
Kolon derinlikleri	***	***
Yıkama oranı*Nem azalma oranı	***	***
Yıkama oranı * derinlik	***	***
Nem azalma oranı* derinlik	***	***
Yıkama oranı* nem azalma oranı* derinlik	***	***

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları; *** $p < 0,001$

Çalışmada materyal olarak kullanılan hafif bünyeli topraktaki tuz yıkama başarısı orta bünyeli toprağa göre daha yüksek çıkmıştır. Belli miktarda yıkama suyu uygulaması ile toprak tuzluluğu değişik etmenlere bağlı olarak, farklı derinliklerde azalma gösterir. Bu etmenlerin başında toprak bünyesi, gözenek oranı ve gözenek dağılımı gibi temel fiziksel özelliklerin yanında, uygulanan yıkama yöntemine bağlı olarak değişen, toprak suyu miktarı ve gözenek hızı gelir. Yıkama işleminin etkinliği, yıkama randımanına bağlıdır. Hafif bünyeli topraklarda yıkama randımanı, diğerlerine kıyasla daha yüksektir (Kanber ve Ünlü 2010). Ağır bünyeli topraklar yapısal özellikleri nedeniyle diğer bünye sınıfında yer alan topraklara oranla daha yüksek su tutma kapasitesine ve yavaş drene olma özelliğine sahiptirler. Buna karşın hafif bünyeli topraklar daha az su tutmakta ve daha hızlı drene olmaktadır. Bu nedenle hafif bünyeli topraklar ağır bünyeli topraklara göre yüksek yıkanma değerine sahip olması nedeniyle, tuzların kök bölgesinin aşağısına yıkanabilmesi daha kolay gerçekleşmektedir (Öztürk 2000). Yine çalışmanın sonuçlarını destekler nitelikte, Ghuman and Prihar (1980) ve Barnard *et al.* (2010) tarafından da hafif bünyeye sahip topraklarda yapılan yıkamanın, hafif bünyeli topraklarda gözenek hacmi daha fazla ve nem miktarı daha az olduğundan diğer bünyelere sahip topraklara oranla daha yüksek yıkama randımanı verdiği belirtilmiştir.

Hafif bünyeli toprakta bütün su uygulama yöntemlerinde, kuruma seviyesinin arttırılmasıyla en düşük $EC_{1:5}$ değerlerine ulaşılmıştır. Farklı nem azalması seviyeleri istatistiksel olarak Duncan çoklu karşılaştırma testinde farklı gruplarda yer almışlardır (Çizelge 4.1). Orta bünyeli toprakta da aynı durum gözlenmiştir. Tüm yıkama uygulamalarından sonra, yöntemden bağımsız olarak elde edilen ortalama $EC_{1:5}$ değerleri, %15 nem azalmasının takip edildiği konuda 1,34 dS/m bulunmuş iken, %45 nem azalmasını takip eden konuda 1,13 dS/m olmuştur. Sonuçlardan anlaşılabileceği üzere, kuruma seviyesi arttırıldıkça, daha düşük $EC_{1:5}$ değerleri elde edilmiştir. Bu durum, yıkama uygulamaları arasındaki kuruma sürecinde küçük gözenekler içinde yer alan tuzların, difüzyon ile büyük gözeneklere taşınması ve bir sonraki yıkama ile uzaklaşmasını sağladığından, aralıklı sulamanın etkilerinin uzun kuruma dönemlerinde daha açık olarak görülmesini sağlamıştır. Konukcu vd (2005)'de de yapmış oldukları çalışmada benzer sonuçları vurgulamışlardır.

Tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahına ilişkin yapılan çalışmalarda eşit miktarlarda ve aralıklı göllendirme şeklinde yıkama suyu uygulanmaktadır. Yıkama suyu dilimleri arasında ise çoğunlukla 24 veya 48 saat beklenilmektedir. Yapılan ıslah çalışmaları farklı bölgelerde, farklı iklim ve toprak koşullarında yürütülmüş olmasına rağmen, uygulanan su dilimleri arasındaki zaman hemen hemen aynı seçilmiştir (Anapalı 1991; Yıldırım 1981). Oysa ki, aynı sürenin farklı bölgelerde farklı kuruma seviyelerine neden olacağı açıktır. Yıkama yapılan bölgenin toprak koşulları, iklim, yıkama zamanı ve yıkama yönteminin etkinliğine göre bir bölgedeki 24 saatlik nem kaybı süresi başka bir bölgenin 48 saatlik nem kaybı süresinden daha etkili olabilir ve toprak daha fazla nem kaybetmiş olabilir. 24 veya 48 saat gibi süre seçeneğinden ziyade bu çalışmada incelendiği gibi toprakta meydana gelen nem azalmalarını esas alınmasının daha isabetli olacağı düşünülmüştür. Bu çalışmada su dilimleri arasında beklenen süre kolondan %15, %30 ve %45 ağırlık kaybı esas alınarak belirlenmiştir. Deneme sonunda elde edilen sonuçların Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, her iki toprakta da en fazla tuz yıkanması en yüksek nem azalması olan %45'lik konuda görülmüştür. Bu sonucu %30 ve %15'lik nem kayıpları takip etmiştir. Bu çalışmada en yüksek nem azalması olarak %45 seçilmiş olması, kuruma seviyesinin sağlayacağı olumlu etkinin dönüm noktası olmayabilir, kuruma seviyesinin artırılması daha fazla tuz yıkanımı sağlayabileceği gibi çok fazla kurutma da yıkamalar arasındaki süreyi açacak ve ıslah süresini uzatacaktır.

Bu çalışmada, yıkama aralıkları arasındaki süreyi belirleyen kuruma seviyeleri, toprak içindeki difüzyonun gerçekleşmesine fırsat tanıyan zaman aralıklarıdır. Çünkü toprak gözenekleri içerisinde suyun hareketi difüzyonla gerçekleşmektedir. Yıkama çözeltisi büyük gözeneklerde daha çok hareket etme eğilimine girecek daha küçük gözeneklerde hareket daha yavaş olacaktır. Toprak gözenekleri içerisinde bulunan su çok yoğun olduğu bölgeden az yoğun olduğu bölgeye geçme eğilimindedir. Yıkama ile büyük gözenekler içerisinde bulunan suyun meydana getirdiği konsatrasyon farkına dayanarak yıkama aralıklarında küçük gözeneklerden büyük gözeneklere toprak solüsyonunun hareketi söz konusu olacaktır (Bouma 1981). Konukcu vd (2005), yapmış oldukları çalışmada, aralıklı yıkamada tuzların aralıklar arasında difüzyon ile agregatların

yüzeyine doğru hareket ettiklerini ve bir sonraki yıkama ile makro porlardan daha etkili bir biçimde uzaklaştırıldıklarını bildirmişlerdir. Al Ganimi (1985), yapmış olduğu çalışmada tuz yıkanmasında yağmurlama, aralıklı göllendirme ve devamlı göllendirme yöntemlerine göre yağmurlama ve aralıklı göllendirme de daha iyi sonuçlar alındığını bu sonuca ise difüzyon mekanizmasının daha iyi işlemiş olduğu için ulaşıldığını belirtmiştir. Bu nedenle %45 nem azalmasının olduğu konuda ölçülen tuz miktarının diğer kuruma seviyelerine göre daha düşük olması bu konuda difüzyon işlemi için kullanılan sürenin daha çok olmasından kaynaklanıyor olabilir.

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

Yine, yıkama suyunun aralıklı olarak verilmesi durumunda, toprakta meydana gelen kurumalar, toprağın infiltrasyon hızını artırarak tuzlarında dolaylı bir şekilde hızlı yıkanmasına neden olmuş olabilir. Alphen and Verhoven (1982) ve Ayyıldız (1983)

hidrolik iletkenliği az olan topraklarda yıkama suyunun aralıklı olarak verilmesi yani toprağın peryodik olarak kuruma ve ıslanması toprağın infiltrasyon hızını da arttırdığını bildirmişlerdir.

Hafif ve orta bünyeli toprakta tüm yıkama uygulamaları sonucunda en yüksek $EC_{1:5}$ değerleri eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ile yapılan yıkama uygulamalarında görülmüştür (Çizelge 4.1). Eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ile yürütölmüş olan denemeye ait $EC_{1:5}$ değerleri ise, eşit miktarlarda yıkama suyu kullanılarak yürütölmüş konulardan daha yüksektir. Bu sonuçla, her iki toprakta da tüm kuruma seviyelerinde deneme süresince en düşük $EC_{1:5}$ değerlerini veren yöntem olan eşit miktarlarda suyun yıkama suyu olarak kullanıldığı yöntem en başarılı konu olmuştur. Hafif bünyeli toprakta artan ve azalan oranda su uygulamasının sonuçları istatiksel olarak farklı gruplara girmesine rağmen, orta bünyeli toprakta bu iki konu aynı gruba girmiştir. Bu durum tamamen toprak bünyesinin farklı olmasıyla açıklanabilir.

Bu çalışma planı, toplam yıkama suyu miktarı ve yıkama sayısında değişiklik yapılmadan farklı yıkama yöntemleri oluşturularak yürütölmüştür. Yürütölen yöntemlerden biri olan eşit miktarlarda yıkama suyu uygulanması yıkama suyunun eşit dilimler halinde verilmesi yönüyle daha önceden yapılmış çalışmalara benzetilebilir. Eşit oranlarda azaltılmış ve arttırılmış su miktarları ile yapılan uygulamalar ise geleneksel uygulamaya alternatif olabileceği düşüncesiyle oluşturulmuştur. Artan ve azalan miktarlarda yıkama suyu uygulamaları, sodyumlu toprakların hidrolik iletkenliği üzerine yürütölen çalışmada da Sahin vd (2002) tarafından incelemiştir.

Eşit miktarlarda yıkama suyu kullanılarak yürütölmüş yıkama uygulamaları diğer iki yönteme göre istatiksel olarak daha başarılı sonuçlar vermiştir. Sorunlu toprakların ıslahında geleneksel göllendirme ile yıkama yöntemine göre aralıklı yıkama yönteminin daha iyi sonuçlar verdiğinin görölmesinden günümüze pek çok araştırmacı çalışmalarda eşit miktarlarda yıkama suyu kullanılmıştır (Sönmez 1990; Hussain *et al.* 1989; Oster *et al.* 1972).

Eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ile yapılan uygulama sonuçlarından bekleneceği üzere yıkama suyu miktarlarındaki farklılıklara bağlı olarak her yıkamaya ait kısmi etkiler farklı olmuştur. 3 ve 6 cm derinliğinde uygulanan yıkama suyu dilimlerinin tuzun kolondan yıkanımı üzerine etkilerinin olmayacağı ise açıktır. Bu yıkama dilimleri kolon dışına su çıkışı sağlamadıkları halde, tuzların kolon içerisinde taşınma oranı üzerine büyük bir kısmi etkiye sahip olabilirler. Çünkü bu yıkama suyu dilimleri uygulandığında toprak kuru olduğu için akış doygun olmayan koşullarda gerçekleşmekte ve tuz yıkanım oranı üzerine etkisi artmaktadır. Yüksek tuz yıkanım etkisi üzerine suyun akış hızı da etkili olabilir. Çünkü bu yöntem de başlangıçtaki su yüklerinin küçük olması itibarıyla toprak içerisine giren suyun hızı düşük olmaktadır. Yıkama suyunun toprak gözeneklerindeki akış hızı ne kadar az olursa o kadar iyi tuz yıkanması gerçekleşmektedir (Abed Al Sahib 1980). Benzer şekilde, Alfaro (1965)'de suyun düşük uygulama oranlarının toprakta klorür tuzlarının uzaklaştırmasında yüksek uygulanma oranlarından daha etkili olduğunu bulmuştur. Fakat ilk yıkama uygulamaları ile elde edilen her bir yıkamaya ait kısmi etkilerin su uygulama oranının ilk dilimlere göre çok fazla arttırılmış olması ile tuz yıkanımındaki başarı düşmüş olabilir. Toplam yıkama suyunda önemli bir paya sahip olan V. dilim su uygulaması olan 48 cm kolon boyunca beklenen oranda tuz yıkanımı gerçekleştirilmemiştir. V. dilim yıkama suyu uygulamasının etkisinin az olmasının nedenleri arasında, sahip olduğu yüksek hız sayesinde büyük gözeneklerden tüm toprak solüsyonu ile karışmadan oluşan öncelikli akış yolları ile kolondan uzaklaşmış olması ve bu uygulamaya kadar kolay yıkanan tuzların uzaklaştırılıp zor yıkanan tuzların kolon içinde kalmış olması sayılabilir. Toprak içerisinde ayrıcalıklı akış yolları (Bouma and Dekker 1978; Germann and Beven 1981; Prendergast 1995; Butcher *et al.* 1995; Heng *et al.* 1999) ve topraktan kolay ve zor yıkanan tuzlarla ilgili (Öztürk 2000; Abed Al Sahib 1980; Al- Huseyni 1984) şimdiye kadar pek çok çalışma yapılmış ve tuz yıkanımı üzerine olumsuz etkileri belirtilmiştir.

Eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ile yürütülen çalışmada toprak yüzeyinde oluşturulan yıkama suyu yüksekliğinin azaltılmasıyla, toprak içerisinde, düşük akış hızlarının oluşması amaçlanmıştır. Düşük akış hızlarının da yıkama

randımanı üzerine olumlu etki yapacağı Öztürk (2000) ve Rhoades (1989) tarafından belirtilmiştir. Bunun yanı sıra, I. dilim yıkama uygulamasında verilen yüksek yıkama suyu miktarı (48cm) bu uygulamayı geleneksel devamlı göllendirme yıkama uygulamasına benzetebilir. I. dilim yıkama suyunun toprak ile tamamen karışmadan öncelikli akış yolları ile ilerleyerek kolonu terk etmesi ve yüksek akış hızı söz konusu olsa da, başlangıçtaki kolay uzaklaştırılabilir tuzların varlığı bu yıkama uygulamasının her iki toprakta da kısmi etkilerinin yüksek olmasını sağlamıştır. İki farklı yöntem olarak denemede yürütülen eşit oranlarda artan ve eşit oranlarda azalan yıkama suyu miktarları ile yapılan her 48 cm’lik yıkama suyunun kısmi etkilerinin birbirlerinden bu kadar farklı olması bahsedilen kolay yıkanan tuzların varlığı ile açıklanabilir. Uygulamada yıkama suyu miktarlarının giderek azaltılmış olması, toprak suyunun hızının azaltılarak daha fazla tuz yıkınımı amaçlanmış olsa da, toprak kolonu içerisinde tuzların kolloidal kısım ile olan reaksiyon kapasitelerine bağlı olarak tuzların ilk yıkamalarla daha kolay uzaklaştırılmış olması yıkama uygulamasına ait beklenen kısmi başarıyı düşürmüş olabilir (Al Nakshabandi *et al.* 1971).

Çizelge 4.2’de farklı topraklarda, nem azalma oranı, yıkama yöntemleri ve derinliklere bağlı olarak varyans analiz sonuçları verilmiştir. Deneme süresince dikkate alınmış olan, toprak, yıkama yöntemi, nem azalma oranı, derinlik değişkenleri ve interaksiyonları çok önemli seviyede farklılıklar göstermiştir. Diğer taraftan, deneme süresince her yıkamadan sonra takip edilmiş olan kolon derinliklerindeki ayrı ayrı yıkama konularının oluşturduğu tuz miktarlarını net bir şekilde görebilmek için yıkama eğrileri ve eşitlikleri çıkarılmıştır. Yıkama eğrileri ve eşitlikleri toprak tekstürüne bağlı olarak önemli değişimler göstereceğinden her bir toprağın kendi içinde değerlendirilmesi uygun görülmüştür.

Çizelge 4.2. Farklı topraklarda, farklı kuruma seviyeleri ve farklı yıkama yöntemleri ve farklı derinliklere bağlı olarak varyans analiz sonuçları (F değerleri)

Varyasyon kaynakları	s.d	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F
Toprak	1	25,48	25	6264,8***
Yıkama yöntemi	2	9,51	4,78	1169,59***
Nem azalma oranı	2	1,68	0,84	207,1***
Derinlik	5	63,54	12,70	3124,5***
Toprak x Yıkama yöntemi	2	1,62	0,81	199,8***
Toprak x Nem azalma oranı	2	0,13	0,06	16,9***
Yıkama Yöntemi x Nem kaybı oranı	4	0,39	0,09	23,94***
Toprak x Yıkama yöntemi x Nem kaybı oranı	4	0,93	0,02	5,74***
Toprak x Derinlik	5	20,07	4,01	986,94***
Yıkama yöntemi x Derinlik	10	13,32	1,33	327,6***
Toprak x Yıkama yöntemixDerinlik	10	1,62	0,16	40,04***
Nem azalma oranı x Derinlik	10	1,29	0,13	31,91***
Toprak xNem azalma oranıxDerinlik	10	3,22	0,32	79,15***
Yıkama yöntemi x Nem azalma oranı xDerinlik	20	2,4	0,12	30,63***
Toprak xYıkama Yöntemi x Nem azalma oranı x Derinlik	20	1,63	0,082	20,09***
Hata	216	0,087	0,004	

***p<0,001

4.1.1. Hafif bünyeli toprakta kolon boyunca gerçekleşen tuz hareketleri

4.1.1.a. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak kolonunda 10 cm'lik tabakalar için belirlenmiş $EC_{1:5}$ değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çizelgedeki değerler incelendiğinde tüm su dilimlerinde tuzun daha alt katmanlara yıkandığı görülmektedir. I. dilim su uygulaması sonrasında 20-30 cm ve 30-40 cm'lik tabakalarda birikme olmuş, II. dilim suyun uygulanması ile birikme 40-50 cm derinliğe kadar

inmiştir. III. IV. ve V. dilim su uygulamaları ise tabakalarda birikme meydana gelmeden tuzlar aşağıya doğru taşınmıştır. I. dilim su uygulaması 60 cm'lik kısma kadar tuzları taşıyabilmiş, ancak kolondan dışarı su çıkışı olmadığı için kolon içerisindeki tuz miktarı toplamda aynı kalmıştır.

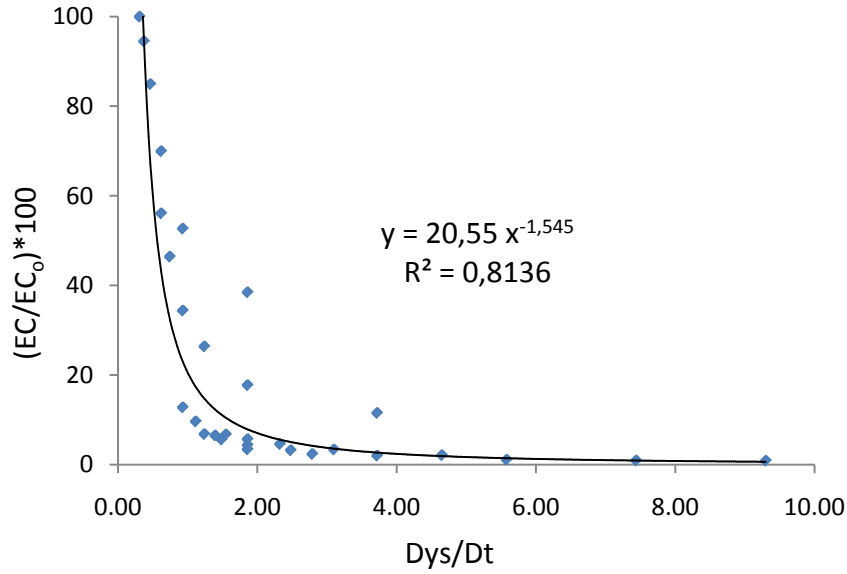
Çizelge 4.3. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	52,50	20,20	6,06	0,59	0,50	0,47
10-20	0,11	7,52	3,28	0,67	0,57	0,65
20-30	0,11	9,15	4,57	0,54	0,64	0,67
30-40	0,11	8,00	4,26	1,65	0,62	0,65
40-50	0,11	5,15	6,41	1,66	0,65	0,58
50-60	0,11	3,00	5,17	1,68	0,65	0,56
0-60		8,84a	4,96b	1,13c	0,60d	0,59d

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları

Yıkama suyunun bütün tabakayı doyurmadan, öncelikli akış yolları ile makro gözeneklerden aşağılara akmış olması tuzun 60 cm derinliğe kadar inebilmesini sağlamıştır. Daha sonraki su uygulama dilimlerinde ise kolondan dışarıya su çıkışının başlamasıyla beraber kolon içerisindeki tuz miktarı giderek azalmıştır.

Yıkama eğrilerinin çıkartılması için, başlangıca göre toprakta kalan tuzun yüzde değerleri hesaplanmış ve hesaplanan ($EC/EC_0 \cdot 100$) değerleri yıkama suyu derinliğinin toprak derinliğine oranı olan Dys/Dt arasındaki ilişki grafiklendirilmiş ve ilişkinin eşitliği hesaplanmıştır (Şekil 4.1). Yıkama eğrisinin oluşturduğu eşitlik ($EC/EC_0 \cdot 100$) ile Dys/Dt değerleri arasındaki ilişkiyi çok önemli seviyede ($p < 0,001$) göstermiştir.



Şekil 4.1. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Yıkama eğrisinde tuzun büyük bir kısmının daha küçük Dys/Dt değerlerinde yıkandığını daha sonra yıkamanın Dys/Dt oranının artmasına rağmen azalarak sabitleştiği görülmektedir. Dys/Dt 'nin küçük oranlarında yani, yıkamanın başlangıcında toprakta bulunan kolay çözünebilir tuzların varlığı hızlı yıkamanın gerçekleştiği bir bölge oluşturmaktadır. Yıkamanın azalarak sabitleştiği bölgede ise, toprakta kalan tuzların hem miktar olarak azalmış olması hem de nispeten daha zor yıkanan tuzların varlığı ile açıklanabilir. Benzer sonuçlar Omer (1994), tarafından da bulunmuştur. Grafikten açık bir şekilde görüleceği gibi, Dys/Dt oranının 4 ve 4'e kadar değerler alması durumunda toprak kolonundaki toplam tuz miktarının %97,59'una kadarlık kısmı yıkanmışken Dys/Dt oranının 10'a kadar arttırılmasıyla bu oranın ancak %99.41'e çıkması söz konusudur.

Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri hesaplanmış (Çizelge 4.4), esas alınan toprak derinliği arttırıldıkça, yıkanan tuz yüzde değerinin azaldığı görülmüştür. Toplam yıkanan tuz yüzdesi üzerine yıkama suyu miktarlarının etkisi ise, I. ve V. dilim su uygulamalarında görülmez iken, en büyük etki

II. ve III. dilim su uygulamaları ile elde edilmiştir. Son iki dilim yıkama suyunun uygulanmaması durumunda, toplam yıkanan tuz yüzdesinde, 6,04'lük bir azalma, meydana gelecektir. İlk üç dilim su uygulamasının yıkama tuz yüzdesi üzerindeki etkisi, %87,21 gibi büyük bir değer olduğundan, son iki dilimin uygulanmaması düşünülebilir. Yapılmış olan Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre son iki uygulama istatistiksel olarak aynı sınıfta belirlenmiş ve uygulamalar arasında bir fark olmadığı görülmüştür (Çizelge 4.3). Dolayısıyla, 55,8 cm suyun üç eşit miktarda uygulanması ile, %87,21'lik tuz yıkama oranına ulaşılabilceği söylenebilir.

Çizelge 4.4. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,10	61,52	26,93	10,42	0,18	0,05
0-20	97,87	47,32	34,93	15,36	0,37	0
0-30	96,60	30,05	43,56	22,97	0,20	0
0-40	95,38	15,08	50,53	27,84	2,15	0
0-50	94,30	5,53	48,05	36,76	4,04	0
0-60	93,25	0,04	43,87	43,29	5,96	0,08

4.1.1.b. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Eşit miktarlarda yıkama suyu dilimleri ile %30 nem azalmasını takip ederek yapılan her bir yıkama sonrasında kolon içerisinde kalan her bir tabakaya ait ölçülen toprak tuzluluğu Çizelge 4.5'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre, I. uygulama sonunda topraktaki toplam tuzluluk miktarından anlaşılacağı üzere bir miktar drenaj suyunun kolon dışına çıkışı söz konusudur.

Çizelge 4.5. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu , $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	52,50	19,40	5,25	0,55	0,55	0,36
10-20	0,11	7,00	2,28	0,53	0,50	0,41
20-30	0,11	7,70	4,00	0,58	0,54	0,44
30-40	0,11	8,00	4,10	0,55	0,65	0,46
40-50	0,11	6,00	4,41	1,60	0,52	0,47
50-60	0,11	1,10	4,10	1,85	0,50	0,45
0-60		8,20a	4,02b	0,94c	0,54d	0,43d

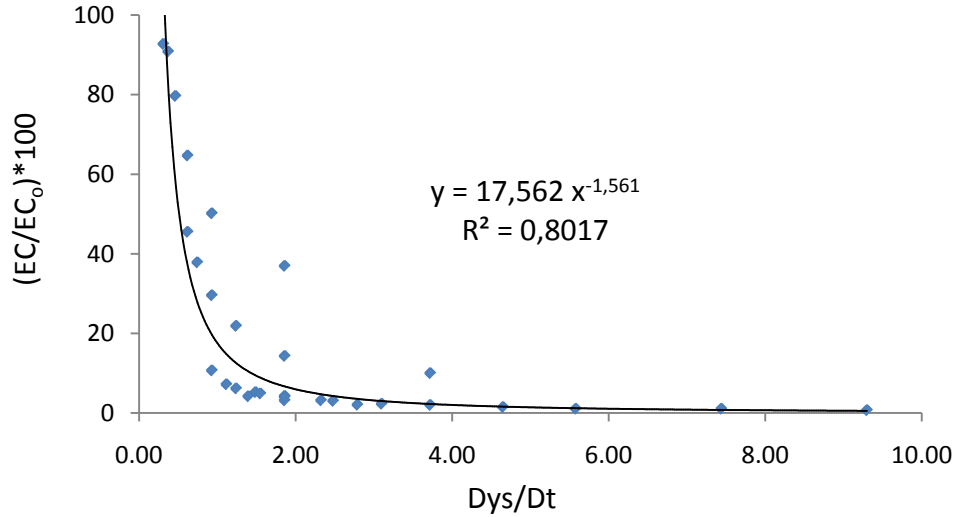
a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları

Yüzde 15 nem azalmasının konu edildiği bir önceki uygulamada aynı miktardaki su I. uygulamanın sonunda tamamen toprak kolonu içerisinde kalarak tuzu profile derinleşen tabakalara taşımıştır. %30 nem azalmasının takip edildiği konuda ise kolon dışına su çıkışı görülmüş ve az miktarda tuz yıkanımı gerçekleşmiştir.

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

Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile elde edilen Dys/Dt ile $(EC/EC_0 \cdot 100)$ arasındaki ilişkiye ait yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.2' de verilmiştir. İlişkiye ait çıkarılan eşitlik istatistiksel olarak çok önemli ($p < 0.001$) bulunmuştur. Toprakta yıkanan tuzların büyük bir kısmı küçük Dys/Dt oranlarında elde edilmiştir. Dys/Dt oranının sırayla 1, 2 ve 3 olması durumunda yıkanan tuzların yüzdeleri 82,44, 94,05 ve 96, 84 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada Dys/Dt olarak seçilen 1,5 oranının bu konuda sağladığı yıkanan tuz yüzdesi ise %90,67 olmuştur. Dys/Dt oranının 10'a kadar yükseltilmesiyle, yıkanan tuzların yüzdesinde yalnızca 2,68'lik bir

artış sağlanmaktadır. Buradan görüleceği üzere, Dys/Dt 'nin yüksek oranlarda olması tuz yıkanması üzerine aynı oranda bir artış sağlamamaktadır.



Şekil 4.2. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun yüzdesi esas alına toprak derinliği arttıkça, topraktan yıkanan tuzun yüzdesi azalmaktadır (Çizelge 4.6). Örneğin toprak derinliği 0-10 cm kabul edildiğinde tuzların %99,31'i yıkanırken toprak derinliği 0-60 cm kabul edildiğinde, tuzların %95,12'si yıkanmaktadır. Toprak kolonunda yıkanan tuzların büyük bir kısmı 0-20 cm'lik derinlikte I. dilim su uygulaması sonucunda 20-40 cm'de ise II. dilim sonucunda uzaklaştırılmıştır. 0-60 cm'lik toprak derinliği esas alındığında, I. dilim su uygulaması sonucunda topraktaki tuzların %7,24'ü yıkanabilmiş, II. dilimin uygulanmasıyla %47,25'lik kısmi etkisiyle bu oran %54,49' a yükselmiştir. %34,84'lük kısmi etkisi görülen III. su diliminden sonra ise yıkanan tuzlar %89,33'e yükselmiştir. IV. ve V. su uygulamasına ait dilimler toprak kolonundan toplam %5,79'luk bir tuz yıkanmasını sağlayabilmişlerdir. I., II. ve III. dilim su uygulamaları sonunda tüm kolondan yıkanan tuz yüzdesinin (89,33), IV. ve V. dilim su uygulamalarında yıkanan toplam tuz yüzdesinden (5,79) oldukça büyük olması açıkça göstermektedir ki, yıkama işlemi III. dilimde sonlandırılabilir. Her bir yıkama uygulaması arasındaki farklılıkları

görmek için yapılmış olan Duncan çoklu karşılaştırma testi deneme sonuçlarını destekler şekilde IV. ve V. dilim su uygulamalarını istatistiksel olarak aynı grupta sınıflandırmıştır.

Çizelge 4.6. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,31	63,05	26,95	8,95	0,00	0,36
0-20	98,54	49,83	35,86	12,26	0,06	0,53
0-30	97,70	35,31	42,82	18,73	0,13	0,73
0-40	96,84	20,33	50,09	25,40	0,00	1,09
0-50	95,96	9,16	52,99	30,65	1,97	1,19
0-60	95,12	7,24	47,25	34,84	4,51	1,28

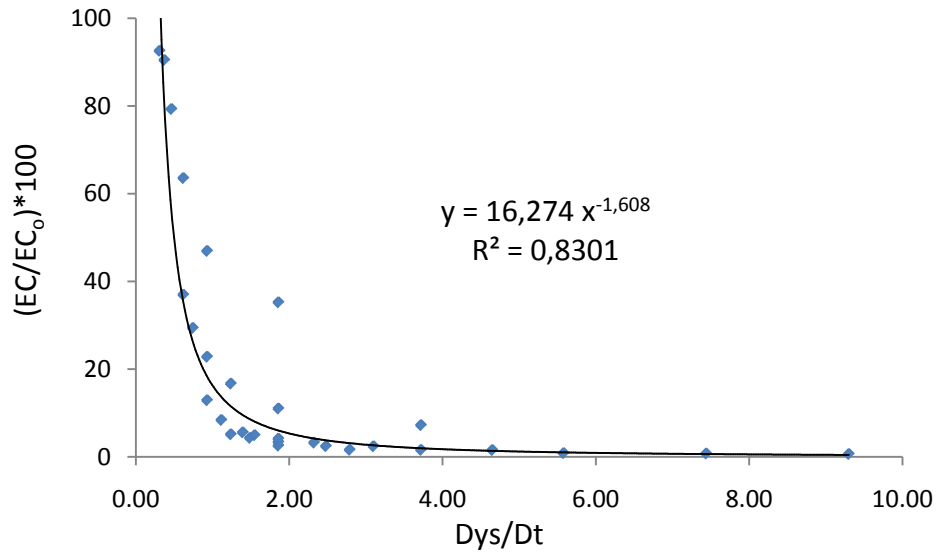
4.1.1.c. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Toprak kolonlarında başlangıçta oluşturulmuş tuz dağılımı ve her bir yıkama uygulaması sonrasında kolondaki değişim $EC_{1:5}$ değerleri üzerinden Çizelge 4.7'de verilmiştir. Başlangıç olarak toprak kolonunun ilk 0-10 cm'lik derinliğinde ölçülmüş 52,50 dS/m olan elektriksel iletkenlik değeri, ilk dilim su uygulamasının ardından 18,50 dS/m değerine düşmüş, yüzeydeki tuz tüm kolona dağılmış ve bir kısım su ise toprak kolonundan drenaj suyu olarak uzaklaşmıştır. Toprak kolonlarında, I. dilim su uygulaması sonrasında 20-40 cm'lik aralıkta tuz birikiminin olduğu açıkça görülmektedir. Devam eden yıkama uygulamalarında ise toprak kolonunda VI. yıkama sonrasında oluşan tuz dağılımının çok fazla değişmediği görülmektedir. Yıkama uygulamalarının Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarında IV. ve V. yıkama uygulamaları aynı istatistiksel sınıfta bulunmuşlardır.

Çizelge 4.7. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	52,50	18,50	3,80	0,45	0,40	0,34
10-20	0,11	6,20	2,00	0,40	0,44	0,48
20-30	0,11	8,80	3,00	0,50	0,45	0,45
30-40	0,11	8,40	3,26	1,60	0,50	0,44
40-50	0,11	6,00	3,50	1,50	0,50	0,48
50-60	0,11	1,20	4,05	2,40	0,44	0,42
0-60		8,18a	3,27b	1,14c	0,46d	0,44d

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları



Şekil 4.3. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Eşit miktarlarda yıkama suyu dilimleri ile yapılan yıkama işleminde %45 nem kaybı takip edilerek yürütülmüş olan uygulamaya ait yıkama eğrisine bakıldığında, eğrinin diğer %15 ve %30 nem kaybı takip edilerek yapılmış uygulamalara benzer şekilde bir eğilime sahip olduğu görülmektedir (Şekil 4.3). Eğriye ait eşitlik $p < 0,001$ seviyesinde çok önemli bulunmuştur.

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

Çizelge 4.8. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,35	64,76	28,00	6,38	0,10	0,11
0-20	98,44	53,06	35,92	9,41	0,02	0,04
0-30	97,58	36,44	46,86	14,13	0,11	0,03
0-40	96,75	20,70	56,47	17,24	2,20	0,14
0-50	95,85	9,54	61,08	20,98	4,08	0,18
0-60	95,06	7,43	55,60	24,06	7,77	0,21

Topraktan yıkanan tuz yüzdesinin her 10 cm'lik toprak derinliğinde, her bir yıkama suyu diliminin kısmi etkileri Çizelge 4.8' de özetlenmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi toprak kolonunda oluşturulmuş tuzluluğun tüm yıkamalar sonrasında %95,06'sı toprak kolonundan uzaklaştırılabilmektedir.

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

0-10 cm'lik toprak kolonu derinliğinde ilk 18,6 cm'lik su uygulaması %64,76 oranında bir tuz yıkanması sağlarken, 0-20 cm'lik toprak derinliğinde ise %53,06 oranında bir tuz yıkaması sağlamıştır. Buna karşın, II. su uygulamasının ise 30 cm'lik derinlikten başlayarak 60 cm'lik derinliğe kadar büyük oranlarda bir yıkama oluşturduğu görülmektedir. Tüm kolondan yıkanan tuzların yüzdesi üzerine en büyük etki II. dilim suyun uygulanması ile elde edilmiştir.

4.1.1.d. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış su miktarları ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Tuzlu toprakların ıslahında, yıkama suyunun aralıklı olarak uygulanmasında, geleneksel olarak suyu eşit miktarlarda dilimler halinde uygulanırken, bu konuda yıkama suyunun eşit oranlarda artarak uygulanması ele alınmıştır.

Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu Çizelge 4.9'da verilmiştir.

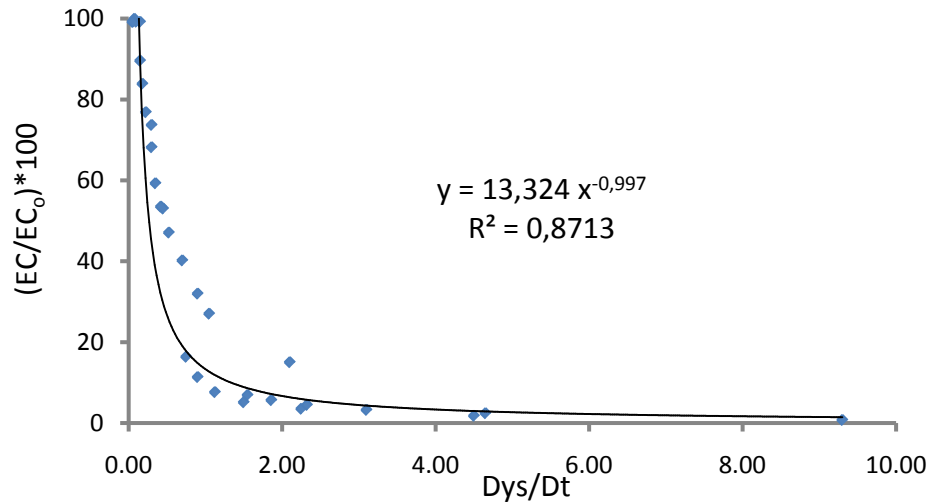
I. dilim su uygulamasında, kolona uygulanan 3 cm'lik su miktarı kolon içerisinde ancak ikinci katman olan 10-20 cm'lik kısma kadar ulaşabilmiştir. Üst tabakada yoğunlaştırılmış tuz, 0-20 cm'lik tabakaya yayılmıştır fakat kolon dışına tuz çıkışı olmadığından tuzun yıkanmasına dair herhangi bir durum söz konusu olmamıştır.

Çizelge 4.9. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	52,50	38,70	16,80	7,90	0,94	0,40
10-20	0,11	13,50	11,11	6,33	0,92	0,60
20-30	0,11	0,11	8,04	6,97	0,85	0,71
30-40	0,11	0,11	4,36	3,50	1,30	0,64
40-50	0,11	0,11	4,11	3,64	2,01	0,65
50-60	0,11	0,11	3,11	3,11	2,67	0,67
0-60		8,77a	7,92b	5,24c	1,45d	0,61e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları

Kolondan tuz yıkanması II. dilim suyun uygulanmasından sonra başlamış III. ve IV. dilimlerde devam eden tuz yıkanması V. dilim su uygulaması ile en yüksek seviyeye ulaşmıştır.



Şekil 4. 4. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Şekil 4.4'e bakıldığında, Dys/Dt ile $(EC/EC_0 \cdot 100)$ arasındaki $p < 0,001$ seviyesinde istatistiki olarak çok önemli bulunan ilişki, yüksek Dys/Dt oranlarının tuz yıkanması üzerine etkisinin düşük olduğunu göstermekte ve dönüm noktası olarak Dys/Dt'nin 4 olduğu görülmektedir. Dys/Dt'nin 1 olması durumunda, %86,68 oranında tuz yıkanırken Dys/Dt'nin 10 olması durumunda, % 98,66 oranında tuz yıkanabilmektedir. Dolayısıyla, Dys/Dt oranının 10 kat arttırılması yıkanılan tuz yüzdesinde 11,98'lik bir artış sağlamıştır. Bu artışın, 9,98'i, Dys/Dt'nin 4'e çıkartılmasıyla elde edilebilmişken, geri kalan 2'lik kısım Dys/Dt'nin 10'a çıkarılmasıyla ancak elde edilebilmiştir.

Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolondaki toplam tuzların %93,08'i yıkanabilmiştir (Çizelge 4.10). Toplam yıkanan tuzlara I. dilim su uygulamasının katkısı olmamıştır. Bu uygulamada, toprak kolon dışına su çıkışı olmadığı halde I. uygulamanın uzaklaştırılan tuz miktarı üzerine katkısının 0 olması gerekirken bu değerin %0,75 olarak hesaplandığı görülmektedir. Bu durum, aynı toprak kütlesinden alınan farklı toprak örneklerinden ölçülecek farklı EC değerlerinin dahi farklı olabileceği esası ile açıklanabilir.

Çizelge 4.10. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Yıkama suyu dilimleri (cm)					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	99,24	26,29	41,71	16,95	13,26	1,03
0-20	97,57	0,80	46,16	26,00	23,51	1,10
0-30	96,76	0,76	31,04	27,98	35,08	1,90
0-40	95,52	0,04	23,09	29,77	39,45	3,17
0-50	94,33	0,79	15,32	30,37	42,15	5,71
0-60	93,08	0,75	9,63	30,32	42,91	9,47

İkinci dilim olarak 6 cm derinliğinde uygulanan suyun tüm kolon boyunca yıkanan toplam tuzlara katkısı %9,63 olmuştur. V. dilim su uygulaması ise 48 cm olmasına rağmen, toplam yıkanan tuzlara katkısı %9,47 olarak görülmektedir. III. ve IV. dilim su uygulamaları diğer uygulamalara göre daha büyük oranlarda katkı sağlamış, en yüksek etki ise IV. uygulamada görülmüştür. 48 cm'lik son su uygulaması dilimini hariç tuttuğumuzda, IV. dilim su uygulanması sonunda tuzların %83,61'i uzaklaştırılabilmiştir. Bu değer, toplam kolon içerisindeki tuzların uzaklaştırılmasında elde edilebilecek önemli bir değer olduğundan son dilim su uygulaması istatistiki olarak diğer uygulamalardan farklılık göstermiş olmasına rağmen, yıkama işlemi bu uygulama yapılmadan sonlandırılabilir.

4.1.1.e. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış su miktarları ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

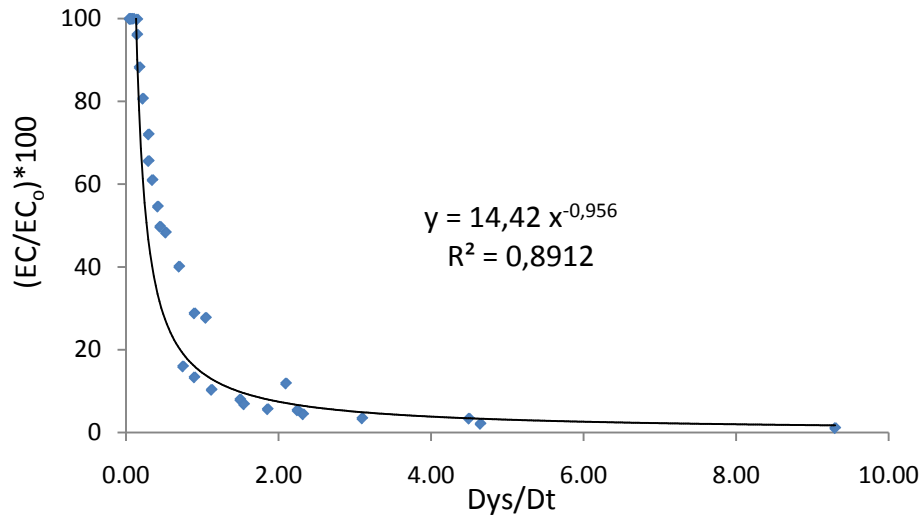
Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu Çizelge 4.11'de verilmiştir. Toprak kolonunda 3 cm'lik I. dilim su uygulanmasından sonra, 0-10 cm'ye karıştırılan tuzların bir kısmının 10-20 cm'lik ikinci tabakaya taşınmış olup, üçüncü katman olan 20-30 cm'ler arasında çok az miktarda bir taşınma söz konudur. Taşınan az miktardaki tuz, %15 nem azalmasının takip edildiği konuda gözlenmemiştir. Bunun nedeni olarak, gerçekte aşağıya doğru tuz taşınımı devam ediyorken, tuzluluk ölçümünün yapılmış olmasıdır.

II. dilim su uygulanmasında ise, kolondan su çıkışı ve dolayısıyla tuz yıkanımı az da olsa başlamıştır. Bu su uygulamasında tuzlar kolon profili boyunca aşağıya doğru birikecek şekilde bir dağılım meydana getirmiştir. Etkin olarak yıkamaların başladığı III. ve IV su uygulama dilimlerinde, özellikle IV. dilimde tuzun önemli bir kısmı kolondan yıkanarak uzaklaştırılmıştır.

Çizelge 4.11. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	52,50	37,80	15,10	6,20	1,74	0,42
10-20	0,11	14,70	11,05	8,36	1,07	0,66
20-30	0,11	0,19	8,41	6,55	1,37	0,70
30-40	0,11	0,11	8,05	4,40	1,25	0,53
40-50	0,11	0,11	4,11	3,38	1,61	0,65
50-60	0,11	0,11	4,25	3,45	1,41	0,64
0-60		8,84a	8,50b	5,39c	1,41d	0,60e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları



Şekil 4.5. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Yüzde 30 nem azalmasından sonra eşit oranlarda arttırılmış miktarlarda su dilimleri ile elde yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.5’de verilmiştir. Eşitlik, sonuçlarla $p < 0,001$ seviyesinde çok önemli bir uyum sağlamaktadır. Yıkama eğrisinde, noktaların iki grup halinde biriktiği görülmektedir. Bu grupların dönüm noktası ise Dys/Dt oranının 3 değerini aldığı noktadır. Örneğin Dys/Dt değeri, 3 olarak alındığında toplam tuzların %94,96’sı kolondan uzaklaştırılabilmişken, Dys/Dt değerinin 10 olması

durumunda ilave olarak 3,44'lük bir tuz yıkanması ancak sağlanabilmiştir.

Bu uygulama ile toprak derinliği 0-10 cm alındığında, tuzların %98,97'si yıkanırken, toprak derinliğinin 0-60 cm alınması durumunda tuzların ancak %93,22'sini yıkayabilmiştir. Yani, derinlik arttıkça yıkanan tuz miktarında bir miktar azalma görülmektedir. Kolon boyunca meydana gelen tuz yıkanımalarında, su uygulama dilimlerinin etkilerine bakıldığında, I. dilim su uygulaması etkisiz olurken, IV. dilim su uygulamasına kadar her dilim su uygulamasının kısmi etkileri artarak devam etmiş ve en yüksek etkiye IV. dilim su uygulamasında ulaşılmıştır. V. dilim suyun uygulanmasında ise artarak devam eden bu etki, aksine ani bir şekilde düşmüştür (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	98,97	28,00	43,24	16,95	8,50	2,29
0-20	97,95	0,23	50,08	22,03	22,33	3,29
0-30	96,63	0,04	34,40	25,52	32,13	4,55
0-40	95,63	0,08	19,28	32,36	38,01	5,90
0-50	94,41	0,08	11,69	33,67	41,27	7,70
0-60	93,22	0,04	3,87	35,12	45,05	9,14

%15 nem azalması konusunda II. ve son dilimin toprak kolonundan yıkanan tuz yıkanımı üzerine sağlamış oldukları kısmi etkileri birbirlerine neredeyse eşit iken, %30 nem azalmasının takip edildiği konuda V. dilim su uygulamasının yıkanan toplam tuz yüzdesine katkısı 9,14 iken II. dilim su uygulamasının kısmi etkisi %3,87 olmuştur. Yine bu konuda da, 48 cm derinliğindeki V. dilim su uygulanmasının toplam yıkanan

tuz yüzdesindeki etkisi ihmal edildiğinde, başarı %84,08'e düşmekle birlikte, yine de kabul edilebilecek bazı özel durumlar için istenilebilecek bir sonuçtur.

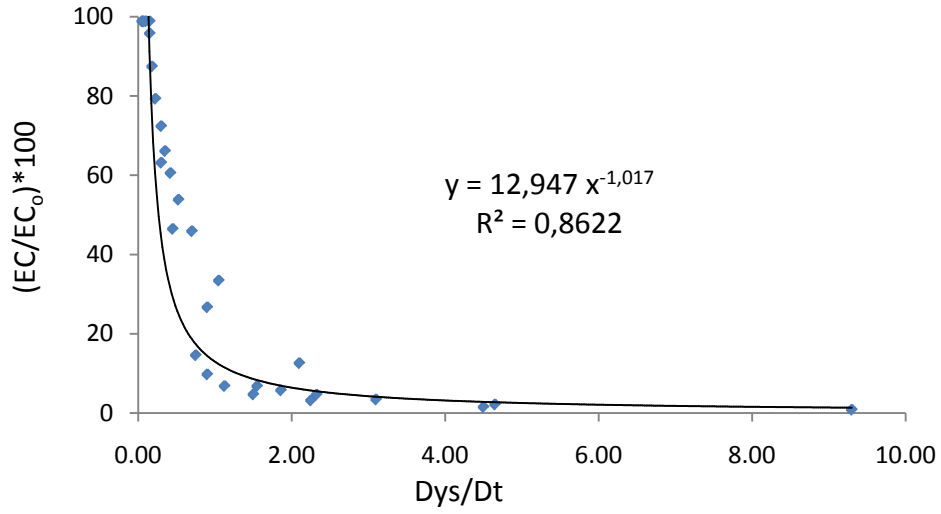
4.1.1.f. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış su miktarları ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu Çizelge 4.13'de verilmiştir. %15 ve %30 nem azalmasının takip edildiği konularda olduğu gibi, %45 nem azalmasının takip edildiği konuda da I. dilim su uygulamasındaki tuzluluk değerleri aynı eğilimi göstermiştir. Tuzların toprak kolonu boyunca dağılımı II. dilim su uygulanmasından sonra gerçekleşmekle beraber az miktarda bir tuz yıkanımı oluşmuştur. III., IV. ve V. dilim su uygulamaları ile toprak kolonunun tabakalarına ait tuzluluk giderek daha küçük değerler almıştır. Konuya ait her bir yıkama suyu uygulaması istatistiki olarak farklı gruplarda yer almıştır.

Çizelge 4.13. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	52,50	38,00	14,00	6,60	0,78	0,47
10-20	0,11	14,00	10,44	10,98	0,88	0,65
20-30	0,11	0,11	8,85	6,60	0,81	0,67
30-40	0,11	0,11	8,61	4,26	1,12	0,65
40-50	0,11	0,11	4,40	3,62	1,57	0,58
50-60	0,11	0,11	4,50	3,00	2,57	0,56
0-60		8,74a	8,47b	5,84c	1,29d	0,60e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları



Şekil 4.6. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Dys/Dt ve $(EC/EC_0 * 100)$ arasındaki ilişkiyi gösteren yıkama eğrisi eşitliği $p < 0,001$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Şekil 4.6). Dys/Dt değerinin 1 olması durumunda, %15 ve %30 seviyelerindeki nem kaybının takip edildiği konulara göre %45 nem kaybının takip edildiği konuda daha yüksek bir tuz yıkınımı söz konusu olmuştur. Dys/Dt değerinin 10 olması durumunda ise sadece yıkanan tuz yüzdesi 11,71 olarak artmıştır. Bu konuda da, esas artışın, Dys/Dt 'nin 4 değerinde olup %96,84 iken Dys/Dt 'nin 10 değerinde ise 1,92 artarak %98,76'ya ulaşmıştır. Bu değerlere göre, denemede esas alınmış olan $Dys/Dt=1,5$ oranı hızlı tuz yıkınım bölgesi sınırları içerisinde yer almıştır.

Çizelge 4.14 topraktan yıkanan toplam tuzun yüzde değerlerini ve her bir yıkama uygulamasının kısmi etkilerini göstermektedir. Sonuçlara göre, her üç nem azalması konusunda da, tüm kolon boyunca yıkanan tuzlar %90'ın üzerinde olmuştur. Esas alınan toprak derinliği arttıkça, yıkanılan tuzun yüzdesi de azalmaktadır. Etki dereceleri değişiyor olmakla birlikte, uygulanan su dilimlerinin toplam tuz yıkınımındaki kısmi başarıları benzerlik göstermektedir. Yani, I. dilim su uygulamasının toplam yıkanan tuz miktarı üzerine etkisi en düşük olurken, IV. dilimin etkisi en yüksek olmuştur. V. dilim su uygulamasının toplam yıkanan tuz yüzdesindeki katkısı, %7,81 olup, yine bu dilimin

uygulanmaması durumunda topraktan %85,44'lük bir tuz yıkanım yüzdesine ulaşabilecektir. Bu rakam, kabul edilebilecek bir değer olduğundan, diğer %15 ve %30 nem kaybının takip edildiği konularda da olduğu gibi, V. dilim su uygulamasının yapılmaması isabetli olabilir. Çünkü en fazla su miktarını temsil eden dilimin uygulanmamasıyla, işgücü ve zamandan, suyun az veya yetersiz olduğu zamanlarda sudan, planlanacak olan drenaj sistemlerinin fizibil olmasını etkileyecek drenaj kapasitesinden ve toprak fiziksel yapısı üzerine oluşabilecek olumsuz etkilerden kaçınılmış olunur.

Çizelge 4.14. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakta yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	99,20	27,62	45,71	14,10	11,09	0,69
0-20	97,87	1,18	52,38	13,04	30,26	1,02
0-30	96,60	1,14	35,70	17,28	41,20	1,28
0-40	95,38	1,17	19,53	25,47	47,04	2,16
0-50	94,30	1,17	11,39	26,89	50,82	4,03
0-60	93,25	1,13	3,09	29,68	51,54	7,81

4.1.1.g. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

%15 nem azalmasından sonra eşit oranlarda azalan miktarlarda su dilimleri ile yapılan yıkamaların her bir uygulama sonunda kolon derinliklerinde meydana getirdiği sonuçlar Çizelge 4.15' de verilmiştir. Bu uygulama altında görülecek sonuçlar, ilk dilim su uygulamasının çok yüksek miktarda olması nedeniyle, toprak kolonu üzerinde verilen suyun profil boyunca uzun bir zaman zarfı içinde akışını tamamlayacağından, arazi

koşullarında geleneksel olarak yapılan devamlı göllendirme ile yıkama yöntemine paralel sonuçlar vermesi düşünülebilir.

Bu uygulamada I. dilim su uygulamasında uygulanan su miktarının fazla olması nedeniyle, yüzeyde yoğun olarak oluşturulmuş tuz miktarı kolon boyunca aşağıya doğru taşınmış ve kolondan eşit miktarlarda ve eşit oranda arttırılmış su uygulamalarında gözlenenin aksine ciddi oranda bir su çıkışı meydana gelmiştir. I. dilim suyun uygulanmasında, yıkama etkinliğini etkileyen yüksek akış hızı ve oluşabilecek by pass akışları gibi olumsuz faktörler olmasına rağmen, yüksek yıkama suyu miktarı ve kolay yıkanabilir tuzların varlığı ile tuz yıkanımını yüksek miktarda gerçekleştirmiştir. Takip eden yıkama uygulamalarında kolay yıkanabilir tuzların uzaklaşmış olması ve kullanılan yıkama suyu miktarındaki azalma ise azalan oranda fakat daha kararlı bir tuz yıkanması meydana getirmiştir.

Çizelge 4.15. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

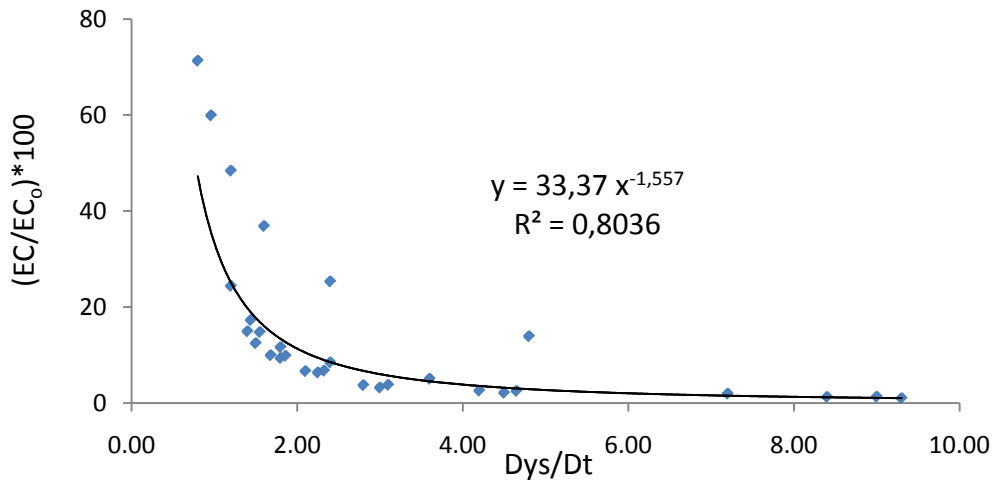
Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	52,50	7,31	1,03	0,68	0,70	0,54
10-20	0,11	6,03	1,64	0,69	0,64	0,59
20-30	0,11	6,10	1,80	0,61	0,66	0,58
30-40	0,11	6,14	1,69	1,55	1,57	1,66
40-50	0,11	6,15	3,00	1,76	1,64	1,60
50-60	0,11	6,09	3,78	2,65	2,64	1,65
0-60		6,30a	2,16b	1,32c	1,31d	1,10e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları

Yine diğer uygulamalardan farklı olarak, I. dilim su uygulaması sonucunda toprak kolonun tabakalarında birbirlerine yakın tuzluluk değerleri oluşmuştur. Bu durum, II. dilim su uygulanmasında 40-60 cm'ler arasında, daha sonraki yıkamalarda ise 30-60 cm'ler arasında tuz birikimi göstererek bozulmuştur. Son üç yıkama uygulaması,

yıkama suyu miktarlarının düşüklüğü nedeniyle, toprak kolonlarında yıkanan tuz miktarı üzerine ancak 0-30 cm'lik derinliklerde etkili olabilmektedir. Son yıkamalarda uzaklaştırılan tuz miktarının az olmasına bir neden olarak akışın doygun koşullarda gerçekleşmesinden dolayı, tuz yıkama başarısının düşük olduğu söylenebilir.

Bu konuya ilişkin yıkama eğrisi ve eşitliği, Şekil 4.7'de verilmiştir. İlişkiye ait eşitlik $p < 0,01$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Yıkama grafiği incelendiğinde, I. dilim su uygulamasından sonra tabakalarda oluşan tuzluluk değerleri bir eğilim, diğer yıkamaların sonrasında oluşan tuzluluk değerleri ise ayrı bir eğilim göstermiştir. Bu eğilimler kendi içerisinde değerlendirildiğinde hesaplanan eşitliğin önem derecesi artmaktadır.



Şekil 4.7. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Dys/Dt değerinin 1 olması durumunda %66,63 oranında tuz yıkanarak aynı nem seviyesindeki eşit ve artan su uygulamalarına göre bu oranda en düşük başarı bu konuda elde edilmiştir. Dys/Dt değerinin 4 olması ile %29,52'lik bir artış sağlanmakta, bu değer 10 olarak alınması durumunda ise %2,92'lik bir artış olmaktadır.

Toprak kolonunda toplam tuz miktarının uzaklaştırılan yüzde değerlerine bakıldığında, I. dilim su uygulamasının (48 cm) kısmi olarak toprak kolonundan tuzların %28,70'ini

uzaklaştırdığı gözlemlenmesine karşın, II. dilimde uygulanan su miktarı ilk uygulamanın yarısına (24 cm) tekabül etmesine rağmen, toplamda uzaklaştırılmış tuzların %46,89'u bu uygulamada uzaklaştırılmıştır.

Bu durum, ilk uygulamada verilen su miktarının çok fazla olduğuna dair bir gösterge olmasının yanı sıra, yıkama suyu olarak uygulanmış suyun bir kısmının toprak kolonu içersinden çok hızlı bir şekilde ayrıcalıklı akış yollarından geçerek kolondan uzaklaştığını ve tuzların kolondan uzaklaştırılmasında çok fazla etki yaratmadığını göstermektedir. III, IV. dilim su uygulamalarında yıkanan tuz miktarlarının giderek azaldığı, V. dilim su uygulamasının ise kolondan uzaklaştırılan tuz miktarı üzerine hiç bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.16. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	98,97	86,08	11,96	0,68	0	0,30
0-20	97,45	74,66	20,27	2,47	0,45	0
0-30	96,20	63,13	28,39	4,74	0,50	0
0-40	93,24	51,60	36,74	4,99	0,29	0
0-50	90,16	40,08	42,61	7,34	0,58	0
0-60	85,20	28,70	46,89	9,45	2,47	0

4.1.1.h. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

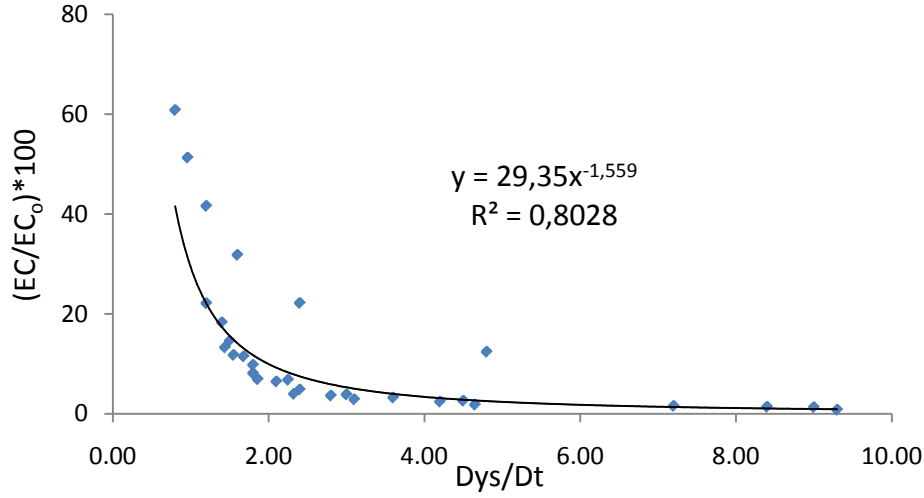
Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu Çizelge 4.17’de verilmiştir.

Yüzde 30 nem azalmasının takip edilerek yıkama uygulamalarının gerçekleştirildiği durumda kolon derinliklerindeki eğilim %15 nem azalmasını takip eden konuyla aynı eğilime sahip olmasına karşın, II. dilim su uygulanmasından sonra 0-30 cm’lik derinlikte kararlı bir durum ortaya çıkmıştır. Halbuki %15 nem azalmasının takip edildiği konuda bu kararlı durum ancak III. yıkama sonrasında meydana gelmiştir.

Çizelge 4.17. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	52,50	6,51	0,82	0,73	0,69	0,42
10-20	0,11	5,16	0,88	0,55	0,68	0,53
20-30	0,11	5,10	0,85	0,64	0,67	0,57
30-40	0,11	5,22	1,74	1,50	1,56	0,58
40-50	0,11	5,17	2,74	2,67	1,59	1,56
50-60	0,11	5,10	4,70	3,62	2,56	2,58
0-60		5,38a	1,96b	1,62c	1,29d	1,04e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları



Şekil 4.8. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Yüzde 30 nem azalmasından sonra eşit oranlarda azalan miktarlarda su dilimleri ile yapılan yıkamalardan elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.8’de verilmiştir. Verilen eşitlik $p < 0,01$ seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. I. dilim su uygulamasından sonra elde edilen değerlerin eğilimleri diğer dilimlerin uygulanmasıyla elde edilen değerlerden farklılık göstermektedir. Dys/Dt oranının 1’den 10’a çıkarılması durumunda yıkanan tuz %70,65’ten % 99,19’a yükselmektedir. Bu konuda Dys/Dt için dönüm noktası 4 alınabilir. Çünkü %70,65 olan tuz yıkanması, Dys/Dt oranı 4 değerini aldığı anda 25,97’lik bir artış göstererek, %96,62 değerine ulaşmakta, Dys/Dt oranının 10 değerini alması durumunda ise 2,57’lik bir artış göstermektedir.

Bu konuda kolon boyunca, tüm yıkamalar sonunda %88,24’lük bir tuz yıkanımı olmaktadır. Bunun, %77,87’lik kısmı I. ve II. dilim su uygulamalarından sonra sağlanmakta, arta kalan %10,37’lik III. IV. ve V. dilim su uygulamalarının toplamından elde edilmektedir (Çizelge 4.18). İlk iki dilim su uygulanmasıyla elde edilen tuz yıkama yüzdesi, tuzların yıkanması için yeterli kabul edilebiliyor ise, son üç dilim yıkama uygulamasından vazgeçilebilir. Dolayısıyla, son üç dilimde uygulanan toplam 21 cm’lik su yüksekliği çok büyük bir miktara karşılık gelmemesine rağmen, iş gücü ve zaman açısından tasarruf sağlayabilir.

Çizelge 4.18. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,20	87,60	10,84	0,17	0,08	0,51
0-20	98,19	77,82	18,95	0,80	0	0,80
0-30	97,12	68,19	26,97	1,21	0	0,98
0-40	96,03	58,39	33,49	1,67	0	2,82
0-50	93,09	48,71	38,00	1,81	1,70	2,87
0-60	88,24	39,18	38,69	3,84	3,69	2,83

4.1.1.1. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

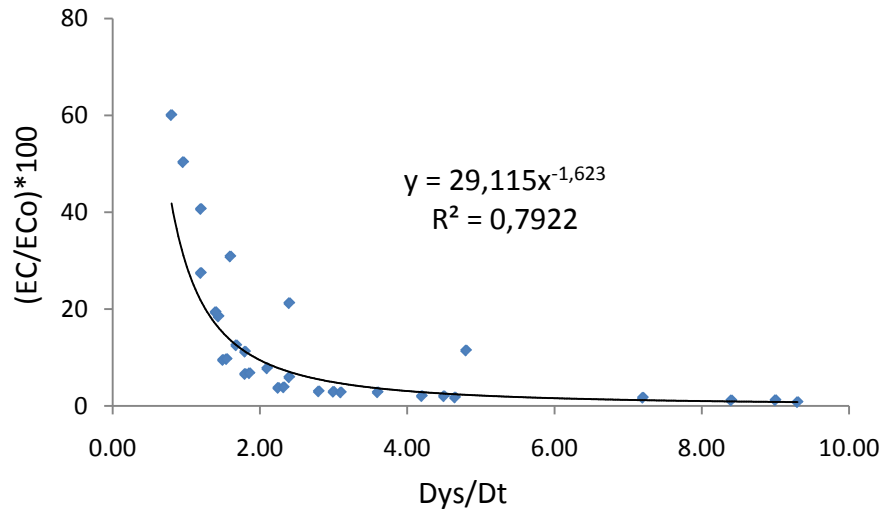
Toprak kolonlarında, eşit oranlarda azaltılmış su dilimleri ile yapılan yıkama uygulamalarının %45 oranında nem kaybını takip ederek yapıldığı uygulamaya ait katmanların başlangıçta ve her uygulama sonunda sahip oldukları $EC_{1:5}$ değerleri Çizelge 4.19'da verilmiştir. Yıkama uygulamasının I. dilimini temsil eden 48cm'lik su yüksekliği toprak kolonunda ortalama profil boyunca yüzeyde yoğunlaştırılmış tuzların tüm profile dağılmasını sağlamıştır. I. uygulama sonrasında kolondaki ortalama tuzluluk 5,31 dS/m olarak hesaplanmış iken bu değer su miktarının ilk yıkamaya göre yarı yarıya indirilmiş olduğu II. dilim su uygulaması sonunda 2,42 dS/m olarak hesaplanmıştır.

Eşit oranda azaltılmış azalan miktarlarda su uygulaması ile %45 nem azalması takip edilerek yapılan yıkama uygulamalarında Çizelge 4. 19'dan görüleceği üzere özellikle II. uygulama sonrasında toprak kolonunda oluşan tuz dağılımı profile iki ayrı bölge oluşturduğundan, bazı durumlarda 30 cm'ye kadar toprak profilinden uzaklaştırılmış tuzlar amaca hizmet edebilir.

Çizelge 4.19. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	52,50	6,00	0,88	0,59	0,61	0,40
10-20	0,11	5,16	0,59	0,46	0,43	0,51
20-30	0,11	5,10	1,64	0,52	0,49	0,55
30-40	0,11	5,22	2,80	2,52	0,43	0,56
40-50	0,11	5,17	3,86	2,53	1,52	1,55
50-60	0,11	5,20	4,78	3,64	1,54	1,55
0-60		5,31a	2,42b	1,71c	0,85d	0,84e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları



Şekil 4.9. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Uygulama konusuna ait çizilmiş olan yıkama eğrisi Şekil 4.9’da verilmiş ve eğriye ait eşitliğin istatistiksel olarak deneme sonuçları ile çok önemli ($p < 0,001$) seviyede uyum sağladığı belirlenmiştir.

Yüzde 45 nem azalmasının takip edildiği konuya ait yıkama eğrisinde, %15 ve %30 nem kaybı takip edilerek yürütülmüş olan konularda da olduğu gibi, I. dilim yıkama suyuna ait değerlerin genel olarak yıkama eğrisinden sapan değerler olduğu görülmektedir.

Dys/Dt oranı 1 değerini aldığı anda ($EC/EC_0 \cdot 100$) değeri %70,89 olurken, oran 1,5 olduğunda bu değer 84,92'ye çıkmaktadır. Dys/Dt oranının 10'a kadar çıkarılması durumunda ise bu değer ancak %99,31'e ulaşmıştır.

Uygulama süresince her bir uygulamanın toplam yıkanan tuz miktarı üzerine olan kısmi etkilerine bakıldığında, %30 ve %45 nem azalmalarının takip edildiği konuların ilk yıkama olan 48 cm'lik su uygulaması ile toprak kolonundan uzaklaştırılan tuz miktarının %15 nem azalmasının takip edilerek yürütülen konuya oranla daha fazla olduğu görülmektedir.

Bu durum basit bir şekilde istenilen nem azalması seviyesine ulaşılan kadar toprak kolonu içerisinde devam eden akışın meydana getirmiş olduğu tuz yıkanması olarak açıklanabilir. Yıkama uygulamalarının kısmi katkılarına bakıldığında, I. ve II. dilim su uygulamalarına ait katkıların yüzdesi önemli miktarda olmasına karşın, diğer nem uygulamalarında olduğu gibi, yıkamaların kısmi katkıları III. dilim su uygulaması ile düşmeye başlamıştır.

Çizelge 4.20. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,24	88,57	9,75	0,55	0	0,40
0-20	98,28	78,79	18,42	0,79	0,02	0,26
0-30	97,24	69,16	24,94	2,92	0,08	0,14
0-40	96,18	59,35	29,46	3,44	4,04	0
0-50	93,27	49,67	31,88	5,94	5,93	0
0-60	90,35	39,95	32,62	8,08	9,88	0

Genel olarak eşit oranlarda azaltılmış miktarlarda uygulanan yıkama suyu uygulamalarının sonuçlarına bakıldığında belirgin olarak öne çıkan değerlendirme uygulamanın aralıklı yıkamadan ziyade geleneksel göllendirme yöntemine olan benzerliği olacaktır. Daha önceleri pek çok araştırmada incelenmiş ve elde edilen sonuçlarla aralıklı yıkamanın, geleneksel göllendirme yöntemi ile yıkama işlemine göre daha başarılı olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada yapılmış olan uygulamalarda daha önce konu ile ilgili araştırmalarda elde edilen sonuçları destekler niteliktedir.

4.1.2. Orta bünyeli toprakta kolon boyunca gerçekleşen tuz hareketleri

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

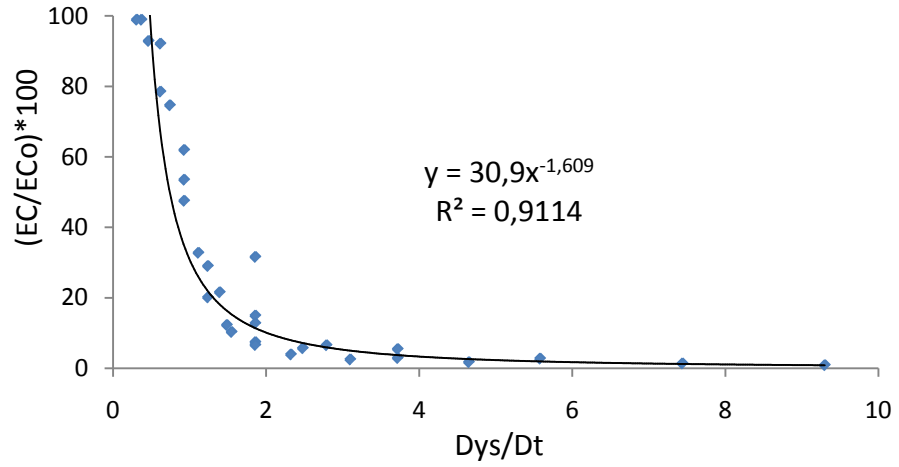
4.1.2.a. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Orta bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların her bir uygulama sonrasında kolon içinde ölçülmüş $EC_{1:5}$ değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. I. dilim su uygulanması 50 cm’ye kadar kolon içerisinde tuz dağılımını sağlamış fakat ilk yıkama uygulamasında kolon dışına su çıkışı söz konusu olmamıştır. II. dilim su uygulamasında ise kolon içindeki tuzların 30-50 cm’ler arasında birikim gösterdiği görülmektedir.

Çizelge 4.21. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	65,50	20,70	3,57	1,80	0,90	0,58
10-20	0,17	19,99	6,25	2,50	1,01	0,56
20-30	0,17	11,00	9,29	4,10	1,84	0,51
30-40	0,17	9,61	16,20	5,84	1,15	0,94
40-50	0,17	4,17	14,10	7,45	3,23	1,78
50-60	0,17	0,17	11,72	9,85	5,22	2,46
0-60		10,94a	10,19b	5,26c	2,23d	1,13e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları



Şekil 4.10. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Yüzde 15 nem azalmasını takip ederek eşit miktarlarda yıkama suyu ile yapılan yıkamalardan elde edilen yıkama eğrisi Şekil 4. 10'da verilmiştir. Eğriye ait eşitlik $p < 0,001$ seviyesinde istatistiki olarak çok önemli bulunmuştur. Dys/Dt oranının 1 alınması durumunda yıkan tuz %94,72 değerini alırken, bu oranın 3'e çıkarılmasıyla %94,72, ve 10'a çıkarılmasıyla ancak %99,24 değerine ulaşılmıştır.

Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun yüzdesi üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri Çizelge 4.22'de verilmiştir. Toprak kolonunda deneme başlangıcında oluşturulmuş toplam tuz miktarının tüm yıkamalar sonucunda %89,70'i uzaklaştırılırken, toplam yıkanan tuz miktarına I. dilim su uygulamasının kısmi katkısı ancak %1,08'dir Toprak kolonundan uzaklaştırılan tuz miktarına her bir yıkamanın oluşturduğu kısmi etkiler III. dilim su uygulanmasına kadar artarken, devam eden uygulamalarda azalma görülmektedir.

Çizelge 4.22. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,11	68,40	26,15	2,70	1,37	0,49
0-20	98,26	38,05	47,00	8,40	3,64	1,17
0-30	97,49	21,50	49,48	16,26	7,06	3,19
0-40	96,08	7,12	39,38	31,92	14,15	3,50
0-50	93,39	1,10	24,26	41,87	20,48	5,67
0-60	89,70	1,08	6,80	44,59	27,41	9,82

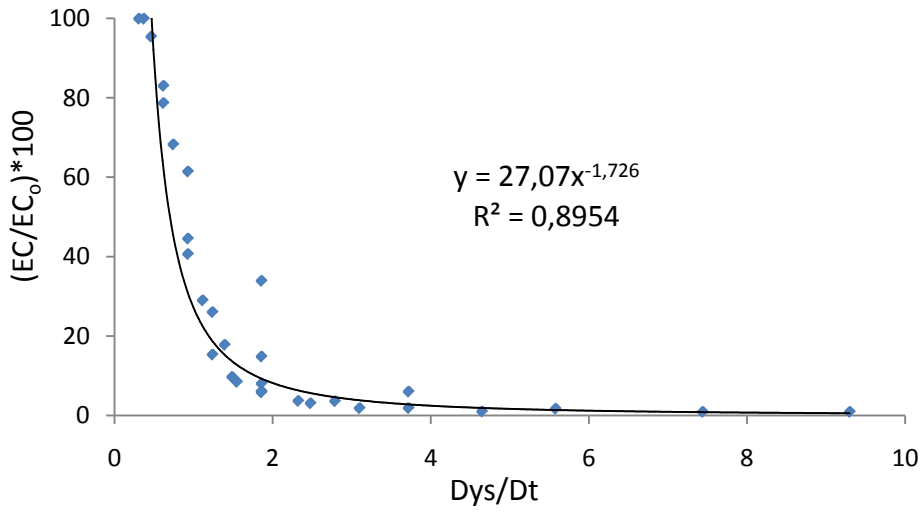
4.1.2.b. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Orta bünyeli toprakta, eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %30 nem azalmasının takip edilerek yapılan yıkama işlemlerinde her bir yıkama uygulamasından sonra kolonda oluşan yeni tuz dağılımı incelendiğinde (Çizelge 4.23), ilk yıkama suyu miktarı olan 18,6 cm'lik yıkama suyu kolonun ancak 0-50 cm'leri arasında kolonda tuz dağılımını meydana getirmiş fakat %15 nem kaybının takip edildiği konuda olduğu gibi yine kolon dışına yıkama suyu çıkışı söz konusu olmamıştır. I. uygulama hariç diğer yıkama uygulamaları sonrasında toprak kolonunda 0-30 cm'ler arasındaki tuzluluk değerleri ile 30-60 cm'ler arasındaki tuzluluk değerleri iki ayrı bölge oluşturmuştur.

Çizelge 4.23. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	65,50	22,20	3,94	1,11	0,60	0,60
10-20	0,17	18,15	5,80	1,26	0,63	0,50
20-30	0,17	11,46	7,40	2,93	0,80	0,54
30-40	0,17	11,15	12,26	6,45	2,00	1,60
40-50	0,17	3,17	15,78	7,45	2,40	1,50
50-60	0,17	0,17	9,90	7,78	3,75	1,85
0-60		11,05a	9,18b	4,50c	1,70d	1,10e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları



Şekil 4.11. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Orta bünyeli toprakta, % 30 nem azalmasında eşit miktarlarda yıkama suyu dilimleri ile yapılan yıkamalardan elde edilen yıkama eğrisi Şekil 4.11’de verilmiştir. Eğriye ait eşitlik $p < 0.001$ seviyesinde çok önemli bulunmuştur. Şekilde tuzların büyük bir kısmının düşük Dys/Dt değerlerinde yıkandığını, Dys/Dt oranı büyük değer aldıkça yıkanan tuz miktarının giderek azalıp sabitleştiği görülmektedir.

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

Çizelge 4.24. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,08	66,107	27,88	4,32	0,78	0,00
0-20	98,98	38,566	46,60	11,23	1,73	0,86
0-30	98,16	21,321	52,65	17,99	4,96	1,25
0-40	96,33	4,606	50,85	26,75	11,69	2,44
0-50	94,17	0,106	31,65	39,25	19,28	3,89
0-60	90,06	0,090	16,91	42,35	25,31	5,40

Kolon boyunca bu konuda yıkanan tuzların yüzdesi 90,06 olmuştur. I. dilim su uygulamasının toplam yıkanan tuzlara herhangi bir katkısı olmazken, II., III. ve IV. dilim su uygulamaları ile esas tuz yıkamayı gerçekleştirmiş olup en büyük oran III. dilim su uygulamasında elde edilmiştir. Son dilimin etkisi II., III. ve IV. dilim su uygulamalarına göre çok küçük olmuştur. %5,4 etkiye sahip olan V. dilim su uygulaması yapılmadığı takdirde ilk dört yıkama uygulamasıyla %84,66 oranında tuz yıkamayı sağlanabilecektir. Bu oranın yeterli bir seviyeye ulaşmış olması itibarıyla güdülen amaca ulaşılmış ise V. dilim uygulamadan kaldırılabilir.

4.1.2.c. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Orta bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları incelendiğinde %15 ve %30 nem azalmalarının takip edilerek yürütüldüğü konularda olduğu gibi I. yıkama uygulaması sonunda tuzlar 0-50 cm derinliğe dağılmış olup kolon dışına su çıkışı olmamıştır. Bunun yanı sıra, II. dilim su uygulamasından sonra kolonda %15 ve %30 nem azalmasının takip edildiği konularda görülen tuz birikimi bu konuda görülmemiştir (Çizelge 4.25). Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, yıkama uygulamaları istatistiki olarak birbirlerinden önemli derecede farklılıklar göstererek ayrı gruplarda yer almışlardır.

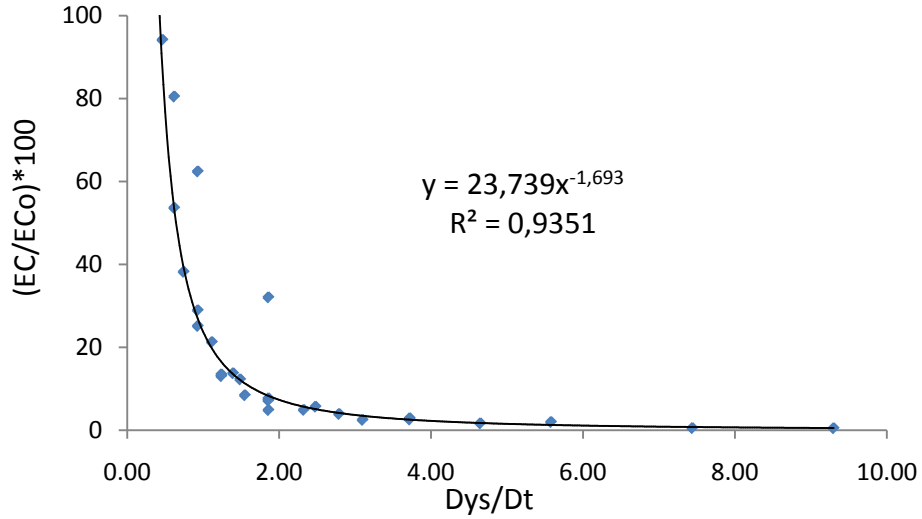
Çizelge 4.25. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	65,50	21,00	1,70	1,30	0,35	0,33
10-20	0,17	20,00	1,50	1,28	0,63	0,34
20-30	0,17	12,00	5,40	2,50	0,71	0,54
30-40	0,17	9,15	8,00	4,00	1,81	1,21
40-50	0,17	4,17	8,70	5,00	2,23	1,44
50-60	0,17	0,17	10,30	5,12	3,22	1,75
0-60		11,08a	5,93b	3,20c	1,49d	0,94e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları

Dys/Dt ve (EC/EC₀*100) değerlerini kullanarak çizilen yıkama eğrisi Şekil 4.12’de verilmiştir. Yıkama eğrisine ait çıkarılmış olan eşitlik yapılan regresyon analizi önem testine göre $p < 0,001$ seviyesinde çok önemli bulunmuştur. Dys/Dt oranlarının artmasıyla, yıkanan tuz yüzdesi giderek azalmakta bu artışa paralel olarak hemen hemen sabitlenmektedir. Dys/Dt oranının 1 olması ile topraktan %76,26 oranında bir tuz

yıkınması gerçekleşirken, bu oranının 10'a yükseltilmesi ile yıkanılan tuz yüzdesi de 99,52'ye çıkmaktadır.



Şekil 4.12. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

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

Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri Çizelge 4.26'da verilmiştir. Nem seviyesinin %45 azalması durumunda kolonda 60 cm'lik toprak derinliğinde bulunan mevcut tuzların %91,55'i yıkanabilmiştir. Bu uygulamada da yine tuzların çok önemli bir kısmı II., III. ve IV. dilim su uygulamalarından sonra uzaklaştırılmıştır.

En yüksek etki II. dilim suyun uygulanması ile elde edilirken yine V. dilim su uygulamasının etkisi, II., III. ve IV. uygulamalarının kısmi etkilerinden de düşük

olmuştur. %5,03'lük etkiye sahip olan V. dilim suyun uygulanmadığı zaman ilk dört dilimin tuz yıkanımındaki başarısı%86,52 olacaktır. %15 ve %30 nem azalmalarının takip edilerek yürütüldüğü diğer konularda da önerildiği gibi, ulaşılan seviyedeki tuz yıkanmasının yeterli olduğu durumlarda son dilim suyun uygulanmaması düşünülebilir.

Çizelge 4.26. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakta yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,50	67,63	29,47	0,61	1,46	0,03
0-20	98,33	37,04	57,55	0,94	1,02	1,23
0-30	97,50	21,32	67,43	5,35	2,02	3,20
0-40	95,09	6,12	69,02	11,39	6,33	2,51
0-50	92,83	1,62	61,96	16,95	8,99	5,12
0-60	91,55	1,60	46,55	24,71	15,45	5,03

4.1.2.d. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış su miktarları ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

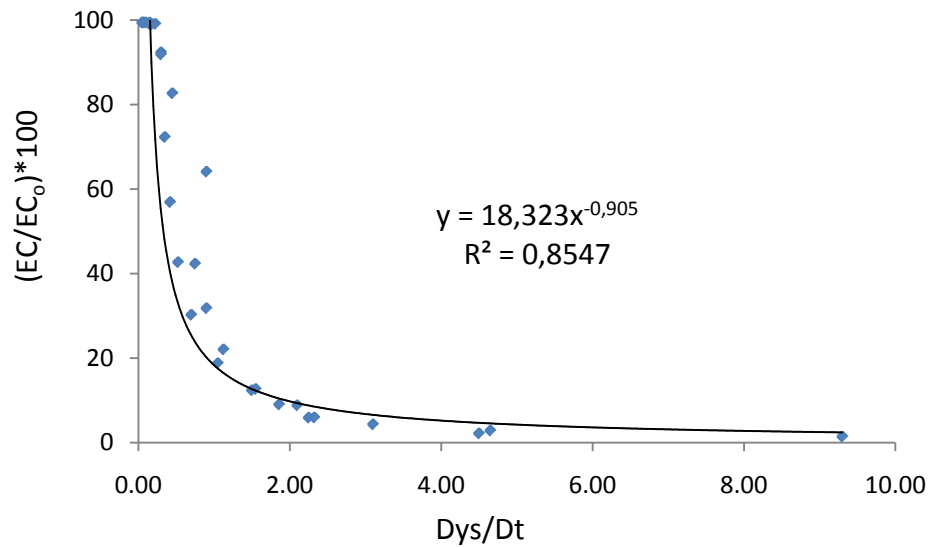
Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış su miktarları ile %15 nem azalmasının takip edilerek yürütüldüğü çalışmada ilk dilim yıkama suyu olarak verilen 3 cm'lik su yüksekliği ancak ikinci katmana geçebilmiş ve bir miktar tuzun ikinci katmana taşınmasına neden olmuşken ikinci dilim su uygulaması ile verilen 6 cm'lik su yüksekliği ise tuz taşınımını ancak 40 cm'ye kadar gerçekleştirmiştir. Tuzun toprak kolonu dışına atılabilmesi ancak III. dilim suyun uygulanması ile başlayabilmiş ve devam etmiştir.

Çizelge 4.27. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	65,50	60,50	42,00	5,80	1,44	0,94
10-20	0,17	4,80	12,30	6,55	2,45	0,96
20-30	0,17	0,17	6,20	7,58	4,29	0,97
30-40	0,17	0,17	4,90	8,26	6,39	1,08
40-50	0,17	0,17	0,17	9,50	6,50	2,05
50-60	0,17	0,17	0,17	10,30	7,04	2,44
0-60		11,00a	10,96b	8,00c	4,69d	1,41e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları

Yüzde 15 nem azalmasından sonra eşit oranlarda arttırılmış su miktarları ile yapılan yıkamalardan elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.13’de verilmiştir. Yıkama eğrisinin oluşturduğu eşitlik, sonuçlarla $p < 0,001$ seviyesinde çok önemli bulunmuştur (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Dys/Dt değerinin artma oranına karşılık, yıkanan tuz oranında meydana gelen düzenli bir artış görülmemiştir. Yani, Dys/Dt oranı büyüdükçe, giderek azalan ve belli bir orandan sonra nispeten sabitleşen bir yıkama yüzdesi ortaya çıkmıştır. Dys/Dt değerinin 1 olması durumunda, %81,68 oranında tuz yıkaması gerçekleşirken, Dys/Dt değerinin 10 olması durumunda 16,04'lük artışla, %97,72'e çıkmıştır. %16,04'lük farkın, 14, 05'lik kısmı, Dys/Dt değerinin 1'den 5'e çıkarılması durumunda oluşmuş, 5'ten 10'a çıkarılmasında ise 1,99'luk kısmı gerçekleşmiştir. Bu uygulamada da dönüm noktası olarak Dys/Dt'nin 5 olduğu görülmektedir. Dolayısıyla Dys/Dt'nin 5'in altında alınabileceği her bir oran makul ve uygun kabul edilebilecek değerler olacaktır (Şekil 4.13).

Çizelge 4.28. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	98,56	7,63	28,24	55,27	6,66	0,76
0-20	97,12	0,58	16,75	63,87	12,88	3,04
0-30	95,65	0,58	7,55	61,61	17,84	8,07
0-40	94,03	0,55	0,36	56,38	20,64	16,10
0-50	90,95	0,59	0,36	42,11	25,11	22,78
0-60	87,30	0,57	0,36	26,75	29,96	29,66

Bu uygulama sonucunda, toprak kolonundan toplamdaki tuzların ancak %87,30'u uzaklaştırılabiliştir. Bu orana I. ve II. su uygulama dilimlerinin katkısı olmazken, son üç dilimde yıkama gerçekleşmiş ve en büyük katkıyı IV. dilim su uygulaması sağlamıştır.

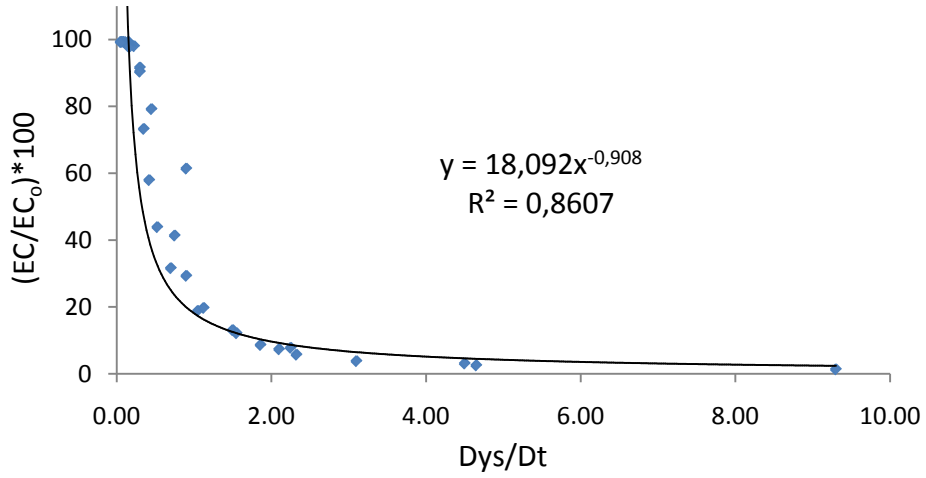
4.1.2.e. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış su miktarları ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış su miktarları ile %30 nem azalmasını takip eden yıkama uygulamalarının toprak kolonu içinde yapmış olduğu tuz dağılımı Çizelge 4.29’da verilmiştir. Toprak kolonlarındaki en büyük hareketi III. dilim su uygulamasında kolona verilen 12 cm’lik yıkama suyu ile oluşmuştur. Daha sonraki iki yıkama uygulaması ise kolondan tuz uzaklaştırılması amacına hizmet eden uygulamalar olarak söylenebilir zira ilk iki yıkama uygulaması olan I. ve II. dilim su uygulamalarında kolondan dışarıya su çıkışı olmadığından toprak kolonundan her hangi bir tuz uzaklaştırılması söz konusu olmamıştır. Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre, yıkama uygulamaları istatistiki olarak birbirlerinden önemli derecede farklılıklar göstererek ayrı gruplarda yer almışlardır.

Çizelge 4.29. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda artırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	65,50	60,00	40,20	4,80	2,00	0,86
10-20	0,17	5,20	11,80	7,55	3,10	0,78
20-30	0,17	0,17	7,51	8,45	3,50	0,85
30-40	0,17	0,17	5,17	8,15	4,39	1,27
40-50	0,17	0,17	0,17	9,40	6,40	1,94
50-60	0,17	0,17	0,17	10,25	8,04	2,35
0-60		10,98a	10,84b	8,10c	4,57d	1,34e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları



Şekil 4.14. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Yüzde 30 nem azalmasının takip edildiği, eşit oranlarda arttırılmış miktarlarda su dilimleri ile yapılan yıkamalardan elde edilen yıkama eğrisi ve eğriye ait eşitlik Şekil 4.14’de verilmiştir. Eşitlik, elde edilmiş sonuçlarla istatistiki olarak çok önemli seviyede ($p < 0,001$) uyum sağlamaktadır. Dys/Dt değerinin 1 olması durumunda tuzların % 81,91 oranında uzaklaşması söz konusu iken bu değerin %15 nem azalmasını takip eden uygulamada alınan değere (%81,68) çok yakın olduğu görülmüştür. Bu uygulamaya ait Dys/Dt değerinin arttırılarak yıkamanın etkinliği üzerine oluşturduğu artış incelendiğinde, Dys/Dt oranının 10 olduğu durumda tuzların %97,76 oranında uzaklaştırıldığı görülmektedir. Dolayısıyla, Dys/Dt oranının 10 kat arttırılmasıyla yıkanan toplam yıkanan tuz yüzdesinde 15,85’lik bu artış farkıyla tuzların uzaklaştırıldığını göstermektedir.

Uygulama konusuna ait yıkanan tuz miktarının üzerine her bir uygulamanın kısmi etkileri incelendiğinde, ilk yıkama uygulamasında I. dilim suyun kolonda I. katman olan 0-10 cm’lik derinlikte dahi ancak toplamda uzaklaştırılan tuzların %8,40’ını uzaklaştırabildiği görülmektedir (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	98,69	8,40	30,23	54,05	4,27	1,74
0-20	97,51	0,73	20,10	60,37	11,04	5,27
0-30	96,23	0,73	8,90	58,79	18,53	9,29
0-40	94,31	0,70	1,30	54,14	24,18	13,99
0-50	91,40	0,74	1,30	40,03	28,64	20,69
0-60	87,88	0,72	1,30	24,74	31,90	29,22

Tüm yıkama uygulamaları arasından toplam kolondaki tüm tuzların uzaklaştırılması üzerine sağlanan kısmi katkıların en yüksek olduğu uygulamanın IV. dilim'de gerçekleştiği, kolondaki tuzların 30 cm' ye kadar uzaklaştırılmasının ise en başarılı şekilde III. yıkama ile sağlandığı söylenebilir.

4.1.2.f. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış su miktarları ile % 45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış su miktarları ile %45 nem azalmasını takip edilerek yapılan yıkamalarda, III. dilim suyun uygulanmasına kadar yıkama işleminin başlamadığı görülmektedir. Ancak III. dilim suyun uygulanmasıyla kolon içine dağılan tuzun IV. ve V. dilim yıkama sularının uygulanması ile kolondan yıkanımı devam etmiştir (Çizelge 4.31).

Hafif bünyeli toprakta suyun eşit oranlarda arttırılarak yıkamanın yapıldığı aynı uygulamada genel olarak tüm kuruma seviyelerindeki sonuçlarda son dilim suyun uygulanmasının bazı özel durumlar için gereksiz olabileceği, böylelikle yıkama

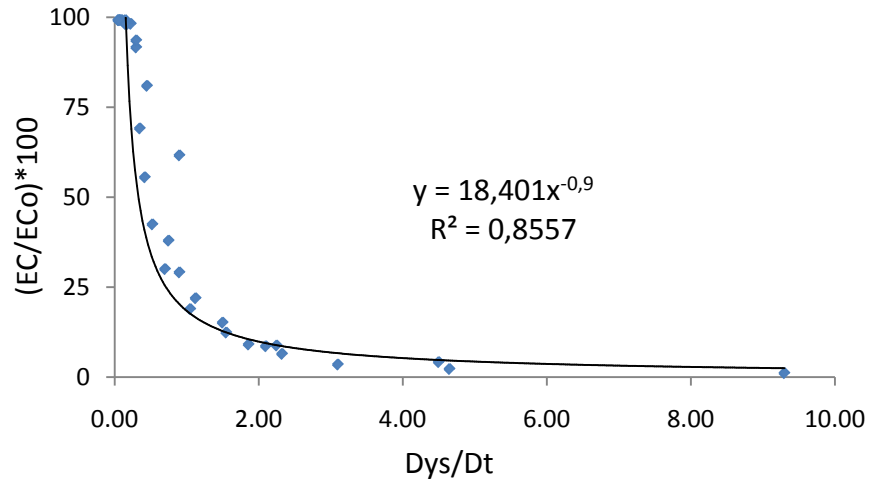
işleminin daha az su kullanılarak tamamlanabileceği önerilebilir iken, orta bünyeli toprakta aynı öneriyi sunmak mümkün değildir. Açıkça sonuçlardan görülmektedir ki orta bünyeli toprakta son iki yıkama tuzların uzaklaştırılmasında en aktif görevi üstlenmiş yıkama suyu dilimleridir. İki toprak arasında ortaya çıkan bu durum tamamen toprak özelliklerinin, özellikle toprak gözenek dağılımlarının ve akış koşullarının bir etkisi olarak görülebilir.

Çizelge 4.31. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Başlangıç	Yıkama suyu miktarı (cm)				
		I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	65,50	60,00	40,35	5,60	2,71	0,70
10-20	0,17	5,15	12,80	6,80	3,04	0,75
20-30	0,17	0,17	8,46	7,35	4,20	0,82
30-40	0,17	0,17	3,17	8,25	4,50	1,95
40-50	0,17	0,17	0,17	8,75	4,80	1,74
50-60	0,17	0,17	0,17	9,10	5,90	2,22
0-60		10,97a	10,85b	7,64c	4,19d	1,37e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları

Konuya ait yıkama eğrisi Şekil 4.15’de verilmiştir. Yıkama eğrisinden çıkarılan eşitlik sonuçlarla çok önemli ($p<0,001$) seviyede uyum göstermiştir. Şekil 4.15’ten görüleceği üzere, Dys/Dt oranının 4 ve 4’ten küçük değerler alması yıkanan tuz yüzdesi üzerinde daha belirgin sonuçlar doğurmaktadır. Dys/Dt oranının 1 alınması ile tuzların %81,60’ı yıkanırken, 4 alınması ile bu değer %94,72’ye ulaşmış 10 alındığında ise ancak %97,68 olduğu görülmüştür. Bu değerler Dys/Dt değerinin 4’ten 10’a çıkarılması ile yıkanan tuz yüzdesindeki artış ancak 2,96 olmuştur. Fakat yıkanan tuz yüzdesindeki Dys/Dt’nin artışına bağlı olarak gözlenen artış bu oranın 4’ün üstünde olduğu değerlerde giderek sabitleşen bir değere ulaşmıştır.



Şekil 4.15. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun yüzdesi üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri Çizelge 4.32’de verilmiştir. Yapılan yıkamalar sonucu olarak toprak kolonundan tuzların %87,65’ i uzaklaştırılabilmektedir.

Çizelge 4.32. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %’si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %’si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakta yıkanan tuzun %’si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	98,93	8,40	30,00	53,05	4,41	3,07
0-20	97,78	0,81	18,27	62,04	10,12	6,54
0-30	96,54	0,80	5,63	63,57	14,88	11,65
0-40	93,59	0,77	1,08	55,73	20,53	15,48
0-50	90,97	0,82	1,07	42,60	26,44	20,05
0-60	87,65	0,80	1,07	29,04	31,19	25,55

Tüm yıkama suyu miktarları arasında, IV. dilim su uygulamasında verilmiş olan 24 cm'lik su toprak kolonundan yıkanan tuz miktarı üzerine en yüksek kısmi etkiyi yapmıştır. 0-30 cm arasındaki tuzların uzaklaştırılmasında III. dilim suyun yaratmış olduğu kısmi etki en yüksek seviyededir (Çizelge 4.32).

4.1.2.g. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %15 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %15 nem azalmasını takip ederek yapılmış olan yıkama uygulamalarına ait her bir uygulamada verilen yıkama suyu miktarları ve toprak derinliğine göre yıkamalar sonrasında kolonda oluşmuş tuz dağılımı Çizelge 4.33'de görülmektedir.

Çizelge 4.33. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

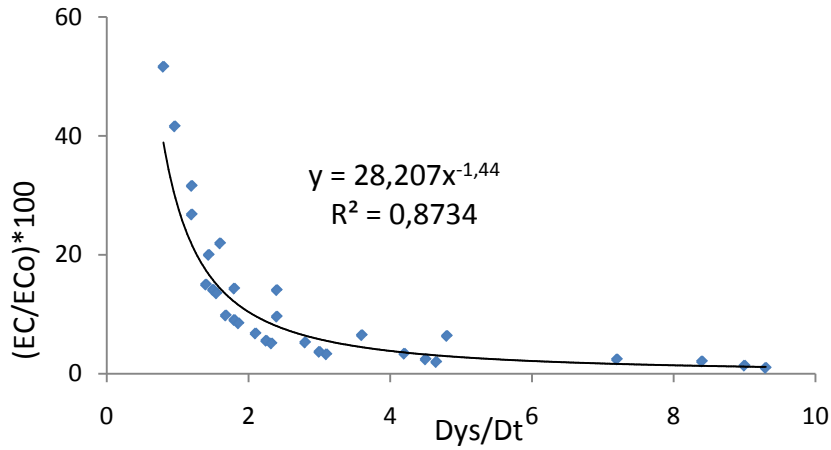
Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Başlangıç	Yıkama suyu miktarı (cm)				
		I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	65,50	4,15	1,57	1,35	0,88	0,63
10-20	0,17	5,07	2,68	0,86	0,69	0,65
20-30	0,17	5,21	2,06	1,25	0,84	0,86
30-40	0,17	6,41	3,13	1,01	1,24	1,21
40-50	0,17	6,69	3,78	2,02	2,32	2,25
50-60	0,17	6,72	4,54	3,47	3,38	3,36
0-60		5,71a	2,96b	1,66c	1,56d	1,49d

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları

Uygulamalarda kullanılan yıkama suyunun giderek azaltılmış miktarlarda verilmiş olması, son uygulamalarda kullanılan yıkama suyunun tüm kolonu katedecek kadar yeterli olmadığından kolon alt 30-60 cm'ler arasındaki tabakalarda sadece önceki yıkamalardan devam eden akış nedeniyle tuz hareketinin sağlanabildiği, 6 cm ve 3 cm'lik yıkama sularının sadece 0-30 cm'lik kolon derinliğinde değişimler meydana

getirdiği söylenebilir.

Orta bünyeli toprakta, eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %15 nem azalmasını takip ederek yapılan yıkama sonuçları ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.16’da verilmiştir. Eşitlik denemeden elde edilen sonuçlarla, çok önemli ($p < 0,001$) seviyede uyum sağlamıştır. Dys/Dt oranı 1 alındığında yıkanan tuz %71,79 iken, bu oran 4’e çıkarıldığında, değer %96,17 olmaktadır. Bu değerden sonra yavaş ve sabit bir yıkanım bölgesi başlayarak Dys/Dt’nin 10 olması ile %98,98 değerine ulaşmaktadır.



Şekil 4.16. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Toprak kolonu derinliklerine bağlı olarak, eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ile %15 nem azalmasını takiben yapılan yıkamalarda her bir uygulamanın kısmi etkileri Çizelge 4.34’de verilmiştir. Toprak kolonundan tüm uygulamalar sonunda toplam tuzların %86,50’si uzaklaştırılmış, bu orana I. dilim yıkama suyu olan 48 cm’nin katkısı %43,38 iken, II. ve III. uygulamaların etkisi, yaklaşık olarak yıkama suyundaki azalma oranında azalmıştır. Son iki uygulamanın toplam yıkanmış tuzların oranı üzerine etkisi dikkate alınmayacak kadar küçüktür. Yapılmış olan Duncan çoklu karşılaştırma test sonuçlarına göre de son iki uygulama arasında istatistiki bir fark görülmemiştir.

Çizelge 4.34. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,04	93,66	3,94	0,34	0,71	0,38
0-20	98,05	85,96	7,58	3,12	0,95	0,45
0-30	96,75	78,09	12,33	4,35	1,57	0,41
0-40	94,92	68,42	17,27	7,55	1,22	0,46
0-50	91,54	58,41	21,62	10,19	0,76	0,56
0-60	86,50	48,38	24,86	11,79	0,88	0,59

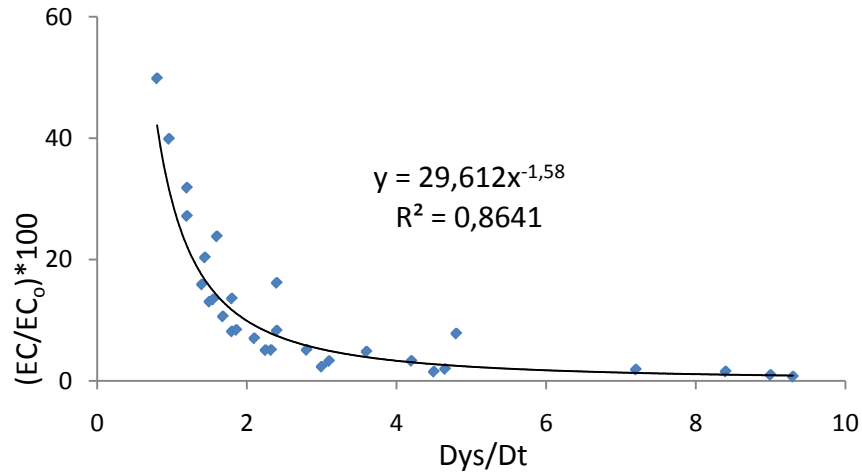
4.1.2.h. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %30 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %30 nem azalmasını takiben orta bünyeli toprakta yapılan yıkamalar sonucu kolon derinliklerinde her bir uygulama sonrasında ölçülen $EC_{1:5}$ değerleri Çizelge 4.35'de verilmiştir. %15 nem azalmasını takiben yürütülmüş olan konuda da görüldüğü gibi III. yıkamaya kadar tüm kolonda etkili olan yıkama uygulamaları, IV. ve V. dilim yıkama uygulamalarında ancak 0-30 cm'ler arasında etki göstermiştir. Bu uygulamalar arasında istatistiki olarak da fark görülmemiştir.

Çizelge 4.35. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	65,50	5,10	1,21	1,00	0,63	0,45
10-20	0,17	5,50	1,95	1,15	0,65	0,53
20-30	0,17	5,08	2,29	1,20	0,86	0,55
30-40	0,17	5,33	3,50	1,27	1,21	1,80
40-50	0,17	5,40	4,51	2,40	2,20	2,05
50-60	0,17	6,68	4,57	3,52	3,35	3,26
0-60		5,51a	3,00b	1,76c	1,48d	1,44d

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları



Şekil 4.17. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Orta bünyeli toprakta, eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %30 nem azalmasını takiben yapılan yıkama uygulamalarından elde edilen değerlerle çizilmiş yıkama eğrisine ait eşitlik $p < 0,001$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Şekil 4.17). Dys/Dt değerinin 1 olması durumunda uzaklaştırılan tuz yüzdesi %70,39 olur iken, 5 olması durumunda ise 97,67'ye çıkmaktadır. Dys/Dt 'nin 5'ten büyük değerlerinde yıkama azalarak sabitleşmiş ve Dys/Dt 'nin 10 olması ile 99,22 değerine ulaşmıştır.

Çizelge 4.36'da %30 nem azalmasını takiben, eşit oranda azaltılmış yıkama suyu miktarları ile yapılmış uygulamalara ait her bir yıkamanın kısmi etkileri derinliğe bağlı olarak verilmiştir. Deneme süresince uygulanmış ilk iki yıkama uygulaması, toplamda uzaklaştırılan tuzların önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu etki devam eden uygulamalarla giderek azalmış V. dilim yıkama uygulaması ile yok denecek kadar azalmıştır.

Çizelge 4.36. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,31	92,21	5,94	0,32	0,56	0,27
0-20	98,05	83,86	11,33	1,54	1,78	0,0
0-30	96,75	76,20	15,53	3,19	2,76	0,0
0-40	94,93	68,18	18,27	6,55	1,95	0,0
0-50	91,62	60,12	19,55	9,72	2,46	0,0
0-60	86,59	50,15	22,69	11,28	2,48	0,37

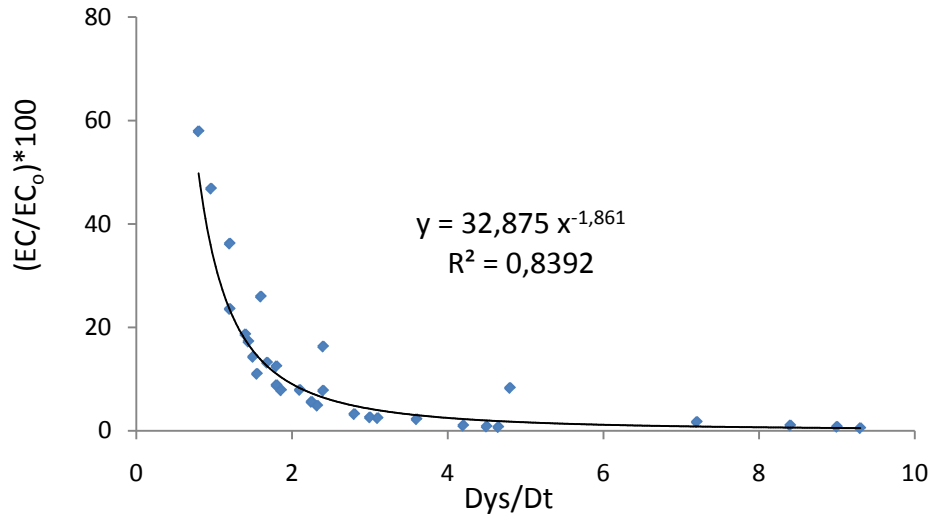
4.1.2.1. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %45 nem azalmasından sonra yapılan yıkamaların sonuçları

Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile %45 nem azalmasını takiben yapılmış yıkamalardan elde edilen sonuçlar kolon derinliklerine bağlı olarak Çizelge 4.37'de verilmiştir. I. dilim su uygulaması olan 48 cm, toprak kolonundaki tuzların önemli bir miktarını uzaklaştırmıştır. II. dilim su uygulaması ardından toprak kolonu EC_{1:5} değerlerindeki azalma, azalan su miktarının etkisi ile diğer yıkamalarda ortaya çıkmamıştır. Her bir uygulama istatistiki olarak birbirlerinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 4.37. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile yıkamadan önce ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	65,50	5,42	1,11	0,67	0,50	0,33
10-20	0,17	5,28	1,91	0,68	0,60	0,63
20-30	0,17	6,39	2,09	0,77	0,61	0,65
30-40	0,17	6,80	3,12	3,09	1,98	1,59
40-50	0,17	7,11	3,19	3,51	2,15	1,98
50-60	0,17	7,43	4,21	3,65	3,64	2,12
0-60		6,40a	2,60b	2,06c	1,58d	1,22e

a, b, c: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre uygulamalar arasındaki önem farklılıkları



Şekil 4.18. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Orta bünyeli toprakta %45 nem azalmalarının takip edilerek eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ile yapılan yıkama uygulamaları sonuçlarından yararlanılarak çizilen yıkama eğrisine ait eşitlik istatistiki olarak $p < 0,001$ seviyesinde önemli bulunmuştur (Şekil 4.18).

Yıkama eğrisinden elde edilen değerlere göre, Dys/Dt oranı 1 olduğunda, yıkanan tuz %67,13; 4 olduğunda, %97,51; 10 olduğunda ise %99,55 olarak hesaplanmıştır. Grafikten de görüldüğü üzere, bu konuya ait Dys/Dt değeri 4 alındığında yıkanan tuz yüzdesi optimum değere ulaşmaktadır.

Çizelge 4.38. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,50	91,73	6,58	0,67	0,26	0,26
0-20	99,30	83,71	14,06	1,23	0,19	0,11
0-30	97,56	74,06	18,19	4,53	0,63	0,15
0-40	95,15	63,81	23,73	4,58	2,30	0,74
0-50	92,18	53,18	29,58	4,07	4,35	0,99
0-60	89,00	42,09	34,36	4,91	4,35	3,28

Orta bünyeli toprakta, eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ile %45 nem azalmalarını takip eden yapılan her bir yıkamanın kolon derinliklerine bağlı olarak toplamda uzaklaştırılan tuz miktarı üzerine yapmış olduğu kısmi etkiler Çizelge 4.38'de verilmiştir. Tüm yıkamalar sonrasında toprak kolonunda bulunan tuzların %89'u yıkanabilmişken, I. dilim su uygulaması ile, %42,09'luk kısım, II. dilim su uygulaması ile %34,36'sı uzaklaştırılmıştır. III., IV. ve V. dilim su uygulamaları ise birbirlerine çok yakın değerlerde ve ilk iki uygulamada elde edilen kısmi etkilere oranla çok küçük miktarlarda katkılar sağlamışlardır.

4.2. Kuramsal Model

Hafif ve orta bünyeli topraklar için başlangıç ve sınır koşullarına göre kolon boyunca hesap edilen tuz yıkanım değerleri ve bu değerlerden hareketle çizilen yıkama eğrileri ve bu eğriyi temsil eden eşitlik hesaplanmıştır. Bu bölüm altında laboratuvar denemelerinden elde edilen sonuçlar ile, kuramsal modelin hesap sonuçları irdelenerek, karşılıklı olarak değerlendirilmesi yapılmıştır.

4.2.1. Hafif bünyeli toprakta tuz yıkanımı kuramsal model sonuçları

4.2.1.a. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

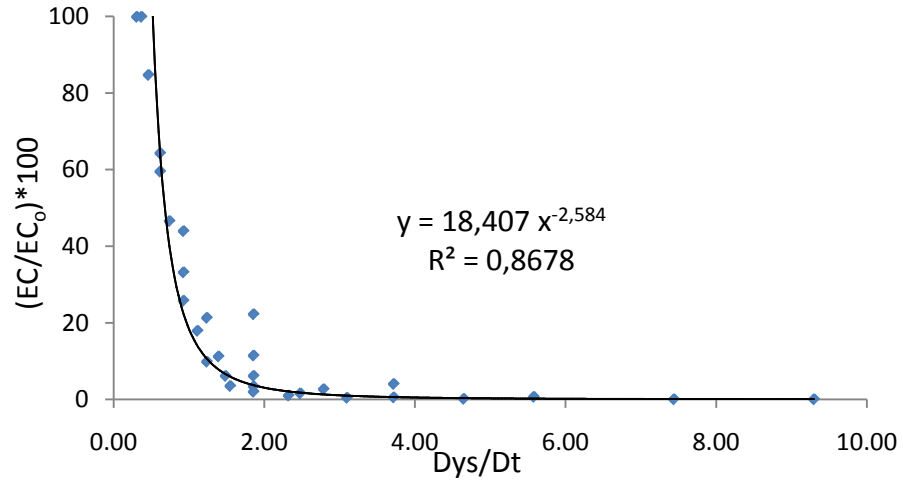
Hafif bünyeli toprakta, eşit su miktarları ve %15 nem azalması koşullarında hesaplanmış kuramsal model sonuçları Çizelge 4.39'da verilmiştir. I. dilim su uygulamasının kolon içerisinde meydana getirdiği hesaplanan tuz dağılımı incelendiğinde, tuzun 50 cm'ye kadar inebileceği ve kolon dışına su çıkışının görülmeyeceği tahmin edilmiştir. Oysa bu konuya ait deneme sonuçlarına bakıldığında, bu uygulama sonunda kolon dışına su çıkışı olmamakla birlikte, tuzların kolon boyunca dağılımı 60 cm'ye kadar inmiştir. Uygulama ve kuramsal model arasında oluşan bu farklılık, kuramsal model kurulurken suyun kolon içerisinde akışının ilerlemesinde bir katmanın tamamen doymun olmadan alttaki tabakaya su akışının olmadığı kabulünden kaynaklanabilir. Çünkü gerçekte su akışı toprak kolonundaki öncelikli akış yolları sayesinde büyük gözenekleri takip ederek, toprak katmanındaki doymunluk seviyesine ulaşılmadan bir alt tabakaya geçebilmektedir (Cote *et al.* 1999). II., III. ve IV. dilim suların uygulamasında sonra, kolon için hesap edilen ortalama tuzluluk değerleri, denemede ölçülen kolon ortalama tuzluluk değerlerinden daha büyük çıkmıştır. Örneğin, II. dilim yıkama suyunun uygulanmasından sonra toprak kolonunda ortalama ölçülen $EC_{1:5}$ 4,96 dS/m iken, kuramsal model hesaplarına göre bu değer 6,76 dS/m'dir. Bunun aksine, V. dilim su uygulamasında ise, ölçülen kolon ortalama $EC_{1:5}$ değeri 0,6

dS/m iken kuramsal model $EC_{1:5}$ değeri 0,40 olarak denemeden ölçülen değere göre daha düşük hesaplanmıştır.

Çizelge 4.39. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Başlangıç	Yıkama suyu miktarı (cm)				
		I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	67,96	15,10	2,73	0,44	0,02	0,01
10-20	0,11	14,80	5,05	1,37	0,33	0,08
20-30	0,11	13,92	6,73	2,37	0,72	0,20
30-40	0,11	14,01	8,13	3,47	1,23	0,39
40-50	0,11	10,13	9,03	4,53	1,86	0,67
50-60	0,11	0,11	8,87	5,38	2,54	1,03
0-60		11,35	6,76	2,93	1,12	0,40

Kuramsal model hesap değerlerinden yıkama eğrisi çizilmiş ve eşitlik hesaplanmıştır. Hesaplanan kuramsal model tuzluluk sonuçları ile Dys/Dt değerleri ile çizilen eğriyi temsil eden eşitlik arasındaki ilişki $p<0,001$ seviyesinde çok önemli bulunmuştur. Deneme sonuçları ile çizilen yıkama eğrisinin meydana getirdiği eğilim, kuramsal model çıktıları ile çizilen yıkama eğrisinde de değişmemiştir. Her iki yıkama eğrisinde de Dys/Dt oranının 4 olması hızlı tuz yıkanım bölgesi ile sabit tuz yıkanım bölgesini ayıran nokta olmuştur. Dys/Dt 'nin, 1 olması durumunda, kuramsal modelin öngördüğü yıkanabilecek tuz yüzdesi, deneme ile elde edilen yıkanan tuz yüzdesinden %2,14 fazla olmuştur. Bu fark, Dys/Dt 'nin artarak 10 değerini alması durumunda, küçülerek, %0,54'e düşmüştür. Büyük Dys/Dt değerleri ile elde edilen kuramsal model ve deneme sonuçları birbirlerine çok yakın olmalarına karşın, pratikte uygulanabilir Dys/Dt değerlerinde meydana gelen farklar kabul edilebilir bir miktardadır.



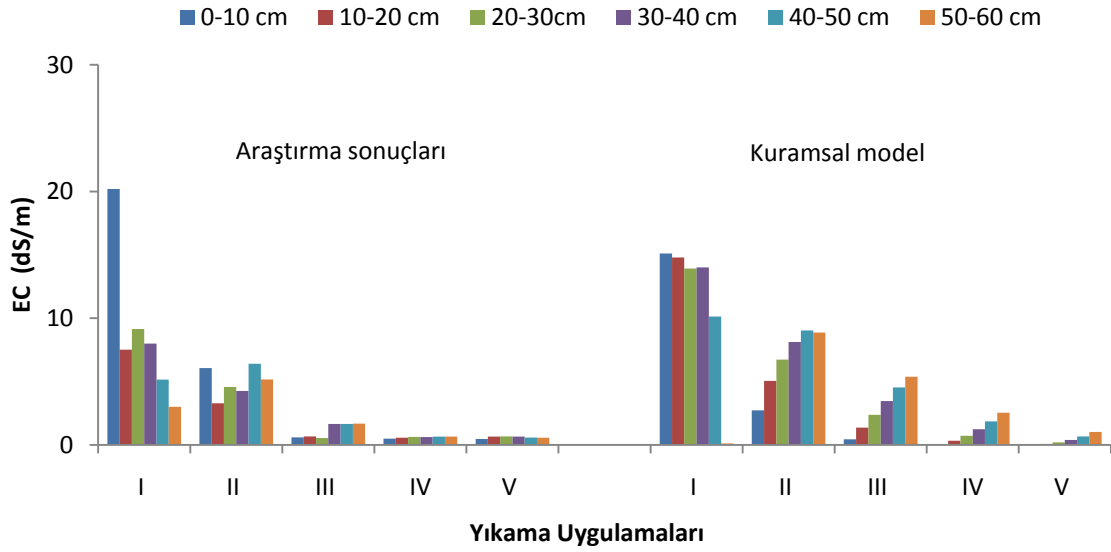
Şekil 4.19. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Çizelge 4.40. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,99	77,78	18,21	3,37	0,62	0,01
0-20	99,87	56,08	32,49	8,78	2,14	0,39
0-30	99,59	35,74	42,98	15,16	4,57	1,15
0-40	99,01	15,30	51,53	21,97	7,83	2,38
0-50	98,02	0,13	53,32	28,65	11,78	4,14
0-60	96,52	0,13	40,38	33,74	15,92	6,35

Kuramsal model, tüm yıkamalar sonunda kolon içinde bulunan toplam tuzların uzaklaştırılma oranını %96,52 olarak hesaplamıştır (Çizelge 4.40). I. dilim su uygulamasının kolondan uzaklaştırılan toplam tuz yüzdesi üzerine etkisi olmazken, sırasıyla II. ve III. dilim su uygulamalarının ise kolondan uzaklaştırılan toplam tuz yüzdesi üzerine kısmi etkilerinin en yüksek olduğu hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, kuramsal model sonuçlarına göre tüm yıkama dilimlerinde eşit miktarda yıkama suyu

kullanılmış olmasına rağmen, son dilim su uygulaması olarak toprak kolona verilmiş, 18,6 cm'lik su, kolon bölgesinden uzaklaştırılan tuzların yüzdesi üzerinde çok düşük (%6,35) bir etkiye sahiptir.



Şekil 4.20. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC_{1:5} değerleri

Kuramsal model I. dilim su uygulamasından sonra toprak kolonunda tuzların dengeli dağılımını sağlamışken, diğer yıkama suyu uygulamalarında tuzu bir alt tabakaya daha çok biriktirecek şekilde yıkamalar olacağını tahminlemektedir. Deneme sonuçlarına göre ise, yıkamalar arasında sistematik bir eğilim söz konusu değildir. Araştırma sonuçlarında IV. ve V. yıkama dilimlerinde dengeli olarak oluşmuş tuz dağılımı kuramsal model sonuçlarında ancak V. yıkamadan sonra görülmüştür (Şekil 4.20). Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,915 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.

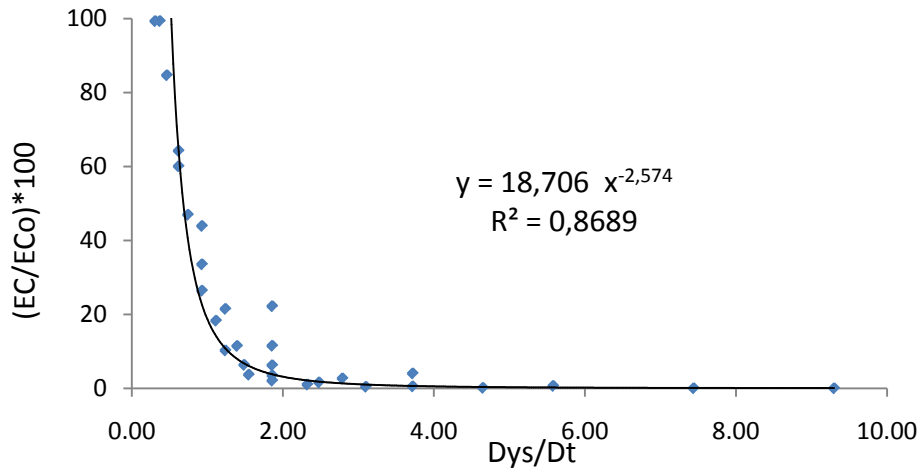
4.2.1.b. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit su miktarları ve % 30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Hafif bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %30 nem azalması koşullarında kuramsal modelin sonuçları Çizelge 4.41’de verilmiştir. I. dilim suyun uygulanması ile denemede toprak kolonundan drenaj suyu çıkışı görülmesine rağmen konuya ait model hesaplamalarına bakıldığında, I. dilim suyun kolon içinde 0-50 cm’ler arasında tuz dağılımını sağlayıp, kolondan su çıkışı olmadığı hesaplanmıştır. Toprak kolonundaki ortalama $EC_{1:5}$ değerleri I. dilim yıkama suyundan sonra 8,20 dS/m’ye V. dilim su uygulamasından sonra ise 0,43 dS/m’ye düşerken, kuramsal model ile ortalama $EC_{1:5}$ değerleri, I. dilim su uygulaması sonunda 11,35 V. dilim su uygulaması sonunda ise 0,42ds/m olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.41. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	67,96	15,10	2,74	0,45	0,02	0,01
10-20	0,11	14,80	5,10	1,39	0,34	0,08
20-30	0,11	13,92	6,82	2,43	0,74	0,20
30-40	0,11	14,01	8,26	3,57	1,29	0,41
40-50	0,11	10,13	9,21	4,69	1,96	0,72
50-60	0,11	0,11	9,04	5,58	2,68	1,11
0-60		11,35	6,86	3,02	1,17	0,42

Kuramsal model sonuçları kullanılarak %30 nem azalması ve eşit miktarlarda yıkama suyu dilimleri ile yapılan yıkama koşullarında çizilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.21’ de verilmiştir. Eşitlik kuramsal model sonuçları ile $p<0,001$ seviyesinde uyum sağlamaktadır.



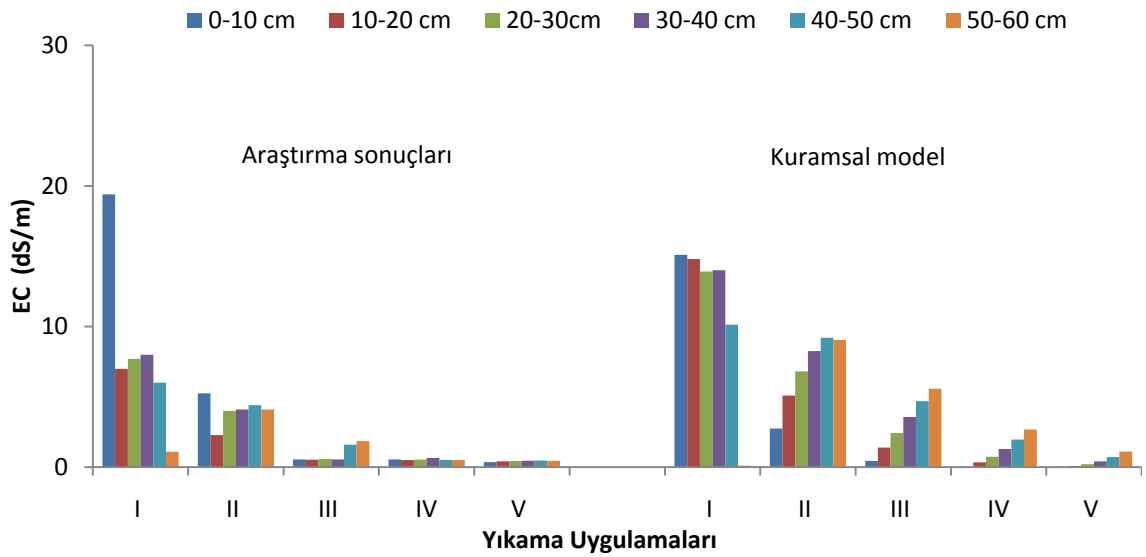
Şekil 4.21. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Hızlı yıkamanın meydana geldiği Dys/Dt 'nin 3'ten küçük olduğu oranlarda, model ve deneme arasındaki yıkanan tuz yüzdesi değerlerindeki fark, Dys/Dt 'nin 3'ten büyük olduğu oranlara göre daha büyüktür. Ancak, Dys/Dt 'nin uygulanabilir küçük oranlar da seçilmesi dahi, kuramsal modelin hesapladığı değerde %2,8' lik bir fark göstermektedir ki, bu değer pek çok durum için kabul edilebilir değer sınırı içerisinde (Şekil 4.21).

Çizelge 4.42. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,99	77,78	18,19	3,38	0,63	0,01
0-20	99,87	56,08	32,41	8,82	2,17	0,40
0-30	99,57	35,74	42,77	15,24	4,64	1,18
0-40	98,96	15,30	51,14	22,09	7,97	2,46
0-50	97,92	0,64	52,40	28,66	11,96	4,27
0-60	96,31	0,65	39,27	33,65	16,17	6,56

Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri Çizelge 4.42'de verilmiştir. Toprak kolonundan yıkanan tuzun yüzdesi derinlik arttıkça azaldığı kuramsal model hesapları ile görülmüştür. Kolon boyunca, %96,31 oranında tuz yıkınımının gerçekleştiği ve en büyük etkilerin sırasıyla II. ve III. yıkama uygulamalarında meydana geleceği tahminlenmiştir.



Şekil 4.22. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,932 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.

Kuramsal model sonuçlarına göre eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalmasının takip edildiği çalışma konusunda, kolondaki tuz dağılımının sistematik olarak katmanlar arasında birikerek yıkandığını tahminlemiştir. Kuramsal model hesaplamaları ile I. dilim sonunda kolon içerisindeki toplam tuzun göstermiş olduğu dengeli dağılım 0-50 cm'ler arasında hesaplanmış iken deneme ölçüm değerlerinde ise bu dağılım 20-50 cm'ler arasında görülmüştür. Deneme sonuçlarında IV. ve V. dilim yıkama suyu

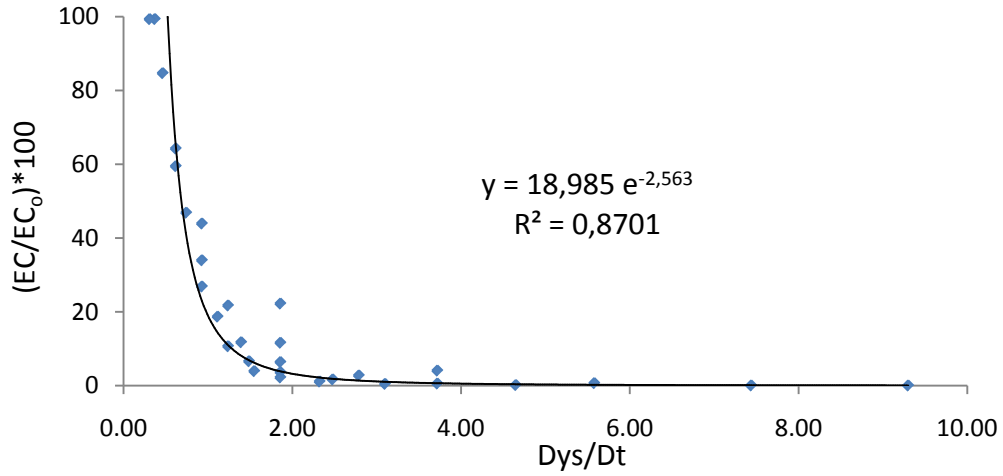
uygulamalarından sonra görülen dengeli dağılım kuramsal model sonuçlarında görülmemiştir.

4.2.1.c. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %45 nem azalması koşullarında I. yıkama uygulaması sonuçlarında kolon dışına çıkış görülmezken gerçekte bu konuya ait sonuçlarda I. yıkama da kolon dışına drenaj suyu çıkışı gerçekleşmiştir. Kuramsal model sonuçlarında yıkamanın II. su dilimi ile başlayacağı öngörülmüştür. Kolon boyunca başlangıçta tahminlenen ortalama tuzluluk 11,42 dS/m olur iken, tüm yıkamalar sonunda bu değer 0,45 dS/m olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.43. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	67,96	15,10	2,76	0,45	0,02	0,01
10-20	0,11	14,80	5,14	1,41	0,35	0,08
20-30	0,11	13,92	6,90	2,49	0,76	0,21
30-40	0,11	14,01	8,39	3,67	1,34	0,44
40-50	0,11	10,13	8,86	4,75	2,04	0,76
50-60	0,11	0,11	8,71	5,62	2,79	1,18
0-60		11,35	6,79	3,07	1,22	0,45



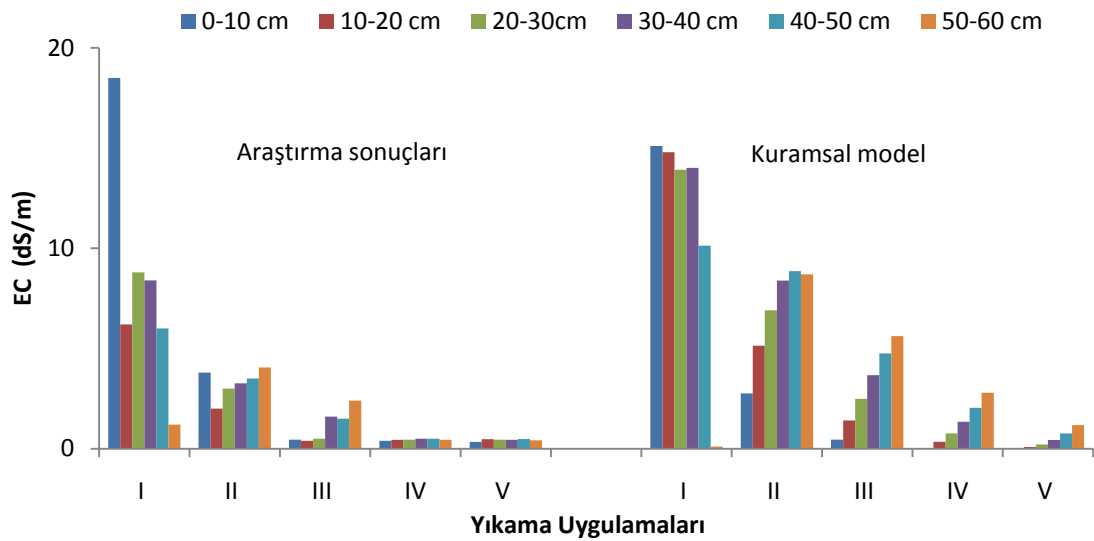
Şekil 4.23. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Kuramsal model hesapları ile %45 nem azalmasında eşit miktarlarda yıkama suyu dilimleri ile elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.23’de verilmiştir. Eşitlik, sonuçlarla çok önemli ($p < 0,001$) seviyede uyum göstermiştir. Deneme sonuçlarında, daha öncede belirtildiği üzere Dys/Dt oranının 3 değeri hızlı yıkanan tuz bölgesi ile yıkamanın sabitleştiği bölge arasında dönüm noktası olarak görülmüştür. Tuz yıkanımında en etkili veya uygulanabilecek Dys/Dt oranlarının 3 ve 3’ten küçük seçilmesinin daha isabetli olacağı model sonuçlarında da görülmüştür.

Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %’si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri Çizelge 4.44’de verilmiştir. Toprak kolonundan uzaklaştırılan tuz yüzdeleri incelendiğinde %15 nem azalması dikkate alındığında %96,52, %30 nem azalmasında %96,31, %45 nem azalmasında ise %96,09 oranında tuz yıkanması görülmektedir. Bu değerlerden bir kez daha anlaşılacağı üzere, eşit miktarlarda yıkama suyunun kullanılması durumunda, nem azalmasının model sonuçları üzerinde meydana getirdiği etki çok küçüktür. Ancak her üç durumda da, en büyük etki II. su uygulamasında hesaplanmıştır ki, bu yürütülmüş deneme sonuçları ile paralellik göstermektedir.

Çizelge 4.44. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,99	77,78	18,17	3,39	0,63	0,01
0-20	99,87	56,08	32,32	8,87	2,19	0,41
0-30	99,55	35,74	42,56	15,33	4,71	1,21
0-40	98,91	15,30	50,73	22,22	8,12	2,54
0-50	97,80	0,64	52,50	28,18	12,08	4,40
0-60	96,09	0,65	39,87	32,63	16,19	6,74



Şekil 4.24. Hafif bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC_{1:5} değerleri

Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,928 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. I. dilim su uygulanmasından sonra kuramsal model hesaplamalarına göre, 0-50 cm derinlikteki tuzlar dengeli bir dağılım

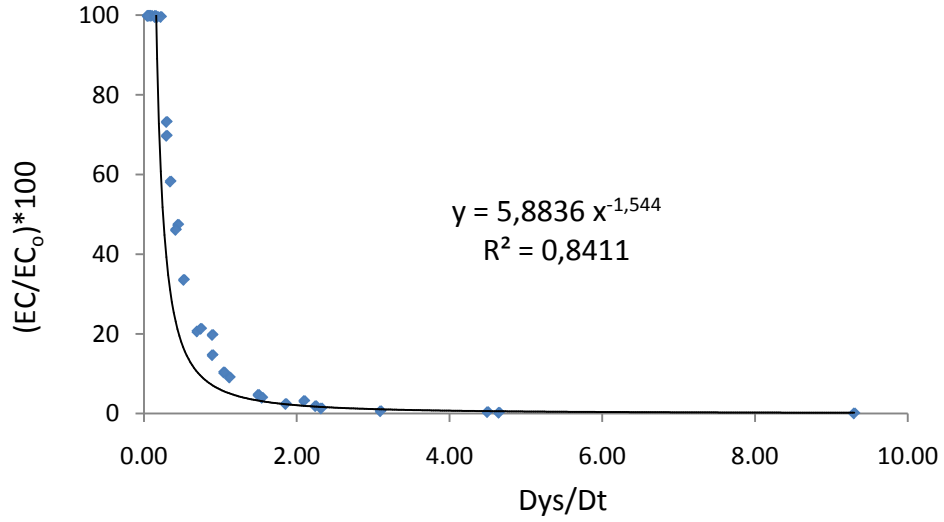
gösterirken deneme sonuçlarında I. dilim suyun uygulanmasından sonra oluşan tuz dağılımında belirgin bir şekilde tabakalara göre tuzun büyük bir kısmı 0-10 cm'de bulunurken 20-50 cm'ler arasında dengeli, 50-60 cm'ler arasında da en düşük tuz miktarları ölçülmüştür. Yine deneme sonuçlarına göre IV. ve V. dilim yıkama uygulamalarından sonra kolon boyunca görülen homojen dağılım kuramsal model sonuçlarında oluşmamıştır.

4.2.1.d. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve % 15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Çizelge 4.45'de her bir uygulamaya ait kolon derinliklerine bağlı her yıkama sonrasındaki, kuramsal model kullanarak hesaplanan $EC_{1:5}$ değerleri verilmiştir. I. dilim yıkama suyu uygulanmasında toprak kolonuna verilen 3 cm'lik suyun ilk 20 cm içerisinde kaldığı görülmektedir. Yapılan laboratuvar çalışmalarında alınan sonuçlar modeli destekler niteliktedir. II. dilim su uygulanmasında ise model 40cm'ye kadar yıkama yapabilmişken, deneme sonuçlarında suyun kolondan çıkarak yıkamanın başladığı görülmektedir. Kuramsal modelin sonuçlarına bakıldığında ise yıkamanın III., IV. ve V. dilim yıkama suları ile gerçekleştiği tahminlenmiştir.

Çizelge 4.45. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Başlangıç	Yıkama suyu miktarı (cm)				
		I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	67,96	47,37	13,39	2,12	0,23	0,01
10-20	0,11	20,59	18,86	4,90	1,02	0,11
20-30	0,11	0,11	17,65	7,02	1,93	0,26
30-40	0,11	0,11	18,07	8,85	2,98	0,48
40-50	0,11	0,11	0,11	8,63	3,85	0,76
50-60	0,11	0,11	0,11	8,37	4,55	1,07
0-60		11,40	11,37	6,65	2,43	0,45



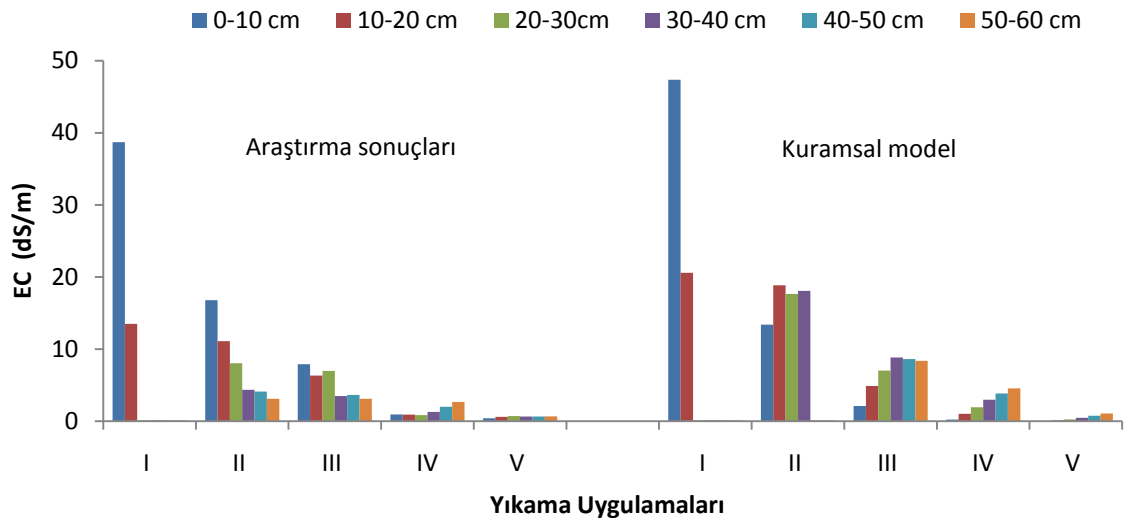
Şekil 4.25. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Dys/Dt ile (EC/EC_0*100) arasındaki ilişkinin eşitliği çok önemli ($p<0,001$) seviyede bulunmuştur (Şekil 4.25). Toprakta tuzların yıkanmasında, bu uygulama oldukça başarılı görülmekte, Dys/Dt oranının 1 olması durumunda dahi, yıkanan tuzların yüzdesi 94,12'si kolondan yıkanarak uzaklaştırılmıştır. Oysa aynı konuya ait deneme ölçümlerinde bu değer %86,68 olarak hesaplanmıştır. Kuramsal model sonuçlarında hızlı yıkanım bölgesi sonu olan Dys/Dt oranının 3 olması durumunda yıkanan tuz %98,93'ü yükselmiş, daha sonra ise sabit tuz yıkanma bölgesi başlamış olup Dys/Dt oranının 10 olması ile %99,84 değerine ulaşılmıştır.

Bu yöntemle kuramsal olarak toprak kolonundan tüm yıkamalar sonunda uzaklaştırılacak tuz yüzdesi 96,07 olarak tahmin edilmiştir. Yıkanma III. IV. ve V. dilimlerle sağlanmış olup en yüksek etki ise III. dilim su uygulanmasında elde edilmiştir. Deneme sonuçlarında ise, II. dilim su uygulanmasında kolonda yıkama başlamakla birlikte, en yüksek etkiye sahip yıkama uygulaması IV. dilimde gerçekleşmiştir (Çizelge 4.46).

Çizelge 4.46. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakta yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,99	30,30	50,00	16,58	2,78	0,32
0-20	99,82	0,17	52,46	37,06	8,48	1,66
0-30	99,44	0,17	26,65	52,59	15,93	4,11
0-40	98,74	0,14	0,31	66,02	24,50	7,76
0-50	97,63	0,16	0,31	53,45	31,45	12,27
0-60	96,07	0,17	0,31	41,30	36,97	17,32



Şekil 4.26. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC_{1:5} değerleri

Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,839 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Gerek kuramsal model hesaplarında gerekse araştırma sonuçlarında I. dilim suyun kolon içerisinde meydana getirdiği tuz

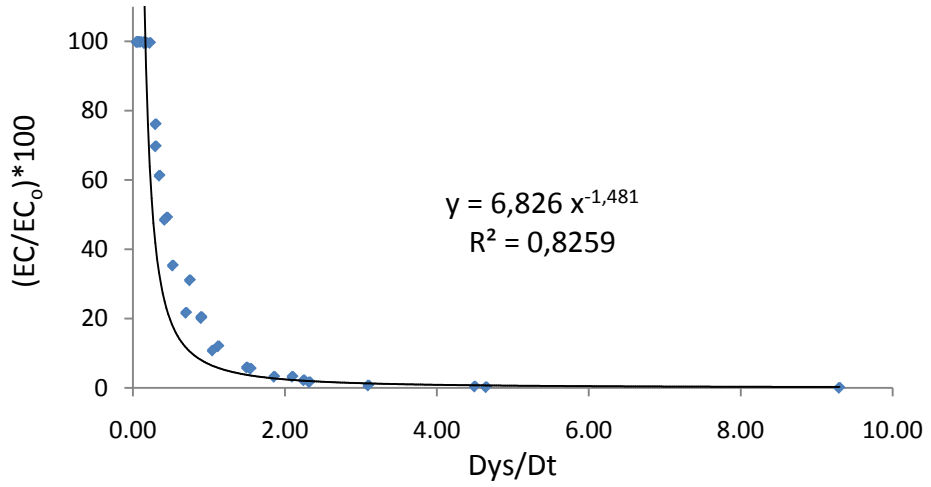
hareketi 20 cm'ye kadar gerçekleşmiştir. Araştırma sonuçlarında kolondaki tuz yıkanımı II. ve III. dilim su uygulamaları ile derinlikle azalacak bir tuz dağılımı göstermekte, IV. dilimde başlayan dengeli dağılım V. dilim suyun uygulanması ile kolon boyunca dengeye ulaşmaktadır. Kuramsal model sonuçlarında ise, II. dilim suyun uygulanmasından sonra tuzun hareketi ettiği tabakalarda dengeli bir tuz dağılımı görülürken, III., IV. ve V. dilim su uygulamalarında ise yıkama bir alt tabakaya biriktirerek gerçekleşmiştir.

4.2.1.e. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Bu konu sonuçlarında %15 nem azalması konusunda olduğu gibi I. ve II. dilim su uygulamalarında kolon dışarısına su çıkışı ve dolayısıyla tuz yıkanımı olmamıştır. II. su diliminden sonra tuzlar 40 cm derinliğe kadar dağılmış ve kolon içinde yeni bir tuz dağılımı meydana getirmiştir. Tuz yıkanımı yine III., IV. ve V. dilim su uygulamaları ile gerçekleşmiştir (Çizelge 4.47).

Çizelge 4.47. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	67,96	47,37	13,68	2,18	0,26	0,01
10-20	0,11	20,59	19,79	5,16	1,23	0,13
20-30	0,11	0,11	18,41	7,43	2,52	0,33
30-40	0,11	0,11	16,09	9,33	4,19	0,65
40-50	0,11	0,11	0,11	9,08	5,79	1,07
50-60	0,11	0,11	0,11	8,78	7,29	1,59
0-60		11,40	11,37	6,99	3,55	0,63



Şekil 4.27. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

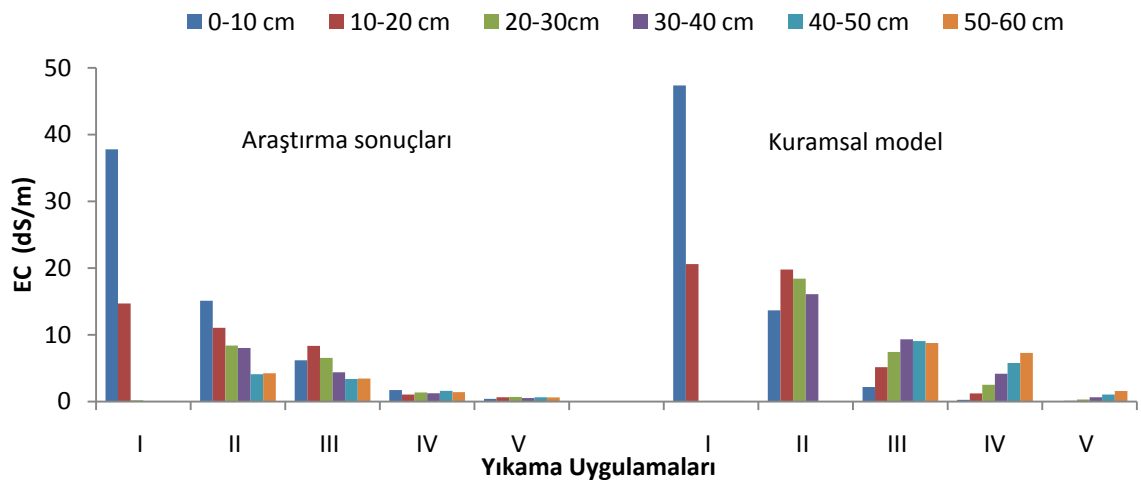
Hafif bünyeli toprakta, %30 nem azalmasından sonra eşit oranlarda artan miktarlarda su dilimleri dikkate alınarak kuramsal modelin hesapladığı değerlerle çizilen yıkama eğrisi Şekil 4.27’de verilmiştir. Dys/Dt oranının 1 olması durumunda yıkanan tuzlar %93,17, Dys/Dt oranının 10 olması durumunda ise yıkanan tuzların yüzdesi 6,6 artarak %99,77’ye yükselmiştir. 6,6’lık artışın 5,49’u hızlı tuz yıkama bölgesi içerisinde sağlanabilmiş, 1,11’lik kısmı ise, tuz yıkamının nispeten sabitlendiği bölgede olabilmektedir.

Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalmasını takip eden uygulamada kolon boyunca, mevcut tuzların ancak %94,48’i yıkanabileceği hesaplanmıştır. I. ve II. dilim su uygulamalarının yıkanan tuz yüzdesi üzerine kısmi etkiye sahip olmadıkları, en yüksek kısmi etkinin ise III. dilim su uygulaması ile görüleceği tahminlenmiştir. Ancak, deneme sonuçlarında en yüksek etki IV. dilim su uygulamasında görülmüştür.

Çizelge 4.48. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	99,99	30,30	49,57	16,92	2,83	0,37
0-20	99,79	0,17	50,66	38,38	8,59	1,98
0-30	99,31	0,17	23,75	54,42	15,78	5,19
0-40	98,36	0,14	0,31	64,25	23,29	10,37
0-50	96,80	0,16	0,31	51,02	28,06	17,25
0-60	94,48	0,17	0,31	38,28	30,18	25,54

Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri Şekil 4.28'de verilmiştir. Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,839 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür .



Şekil 4.28. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

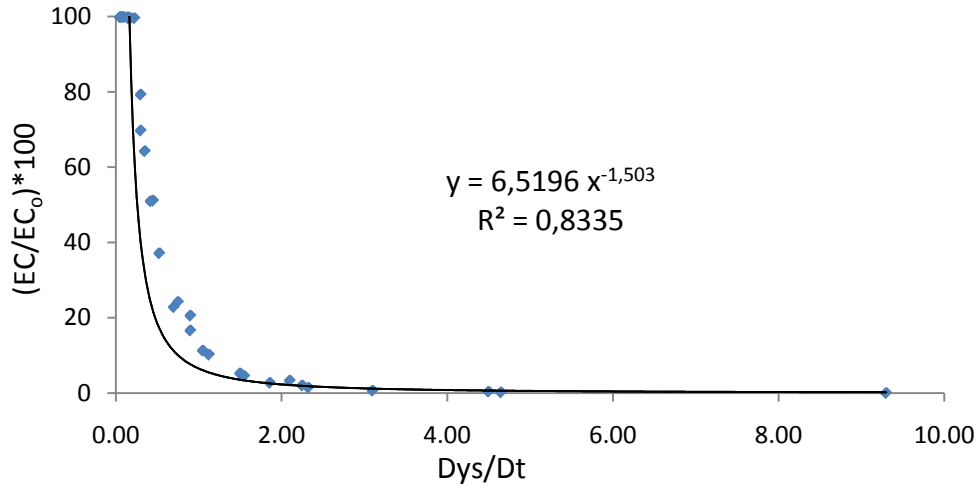
Kuramsal modelden elde edilen sonuçlarla deneme sonuçları karşılaştırıldığında, kuramsal modelin yapmış olduğu I. dilim su uygulamasına ait tahminler, denemenin I. dilim su uygulaması sonuçları ile gerek tuzu taşınım oranı, gerekse tuzun taşınabileceği derinlikler açısından büyük bir uyum sağlamıştır. II. uygulama sonrasında deneme sonuçlarında elde edilen tuzluluk değerleri kolon derinliğine bağlı olarak bir azalma gösterirken, kuramsal model kolon derinliğine bağlı olarak artan tuzluluk değerleri hesaplamıştır (Şekil 4.28).

4.2.1.f. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Toprak kolonunda nem azalmalarının I. ve II. dilim su uygulamalarında tuzun taşınabildiği derinliklerde değişikliğe yol açmadığı hesaplanmıştır. Her üç nem azalması durumunda da 3cm ve 6 cm'lik I. II. dilim su uygulamalarında 20 cm'ye kadar, II. dilimde de 40 cm'ye kadar tuzun yayılım gösterdiği hesaplanmıştır. III. dilim su uygulaması ile başlayan yıkama IV. V. dilim su uygulamaları ile devam etmiştir (Çizelge 4.49).

Çizelge 4.49. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	67,96	47,37	13,98	2,25	0,25	0,01
10-20	0,11	20,59	20,81	5,43	1,13	0,13
20-30	0,11	0,11	19,24	7,88	2,19	0,30
30-40	0,11	0,11	13,93	9,79	3,40	0,55
40-50	0,11	0,11	0,11	9,50	4,40	0,88
50-60	0,11	0,11	0,11	9,16	5,21	1,24
0-60		11,40	11,36	7,33	2,76	0,52



Şekil 4.29. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

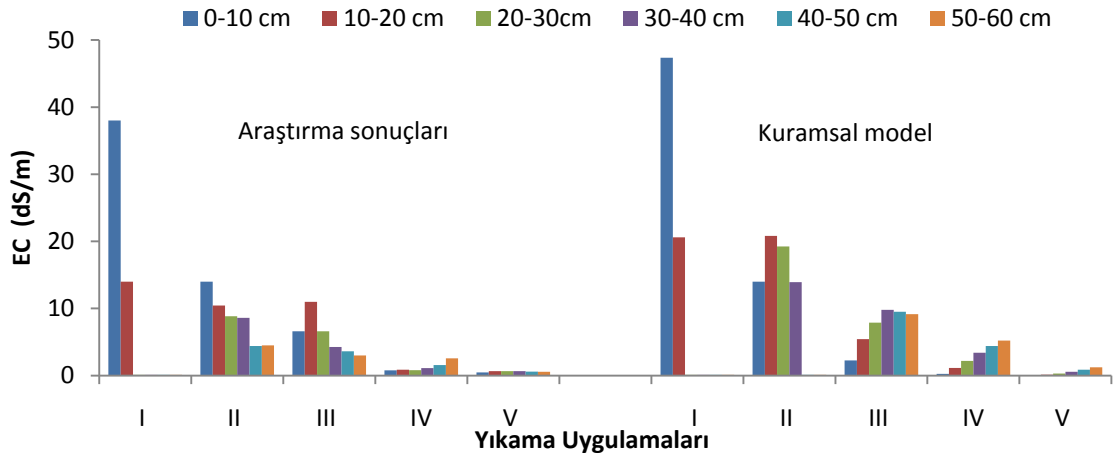
Hafif bünyeli toprakta, %45 nem azalması dikkate alınarak elde edilen kuramsal model sonuçlarına göre, Dys/Dt ile $(EC/EC_0 * 100)$ arasındaki ilişkinin eşitliği çok önemli ($p < 0,001$) seviyede bulunmuştur (Şekil 4.29). Dys/Dt oranının 3 olması durumunda, %98,75 oranında tuz yıkanması gerçekleşmiştir. Hızlı tuz yıkanımının, en üst noktası olan bu değeri, %1,05’lik bir artışla, nispeten sabit tuz yıkanım bölgesi izlemiştir.

Çizelge 4.50. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %’si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %’si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %’si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	99,99	30,30	49,13	17,27	2,94	0,36
0-20	99,80	0,17	48,72	39,83	9,25	1,83
0-30	99,37	0,17	20,59	56,42	17,59	4,60
0-40	98,56	0,14	0,32	62,41	26,93	8,76
0-50	97,28	0,16	0,32	48,57	34,34	13,89
0-60	95,47	0,17	0,32	35,28	40,04	19,66

Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile toprak kolonunda bulunan tuzların, ancak %95,47'si yıkanabileceği öngörülmektedir. %15 ve %30 nem azalmalarının olduğu konuda olduğu gibi yıkama, III. IV ve V. dilim su uygulamaları ile gerçekleştirilmiş olup en büyük etki yine IV. dilimde elde edilmiştir.

Eşit oranlarda arttırılmış su miktarları ile yürütülen deneme sonuçlarına göre, V. dilim yıkama suyunun, tüm nem azalmalarında (%15, %30, %45) görülen toplam yıkınılan tuzlar üzerindeki kısmi etkisinin (%9,47, %9,14, %7,81) düşük olması itibariyle uygulanmaması durumunun değerlendirilebileceği daha önce belirtilmiştir. Kuramsal modele ait V. dilim su uygulamasının toplam tuz yıkınımı üzerine olan kısmi etkileri ise, tüm nem azalmalarında (%15, %30, %45) sırasıyla, %17,32, %25,54, %19,66 olduğundan, sadece kuramsal model sonuçları değerlendirilerek V. dilim su uygulamasının yapılmamasını önermek mümkün değildir. Kuramsal modelin, araştırma sonuçlarından farklı sonuçlar vermesi, gerçekte etkileri olan bazı koşulların modele aktarılamaması olmasından kaynaklanıyor olabilir.



Şekil 4.30. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,852 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.

Kuramsal modelin I. dilim su uygulaması sonunda hesapladığı tuz dağılımı deneme sonuçları ile büyük bir benzerlik gösterirken, II., III. ve IV. dilim su uygulamaları ile hesaplanan tuz yıkınımı araştırma sonuçları ile aynı uyumu sağlamamıştır. Örneğin, kuramsal model II. dilim su uygulaması sonunda yıkama olmayacağını, ancak yıkanan tuzların IV. tabakaya kadar inebileceğini, yıkamanın ise III. dilim su uygulaması ile başlayacağını öngörürken, deneme sonuçlarında II. dilim su uygulaması ile tuzun tüm kolon boyunca dağılımının gerçekleştiğini hatta kolondan çıkış yaparak yıkamanın başladığını görülmektedir. Tüm uygulamalar sonunda ise, deneme sonuçları ile elde edilen tabakalardaki tuz miktarları dengeli bir dağılım gösterirken, kuramsal model hesaplarında aynı dengeli dağılım görülmemiştir.

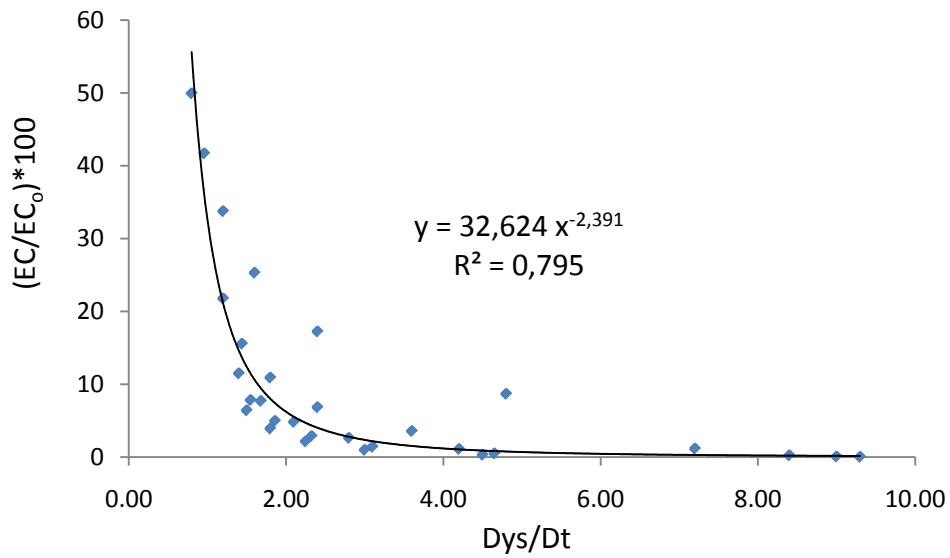
4.2.1.g. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ile %15 nem kaybı dikkate alınarak katmanlara göre hesaplanmış kuramsal model sonuçları Çizelge 4.51’de verilmiştir. Hesaplanan değerler incelendiğinde, I. dilim su uygulamasında $EC_{1:5}$ değerleri büyük oranda azalmış, diğer uygulamalarda görülen azalma ise çok daha düşük hesaplamıştır.

Çizelge 4.51. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	67,96	5,91	0,80	0,17	0,06	0,03
10-20	0,11	5,87	1,65	0,60	0,30	0,20
20-30	0,11	5,48	2,23	1,03	0,61	0,45
30-40	0,11	5,79	2,78	1,50	1,00	0,80
40-50	0,11	5,47	3,20	1,97	1,43	1,21
50-60	0,11	5,70	4,27	2,60	1,96	1,71
0-60		5,70	2,49	1,31	0,73	0,89

Kuramsal model ile eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.31’de verilmiştir. Eğriye ait verilen eşitlik $p < 0,001$ seviyesinde çok önemli bulunmuştur. Deneme sonuçları ile çizilen yıkama eğrisinde olduğu gibi kuramsal model ile hesaplanan değerlerden çizilen yıkama eğrisinde de noktaların iki grup halinde olduğu görülmektedir.



Şekil 4.31. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

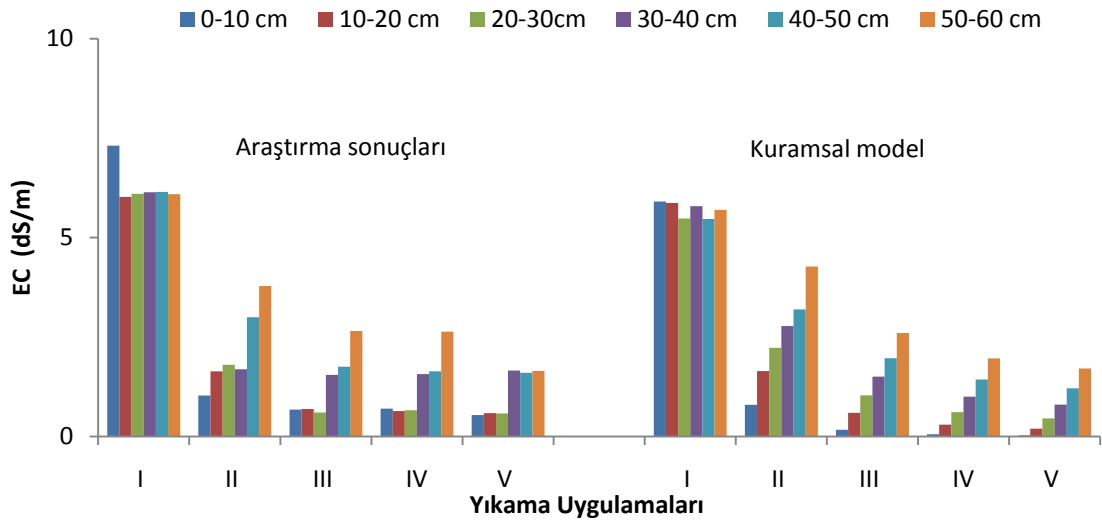
Genel dağılımdan ayrılan noktalar I. yıkama uygulaması sonucunda elde edilen değerler olup, tuz yıkanımının nispeten daha yüksek olduğunu göstermektedir. I. dilim su uygulamasının tuz yıkamadaki başarısı üzerine, su miktarının yüksek olması ve başlangıç toprak neminin çok düşük kabul edilmesi etkili sebepler arasında sayılabilir. II. dilim ve devam uygulamalarda su miktarının azalıyor olmasının yanı sıra toprakta doygun akış koşullarının oluşması bu dilimlerin etkinliğini düşürmüştür.

Çizelge 4.52. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,96	91,31	7,52	0,92	0,17	0,04
0-20	99,48	82,75	13,67	2,46	0,80	0
0-30	98,58	74,69	18,45	4,22	1,65	0
0-40	97,11	66,24	22,84	6,08	2,67	0
0-50	95,02	58,31	26,12	7,86	3,77	0
0-60	92,17	50,06	28,16	10,29	5,07	0

Eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun yüzdeleri üzerine yıkama suyunun kısmi etkileri Çizelge 4.52'de verilmiştir. Kuramsal model hesaplamalarına göre kolondan tüm yıkama uygulamaları sonrasında toplam tuzların %92,17'sinin uzaklaştırılabileceği hesaplanmış iken, bu değer aynı konunun yürütülen deneme sonuçlarında %85,20 olarak bulunmuştur. Bunun yanı sıra, gerek kuramsal model gerekse deneme sonuçlarında, son yıkama uygulamasının toplam yıkanan tuzların uzaklaştırılması üzerine ait kısmi etkisi yok kabul edilebilecek kadar düşüktür.

Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri Şekil 4.32'de verilmiştir. Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,975 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 32. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

Kuramsal model ile hesaplanan sonuçlarda, I. dilim yıkama suyu uygulanmasından sonra toprak kolonunda tüm katmanlar arasında nispeten eşit bir tuz dağılımı görülmektedirken, diğer su uygulamaları sonucunda bir alt tabakaya birikerek yıkamanın gerçekleşeceği öngörülmektedir. Kuramsal modelin I. ve II. dilim su uygulamaları sonrasında öngördüğü tabakalardaki tuz dağılımı deneme sonuçları ile elde edilmiş su uygulamaları sonuçları ile benzerlik gösterirken, deneme sonuçlarında III. IV. ve V. dilim suyun 30-60 cm derinlikleri için uyumlu bir tahminleme yapabilmış fakat aynı yıkama uygulamalarından sonra 0-30 cm derinlikler arasında meydana gelen kararlı durumu yansıtamamıştır.

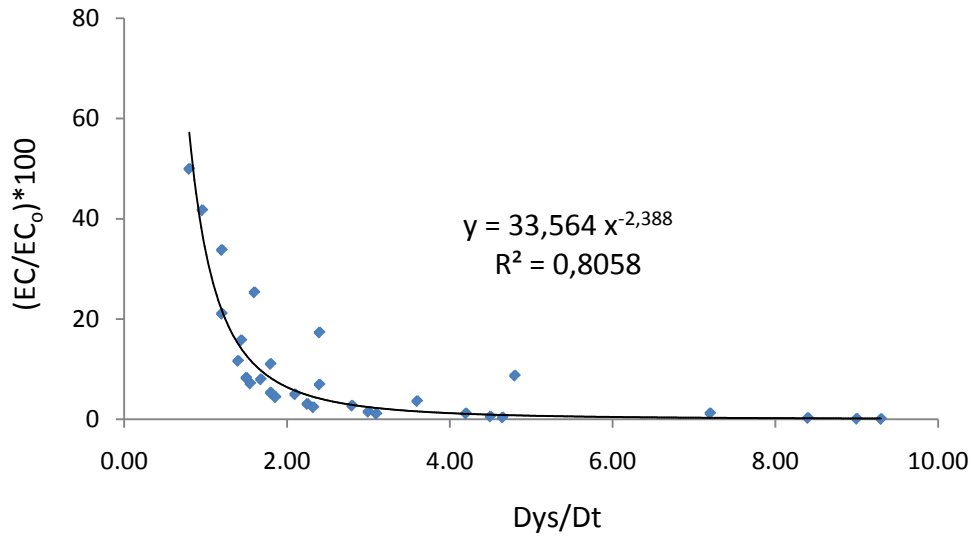
4.2.1.h. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Kuramsal modelin eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması koşullarında toprak kolonu derinliklerine bağlı olarak başlangıç ve yıkama uygulamaları sonraları hesaplanan $EC_{1:5}$ değerleri Çizelge 4.53’de verilmiştir. %30 nem azalmasının dikkate alındığı bu konuda, V. dilim su uygulaması olan son yıkama

işleminde sonra kolon derinliklerinde hesaplanan $EC_{1:5}$ değerleri deneme sonunda ölçülen değerlerden daha düşük olmuştur.

Çizelge 4.53. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	67,96	5,91	0,80	0,17	0,06	0,03
10-20	0,11	5,87	1,66	0,61	0,31	0,21
20-30	0,11	5,48	2,25	1,06	0,65	0,50
30-40	0,11	5,79	2,81	1,56	1,07	0,89
40-50	0,11	5,47	3,25	2,05	1,54	1,37
50-60	0,11	5,70	3,65	2,53	2,04	1,89
0-60		5,70	2,41	1,33	0,94	0,81



Şekil 4.33. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Şekil 4.33’de kuramsal model ile eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

görülmektedir. Dys/Dt ve $(EC/EC_0 \cdot 100)$ değerleri arasındaki ilişki ($p < 0,001$) çok önemli seviyededir. Yıkama eğrisine ait eşitlikten de elde edileceği gibi Dys/Dt oranının 1 alınması durumunda yıkanan tuz %66,44 olurken, bu değer yürütülen denemede %70,65 olarak hesaplanmıştır.

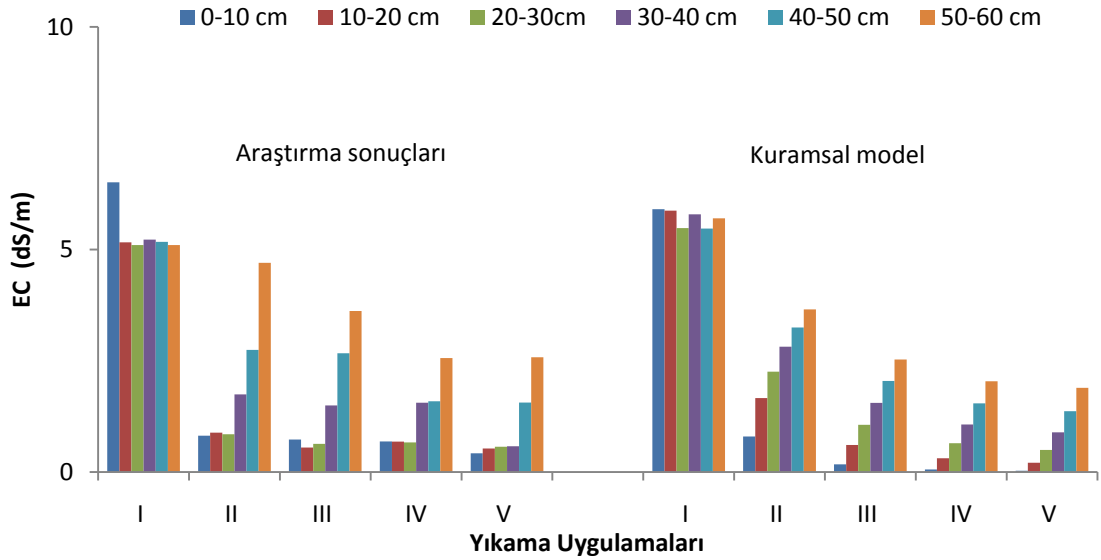
Topraktan yıkanan toplam tuzun yüzdesi üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri, kuramsal model ile eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması durumunda hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4.54’de verilmiştir. Çizelgeye göre, tüm kolonda başlangıçta bulunan toplam tuzların tüm yıkamalar sonunda %92,87’si yıkanmıştır.

Çizelge 4.54. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %’si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %’si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %’si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,96	91,31	7,51	0,92	0,17	0,04
0-20	99,65	82,70	13,69	2,47	0,61	0,19
0-30	98,92	74,69	18,40	4,21	1,21	0,41
0-40	97,62	66,24	22,73	6,05	1,92	0,67
0-50	95,63	58,31	25,94	7,80	2,66	0,93
0-60	92,87	50,06	28,88	9,43	3,36	1,14

Yürütülen deneme sonuçlarından hesaplanan değer ise %88,24 olarak belirlenmiştir. Buradan model tahminlerinin deneme sonuçlarının daha üstünde bir yıkama değerine ulaştığı görülmektedir. Her bir uygulamanın kısmi etkilerinde ise kuramsal model hesaplamalarına göre, tuz yıkamında I. ve II. dilim su uygulamalarının etkisi büyük olmuş iken, devam eden yıkama uygulamalarında giderek azalan yıkama etkilerini

tahminlenmiştir. Kuramsal modelin yıkama uygulamaları etkinliklerine dair yapmış olduğu bu öngörüler deneme sonuçları ile büyük bir uyum içindedir.



Şekil 4. 34. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,951 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Kuramsal modelin tüm yıkama dilimleri için öngördüğü tuz yıkanımı, 30-60 cm arasında deneme sonuçlarına paralellik göstermektedir. Fakat II. dilim su uygulamasından sonra, 0-30 cm arasında tuz yıkanım eğilimini, öngörememiştir.

4.2.1.1. Kuramsal modelin hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

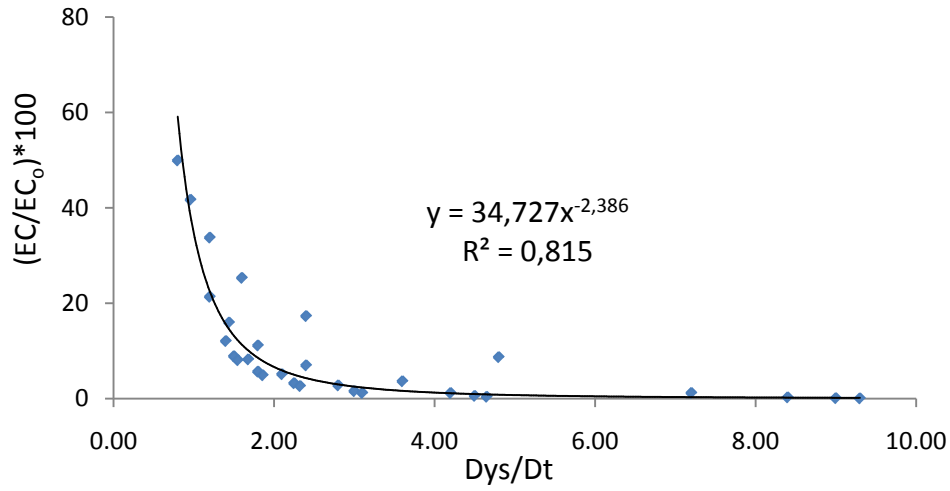
Eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra hesaplanan kolon derinliklerindeki tuzluluk değerleri Çizelge 4.55’de verilmiştir. Farklı nem azalmalarında aynı konuya ait sonuçlar

incelendiğinde, nem kaybı arttıkça hesaplanan $EC_{1:5}$ değerlerinde artış olduğu görülmektedir. Bu modelin nem kayıpları ile $EC_{1:5}$ değerleri arasındaki ilişkinin deneme sonuçlarında elde edilenin aksine ters yönlü hesaplandığını göstermektedir.

Çizelge 4.55. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	67,96	5,91	0,80	0,17	0,06	0,03
10-20	0,11	5,87	1,67	0,62	0,32	0,22
20-30	0,11	5,48	2,28	1,09	0,68	0,54
30-40	0,11	5,79	2,85	1,61	1,14	0,99
40-50	0,11	5,47	3,30	2,13	1,66	1,55
50-60	0,11	5,70	3,72	2,64	2,22	2,17
0-60		5,70	2,44	1,38	1,02	0,92

Eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen kuramsal model sonuçlarından elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.34’de verilmiştir. Verilen eşitlik regresyon analizinde $p < 0,001$ seviyesinde önemli bulunmuştur. Azalan oranlarda yıkama suyu kullanılarak yapılan uygulamalarda görülen çift eğilimli yıkama eğrisi bu konuda da görülmüştür. Dys/Dt oranının 1 alınması durumunda hesaplanmış yıkanan tuz yüzdesi değerleri kuramsal modelde, denemeden hesaplanan değere göre %5,62’lik bir fazlalık göstermiştir.



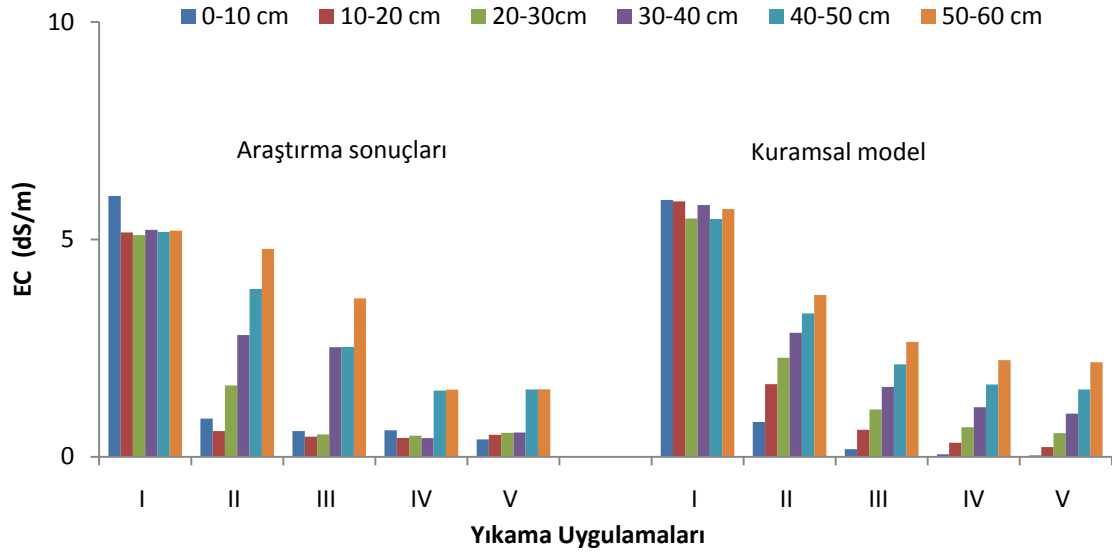
Şekil 4.35. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Çizelge 4.56. Kuramsal model ile hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,95	91,31	7,51	0,92	0,17	0,04
0-20	99,62	82,70	13,67	2,47	0,61	0,19
0-30	98,83	74,69	18,34	4,21	1,20	0,39
0-40	97,37	66,24	22,62	6,02	1,89	0,60
0-50	95,11	58,31	25,75	7,72	2,56	0,77
0-60	91,95	50,06	28,59	9,28	3,17	0,84

Tüm kolondan toplam tuzların tüm yıkamalar sonunda konuya ait uzaklaştırılabilir tuz yüzdesi 91,95 olarak hesaplanmıştır ki bu değer deneme sonuçları ile hesaplanan değere (%90,35) çok yakındır. % 15 nem azalmasının dikkate alındığı konuda hesaplanan ve tahmin edilen topraktan yıkanan toplam tuz yüzdesi değerleri arasındaki fark kuruma miktarının arttırılmasıyla kapanmıştır. Çünkü deneme sonuçlarında nem kaybı

arttırıldıkça daha düşük $EC_{1:5}$ değerleri ölçülürken, kuramsal model ile nem kaybı arttırıldıkça daha yüksek $EC_{1:5}$ değerleri hesaplanmış, bu nedenle en yaklaşık sonuçlar %45 nem azalmasının takip edildiği konularda görülmüştür (Çizelge 4.56).



Şekil 4. 36. Hafif bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

Kuramsal model sonuçları, denemeden elde edilen her bir yıkama uygulaması sonrasında kolonda oluşmuş tuz dağılımını I. dilim su uygulaması sonrasında tüm kolon boyunca başarı ile tahminlemiş, II. dilim su uygulamalarından sonra 20-60 cm'ler arasında, III. yıkamadan sonra ise 30-60 cm'ler arasında başarılı bir tahmin yapabilmektedir. Fakat, II. yıkama uygulaması sonrasında 0-20 cm'ler arasındaki tuz dağılımını, III. yıkama uygulaması sonrasında ise 0-30 cm'ler arasındaki tuz dağılımını saptayamamış, IV. ve V. uygulamalardan sonra ise kolon boyunca deneme sonuçları ile uyumlu tahminler yapamamıştır. Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,960 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.

4.2.2. Orta bünyeli toprakta tuz yıkanımı kuramsal model sonuçları

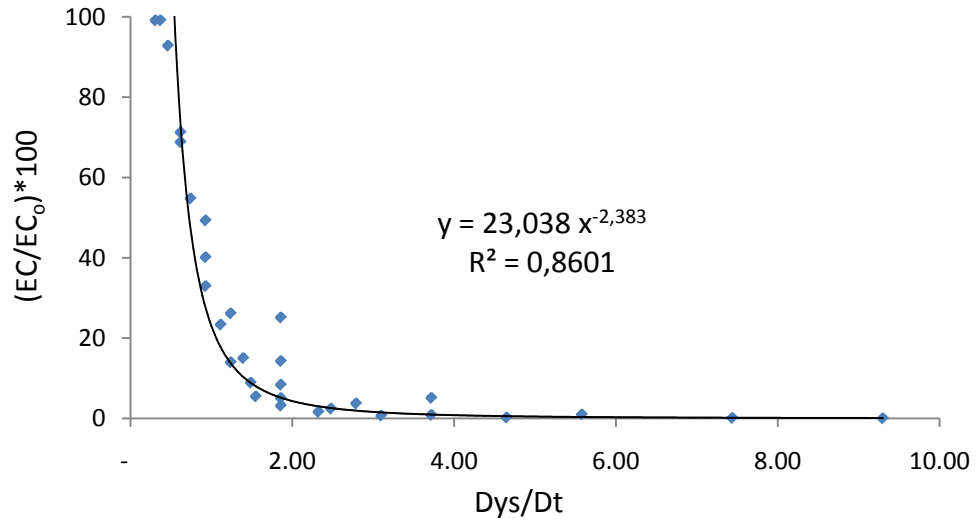
4.2.2.a. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu Çizelge 4.57’de verilmiştir. Sonuçlara göre, I. dilim su uygulanmasında gerek deneme sonuçlarında gerekse kuramsal model sonuçlarında su 50 cm’ye kadar inmiştir. Kolon dışına su çıkışı olmadığından tuz yıkanımı gerçekleşmemiştir ancak II. dilim ve sonrasında tuz yıkanımı başlamış ve artarak devam etmiştir.

Çizelge 4.57. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	75,19	18,90	3,83	0,72	0,08	0,01
10-20	0,17	18,25	6,92	2,08	0,56	0,14
20-30	0,17	16,67	9,00	3,53	1,18	0,36
30-40	0,17	16,48	10,63	5,04	2,00	0,71
40-50	0,17	4,90	11,16	6,35	2,92	1,18
50-60	0,17	0,17	10,78	7,32	3,87	1,75
0-60		12,56	8,72	4,17	1,77	0,69

Kuramsal model kullanılarak eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.37’de verilmiştir. $p < 0,001$ seviyesinde çok önemli bulunan ilişkiden yola çıkarak hızlı tuz yıkanım bölgesi Dys/Dt oranının 4 olmasına kadar devam etmiş ve bu oranda yıkanan tuz yüzdesi 93,01 olmuştur. Sabit tuz yıkanımının gerçekleştiği bölge de ise, en yüksek Dys/Dt oranının 10 olması durumunda, %3,81 artarak, %96,82’ye ulaşmıştır.



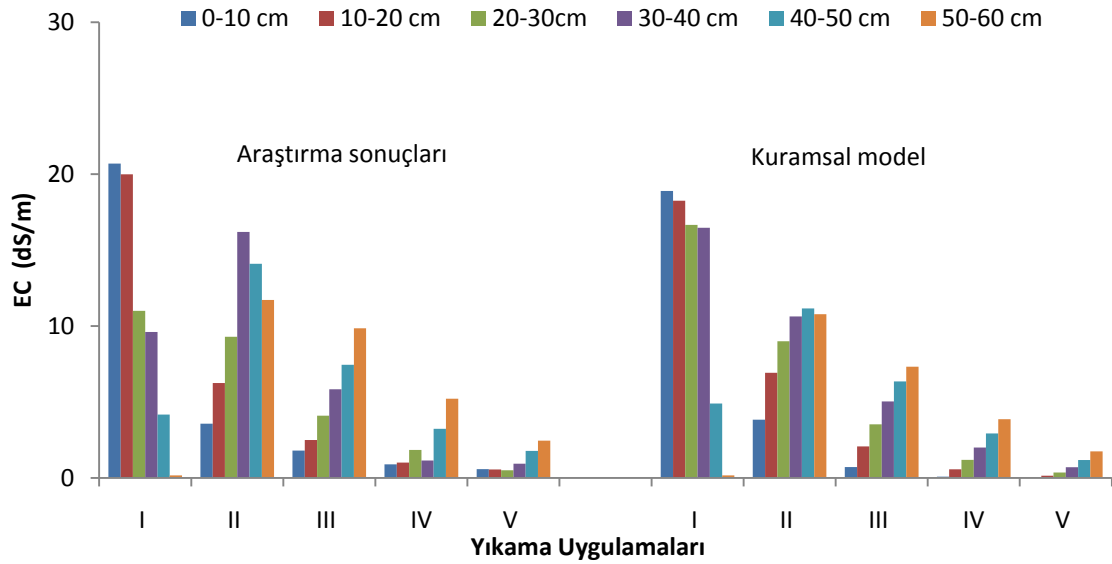
Şekil 4. 37. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Çizelge 4.58. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,99	74,87	20,04	4,14	0,85	0,09
0-20	99,80	50,71	35,03	10,55	2,86	0,65
0-30	99,32	28,76	45,10	17,76	5,96	1,74
0-40	98,39	7,17	52,71	25,11	9,96	3,44
0-50	96,84	0,87	44,37	31,40	14,46	5,74
0-60	94,54	0,87	30,31	35,88	18,97	8,51

Orta bünyeli toprakta eşit miktarlardaki yıkama suyu ve %15 nem azalması ile kuramsal modelin hesapladığı sonuçlara göre topraktan yıkanan toplam tuzun %94,54'ünün yıkanabileceği öngörülmektedir. Toplam yıkanan tuzlar, I. dilim su uygulanması hariç, diğer su dilimi uygulamalarının kısmi etkileri ile oluşturulmuş olup en yüksek etki, III.

dilim suyun uygulanması ile en az etki ise V. dilim su uygulanması ile elde edilmiştir (Çizelge 4.58).



Şekil 4. 38. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC_{1:5} değerleri

Orta bünyeli toprakta kuramsal modelin tüm yıkama uygulamaları sonrasında toprak katlarında hesaplanmış olduğu dağılım, deneme sonuçlarında yıkamalar sonrası toprak katlarında meydana gelen dağılımı büyük oranda yansıtmaktadır (Şekil 4.38). Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,929 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. I. yıkama uygulaması sonrasında, toprak kolonunda derinlikle azalan tuz miktarları hesaplanmış iken, II. ve devam eden yıkama uygulamalarında bu durum değişerek, tuz miktarı derinlikle artmıştır.

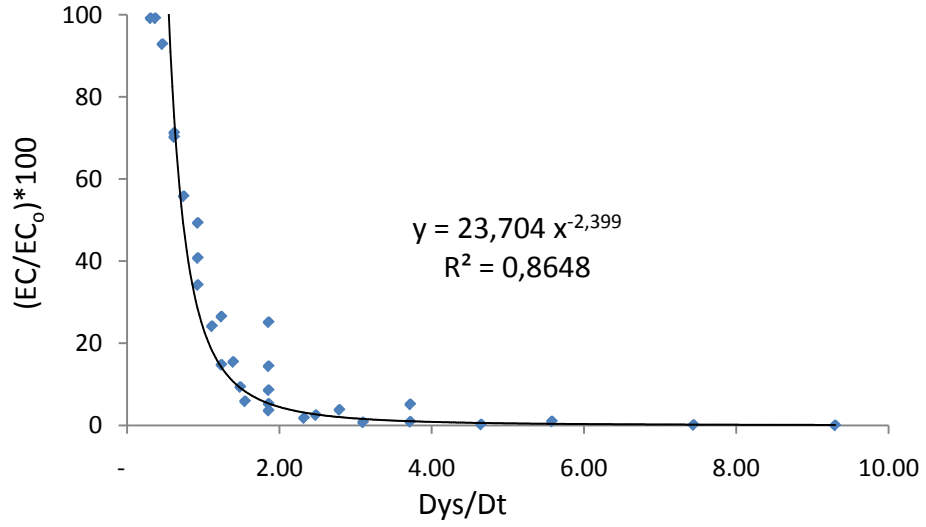
4.2.2.b. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Çizelge 4.59’da eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem dikkate alındığı koşullarda toprak kolonunda her uygulama sonrasında tahminlenen toprak tuzluluğu verilmiştir. %30 nem azalmasının dikkate alındığı I. dilim su uygulanmasında toprak yüzeyindeki tuzun 50 cm derinliğe incek kadar bir dağılımı öngörülmüş, 50-60 cm’lik derinliğin tuz miktarında ise bir değişiklik olmamıştır. Tuz yıkanımının gerçekleşmediği bu su diliminden sonra devam eden yıkama uygulamalarında kolon boyunca giderek artan bir tuz yıkanımı gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.59. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	75,19	18,90	3,85	0,73	0,08	0,01
10-20	0,17	18,25	7,00	2,12	0,58	0,15
20-30	0,17	16,67	9,15	3,63	1,23	0,38
30-40	0,17	16,48	10,85	5,21	2,10	0,75
40-50	0,17	4,90	11,47	6,62	3,10	1,27
50-60	0,17	0,17	11,06	7,66	4,13	1,91
0-60		12,56	8,90	4,33	1,87	0,74

Kuramsal model ile eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.39’de verilmiştir Verilen eşitlik model sonuçları ile çok önemli seviyede ($p<0,001$) uyum sağlamaktadır. Dys/Dt ’nin 1 olmasıyla yıkanan tuz yüzdesi 76,30 olarak elde edilirken, dönüm noktası olan Dys/Dt ’nin 3 olması durumunda ise yıkanan tuz yüzdesi 98,30 olarak öngörülmüştür. Sabit tuz yıkanımı bölgesi sonunda, yani Dys/Dt ’nin 10 olması durumunda ise %99,91 olabileceği tahminlenmiştir.



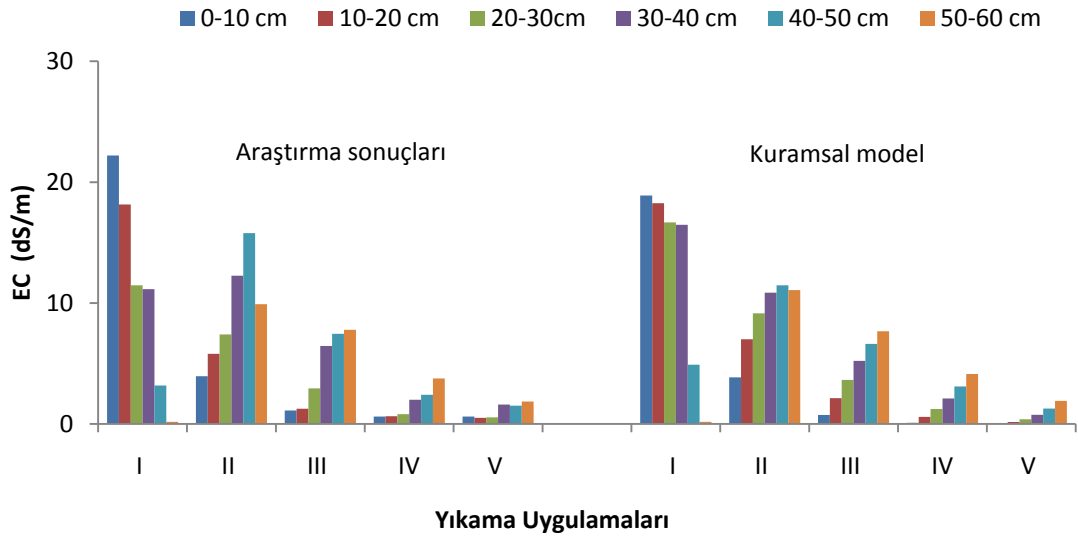
Şekil 4. 39. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Çizelge 4.60. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,99	74,87	20,00	4,16	0,86	0,10
0-20	99,78	50,71	34,89	10,62	2,90	0,66
0-30	99,25	28,76	44,76	17,90	6,07	1,76
0-40	98,20	7,17	52,08	25,30	10,18	3,47
0-50	96,40	0,87	43,33	31,65	14,80	5,74
0-60	94,13	0,87	28,91	36,05	19,42	8,88

Kuramsal model sonuçlarına göre orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri Çizelge 4.60'da verilmiştir. % 15 nem azalmasının dikkate alınarak yapılan tahminlerde olduğu gibi toplam yıkanan tuzlarda I. dilim su

uygulamasının etkisi olmazken, en büyük etki III. en az etki ise IV. dilim su uygulaması ile elde edilmiş olup, toplam yıkanan tuz yüzdesi 94,13 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. 40. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri Şekil 4.40'da verilmiştir. Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,944 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Tüm yıkama uygulamalarında elde edilen araştırma sonuçları, kuramsal modelin tabakalardaki tuz birikimi ve yıkanımına ilişkin ön gördüğü eğilimle önemli ölçüde uyum sağlamaktadır.

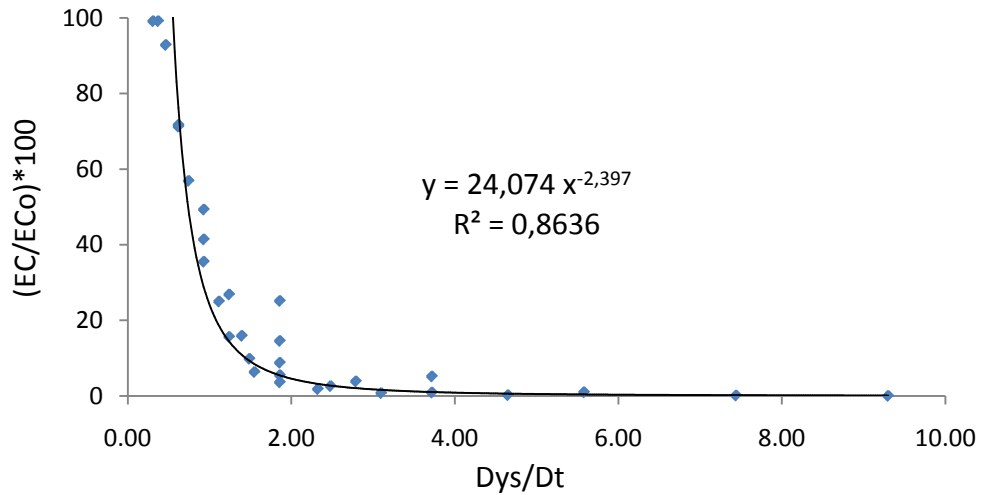
4.2.2.c. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit su miktarları ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu Çizelge 4.61' de verilmiştir. Diğer iki nem azalması konularında olduğu gibi, bu konuda

da ilk yıkama sonunda kolon dışına su çıkışının olmayacağı hesaplanmıştır. Kolondan tuzun uzaklaştırılması II. dilim su uygulaması ile başlamış ve devam eden yıkama uygulamaları ile devam etmiştir.

Çizelge 4.61. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 18,6	II 18,6	III 18,6	IV 18,6	V 18,6
0-10	75,19	18,90	3,88	0,74	0,08	0,01
10-20	0,17	18,25	7,09	2,16	0,60	0,16
20-30	0,17	16,67	9,30	3,73	1,28	0,40
30-40	0,17	16,48	11,08	5,40	2,20	0,80
40-50	0,17	4,90	11,80	6,91	3,29	1,37
50-60	0,17	0,17	11,36	8,03	4,41	2,08
0-60		12,56	9,08	4,50	1,98	0,80



Şekil 4. 41. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

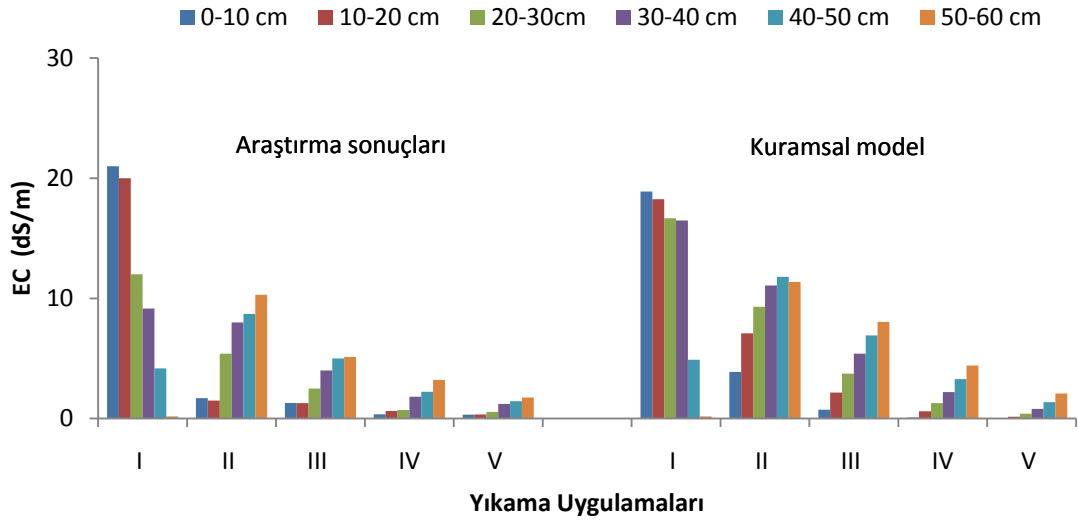
Şekil 4.41’de kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği verilmiştir. Eşitliğin sonuçlarla, çok önemli seviyede ($p < 0,001$) uyum sağladığı

görülmüştür. Dys/Dt 'nin 1 olması ile yıkanan tuz %75,93, Dys/Dt 'nin 10 olması durumunda, %99,9 değeri öngörülmektedir. Yine, burada da hızlı akış bölgesi ile, sabit yıkama bölgesini birbirinden ayıran nokta Dys/Dt oranının 3 olduğu noktadır.

Tüm yıkamalar sonunda eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %93,67'sinin uzaklaştırılabileceği kuramsal model ile hesaplanmıştır. I. dilim yıkama suyunun yıkanan tuz miktarı üzerine etkisi olmaz iken en yüksek etki III. dilim su yıkamasında görülmüştür. %15, %30 ve %45 nem azalmalarında, toplam tuz yıkamayı üzerinde görülen V. dilim su uygulamasının kısmi etkileri sırasıyla %8,51, %8,88 ve %9,28 olup, bu su diliminin uygulanmaması durumunda toplam yıkanan tuz yüzdesinde meydana getireceği azalma önemli olmayacağı için amaçlanan hedefe ulaşmada ilk dört su diliminin kısmi etkileri toplamı yeterli görülürse, son dilim yıkama suyunun uygulanıp uygulanmayacağı değerlendirilebilir. Benzer yaklaşım, deneme sonuçları değerlendirilirken de önerilmiştir. Kuramsal model sonuçlarına göre, nem kayıplarının artmasıyla hesaplanmış toplam topraktan yıkanan tuz yüzdesinde çok az bir azalmanın olduğu görülmüştür (Çizelge 4.62).

Çizelge 4.62. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		18,6	18,6	18,6	18,6	18,6
0-10	99,99	74,87	19,97	4,18	0,87	0,10
0-20	99,78	50,71	34,74	10,70	2,95	0,68
0-30	99,25	28,76	44,41	18,05	6,19	1,85
0-40	98,20	7,17	51,43	25,50	10,40	3,70
0-50	96,40	0,87	42,25	31,90	15,16	6,22
0-60	93,67	0,87	27,43	36,20	19,89	9,28



Şekil 4. 42. Orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

Kuramsal modelin yıkama dilimleri sonrasında göstermiş olduğu tuz birikim ve yıkım tahminlemesi, diğer nem seviyelerinde de olduğu gibi bu nem seviyesinde de araştırma sonuçlarına uyumlu bir şekilde yansımıştır. 0-20 cm'ler arasındaki tuz miktarı bu konuda diğer nem azalmalarının takip edildiği konulara göre farklı olarak II. yıkamanın sonunda elde edilmiştir. Eşit miktarda yıkama suyu uygulanarak yapılan aralıklı yıkamada, orta bünyeli toprakta kuramsal model sonuçları yürütülen deneme sonuçlarına çok büyük uyum sağlamıştır (Şekil 4.42). Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,952 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.

4.2.2.d. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda arttırılmış ve %15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

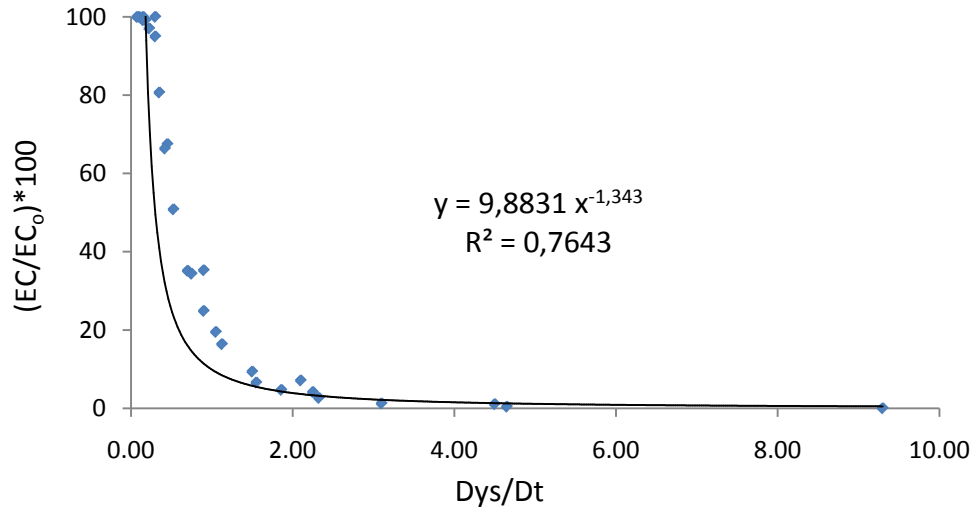
Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması koşullarında elde edilen kolon derinliklerine bağlı hesaplanmış $EC_{1:5}$ değerleri Çizelge 4.62'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere, I. dilim su

uygulamasında, başlangıçta toprak yüzeyinde 0-10 cm’de yoğunlaştırılan tuz, su akışı olmadığından tuzun aynı tabakada kalacağı hesaplanmıştır. II. dilim su uygulaması ile, tuzların, 50 cm derinliğe kadar dağılımı sağlanmış ancak kolondan tuz yıkınımı henüz başlamamış, yıkama işleminin ise ancak III. dilim suyun uygulanması ile başlayacağı öngörülmüştür.

Çizelge 4.63. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	75,19	75,19	26,52	5,35	0,80	0,01
10-20	0,17	0,17	24,35	9,35	2,34	0,30
20-30	0,17	0,17	20,89	11,85	3,95	0,63
30-40	0,17	0,17	1,71	11,94	5,32	1,07
40-50	0,17	0,17	1,72	11,85	6,46	1,56
50-60	0,17	0,17	0,17	10,99	7,26	1,44
0-60		12,67	12,56	10,22	4,35	0,83

Orta bünyeli toprakta kuramsal model ile eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.43’de verilmiş ve eşitliğin sonuçlarla $p<0,001$ seviyesinde uyum sağladığı görülmüştür. Hızlı tuz yıkınımı, $Dys/Dt=3$ oranının altındaki değerlerde gerçekleşmiş, bu oranın üzerindeki değerlerde ise sabit tuz yıkınımının gerçekleşeceği hesap edilmiştir. Dys/Dt ’nin 1 olması durumunda yıkanan tuzların yüzdesi, 90,12 iken, Dys/Dt oranının 10 olması durumunda yıkanan tuzun yüzdesi 99,55 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. 43. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

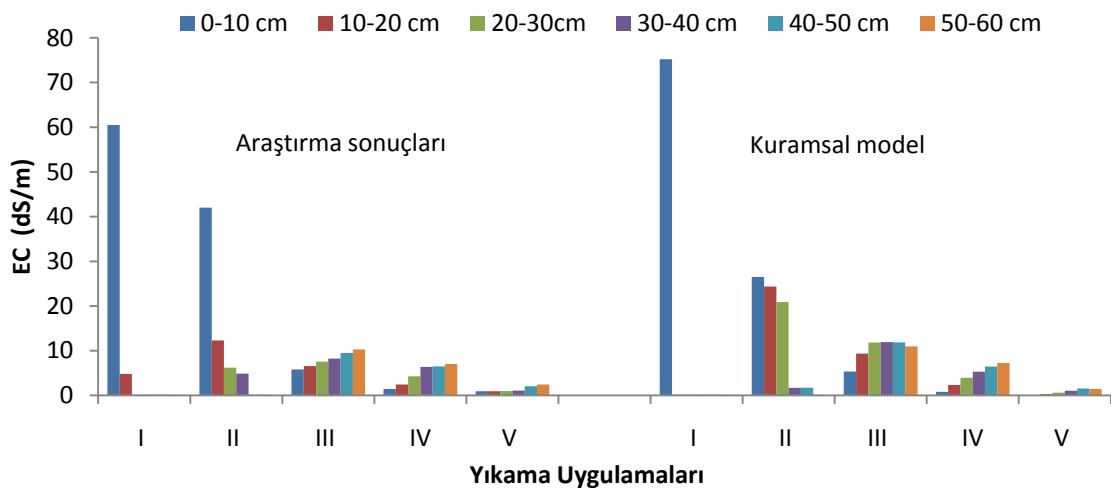
Kuramsal model ile hesaplanan sonuçlara göre orta bünyeli toprakta yıkama suyunun eşit oranlarda arttırılmış şekliyle %15 nem azalmaları dikkate alınarak yıkama suyunun uygulanması ile kolon boyunca mevcut tuzların %93,41'inin yıkanabileceği görülmektedir (Çizelge 4.64).

Çizelge 4.64. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	99,99	0,00	64,73	28,15	6,05	1,05
0-20	99,59	0,00	32,50	47,99	15,34	3,75
0-30	98,75	0,02	4,99	59,85	25,76	8,14
0-40	97,35	0,03	2,95	46,20	34,43	13,74
0-50	95,29	0	0,90	32,76	41,49	20,16
0-60	93,41	0	0,89	18,46	46,31	27,77

I.ve II. dilim su uygulamalarının kolondan tuz yıkanımına etkisi olmaz iken, yıkanım III., IV. ve V. dilim su uygulamaları ile gerçekleştirilecek, ve en büyük etkinin ise %46,31 ile IV. su uygulama diliminde görüleceği tahminlenmiştir. Deneme sonuçlarında da yıkama uygulamalarının kısmi etkileri benzer eğilim göstermiştir (Çizelge 4.64).

Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri Şekil 4.44’de verilmiştir. Kuramsal model sonuçlarının tahminlediği yıkamalara ve katmanlara bağlı değerler, deneme sonuçları ile büyük oranda paralellik sağlamasına karşın, I. dilim suyun uygulanmasında 0-10 cm’ler dışına tuz taşınımının olmaması yönündeki öngörüsü araştırma sonuçları ile uyum sağlamamaktadır. Bu durum, kuramsal model hesaplamasında tabakalar arasındaki geçişin toprak neminin ilk uygulamalar sonrasında tarla kapasitesine erişmesi koşuluyla gerçekleşeceğini kabul etmesine karşın gerçekte suyun mikro gözeneklerle fazla temas etmeksizin makro gözenekler aracılığıyla akışı ile açıklanabilir. Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,931 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 44. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

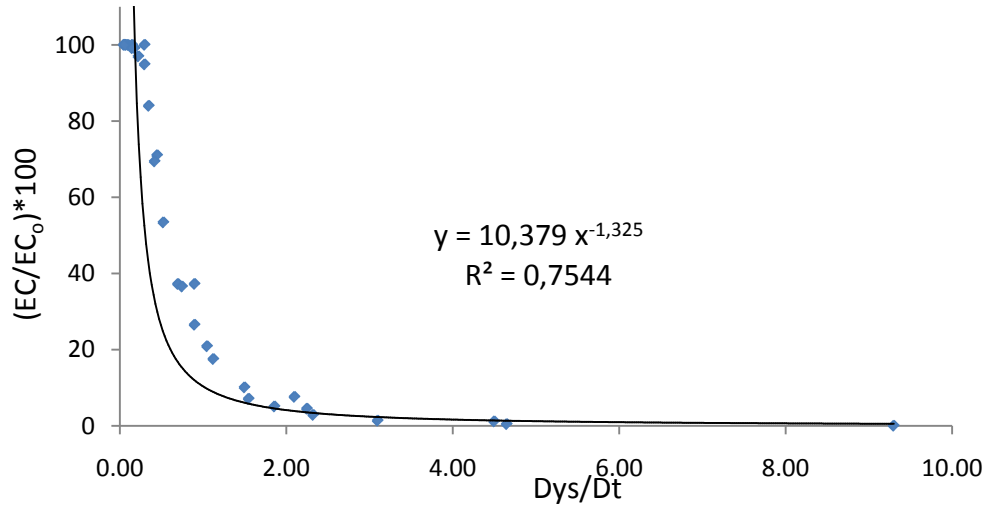
4.2.2.e. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda arttırılmış ve %30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu Çizelge 4.65’de verilmiştir. %15 nem azalmasıdaki hesaplanan değerlere göre sonuç tablosunun neredeyse aynı şekilde belirttiği görülmektedir. Bu konuda da I. ve II. dilim su uygulamalarında kolon dışına su çıkışı olmadığından yıkama gerçekleşmemiştir fakat bu dilimlerde sular kolon içinde tuz dağılımını sağlamış ve 50 cm’ye kadar tuz hareketlerini meydana getirmişlerdir.

Çizelge 4.65. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	75,19	75,19	28,00	5,71	0,87	0,01
10-20	0,17	0,17	25,52	10,03	2,52	0,32
20-30	0,17	0,17	18,13	12,38	4,23	0,68
30-40	0,17	0,17	1,76	12,31	5,66	1,15
40-50	0,17	0,17	1,77	12,21	6,85	1,68
50-60	0,17	0,17	0,17	11,21	7,67	1,55
0-60		12,67	12,56	10,64	4,63	0,90

Dys/Dt ile (EC/EC₀*100) değerleri arasında çizilen yıkama eğrisi eşitliği $p < 0,001$ seviyesinde sonuçlarla uyum sağlamıştır (Şekil 4.45). Dys/Dt oranının, 3 değerine kadar tuzlar hızlı bir şekilde yıkanmış ancak bu değerden daha yüksek oranlarda, tuz yıkanımı sabitleşerek devam etmiştir. Dys/Dt’nin, 1 ve 10 oranları için, yıkanan tuz yüzdeleri 89,62 ve 99,51 olarak hesaplanmıştır.



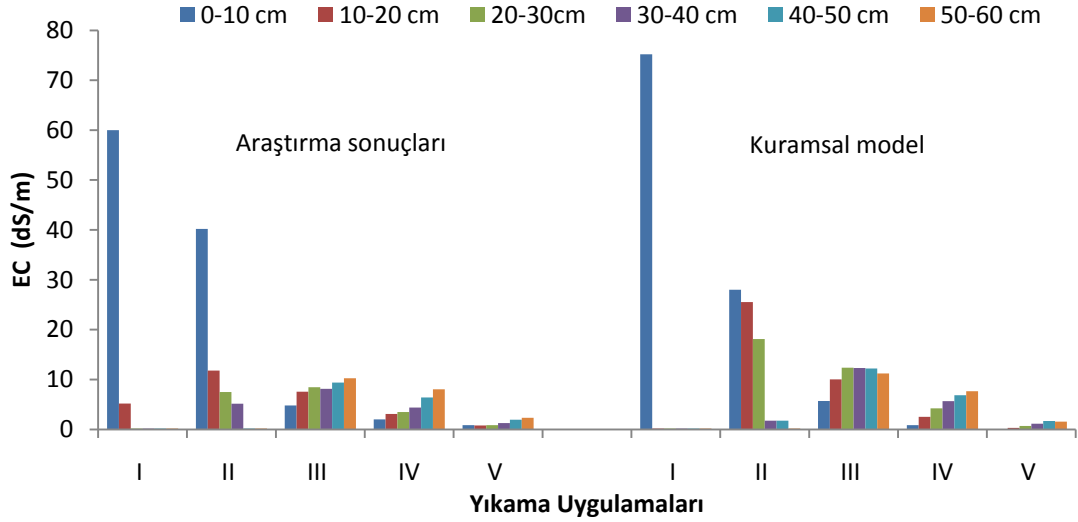
Şekil 4.45. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Çizelge 4.66. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Topraktan yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	99,99	0,00	62,76	29,65	6,44	1,14
0-20	99,56	0,00	28,97	50,14	16,39	4,05
0-30	98,65	0,02	5,13	57,63	27,15	8,73
0-40	97,14	0,03	3,01	43,57	35,86	14,67
0-50	94,93	0	0,90	29,73	42,88	21,45
0-60	92,90	0	0,89	15,14	47,43	29,46

Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri 4.66'da verilmiştir. Eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun kuramsal modelle hesaplanan uzaklaştırılmış tuz yüzdesi tüm yıkamalar sonunda %92,90 olarak hesaplanmış iken, I.

ve II. dilim su uygulamalarının bu orana katkı sağlamadığı, en yüksek katkının ise IV. dilim su uygulaması ile elde edildiği hesaplanmıştır.



Şekil 4.46. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri Şekil 4.46’da verilmiştir. Kuramsal model sonuçlarında %15 nem azalması konusunda olduğu gibi ilk iki yıkama uygulaması olan 3 cm ve 6 cm’lik suyun tabakalar arasındaki hareketinin tahminlenmesinde deneme sonuçlarından elde edilen sonuçlara göre sapmalar olur iken, III., IV. ve V. dilim su uygulamalarında öngörülen sonuçlar daha uyumlu olmuştur. Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,949 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.

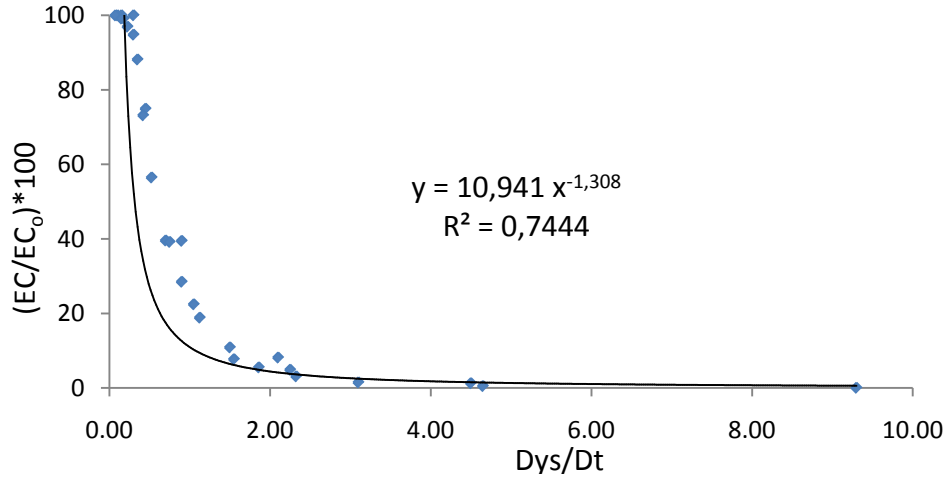
4.2.2.f. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda arttırılmış ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu $EC_{1:5}$ değerleri Çizelge 4.67’de verilmiştir. %15 ve %30 nem azalmasını dikkate alan konularda olduğu gibi %45 nem azalması ile hesaplanan değerlerde de yine I. ve II. dilim su uygulamaları sonunda kolon dışına çıkış olmamış, devam eden uygulamalarla yıkama süreci tamamlanmıştır.

Çizelge 4.67. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 3,00	II 6,00	III 12,00	IV 24,00	V 48,00
0-10	75,19	75,19	29,66	6,11	0,94	0,01
10-20	0,17	0,17	26,80	10,79	2,73	0,35
20-30	0,17	0,17	15,14	12,98	4,54	0,74
30-40	0,17	0,17	1,79	12,87	6,06	1,24
40-50	0,17	0,17	1,79	12,74	7,33	1,82
50-60	0,17	0,17	0,17	11,51	8,18	1,68
0-60		12,67	12,56	11,17	4,96	0,97

Şekil 4.47’de kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit miktarlarda yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği verilmiştir. Eşitliğin sonuçlarla, çok önemli seviyede ($p<0,001$) uyum sağladığı görülmüştür.



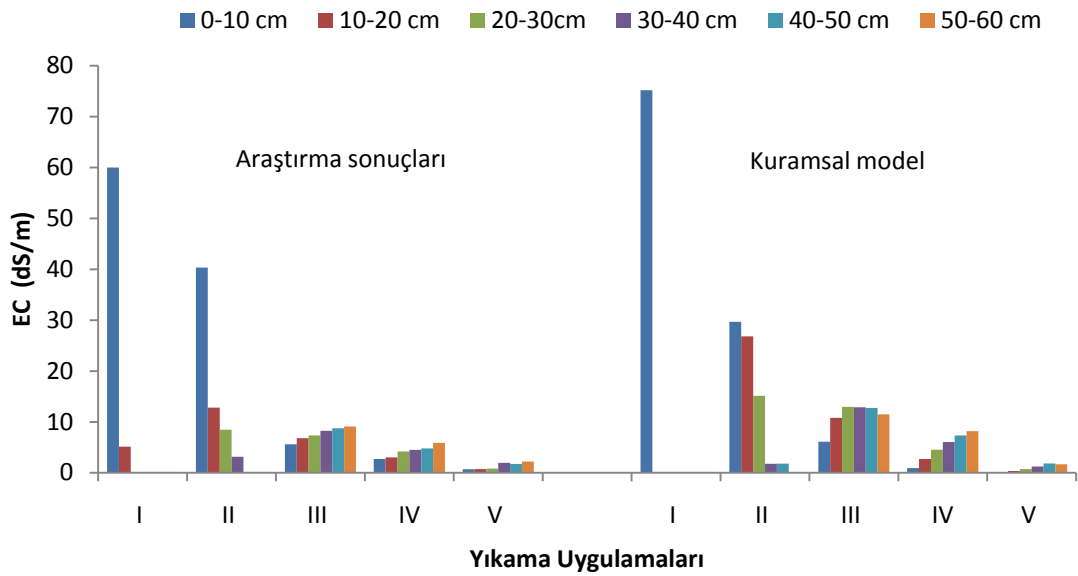
Şekil 4.47. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tuz yıkanım yüzdesinin, %89,06'dan %99,46'ya yükselmesi ancak Dys/Dt 'nin 1'den 10' a yükseltilmesi ile elde edileceği hesaplanmıştır. Deneme sonuçlarında ise, Dys/Dt değerinin 1'den 10'a çıkarılması ile tuz yıkanım yüzdesi %81,60'dan %97,68'e çıkmaktadır. Dys/Dt oranının 3'ten küçük olduğu durumlarda daha etkin bir yıkama meydana gelmişken, bu oran büyüdükçe tuz yıkanımı oldukça düşerek sabit bir seviyeye ulaşmıştır (Şekil 4.47).

%15 ve %30 nem azalmasının dikkate alındığı aynı konuların kolondan tüm yıkamalardan sonra uzaklaştırmış olduğu tuz yüzdesi giderek azalmış ve %45 nem azalmasının dikkate alındığı bu konuda %92,31 değerine ulaşmıştır. Yıkanan tuzun, %48,96 oranı ile, en büyük etki IV. dilim su uygulanması ile elde edilmiş I. ve II. dilim su uygulamalarının etkisi olmamıştır. Benzer eğilim deneme sonuçları ile elde edilen tuz yıkanım oranına yıkama uygulamalarının kısmi etki oranlarında da görülmüştür (Çielge 4.68).

Çizelge 4.68. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		3,00	6,00	12,00	24,00	48,00
0-10	99,99	0,00	60,55	31,32	6,88	1,23
0-20	99,52	0,00	25,08	52,49	17,56	4,39
0-30	98,54	0,01	5,20	55,24	28,69	9,41
0-40	96,91	0,03	3,04	40,47	37,62	15,75
0-50	94,51	0	0,90	25,97	44,69	22,98
0-60	92,31	0	0,90	11,00	48,96	31,48



Şekil 4.48. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda arttırılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen EC_{1:5} değerleri

Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,934 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür. Kuramsal model sonuçları ile II., III. ve

V. dilim su uygulamalarında elde edilen eğilimler yürütülen deneme sonuçları ile uyum sağlamış iken, II. dilim suyun uygulanmasının ardından kuramsal model tuzun 50 cm derinliğe kadar tuzun hareket edebileceğini hesaplamış iken deneme sonuçlarında II. dilim suyun tuzları ancak 40 cm derinliğe hareket ettirebildiği görülmüştür. Bunun yanı sıra, I. dilim yıkama uygulamasının kolon derinliklerinde meydana getirmiş olduğu kuramsal model ile deneme sonuçları arasında meydana gelmiş farklılık %15 ve %30 nem azalması dikkate alınmış konulardan farklı olmamıştır.

4.2.2.g. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

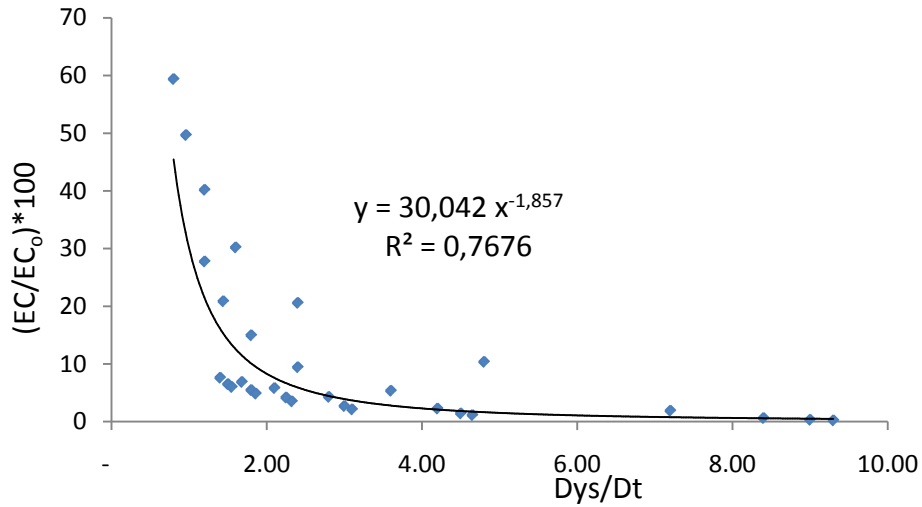
Eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu Çizelge 4.69’da verilmiştir. Topraktan tuz yıkananımı I. dilim suyun uygulanması ile başlamış ve önemli oranda bir tuz yıkanımı gerçekleştirilmiştir. Devam eden su uygulamalarında ise yıkama giderek azalan miktarlarda olmuştur.

Çizelge 4.69. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, EC _{1:5} (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	75,19	7,45	1,15	0,29	0,12	0,07
10-20	0,17	7,35	2,29	0,91	0,50	0,35
20-30	0,17	6,66	3,04	1,54	0,98	0,76
30-40	0,17	7,18	3,76	2,20	1,56	1,30
40-50	0,17	6,63	4,26	2,83	2,18	1,91
50-60	0,17	6,99	4,74	3,42	2,80	2,54
0-60		7,04	3,21	1,87	1,35	1,15

Şekil 4.49’da kuramsal model ile eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği verilmiştir. Eğriye ait eşitlik $p < 0,001$ seviyesinde çok önemli bulunmuştur. Bu konuda, I. dilim su uygulaması sonucunda kolon boyunca elde edilen değerler diğer yıkama uygulamaları sonucunda elde edilen değerlerden farklı bir eğilim göstermektedir. Benzer durum deneme sonuçları ile çizilen yıkama eğrisinde de görülmüştür.

Dys/Dt’nin 1 olması durumunda %69,96 oranında tuz yıkanımı hesaplanan kuramsal model sonuçlarında, Dys/Dt değerinin 10’a çıkması ile elde edilen tuz yıkanım yüzdesi 99,58’e çıkmaktadır. Kuramsal model Dys/Dt oranındaki artışa karşın %29,62 oranında bir artış öngörürken, deneme sonuçlarında ise Dys/Dt oranının aynı miktardaki artışı ile elde edilen değer 27,19 olmuştur.



Şekil 4.49. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

%15 nem azalması ve eşit oranlarda azaltılmış su miktarları ile topraktan yıkanan toplam tuzun yüzdesi üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri hesaplanmış ve Çizelge 4.70’de verilmiştir. Buna göre, tüm yıkamalar sonunda toprak kolonundan toplam uzaklaştırılan tuzların yüzdesi 90,90 olarak hesaplanmıştır. Aynı değer denemede %86,50 olarak bulunmuştur. Toplam yıkanan tuz miktarı üzerine en büyük

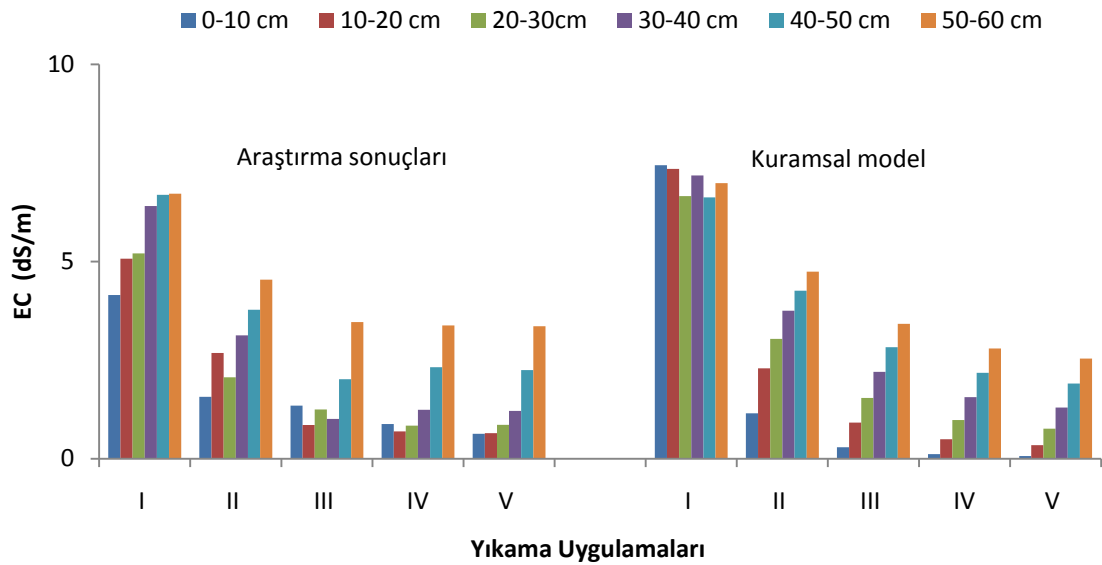
etki 48cm'lik I. dilim su uygulaması ile sağlanmış ve azalan miktarlardaki yıkama suyu dilimleri ile bu etki azalarak devam etmiştir. I., II. ve III. dilim yıkama suyu uygulamalarında elde edilen tuz yıkama yüzdesi 85,26 olarak hesaplanmış ve son iki yıkamada elde edilen tuz yüzdesinin 5,64 olarak hesaplanması, son iki yıkama uygulamasının kaldırılabilceğini kolaylıkla önermekte iken, %10,58 kısmi etkiye sahip olan III. dilim su uygulanmasının ise ilk iki yıkama uygulamasında elde edilen başarı yeterli görülürse yıkama işleminin II. dilim suyun uygulanmasından sonra sonlandırılabilceği çıkarımı yapılabilir.

Çizelge 4.70. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %15 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprak yıkama tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,91	90,10	8,37	1,14	0,23	0,06
0-20	99,45	80,37	15,06	2,97	0,79	0,26
0-30	98,45	71,60	19,82	4,95	1,53	0,55
0-40	96,73	62,18	24,30	6,99	2,37	0,90
0-50	94,23	53,50	27,38	8,86	3,23	1,26
0-60	90,90	44,41	30,27	10,58	4,05	1,59

Kuramsal model ile hesaplanan sonuçlar araştırma sonuçları ile karşılaştırıldığında, kuramsal modelin I. dilim suyun toprak kolonunun ilk katmanlarda yıkamış olduğu tuz miktarını tahminleyemediği görülmektedir. I. yıkamanın kuramsal model çıktılarında tüm kolonda meydana getirmiş olduğu dengeli dağılım modelin kolondaki toplam tuz miktarı ile 48 cm'lik yıkama suyunun tam olarak karışıp tüm kolonda aynı konsantrasyonda suyun geçişini kabullenmesinden kaynaklanmaktadır. Gerek kuramsal model sonuçları gerekse denemeden elde edilen sonuçlar azalan miktarlarda kullanılmış yıkama suyunun kolon derinliklerinde daha yüksek tuz birikimi meydana getirdiğini

paralel bir şekilde ortaya koymuşlardır. Yıkama suyunun giderek az miktarda uygulanması deneme sonuçlarında III. dilim suyun uygulanmasından sonra kolon alt tabakalarında değişiklik oluşturmazken kuramsal model hesaplarında her bir uygulama kolon derinliklerinde değişime neden olmaya devam etmiştir. Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,935 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.



Şekil 4.50. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %15 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

4.2.2.h. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Eşit oranda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu Çizelge 4.71’de verilmiştir. Yıkama I. dilim suyun uygulaması ile başlamış ve I. uygulama sonunda kolonda ortalama tahminlenen $EC_{1:5}$ değeri 7,04 dS/m hesaplanırken, II. dilim su uygulaması ile 3,25 dS/m’ye düşmüştür. Devam eden yıkama

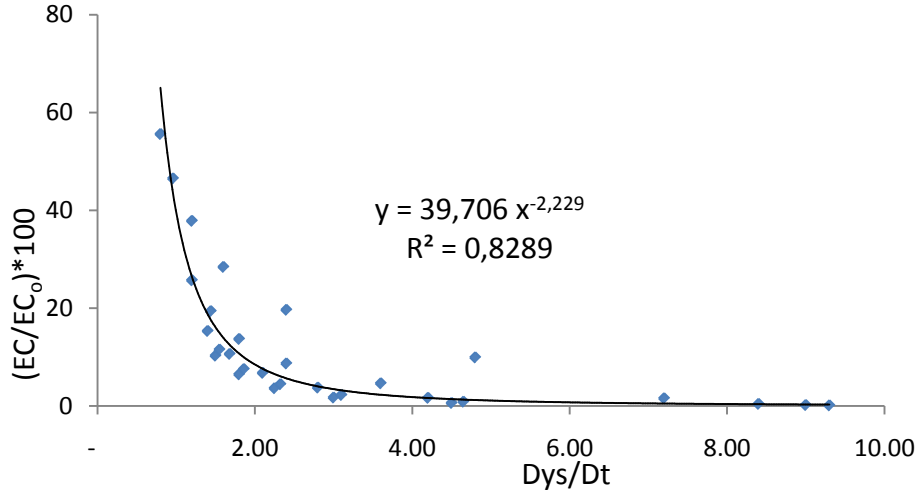
uygulamaları bu derece yıkama sağlayamamış fakat $EC_{1:5}$ değerlerini nispeten düşürmeye devam etmiştir.

Çizelge 4.71. Orta bünyeli toprakta eşit oranda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	75,19	7,45	1,16	0,30	0,12	0,07
10-20	0,17	7,35	2,31	0,93	0,52	0,37
20-30	0,17	6,66	3,07	1,59	1,04	0,84
30-40	0,17	7,18	3,81	2,28	1,67	1,45
40-50	0,17	6,63	4,33	2,95	2,35	2,16
50-60	0,17	6,99	4,84	3,59	3,05	2,91
0-60		7,04	3,25	1,94	1,46	1,30

Eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması koşullarında kuramsal model aracılığı ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.51’de verilmiştir. Eğriye ait eşitlik elde edilen sonuçlarla $p<0,001$ seviyesinde uyumlu bulunmuştur. Bu yöntemde hızlı tuz yıkanımı bölgesini sabit yıkanım bölgesinden ayıran Dys/Dt oranı 4 olarak görülmektedir.

Bu nedenle, isabetli bir Dys/Dt oranının seçiminde 4’ten küçük değerler alınmalıdır. Dys/Dt oranının arttırılması ile, yıkanan tuz yüzdesi, belirgin bir şekilde artmaktadır. Örneğin Dys/Dt oranının 1 olması durumunda yıkanan tuz yüzdesi 60,4 iken, Dys/Dt oranının 10 olması durumunda %99,76 olmuştur. Bu 39,36’lık farkın, 37,79’u hızlı tuz yıkanım bölgesine ait, arta kalan 1,57’lik kısım ise sabit yıkanım bölgesine aittir (Şekil 4.51).



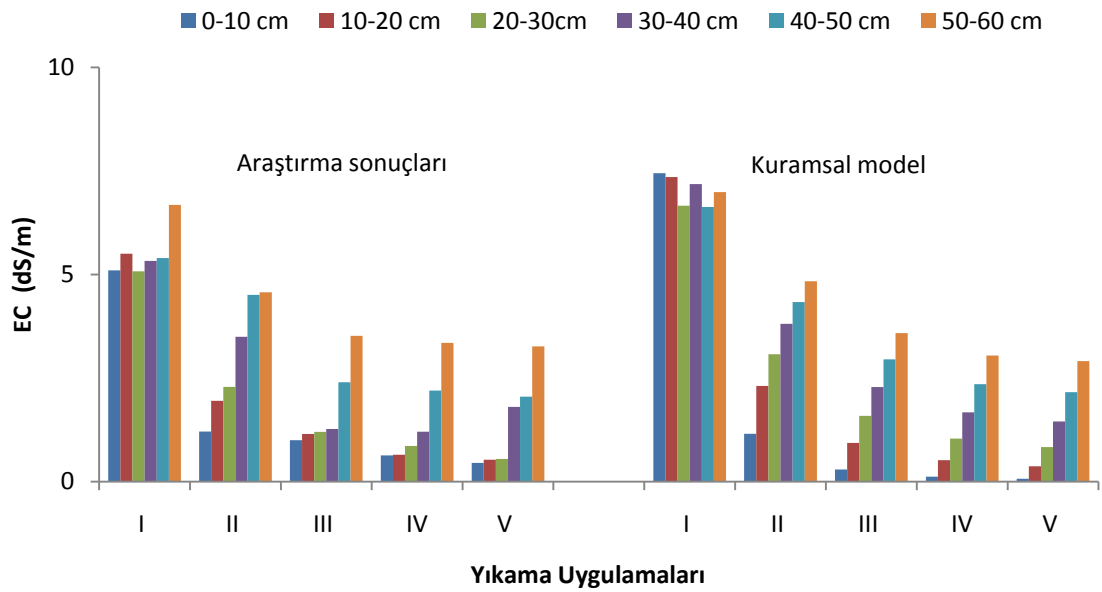
Şekil 4.51. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Kuramsal model ile hesaplanan sonuçlar, tuz yıkamanının bu yöntemle gerçekleştirilmesi durumunda toprak kolonunda toplam tuzlarının %89,74' lük bir miktarının yıkanabileceğini göstermektedir (Çizelge 4.72). Toplam tuz yıkamını üzerine en büyük etki I. dilim su uygulaması ile sağlanacağı öngörülmüş devam eden yıkamalarda kısmi etkilerin azalarak görüleceği tahminlenmiştir. Kuramsal modelin hesapladığı sonuçlara bakılarak, son iki dilim su uygulamalarının kısmi etkilerinin çok düşük olması nedeniyle yıkama programından kaldırılabilmesi önerilebilir.

Yüzde 30 nem azalmasının ve eşit oranlarda azaltılmış yıkama sularının toprak kolonunda her bir yıkama sonrasında meydana getirdiği ve kuramsal modelin tahminlediği tuz dağılımı Şekil 4.52'de görülmektedir. %15 nem azalmasının dikkate alındığı uygulamada ilk yıkama sonrasında kolonda meydana gelen dağılımda kuramsal modelden ayrılır şekilde derinlikle azalan bir tuz miktarından bahsedilmiştir. Kuruma seviyesinin artmasıyla kolon içerisinde difüzyon ile gerçekleşmiş olabileceği düşünülen tuz hareketi sayesinde deneme sonuçlarında kolon derinliklerinde kararlı bir durum oluşmuş ve böylelikle kuramsal model tuz dağılımını tahminleri daha yaklaşık sonuçlar vermiştir.

Çizelge 4.72. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %30 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,91	90,10	8,36	1,15	0,23	0,06
0-20	99,42	80,37	15,03	2,97	0,79	0,26
0-30	98,31	71,60	19,74	4,94	1,51	0,53
0-40	96,40	62,18	24,15	6,94	2,32	0,81
0-50	93,56	53,50	27,13	8,75	3,10	1,07
0-60	89,74	44,41	29,90	10,38	3,81	1,24



Şekil 4.52. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %30 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

Deneme sonuçlarında eşit oranlarda azaltılan yıkama suyu miktarları toprak kolonundaki 0-30 cm'ler arasında yıkama alt katmanlarda ise birikim olarak adlandırılabilir bir ayırım oluşturmuş iken kuramsal model böyle bir tuz dağılımı

oluşturmamıştır (Şekil 4.52). Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,967 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.

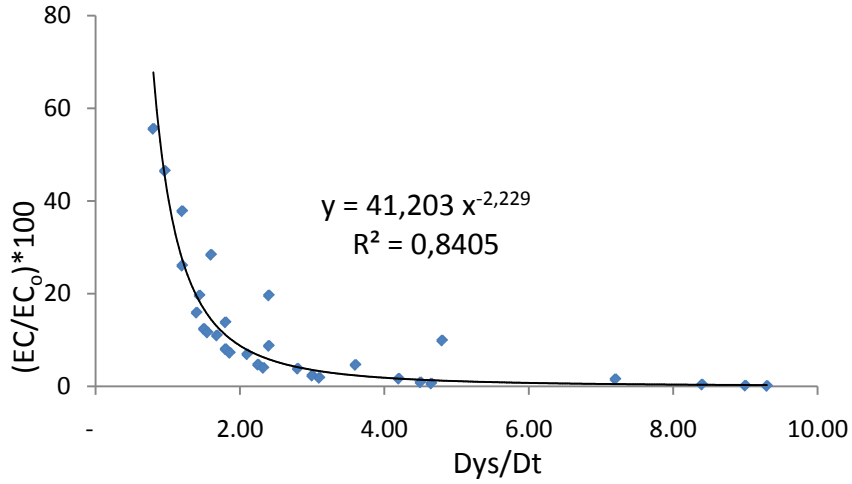
4.2.2.1. Kuramsal modelin orta bünyeli toprakta eşit oranda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması koşullarında değerlendirilmesi

Eşit oranda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu Çizelge 4.73’de verilmiştir. % 15ve %30 nem azalmalarının dikkate alındığı konularda görülen eğilim bu konuda da elde edilmiştir fakat daha önce belirtildiği gibi kuramsal model ile artan nem azalmalarında daha yüksek $EC_{1:5}$ değerleri hesaplanmaktadır.

Çizelge 4.73. Orta bünyeli toprakta eşit oranda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile başlangıç ve belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra tahminlenen kolon derinliklerindeki toprak tuzluluğu

Toprak derinliği (cm)	Belirtilen yıkama suyu uygulamalarından sonra toprak tuzluluğu, $EC_{1:5}$ (dS/m)					
	Yıkama suyu miktarı (cm)					
	Başlangıç	I 48,00	II 24,00	III 12,00	IV 6,00	V 3,00
0-10	75,19	7,45	1,16	0,30	0,12	0,07
10-20	0,17	7,35	2,33	0,95	0,54	0,40
20-30	0,17	6,66	3,11	1,63	1,10	0,92
30-40	0,17	7,18	3,87	2,37	1,79	1,63
40-50	0,17	6,63	4,41	3,08	2,55	2,46
50-60	0,17	6,99	4,93	3,76	3,33	3,36
0-60		7,04	3,30	2,02	1,57	1,47

Eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği Şekil 4.53’de verilmiştir. Verilen eşitlik ile elde edilen sonuçlar arasındaki ilişki $p<0,001$ seviyesinde önemli bulunmuştur.



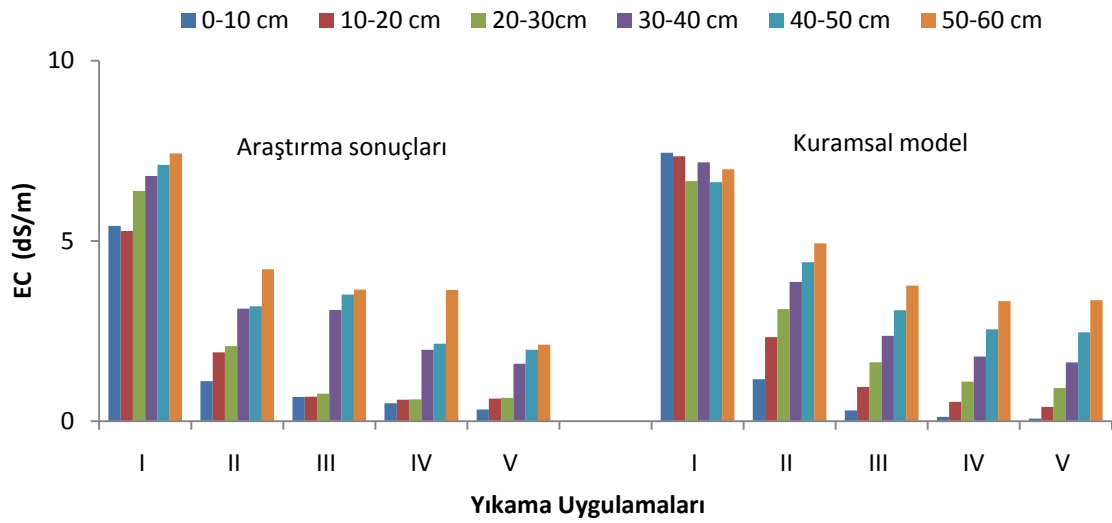
Şekil 4.53. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile tahminlenen değerlerden elde edilen yıkama eğrisi ve eşitliği

Grafik incelendiğinde, ilk yıkama suyu miktarına ait olan değerlerin ikinci bir yıkama eğrisi oluşturabilecek dağılım gösterdiği görülmektedir. Dys/Dt oranının 1 olması durumunda elde edilen yıkanan tuz yüzdesi 58,80 iken, bu değer deneme sonuçlarında %67,13 olarak hesaplanmıştır. Fakat artan Dys/Dt oranlarında kuramsal model tahminleri ile deneme sonuçları birbirine yaklaşmakta örneğin Dys/Dt oranının 4 olması durumunda kuramsal model yıkanan tuz yüzdesini 98,13 hesaplar iken deneme sonuçlarında bu değer %97,51 olarak hesaplanmıştır.

Kuramsal modele göre elde edilen toplam yıkanan tuz yüzdelerinin her yıkama sonunda yıkamaların kısmi etkileri ve tüm yıkamalar sonunda tahminlenen yüzdeleri Çizelge 4.74'de verilmiştir. Tüm yıkamalar sonunda toprak kolonundan yıkanması öngörülen tuz miktarının toplam tuz miktarına oranı %88,36 olur iken, bu değerde her bir uygulamaya ait kısmi etkiler incelendiğinde, I. dilim uygulaması %44,41 oranı ile en yüksek etkiye sahiptir. Yine diğer nem azalması konularında olduğu gibi son iki uygulamanın kısmi etkileri toplam oranda çok az bir paya sahip olduğundan, bu dilim su uygulamaları yapılmayabilir.

Çizelge 4.74. Kuramsal model ile orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu ve %45 nem azalması ile topraktan yıkanan toplam tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri

Toprak derinliği (cm)	Başlangıca göre topraktan yıkanan tuzun %'si üzerine yıkama suyu dilimlerinin kısmi etkileri					
	Toprakтан yıkanan tuzun %'si	Yıkama suyu dilimleri (cm)				
		I	II	III	IV	V
		48,00	24,00	12,00	6,00	3,00
0-10	99,90	90,10	8,36	1,15	0,24	0,06
0-20	99,37	80,37	15,00	2,97	0,79	0,25
0-30	98,16	71,60	19,66	4,92	1,49	0,49
0-40	96,01	62,18	24,00	6,89	2,25	0,70
0-50	92,77	53,50	26,88	8,63	2,94	0,81
0-60	88,36	44,41	29,53	10,15	3,50	0,77



Şekil 4.54. Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri

Orta bünyeli toprakta eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ve %45 nem azalması ile kolon derinliklerinde ölçülen ve tahminlenen $EC_{1:5}$ değerleri Şekil 4.54’de verilmiştir. Kuramsal model ile denemeden elde edilen sonuçlar korelasyon analizi ile

karşılaştırılarak korelasyon katsayısı 0,957 olarak hesaplanmış ve aralarında çok önemli pozitif doğrusal bir ilişki olduğu görülmüştür.

I. dilim suyun uygulanmasından sonra %45 nem azalmasının beklendiği II. uygulamanın yapılmasına kadar geçen süreçte yıkama devam ettiğinden tuzun kolon derinliklerine hareketi devam etmiştir. Gözeneklerin doygun olduğu durumda kolonda kuruma seviyesine ulaşılan kadar geçen süreç içerisinde devam eden yıkama ve oluşan tuz dağılımı deneme sonuçlarında her bir nem azalma seviyesinde farklılıklar göstererek izlenebilmesine rağmen, kuramsal model sonuçları tüm nem azalmalarında aynı eğilimi göstermiştir. Devam eden yıkama uygulamalarında kuramsal model genel eğilimi belirleyebilmesine karşın, azalan yıkama suyu miktarlarının tüm kolonda hareket oluşturamadığı yalnızca 0-30 cm'lerden tuzu uzaklaştırarak 30-60 cm'ler arasında biriktirmiş olmasını tahminleyememiştir.

5. SONUÇ

Faklı kuruma seviyelerine bağılı olarak eşit miktarlarda, eşit oranlarda arttırılmış ve azaltılmış su miktarlarıyla aralıklı olarak hafif ve orta bünyeli toprakta laboratuvar koşullarında yürütölmüş yıkama uygulamalarının incelenen toprak kolonlarındaki tuz yıkanımının derinliğe bağılı olarak değışimleri değerdendirilmiştir. Yıkama denemeleri süresince, yıkama eğilimi yöntemlere göre farklılıklar göstermiş fakat bu eğilim her bir yöntemin kendi içerisinde farklı nem azalmaları seviyesinde aynı olmuştur. Deneme planı, toprak bünyeleri, yıkama suyu miktarları, uygulama yöntemleri ve nem kayıpları dikkate alınarak bazı kabullenmeler doğrultusunda kuramsal bir modele aktarılmış, her bir yıkama uygulamasından sonra toprak kolonunun farklı derinliklerindeki tuzluluk değeri hesaplanmıştır. Kuramsal model ile hesaplanmış yıkamaların sonuçları deneme sonuçları ile büyük oranda uyum sağlamıştır. Özellikle yıkamaların eğilimleri ve tüm yıkamalar sonunda katmanlardaki $EC_{1:5}$ değeri büyük oranda benzerlikler göstermiş fakat ara yıkamalarda tahminlenen $EC_{1:5}$ değeri aynı tutarlılık görölmemiştir. Kuramsal model toprak bünyesine ve yıkama yöntemine bağılı farklı eğilimleri deneme ile paralel tahminlemiş fakat nem azalmaları doğrultusunda deneme sonuçları ile uyum göstermemiştir.

Aynı miktarda tuz kullanılarak kurulan denemelerde yıkama işlemleri sonucu hafif bünyeli toprakta daha çok tuz yıkanması gerçekleşmiştir. Denemeler sonucu her bir uygulama yöntemi ve farklı nem azalmalarına göre çizilmiş yıkama eğrileri regresyon katsayıları orta bünyeli toprakta daha yüksek çıkmıştır. Orta bünyeli toprakta yapılan yıkama işlemleri hafif bünyeli topraklara göre daha kararlı olmuştur. Meydana çıkan bu durum üzerinde toprakların gözenek dağılımının etkili olduğı düşünölmektedir. Yıkama uygulamalarında azalan oranlarda su uygulamalarının yapıldığı yöntemde I. dilim su uygulaması olan 48 cm derinliğindeki suyun hafif bünyeli toprakta iri toprak gözeneklerinden hızlı bir akış hızıyla geçmiş olması, yıkama eğrisinin kararlı eğilimini bozmaktadır. Kuramsal model ile hesaplanan sonuçlar deneme sonuçları ile hafif

bünyeli ve orta bünyeli toprakta uyumlu sonuçlar vermiştir. Devam eden çalışmalarda ağır bünyeli toprakta deneme planına katılarak toprak bünyesinin etkisi daha ayrıntılı olarak araştırılabilir. Bu çalışmada toprak üst katmanında birikmiş tuzluluk sembolize edilerek yıkama uygulamaları değerlendirilmiştir. Kuramsal model her katmanın sahip olduğu başlangıç tuz miktarını ayrı ayrı dikkate aldığından, sadece toprak yüzeyinde yoğunlaştırılmış bir tuzluluk değil profil boyunca oluşturulmuş bir tuzluluk da bu model ile çalışılabilir.

Çalışmada eşit miktarlarda, eşit oranlarda arttırılmış ve eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu miktarları ile olmak üzere aynı miktardaki yıkama suyu 5 dilim halinde toprak kolonlarına verilmiştir. Her iki deneme toprağında da en iyi sonuçlar eşit miktarlarda yıkama suyu kullanılarak elde edilmiştir. Deneme süresince her bir yıkama uygulamasından sonra kolondaki tuz hareketi takip edilmiş, böylelikle kullanılan su ve uzaklaştırılan tuz miktarı arasındaki ilişki açıkça belirlenmiştir.

Genel olarak tüm yıkama uygulamalarında hafif bünyeli toprakta kullanılan suyun son dilimleri toplam topraktan yıkanan tuz miktarı üzerine kısmi etkileri yıkama programından çıkarılabilir seviyede olmuştur. Aynı durum orta bünyeli toprakta ise daha az söz konusu olmuştur. Yıkama suyunun iptal edilebilir miktarları genellikle kuramsal modelde de paralel tahminlenmiştir. Deneme sonuçları değerlendirilip, gerekli yıkama suyu optimum miktarına karar verildikten sonra, arazide uygulanacak olan yıkama suyu dilim sayısı kuramsal model ile karar verilebileceğinden, pratikte büyük faydalar sağlayacaktır. Diğer taraftan, gerek deneme sonuçları gerekse kuramsal model sonuçlarından anlaşıldığı üzere, uygulanan yıkama suyu dilimlerinin yöntem ve toprak bünyesine bağlı olarak optimizasyonu gereklidir. Örneğin, deneme planında neredeyse toprak derinliğinin üçte ikisi kadar olan 48 cm derinliğindeki su uygulaması uygulama aşamasında drenaj sorunu yaratabilir. Toprak derinliğine ilk dilim olarak verildiğinde ise toprak yüzeyinde göllenerek, daha ağır bünyeli toprakta gözeneklerin küçük agregatlarla tıkanıp uzun süre toprak üzerinde yıkama suyunun birikmesi ve sonrasında evaporasyonla uzaklaşarak yıkama amacına hizmet etmeksizin kaybedilmesine yol açabilir.

Deneme süresince yıkama aralıkları toprak kolonlarının kaybettikleri nem oranlarına bağlı olarak belirlenmiş ve bir sonraki yıkama uygulamasına üç farklı azalma oranı dikkate alınarak geçilmiştir. Kuramsal modelin tahminlediği değerler deneme sonuçları ile uyum sağlamamış, nem azalma oranları arttıkça tahminlenen $EC_{1:5}$ değerlerinde artış hesaplanmıştır. Deneme topraklarında bütün yöntemlerde en yüksek tuz miktarları %15 nem azalmasını takiben yapılan yıkamaların uygulandığı toprak kolonlarında görülmüştür. En iyi sonuçlar ise %45 nem azalmasına bağlı olarak yapılan yıkama uygulamalarının yürütüldüğü toprak kolonlarında görülmüştür. Bu sonuçlar kuruma seviyelerinin tuzlu toprakların ıslahındaki önemini vurgulamaktadır. Genel olarak sonuçlar incelendiğinde, %15 ve %30 nem azalmalarında görülen sonuçlar birbirlerine yakın iken %45 nem azalması ile daha dikkate değer sonuçlar alınmıştır. Ancak daha yüksek nem azalması durumunda yıkamalar arasındaki sürenin artmasına ve dolayısıyla ıslah işleminin uzamasına neden olacaktır. Özellikle aşırı kuruma durumunda toprak yüzeyinde meydana gelecek çatlaklar uygulanan yıkama suyunun etkinliğini azaltacak ve yıkama suyu gereksinimini arttıracaktır. Yine, arazi koşullarında evaporasyon gibi bazı doğal koşullar da dikkate alındığında nem kayıpları için optimum değerler farklılık gösterebilir.

Toprak derinliğinin 1,5 katı olarak seçilen yıkama suyu derinliği, %45 nem azalması koşulunda, toprakta başlangıçta bulunan tuzların yıkanım yüzdeleri hafif bünyeli toprakta, eşit miktarlarda, eşit oranlarda arttırılmış ve eşit oranlarda azaltılmış yıkama suyu dilimleri ile sırasıyla, %91,52, %91,43, %84,92, orta bünyeli toprakta ise; %88,05, %87,23, ve %84,54 oranında olmuştur.

Bu çalışmanın sonuçları; eşit yıkama suyu miktarları ile aralıklı yıkamanın ve yüksek kuruma seviyelerinin yıkamada sağlanacak başarıyı daha etkili hale getireceğini açık olarak ortaya koymaktadır. Laboratuar koşullarında yapılan bu çalışmanın arazi koşullarında yapılacak uygulamalarıyla yüzey tuz birikimine sahip arazilerin ıslahında farklı bakış açıları ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- Abbas, F.M., 1984. A Simplified Model for Salt and Boron Transport in Soils. Ph.D. Thesis. Utah University, Logon. USA.
- Abed Al-Sahib, S.J., 1980. Potassium behaviour during and after leaching of salt affected soil in Iraq. Master thesis, Baghdad University, Iraq.
- Abu-Sharar, T.M., 1998. Crop salt tolerance. Advanced Short Course on Sustainable Use of Non Conventional Water Resources in the Mediteranean Region. 597-633, Aleppo-Syria.
- Addiscott, T.M., 1985. Concepts of solute leaching in soils: A rewiev of modelling approaches. *Journal of Soil Sci.*, 36; 411-424.
- Akan, A.O., 1987. Pollutant wash off by overland flow. *J. Environ. Eng.* 113 (4), 811-823 (See also 1993).
- Aküzüm, T. ve Çakmak B., 2008. Gıda güvenliği açısından tarımda su yönetiminin değerlendirilmesi. *standard. Ekonomik ve Teknik Dergi*, Y/47, N/549: 55-63, Ankara.
- Alemi, M.H., Goldhamer D.A., and Nielsen D.R., 1991. Modelling selenium transport in steady state, unsaturated soil columns. *J. Environ. Qual.*, 20: 89-95.
- Alfaro, J.F., 1965. A labarotory study of the effect of water application rate on leaching efficiency. M.S. Thesis. Utah State University, Logan.
- Al-Huseyni, A.A., 1984. A study of characteristic of sabka and shura soils of some planes in Iraq. Master Thesis, Bahgdad Univ., Iraq.
- Al-Jaloud, A.A., 1994. Water requirement for reclamation of salt affected soils in Al-Qassem, Sausi Arabia. *Arid Soil Research and Rehabilitation*. 8(2): 187-197.
- Al-Nakshabandi, G.A., Al-Zubaidi A., Ismail H.N., Al-Rayhani F. and Al-Hadithy E., 1971. Leaching of euphrates saline soil in lysimeters. *J. Soil Sci.*, 22:508-513.
- Al-Sibai, M., Adey M.A. and Rose D.A., 1997. Movement of solute through a porous medium under intermittent leaching. *European Journal of Soil Science*, 48, 711-725.
- Anapalı, Ö., 1991. Iğdır ovası tuzlu, sodyumlu ve borlu topraklarının kademeli jips uygulaması ve yıkama ile ıslahı. *Erzurum Köy Hizmetleri Araş. Enst. Müd. Yayın No:31*, Erzurum.
- Apan, M., 1992. Bafra ve Çarşamba ovalarının sulama ve drenaj yönünden genel sorunları ve iyileştirilmesiyle ilgili çalışmalar, IV.Kültürteknik Kongresi, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum.
- Armstrong, A.S.B., Tanton T.W., Rycroft D.W., 1998. The effect of ped size, simulated rainfall duration and frequency on the leaching of salts from clay topsoils. *Agricultural Water Management*, 37(2): 133-143.
- Arpacı, K., 2002. Orta Anadolu Koşullarında Tuzdan Etkilenmiş Topraklarda Islah Süresince ve Sonrasında Tuz Hareketleri. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- 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 için geçecek tuzlulaşma müddetinin hesaplanmasında uygulanan bir yöntem. Köyişleri Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü, Topraksu Teknik Dergisi, 42:3-7 Ankara.
- Ayyıldız, M., 1983. Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk problemleri, A.Ü.Zir. Fak. Yayın No: 879. Ders Kitabı. 244. Ankara.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344, Ankara, 282s.
- Bahçeci, İ., 1983. Aksaray ovası tuzlu sodyumlu topraklarının ıslahı için gerekli yıkama suyu ıslah maddesi, miktarı ile ıslah süresi. Konya Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Gen. Yayın No: 97, Konya.
- Bahçeci, İ., 1984. Konya ovası kapalı drenaj projelendirme kriterleri. Köy hizmetleri Araş. Enst. Genel Yayın No. 96, Rapor Serisi No. 78, Konya, 39 s.
- Bahçeci, İ., 1989. Burdur-Yanköy tuzlu sodyumlu borlu topraklarının ıslahı için gerekli kükürt fabrikası flotasyon atığı yıkama suyu miktarı ve ıslah süresi. Konya Köy Hizmetleri Araş. Enst. Müd. Yayın No: 132.
- Bahtiyar, M., 1971. Erzincan-Ada Çorak Toprakların Oluşları, Özellikleri ve Islahları Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Toprak İlmi Bölümü, Erzurum.
- Balçın, M., Çelik S., 1992. Amasya suluova tuzlu-sodyumlu ve borlu topraklarının ıslahı için gerekli yıkama suyu ve ıslah maddesi miktar ile yıkama süresi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları No: 120/R-72, Tokat.
- Bandyopadhyay, A.K., 1989. Leaching of acid saline soils of Sanderban. Journal of the Indian Society of Soil Science, 37(2), 416-417.
- Barnard, J.H., van Rensburg L.D., Bennie A.T.P., 2010. Leaching irrigated saline sandy to sandy loam apedal soils with water of a constant salinity. Irrigation Sci., 28:191-201.
- Bauder, J.W. and Brock T.A., 2001. Irrigation water quality, soil amendment and crop effects on sodium leaching. Arid Land Research and Management, 15: 101-113.
- Ben-Hur, M., Agassi M., Keren R. and Zhang J., 1998. Compaction, aging and raindrop impact effect on hydraulic properties of saline and sodic Vertisols. Soil Sci. Soc. Am. J. 62, 1377-1383.
- Beyce, Ö., 1975. Türkiye'nin Bazı Sulama Developman Alanlarındaki Tuzlu Ve Sodyumlu Topraklardaki Yıkama Suyu Ve Islah Maddesi Miktarının Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Ankara.
- Beyce, Ö., 1977. Türkiye'nin bazı developman alanlarındaki tuzlu ve sodyumlu topraklarda yıkama suyu ve ıslah maddesi miktarlarının saptanması üzerine bir araştırma. Merkez Topraksu Araş. Enst. Müd. Yay. No: 44/25, Ankara.
- Biggar, J.W. and Nielson D.R., 1962a. Improved leaching practices- save water reduce drainage problems. California Agr., 16:5.
- Biggar, J.W. and Nielson D.R., 1962b. Miscible Displacement. II. Behavior of Traces. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26, 125-128.
- Biggar, J.W., Nielsen D.R., 1963. Miscible displacement: V. exchange processes. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27, 623-627.

- Boast, C.W., 1973. Modeling the movement of chemicals in soils by water. *Soil Sci.* 115, 224-230.
- Bond, W.J., and Phillips F.R., 1990. Ion Transport during unsteady water flowing an unsaturated clay soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54: 636- 645.
- Booiltink, H.W.G., and Bouma J., 1991. Physical and morphological characterisation of by-pass flow in well-structured clay soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 55: 1249-1254.
- Bouma, J., 1981. Soil morphology and preferential flow along macro pores. *Agric. Water Management*, 3, 235-250.
- Bouma, J., and Dekker L.W., 1978. A case study on infiltration into dry clay soil. i. morphological observation. *Geoderma*, 20: 27-40.
- Bouma, J., and Wosten J.H. M., 1979. Flow patterns during extended saturated flow in two undisturbed swelling clay soils with different macrostructures.
- Bresler, E., 1973. Anion exclusion and coupling effects in nonsteady transport through unsaturated soils.1. Theory. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 5: 663-669.
- Butcher, B., Hinz C., Flury M., and Flühler H., 1995. Heterogeneous flow and solute transport in an saturated stony soil monolith. *Soil Sci. Soc. Of Am. J.*, 59: 14-21.
- Cassel, D.K. and Nielsen D.R., 1986. Field Capacity and Available Water Capacity. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods.* 2nd Edition. Agronomy No: 9. 901-926, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Cassel, D.K., 1971. Water and solute movement in Svea Loam for two water management regime, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 35, 859-866.
- Cassel, D.K., Krueger T.H., Schroer F.W., Norum E.B., 1974. Solute movement through disturbed and undisturbed soil cores. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 38(1): 36-40.
- Coats, K.H., Smith B.D., 1964. Dead-End Pore Volume and Dispersion in Porous Media. *Soc. Pet. Eng. J.* 4, 73-84.
- Cote, C.M., Bristow K.L., Ross P.J., 1999. Quantifying the influence of intra-aggregate concentration gradients on solute transport. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63,759-767.
- Cote, C.M., Bristow K.L., Ross P.J., 2000. Increasing the efficiency of solute leaching: impacts of flow interruption with drainage of 'preferential flow path. *Journal of Contaminant Hydrology*, 43: 191-200.
- Crescimanno, G., De Santis A., Provenzano G., 2007. Soil structure and bypass flow processes in a Vertisol under sprinkler and drip irrigation. *Geoderma*, 138: 110-118.
- Curtin, D., and Syers J.K., 1990. Influence of nitrate and chloride on the adsorption and transport of sulphate in soils. *Journal of Soil Sci.* 4, 433-442.
- Çınar, A.İ., 1978. Kazova sodyumlu topraklarının ıslahı için verilmesi gerekli jips ve yıkama suyu miktarı ile yıkama süresinin saptanması. *Tokat Bölge Topraksu Araş. Enst. Müd. Yayını*, No : 18, Tokat.
- Dam, J.C., van Huygen J., Wesseling J.G., Feddes R.A., Kabat P., van Walsum P.E.V., Groenendijk P. and van Diepen C.A., 1997. Theory of SWAP Version 2.0. Simulation of Water Flow, Solute Transport and Plant Growth in the Soil-Water-Atmosphere-Plant Environment. Report 71, Subdep. Water Resources, Wageningen University, Technical Document 45, Alterra Green World Research, Wageningen.
- Demiralay, İ., 1993. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yayınları No: 143,132 s, Erzurum.

- Deng, Z.Q., de Lima J.L.M.P., Singh V.P., 2005. Transport rate-based model for overland flow and solute transport: Parameter estimation and process simulation. *Journal of Hydrology* 315, 220–235.
- Dieleman, P.J., 1963. Reclamation of salt-affected soils in Iraq. ILRI Publication 11, 175 pp, Wageningen.
- Du Plessis, H.M., 1986. On the concept of leaching requirement for salinity control. *S. Afr. J. Plant Soil* 3:181–184.
- Dutt, G.R., 1963. Development of a computer program to calculating the ionic composition of percolating waters. Contribution No: 50, Dept. Irrigation, Univ. of California, Davis.
- Ekmekçi, E., Apan M. ve Kara T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 20 (3): 118- 125.
- El-Ashry, M.T., 1991. Policies for water resource management in semi-arid regions. *International Journal of Water Resources Development*, 7(4): 230–236.
- El-Dujaili, A., İsmail H.N., 1971. Reclamation, improvement and management of salt affected and waterlogged soils in Iraq, *Salinity Seminar Baghdad*, FAO Irrigation and Drainage, 7:157-194
- Ergene, A., 1982. Toprak Bilgisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:267, Ders Kitapları Serisi No:42, Erzurum.
- Evans, G.N. and Levin I., 1969. The distribution of salt by infiltration of water into dry soil and sand. *Aust. J. Soils Res.*, 7:21-27.
- FAO, 1992. The use of saline water for crop production, FAO Irrigation and Drainage Paper, 48. Rome.
- Faulkner, J., Hu B.X., Kish S., Hua F., 2009. Laboratory analog and numerical study of groundwater flow and solute transport in a karst aquifer with conduit and matrix domains. *Journal of Contaminant Hydrology* 110, 34–44
- Feng, G.L., Meiri A., Letey J., 2003. Evaluation a model for irrigation management under saline conditions: II. salt distribution and rooting pattern effects. *Soil Science Soc. Am. Jour.*, Vol: 67, s. 77-80.
- Feyen, J., Jacques D., Timmerman A., Vanderborght J., 1998. Modelling water flow and solute transport in heterogeneous soils: a review of recent approaches. *J agric Eng Res* 70:231–256.
- Flowers, T.J., Flowers S.A., 2005. Why Does Salinity Pose Such A Difficult Problem For Plant Breeders? *Agric. Water Manage.* 78, 15–24.
- Gamerding, A.P., Wagenet R.J., van Genuchten, M.T., 1990. Application of 2-site 2-region models for studying simultaneous nonequilibrium transport and degradation of pesticides. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 54(4): 957-963.
- Gardner, W.R. and Brooks R.H., 1957. A Descriptive Theory of Leaching. *Soil Sci.* 83, 295-304.
- Gee, G.W. and Bauder J.W., 1986. Particle-Size Analysis. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 383-411, 1188 p, Madison, Wisconsin USA.
- Gelhar, L.W., Welty C. and Rehfeldt K.R., 1992. A critical review of data on field-scale dispersion in aquifers. *Water Resour. Res.*, 28; 1955-1974.
- Gemalmaz, E., 1993. Drenaj Mühendisliği, Atatürk Üniversitesi Yayınları. No: 746, Erzurum.

- Germann, P. and Beven K., 1981. Water Flow In Soils Macropores. I. An Experimental Approach. *Journal of Soil Science*, 42, 83-93.
- Ghassemi, F., Jakeman A.J., Nix H.A., 1995. Salinisation of Land and Water Resources. Human Causes, Extent, Management and Case Studies. University of New South Wales, Sydney, p. 526.
- Ghuman, B.S., and Prihar S.S., 1980. Chloride displacement by water in homogenous columns of three soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44, 17-21.
- Güngör, Y. ve Erözel Z., 1994. Drenaj ve Arazi Islahı. Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları No:1341, Ders Kitabı:389, Ankara, 232s.
- Heng, L.K., White R.E. and Tilman R.W., 1999. Anion and cation leaching through large undisturbed soil cores under different flow regimes: I. experimental results. *Australlian Journal of Soil Research*, 37, 711-726.
- Hillel, D., 2000. Salinity management for sustainable irrigation. The World Bank, Washington, D.C.
- Hirekhan, M., Gupta S.K. and Mishra K.L., 2007. Application of WaSSim to asses performance of subsurface drainage system under semi-arid monsoon climate. *Agricultural Water Management* 88, 224-234.
- Hoffman, G.J. and van Genuchten, M.T., 1983. Soil properties and Efficient Water Use: water Management for Salinity Control. In: Limitations to Efficient Water Use in Crop Production. Ed: Taylor H.M., American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pp.73-85.
- Hoffman, G.J., 1990. Leaching Fraction and Root Zone Salinity Control. In: Agricultural Salinity Assessment and Management Ed: Tanji K.K., pp 237-261, ASCE Publication, New York.
- Hussain, G., Bedawi M.H. and Nabulsi Y.A., 1989. Water requirement for reclamation of salt effected soils in Al-Ahsa, Saudi Arabia. *Arid Soil Research and Rehabilitation*. 3(3), 327-335.
- İlbasmış, S.H., 1976. Ekvilan gözenek çapı su geçirgenliğinde parametremidir. Köyişleri Bakanlığı Topraksu Genel Müdürlüğü, Topraksu Teknik Dergisi, 42:78-83, Ankara.
- Jardine, P.M., Wilsion G.V. and Luxmoore R.J., 1988. Modelling the transport of inorganic ions through undisturbed soil columns from two constrasting watersheds. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52; 1252-1259.
- Jaynes, D.B., Logsdon S.D. and Horton R., 1995. Field method for measuring mobile/immobile water content and solute trasfer rate coefficient. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 59; 352 -356.
- Jaynes, D.B., Rice R.C. and Bowman R.S., 1988. Independent calibration of a mechanistic-stochastic model for field scale solute trasport under flood irragaiton. *So,l Sci. Soc. Am. J.*, 52; 1541-1546.
- Jurinak, J.J., 1988. Salt-Affected Soils Course Notes. Utah State University. Logan, Utah.
- Kanber, R., Kırdı C., Tekinel O., 1992. Sulama suyu niteliği ve sulamada tuzluluk sorunları. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 6, Adana.
- Kanber, R., ve Ünlü M., 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 281, Kitap Yayın No: A-87. Adana.

- Kara, T. ve Apan M., 2000. Tuzlu taban suyunun sulamalarda kullanımı için bir hesaplama yöntemi. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi 15(3), 62–67.
- Kara, T., 2002. Irrigation scheduling to prevent soil salinization from a shallow water table, *Acta Horticulture*, 573, 139-151.
- Khan, A.U.H., and Jury W.A., 1990. A laboratory test of dispersion scale effect. *J. Contam. Hydrol.*, 5, 119-132.
- Khosla, B.K., Gupta R.K., Abrol I.P., 1979. Salt leaching and the effect of gypsum application in a saline-sodic soil. *Agriculture Water Management Cent. Soil Salinity Res. FUSL India*.
- Konukcu, F., İstanbulluoğlu A., Kocaman İ. ve Delibaş L., 2005. “Fasılalı Yıkamanın Tuzlu Topraklarda Yıkama Etkinliği ve Yıkama Suyu Miktarı Üzerine Etkisi,” GAP IV. Tarım Kongresi. Cilt II, 1116-1119, Şanlıurfa,
- Kotuby, J., Koenig R. and Kitchen B., 1997. Salinity and Plant Tolerance. Utah State University Extension. AG-SO-03., Utah.
- Kroes, J.G., van Dam J.C. Huygen J. and Vervoort R.W., 1999. User's Guide of SWAP Version 2.0: Simulation of Water Flow, Solute Transport and Plant Growth in the Soil- Water- Atmosphere- Plant Environment. Department of Water Resources, Wageningen Agricultural University, Report No: 81, Technical document No: 53, Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, 127 pp.
- Kwiatowsky, J., 1998. Salinity Classification, Mapping and Management in Alberta. <http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity/>
- Leffelaar, P.A., and Saharma R.P., 1977. Leaching of a Highly Saline Sodic Soil. *J. of Hydrology*. 32:203-218.
- Leij, F.J. and van Genuchten, M.Th., 2002. Solute transport, In: *Soil Physics Companion*, Ed: Warrick A.W., CRC Press, Boca Raton, FL, A189–A248 pp.
- Liang, Y., Nikolic M., Peng Y., Chen W., Jiang Y. 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biol Biochem*, 37(11): 85–95.
- Lyle, C.W., Mehanni, A.H., and Repeys, A.P., 1986. Leaching rates under a perennial pasture irrigated with saline water. *Irrigation Science*, 7(4): 277-286.
- Maas, E.V. and Hoffman, G.J., 1977, Crop Salt Tolerance-Current Assessment, *Journal Irrigation Drain. Div. ASCE*, 103 (IR2): 115- 134.
- Martinez Beltran, J. and Manzur, C.L., 2005. Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. *Proceedings of the international salinity forum*, Riverside, California, April 2005, 311–313.
- Marwan, M.M., Rowell, D.L., 1995. Cation exchange, hydrolysis and clay movement during the displacement of saline solutions from soils by water. *Irrig. Sci.* 16, 81– 87.
- Mavi, A., 1981. Bafra ovasındaki tuzlu toprakların ıslahı için gerekli yıkama suyu miktarı ve yıkama süresi. Samsun Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Rapor Yayın No: 9, Samsun.
- Mc Lean, E.O., 1982. Soil pH and Requirement. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 199-224, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.

- McNeal, B.L., Layfield, D.A., Norvell, W.A., and Rhodaes, J.D., 1968. Factors influencing hydraulic conductivity of soils in presence of mixed-salt solution. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 32: 187-193.
- Miller, R.J., J.W. Biggar, and D.R. Nielsen. 1965. Chloride displacement in Panoche clay loam in relation to water movement and distribution. *Water Resour. Res.* 1:63-73.
- Minhas, P.S., and Khosla, B.K., 1986. Solute displacement in a silt loam soil as affected by dry method of water application under different evaporation rates. *Agr. Water Manag.*, 12:64-74.
- Mirjat, M.S. and Rose, D.A., 2009. Streamline pattern and salt leaching through progressive flooding between subsurface drains. *Irrig. Drain.* 58:199-208.
- Mirjat, M.S., Rose D.A., and Adey M.A., 2008. Desalinisation by zone leaching: Laboratory investigations in a model sand-tank. *Aust. J. Soil Res.* 46:91-100.
- Monteleone, M., Gatta G., Giuzio L., La Rotonda P., De Caro A., 2004. Effect of leaching on salt accumulation in the soil under brackish water irrigation. Ed: Ragab R., 55th Meet. IEC Inter. Commission on Irrigation and Drainage. Inter. Workshop on Management of Poor Quality Water for Irrigation; Institutional, Health and Environmental Aspects, Moscow, Russia.
- Moolman, J.H., 1993. An evaluation of a range of computer models simulating the transport of solutes and water in the root zone of irrigated soils. *Water Research Commission Report No 196/1/93*, Pretoria.
- Moore, J.J., 1963. *Physical Chemistry*. Prentice Hall Book. Co. USA.
- Myers, T.D., 2002. Modeling laminar sheet flow over rough surfaces. *Water Resour. Res.* 38 (11), 1230-1241.
- Nelson, R.E., 1982. Carbonate and Gypsum. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9. 181-197, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Nielsen, D.R. and Biggar, J.W., 1961. Miscible displacement in soil: Experimental information. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 25, 1-5.
- Nielsen, D.R. and Biggar, J.W., 1962. Miscible displacement in soil: III. Theoretical Consideration/ *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 26; 216-221.
- Nielsen, D.R., Biggar, J.W., 1963. Miscible Displacement: IV. Mixing in Glass Beads. *Soil Sci Soc Amer Proc.* 27:10-13
- Nielsen, D.R., van Genuchten M.T.H., Biggar, J.W., 1986. Water Flow and Solute Transport Process in the Unsaturated Zone. *Water Resour. Res.* 22, 89-108.
- Omer, S.M., 1994. Tuzlu-alkali topraklarda iyon taşınmasına ait simulasyon modeli ve programlanması, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara.
- Oster, J.D., Willardson L.S., Hoffman G.J., 1972. Sprinkling and ponding techniques for reclaiming saline soils. *Transactions ASCE* 15: 1115-1117.
- Özden, M., ve Ören, E., 1986. Iğdır Ovası tuzlu- sodyumlu ve borlu toprakların ıslahı için gerekli jips ihtiyacı, yıkama suyu miktarı ve yıkama süresi. Köy Hizmetleri Erzurum Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Rapor Seri No: 9, Erzurum.
- Özgül, Ş., 1974. Tuzluluk ve Sodiklik. *Uluslararası Sulama ve Drenaj Komisyonu Türk Milli Komitesi, Teknik Rehber No:04.02-02*, Ankara.

- Özkara, M.M., 1981. Ege bölgesinde sodik ve tuzlu-sodik toprakların ıslahı için gerekli jips ve yıkama suyu miktarları ile yıkama süresinin tesbiti. Menemen Topraksu Araş. Ens. Müd. Yayını No: 70.
- Öztürk, H.S., 2000. Tuzlu Topraklarda Su Akış Hızının İyon Hareketi Üzerine Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Anabilim Dalı. Doktora Tezi. Ankara.
- Öztürk, H.S., and Özkan I., 2004. Effects of Evaporation and Different Flow Regimes on Solute Distribution in Soil. *Transport in Porous Media* 56: 245–255.
- Özyurt, E. ve Atalay M., 1987. Tokat-Erbaa Ovası sodyumlu ve borlu topraklarının ıslahı için gerekli yıkama suyu ve ıslah maddesi ile ıslah süresi. Tokat Köy Hizmetleri Araş. Enst. Müd. Yayın No: 85, Tokat.
- Paliwal, K.V., 1982. A Review On Solute Movement In Soil. State Of Organization For Land Reclamation. General Establishment For Design And Research. Baghdad.
- Panin, P.I., 1962. Salt discharge from soil and determination of leaching norms. *Soviet Soil Sci.*, 7; 703-709.
- Park, C.S. and O'Connor, G.A., 1980. Salinity effects on hydraulic properties of soils. *Soil Sci.* 130:167-174.
- Poulovassilis, A., Psychoyou M., Kerkides P., 2007. Solute Transport in Soils: An Algorithmic Approach. *Water Resour. Manage.* 21,1941–1954.
- Prendergast, J.B., 1995. Soil water bypass and solute transport under irrigated pasture. *Soil Science Society of America Journal* 59: 1531–1539.
- Purandara, B.K., Varadarajan N., Venkatesh B., 2008. Simultaneous transport of water and solutes under transient unsaturated flow conditions-A case study. *Journal Of Earth System Science*, 117(4): 477-487.
- Ragab, R. Malash N., Abdel G., Arslan A. and Ghaibeh A., 2005. A Holistic Generic Integrated Approach For Irrigation, Crop And Field Management: 1. The SALTMED model and its Calibration Using Field Data From Egypt And Syria. *Agricultural Water Management*, 78(1-2), 67-88.
- Ragab, R., Cooper D.M., Harris G.L., Catt J.A., 1996. Simulating Nitrate Leaching Under Winter Wheat Grown On A Structured Clay Soil Considering By-Pass Flow. *J. of Hydrology* 182: 157–173.
- Reeve, R.C., Pillsbury A.F. and Wilcox L.V., 1955. Reclamation of a saline and high boron soil Coachella Valley of California. *Hilgardia*. 24, 69-91.
- Rengasamy, R., 2006. World salinization with emphasis on Australia. *Jour. Exp Bot*; (57) 10, 17–23.
- Rhoades, J. D., 1987. The Problem of Salt in Agriculture. - Yearbook of Science and the Future. *Encyclopaedia Britannica* Chicago.
- Rhoades, J.D., 1972. Quality of water for irrigation. *Soil Sci.*, 113: 277-284.
- Rhoades, J.D., 1982. Exchangeable Cations. *Methods of Soil Analysis*. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 159-164, 1159 p, Madison, Wisconsin USA.
- Rhoades, J.D., 1989. Effects of salts on soils and plants. National Water Conference, Jul 17-20, 39-48, Univ. Delaware, Denmark.
- Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In: *Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods*, Ed: Sparks D.L., Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin.

- Robinson, S.P., Downton W.J.S., Millhouse J.A., 1983. Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplasts in relation to ionic compartmentation in leaves. *Agric. Biochem. Biology*, 228:197-206.
- Sahin, U., Anapali O., Hanay A., 2002. The effect of consecutive applications of leaching water applied in equal, increasing or decreasing quantities on soil hydraulic conductivity of a saline sodic soil in the laboratory. *Soil Use and Management*, 18, 152-154.
- Schofield, R.V. and Kirkby, M.J. 2003. Application of salinization indicators and initial development of potential global soil salinization scenario under climatic change. *Global Biogeochemical Cycles*, 17 (3), art. no. 1078.
- Schulin, R., Fliihler H., Mansell R.S. and Selim H.M., 1986. Miscible displacement of ions in aggregated soils. *Geoderma*, 38:311-322.
- Selassie, T.G., Jurinak J.J. and Dudley L.M., 1992. Saline and sodic saline soil reclamation: first order kinetic model, *Soil Sci.* 154, 1-7.
- Sevgioğlu, M., 1987. Harran ovası tuzlu sodyumlu toprakların ıslahı için gerekli jips, yıkama suyu miktarı ve süresi. *Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Rapor Seri No: 22*, 29-30.
- Seyfried, M.S., and Rao P.S.C., 1987. Solute transport in undisturbed columns of aggregated tropical soil: Preferential flow effects. *Soil Sci.Soc. Am. J.*, 51; 1434-1444.
- Sharma, D.P., 1980. Effect of using salinity water to supplement canal water irrigation on the crop growth of rice. *Curr. Agr.* 4, 79-82.
- Sharma, D.P., Rao K.V.G.K., Singh K.N., Kumbhare P.S., 1993. Management of subsurface saline drainage water. *Indian Farming* 43, 15-19.
- Simunek, J., Šejna M., and van Genuchten M.Th., 2006. The HYDRUS soil-water package for simulating two- and three-dimensional movement of water, heat, and multiple solutes in variably-saturated media. Technical manual, Version 1.0. PC Progress, Prague, Czech Republic.
- Simunek, J., van Genuchten M.Th., Šejna M., 2005. The HYDRUS-1D Software Package For Simulating The One-Dimensional Movement Of Water, Heat And Multiple Solutes In Variably-Saturated Media, Version 3.0. HYDRUS Software Ser. 1. Dep. of Environ. Sci., Univ. of Calif., Riverside, CA, pp 270
- Singh, V.P., 2002. Kinematic wave solution for pollutant transport over an infiltrating plane with finite-period mixing and mixing zone. *Hydrol. Process.* 16(12), 2441-2477.
- Siyal, A.A., Skaggs T.H., van Genuchten M.Th., 2010 Reclamation of saline soils by partial ponding: simulations for different soils. *Vadose Zone J.* 9:486-495.
- Smedema L.K., Rycroft D.W., 1983. *Land Drainage. Planning and Design of Agricultural Drainage Systems*, ISBN 0-8014-1629-9. Cornell, University Press; Ithaca, NY.
- Smedema, L.K., ve Rycroft D.W., 1988. *Land Drainage, Planning and Design of Agricultural Drainage Systems*. BT Batsford Ltd., 376 page, London, England.
- Smettem, K.R.J., 1984. Soil water residence time and solute uptake. *J. Hydrol.*, 67, 235-248.

- Sönmez, B. 1990. Tuzlu ve sodyumlu topraklar. Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No:62, Teknik Yayın No:17, Şanlıurfa.
- Sönmez, B., 2004. Türkiye’de çorak toprak ıslahı araştırmaları ve tuzlu toprakların yönetimi. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20–21 Mayıs, 2004, Ankara, s.157-162.
- Sparks, D.L., 1996. Environmental Soil Chemistry. A new Castle University Library. Academic Press, 259 pp.
- SPSS, 1999. SPSS for Windows Release 10.0, SPSS Inc. Chicago.
- Stagnitti, F., Li L., Allinson G., Phillips I., Lockington D., Zeiliger A., Allinson M., Lloyd-Smith J., Xie M., 1999. A mathematical model for estimating the extent of solute- and water-flux heterogeneity in multiple sample percolation experiments. *J. Hydrol.* 215, 59– 69.
- Streutker, A., Molenaar H.W., Hamman H., Nel C.C., Mulder J.H., 1981. Irrigation, crop yield and drainage on the vaalharts irrigation scheme. 2. The occurrence of and the influence of drainage on salinized soil. *Water Sa*, 7(3): 175-184.
- Strock, J.S., 2001. Landscape position and soil profile heterogeneity affects on solute transport. preferential flow: Water movement and chemical transport in the environment, 73-76. 2nd International Symposium on Preferential Flow, Jan. 03-05, 2001, HI.
- Szabolcs, I. 1989. Salt-Affected Soils. CRC Pres Inc., Boca Raton, Florida.
- Şimşek, G., 1993. Toprak Etüd ve Haritalama. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No: 146, Erzurum.
- Tanji, K.K., 1990. Agricultural Salinity Assessment and Management. Manual and Reports on Engineering Practice No:71, American Society of Civil Engineers, New york.
- Tanton, T.W., Armstrong A.S.B. and Rycroft D.W., 1995. Movement of water in restricted saline and sodic clay topsoils under a rainfall simulator. *Agric. Water Manag.*, 29:255-265.
- Tejada, M., Garcia C., Gonzalez J.L., Hernandez M.T. 2006. Use of organic amendment as a strategy for saline soil remediation: influence on the physical, chemical and biological properties of soil. *Soil Biol Biochem*, 38: 1413–21.
- Terkeltoub, R.W. and Babcock K.L., 1971. A Simple Method for Predicting Salt Movement through Soil. *Soil Sci.* 111, 182-187.
- Thindall, J.A., Hemmen K. and Dowd J.F., 1992. An improved method for field extraction and laboratory analysis of large, inact soil sores. *J. Environ. Qual.*, 21; 259-263.
- Thokal, R.T., Gupta S.K., and Chauhan H.S. 1992. Performance of steady and transient mode for leaching of saline soils. *Journal of Indian Society of Soil Science.* 40:2, 229-234.
- Thomas, G.W., and Swoboda A.R., 1970. Anion exlusion effect on chloride movement in soils. *Soil Science*, 110: 163-166.
- Tooth, T. and Bloso L., 1998. Secnder salinization caused by irrigation. The soil as a strategic resource, *Degradation Processes and Conservation Measures*. Ed: Rodriquez. R.A., Mendoza. C.C.J., Salguero, M.L.T., Geofarma Ediciones, Logrono, p, 229-251.

- Uzunoglu, S. ve Ağar A., 1992. Tuzlu sodyumlu topraklarda kullanılan eşitli ıslah maddelerinin toprağın fiziksel özelliklerine etkisi. Toprak ve Gbre Araştırma Enstitüsü Mdrlğ. Rapor Seri No:100, 26-26, Ankara.
- van Alphen, J.G., and Verhoven B., 1982. Salt affected land and its reclamation. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen. The Netherlands.
- van Dam, J.C., Wesseling J.G., Feddes R.A., Kabat P., van Walsum P.E.V., Groenendijk P., and van Diepen C.A., 1997. Theory of SWAP Version 2.0: Simulation of Water Flow, Solute Transport and Plant Growth in the Soil-Water- Atmosphere- Plant Environment. Department of Water Resources, Wageningen Agricultural University, Report No: 71, Technical document No: 45, Winand Staring Centre, Wageningen, The Netherlands, 167 pp.
- van der Merwe, A.J., 1973. Physico-Chemical Relationships of Selected O.F.S Soils-A Statistical Approach Based On Taxonomic Criteria. PhD thesis, University of the Free State, Bloemfontein.
- van Der Molen , W.H., 1956. Desalinization of saline soils as a column process. Soil Sci. 81, 19-27.
- van Der Molen, W.H., 1973. Salt balance and leaching requirement in “Drainage Principals and Application” Wageningen, The Netherlands.
- van Genuchten, M.T. and Wierenga P.J., 1976. Mass transfer studies in sorbing porous media. I. Analytical solutions. Soil Science Society of America Journal, 40, 413-480.
- van n Hoorn, J.W. and van Alphen J.G., 1994. Salinity control. Ed: Ritzema H.P. Drainage Principles and Applications. International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, pp. 533–600.
- Vanderborght, J., Timmerman A., Feyen J., 2000. Solute transport for steady-state and transient flow in soils with and without macropores. Soil Sci Soc Am J 64:1305–1317.
- Verhoeven, B., 1974. Salty Soils, Drainage Principles and Applications. Pub. 16:75-89 International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, Netherland.
- Wallach, R., Grigorin G., Rivlin J., 2001. A comprehensive mathematical model for transport of soil-dissolved chemicals by overland flow. J. Hydrol. 247, 85–99.
- Wong, V. N.L., Dalal R.C., Greene R.S.B., 2009. Carbon dynamics of sodic and saline soils following gypsum and organic material additions: A laboratory incubation. Applied Soil Ecology, 41: 29 – 40.
- Yarpuzlu, A. ve Doğan D. 1986. Tarsus Ovası kapalı drenaj projelendirme kriterleri. Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No:115, Seri No: 65, 38.
- Yıldırım, B., 1980. Afyon ovası tuzlu sodyumlu ve borlu toprakların ıslahı için gerekli lps ve yıkama suyu miktarı ile yıkama süresi. Eskişehir Topraksu Araş. Ens. Müd. Yayın No: 166.
- Yıldırım, B., 1981. Eskişehir Beylikahır yöresi tuzlu sodyumlu ve borlu topraklarının ıslahı için gerekli jips yıkama suyu miktarı ve ıslah süresinin tespiti. Eskişehir Bölge Topraksu Araş. Enst. Müd. Yayınları, Yayın No:167. Eskişehir.

- Yıldırım, B., 1990. Sakarya Pamukova tuzlu sodyumlu topraklarının ıslahı için gerekli ıslah maddesi ve yıkama suyu miktarı. Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Rapor Yayın No:167, 204s, Eskişehir.
- Yılmaz, T., 1978. Yazıköy Burdur Tuzlu-Sodik ve Borlu Topraklarının ıslahı İçin Gerekli ıslah ve Yıkama Suyu Miktarı ile Yıkama Süresinin Saptanması. Konya Bölge Topraksu Araş. Enst. Müd. Yayını No: 57.
- Yılmaz, T., 1980. Konya ovası tuzlu ve borlu alüviyal topraklarının ıslahı için gerekli yıkama suyu ve yıkama süresinin saptanması. Konya Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Rapor Seri No: 49, s:33, Konya.
- Youngs, E.G. and Leeds-Harrison P.B., 2000. Improving efficiency of desalinization with subsurface drainage. J. Irrig. Drain. Eng. 126:375–380.
- Yurtseven, E. ve Bozkurt D.O., 1997. Sulama suyu kalitesi ve toprak nem düzeyinin marulda verim ve kaliteye etkisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 3(2):44-51.
- Yurtseven, E., Baran H.Y., 2000. Sulama suyu tuzluluğu ve su miktarının Brokkolide (*Brassica oleracea botrytis*) verim ve mineral madde içeriğine etkisi. DOĞA Tr. J. Agric. For. 24:185-190.
- Yurtseven, E., Öztürk A., Kadayıfçı A., Ayan B., 1996. Sulama suyu tuzluluğunun Biberde (*Capsicum annuum*) farklı gelişme dönemlerinde bazı verim parametrelerine etkisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi, 2(2):5-9.
- Yurtseven, E., Parlak M., Demir K., Öztürk A., Kütük C., 1999. Turp (*Raphanus sativus*, L.) bitkisinde farklı sulama suyu tuzluluğu ve Ca/Mg oranı uygulamaları. I. Bazı verim parametrelerine etkisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi. 5(3), 28-34.
- Yurtseven, E., Ünlükara A., Demir K., Kesmez G.D., 2001. Sebze tarımında tuzlu suların kullanım olanakları. 1. Ulusal Sulama Kongresi Bildiriler Kitabı, 8-11 Kasım, Antalya/Belek, s. 208-214.
- Zelege, K.T., 2003. Tracing Water and Nitrate Movement Through Soils with Bromide. PhD thesis, University of the Free State, Bloemfontein.

ÖZGEÇMİŞ

Erzincan'nın Çayırılı ilçesinde 12.02.1980 tarihinde doğdu. İlk öğrenimini Afyon'un Beyören köyünde, orta öğrenimini İstanbul, Üsküdar Kız Lisesi'nde ve lise öğrenimini Eskişehir Cumhuriyet Lisesi'nde tamamladı. 1997 yılında girdiği Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nden 2001 yılında mezun oldu ve aynı yıl yüksek lisans eğitimine başladı. 2004 yılında Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini bitirdi ve aynı anabilim dalında doktora programına başladı. Kasım 2008-Eylül 2010 tarihleri arasında eğitim gördüğü İtalya, Bari'de Mediterranean Agronomic Institutes'den ikinci yüksek lisans diplomasını aldı.

Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde 2002 yılından beri Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.