

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HARRAN OVASINDA SU-TUZ DENGESİNİN BELİRLENMESİNDE WaSim
BİLGİSAYAR PROGRAMININ KULLANILABİLİRLİĞİ**

Müslüm AYAZ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2014**

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HARRAN OVASINDA SU-TUZ DENGESİNİN BELİRLENMESİNDE WaSim
BİLGİSAYAR PROGRAMININ KULLANILABİLİRLİĞİ**

Müslüm AYAZ

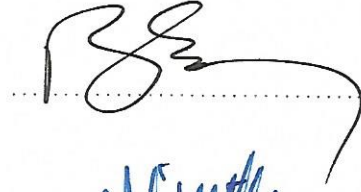
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2014**

Prof. Dr. İdris BAHÇECİ danışmanlığında, Müslüm AYAZ'ın hazırladığı “Harran Ovasında su-tuz dengesinin belirlenmesinde WaSim bilgisayar programının kullanılabilirliği” konulu bu çalışma 13/06/2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman : Prof. Dr. İdris BAHÇECİ



Üye : Yrd. Doç. Dr. Ali Fuat TARI



Üye : Yrd. Doç. Dr. Ahmet ALMACA



Bu Tezin Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Sinan UYANIK
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma TÜBİTAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 110 O 835

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

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ	v
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Deneme yeri	11
3.1.2. İklim özellikleri	12
3.1.3. Ürün deseni, ekim zamanı ve gübreleme	14
3.1.4. Sulama suyu özellikleri	14
3.1.5. Kullanılan aygıt ve malzemeler	14
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Sulama sularının ölçülmesi	16
3.2.2. Drenaj sularının ölçülmesi	16
3.2.3. Gözlem kuyuları ve su tablası ölçümleri	20
3.2.4. Toprak hidroliğine ilişkin ölçümler	21
3.2.5. Drenaj suyu tuzluluğu ölçümleri	21
3.2.6. Toprak ve su analizleri	22
3.2.7. Performans göstergeleri	22
3.2.8. Doğrudan göstergeler	24
3.2.9. WaSim (Water Simulation Model) programının özellikleri ve gerekli parametreler	24
3.2.9.1. Toprak verileri girişi	25
3.2.9.2. Drenaj sistemi verileri girişi	27
3.2.9.3. İklim verileri girişi	28
3.2.9.4. Bitki verileri girişi	30
3.2.9.5. Sulama verileri girişi	31
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	34
4.1. Deneme alanı topraklarının özellikleri	34
4.1.1. Toprakların fiziksel özellikleri	34
4.1.1.1. Toprakların hacim ağırlıkları	34
4.1.1.2. Toprak bünyesi	35
4.1.1.3. Toprakların hidrolik özellikleri	37
4.1.2. Toprakların kimyasal özellikleri	39
4.2. Sulama ve drenaj suyu miktarlarının ölçülmesi	42
4.3. Zamanın ve alanın fonksiyonu olarak su tablası değişimi	43
4.4. Drenaj sularının tuzluluk değerleri	51
4.5. Deneme alanlarında toprak tuzluluğunun alansal ve zamansal değişimi	52
4.6. Ürün verimleri	54
4.7. WaSim programından elde edilen sonuçların deneme alanlarında ölçülenler ile kıyaslanması	54
4.7.1. Sulama ve drenaj suyu miktarlarına ilişkin sonuçlar	54
4.7.2. Su tablası değişimlerine ilişkin sonuçlar	56
4.7.3. Drenaj sularının tuzluluk değerlerine ilişkin sonuçlar	60
4.7.4. Toprak tuzluluğu değişimlerine ilişkin sonuçlar	62
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	65
5.1. Sonuçlar	65
5.2. Öneriler	68
KAYNAKLAR	69
ÖZGEÇMİŞ	72

ÖZ

Yüksek Lisans Tezi

HARRAN OVASINDA SU-TUZ DENGESİNİN BELİRLENMESİNDE WaSim BİLGİSAYAR PROGRAMININ KULLANILABİLİRLİĞİ

Müslüm AYAZ

**Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. İdris BAHÇECİ
Yıl: 2014, Sayfa: 72**

Harran Ovasında sulama ile birlikte önemli düzeyde drenaj sorunu ortaya çıkmıştır. Bu çalışma, 2012 yılında, Şanlıurfa İli, Harran İlçesi, Gürgelen Köyünde yürütülmüştür. Araştırmada, Harran Ovası koşullarında kontrollü ve serbest drenajın su-tuz dengesi üzerine etkilerinin, WaSim simülasyon sonuçları ile ölçülen değerler karşılaştırılmıştır. Deneme konuları; serbest drenaj ve su tablasının dren seviyesinin 1 metre üzerinde tutulduğu kontrollü drenaj olmak üzere 2 farklı drenaj uygulamasından oluşmuştur. Ölçülen değerler; drenaj suyu miktarları ve tuzlulukları, su tablası derinlikleri ve toprak tuzluluklarıdır. İki metotla elde edilen sonuçlar arasında, drenaj suyu miktarları ve tuzlulukları Ttest'ine göre istatistiki olarak önemli düzeyde farklılıklar göstermiştir. Su tablası derinlikleri, üst toprak tuzlulukları ve bitki kök bölgesi tuzlulukları arasındaki farklılıklar ise Ttest'ine göre %95 olasılıkla önemsizdir. Bu çalışma ile WaSim simülasyonlarının belirtilen konuların tahmininde başarılı bir şekilde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: WaSim, kontrollü drenaj, su-tuz dengesi, Harran Ovası

ABSTRACT

MSc Thesis

THE USE OF WaSim COMPUTER PROGRAM TO DETERMINE THE WATER-SALT BALANCE IN THE HARRAN PLAIN, SE TURKEY

Müslüm AYAZ

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

**Supervisor: Prof. Dr. İdris BAHÇECİ
Year: 2014, Page: 72**

Irrigation together with drainage are significant problems for agriculture in the Harran Plain, SE Turkey. This research was conducted in the year of 2012 in Sanliurfa province, Harran district, Gürgelen village. In the Harran plain and under the influence of controlled and free drainage conditions, the salt water balance measured in the field and calculated using the waSim simulation model was compared. Experimental conditions were: 1) free drainage and 2) controlled drainage under which the water table level kept at about 1 m level. Measured parameters were drainage water quantity and salinity, depth of groundwater and soil salinity. In terms of drainage water quantity and drainage water salinity the values obtained from two methods, using Ttest, the differences were statistically significant. Whereas the difference between the depth of groundwater, salinity of surface soil and root zone, again using Ttest, were statistically insignificant at 95% level. We conclude that the model can be succesfully used for the estimation of the above mentioned parameters in drainage and soil salinity.

KEY WORDS: WaSim, controlled drainage, water-salt balance, Harran plain

TEŞEKKÜR

Çalışma konusunun seçimi, yürütülmesi, değerlendirilmesi ve yazımında beni yönlendiren, hiçbir yardımını esirgemeyen ve bana bu çalışma imkânını sağlayan, danışman hocam Sayın Prof. Dr. İdris BAHÇECİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın sonuçlandırılmasında ve doğru bilgilerin elde edilmesinde yardımlarını benden esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Sema KALE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarımın sırasında ve sonrasında hiçbir yardımı esirgemeyen hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Ali Fuat TARI'ya, Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet ALMACA'ya, Sayın Prof. Dr. Ahmet Ruhi MERMUT'a ve Doç. Dr. Ali Volkan BİLGİLİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarıma her anlamda katkıda bulunan Sayın Ziraat Yüksek Mühendisi Ayçin AKSU'ya, Sayın Ziraat Mühendisi Ceren BİLGİÇ'e ve Sayın Ercüment Nuri USLUSOY'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans çalışmalarım ve tüm eğitim hayatım boyunca, bugünlere gelmemi sağlayan, beni her açıdan destekleyen ve daima yanımda olduklarını bildiğim AİLEME en içten teşekkürlerimi sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1.	Deneme alanın yeri (a) ve deneme parsellerinin uydu görüntüsü (b).....	11
Şekil 3.2.	Deneme planı	16
Şekil 3.3.	Kontrol yapısı üzerine inşa edilen dikenli tel (a) ve su düzeyi kaydedicisi (b).....	17
Şekil 3.4.	Düztabanlı kesik boğaz savağın üstten görünüşü (a) ve Manhol kontrol yapısı ve seviye kaydedicisi	18
Şekil 3.5.	Manholde su yükseltici kontrol yapısının görünümü.....	19
Şekil 3.6.	Kontrollü drenaj (a) ve serbest drenaj (b) alanındaki savakların anahtar eğrileri.....	20
Şekil 3.7.	Gözlem kuyusu kesiti (a) ve taban suyu düzeyi ölçüm kuyusu (b)	20
Şekil 3.8.	İnfiltrasyon testi (a) ve hidrolik iletkenlik testi (b) yapılmasına ilişkin görüntüler.....	21
Şekil 3.9.	WaSim bilgisayar programının kullandığı bileşenlerin şekilsel gösterimi.....	25
Şekil 3.10.	WaSim programı toprak veri girişi sayfası.....	26
Şekil 3.11.	WaSim programı KD deneme alanına ait drenaj sistemleri giriş sayfası.....	27
Şekil 3.12.	WaSim programı SD deneme alanına ait drenaj sistemleri giriş sayfası.....	27
Şekil 3.13.	WaSim-ET programı görüntüsü.....	28
Şekil 3.14.	WaSim programı iklim verilerinin tanıtılması.....	28
Şekil 3.15.	WaSim-ET programı gerekli parametrelerin seçimi.....	29
Şekil 3.16.	Gerekli iklim verileri girişi.....	29
Şekil 3.17.	WaSim programı KD deneme alanına ait bitki verileri giriş sayfası.....	30
Şekil 3.18.	WaSim programı SD deneme alanına ait bitki verileri giriş sayfası.....	31
Şekil 3.19.	WaSim programı KD deneme alanına ait sulama günleri ve miktarları girişi.....	32
Şekil 3.20.	WaSim programı SD deneme alanına ait sulama günleri ve miktarları girişi.....	33
Şekil 4.1.	KD deneme alanı infiltrasyon test sonuçları.....	38
Şekil 4.2.	SD deneme alanı infiltrasyon test sonuçları.....	38
Şekil 4.3.	Elektriksel iletkenlik ile toplam katyon arasındaki ilişki.....	41
Şekil 4.4.	KD deneme alanında aylık su tablasının değişimi.....	49
Şekil 4.5.	SD deneme alanında aylık su tablasının değişimi.....	50
Şekil 4.6.	KD deneme alanı ekim sezonu drenaj suyu miktarı.....	55
Şekil 4.7.	SD deneme alanı ekim sezonu drenaj suyu miktarı.....	56
Şekil 4.8.	KD deneme alanı günlük su tablası derinliklerinin arazi ölçümleri ve WaSim hesaplamalarına göre karşılaştırılması.....	59
Şekil 4.9.	SD deneme alanı günlük su tablası derinliklerinin arazi ölçümleri ve WaSim hesaplamalarına göre karşılaştırılması.....	59
Şekil 4.10.	KD deneme alanı drenaj suyu tuzluluğunun WaSim hesaplamaları ve arazi ölçümleri karşılaştırma grafiği.....	61
Şekil 4.11.	SD deneme alanı drenaj suyu tuzluluğunun WaSim hesaplamaları ve arazi ölçümleri karşılaştırma grafiği.....	62
Şekil 4.12.	KD (a) ve SD (b) deneme alanları 0-20 cm toprak profili tuzluluk değişimi.....	63
Şekil 4.13.	KD (a) ve SD (b) deneme alanları 0-100 cm toprak profili tuzluluk değişimi	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1.	Deneme alanına ilişkin uzun yıllar iklim verileri.....	13
Çizelge 3.2.	WaSim programı tekstür sınıflandırması ve özellikleri.....	26
Çizelge 4.1.	Deneme alanı toprakların hacim ağırlıkları, g cm ⁻³	34
Çizelge 4.2.	Toprakların bünyesi ve kireç içeriği.....	35
Çizelge 4.3.	Toprakların bünyeleri.....	36
Çizelge 4.4.	İnfiltrasyon test sonuçları.....	37
Çizelge 4.5.	KD ve SD alanlarının Şubat 2012 dönemine ait toprakların bazı kimyasal özellikleri.....	40
Çizelge 4.6.	Deneme alanlarında sulama ve drenaj suyu miktarları ve tarihleri.....	43
Çizelge 4.7.	KD deneme alanı gözlem kuyuları Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları su derinlikleri, cm.....	45
Çizelge 4.8.	SD deneme alanı gözlem kuyuları Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları su derinlikleri, cm.....	47
Çizelge 4.9.	Drenaj suyu tuzluluğunun zamansal değişimi.....	51
Çizelge 4.10.	KD ve SD deneme alanları toprak tuzluluğu değişimleri.....	53
Çizelge 4.11.	WaSim programına göre KD ve SD deneme alanları sulama ve drenaj suyu miktarları.....	55
Çizelge 4.12.	WaSim ile elde edilen KD deneme alanı su tablası derinlikleri, cm.....	57
Çizelge 4.13.	WaSim ile elde edilen SD deneme alanı su tablası derinlikleri, cm.....	58
Çizelge 4.14.	KD ve SD deneme alanlarının 0-20 cm derinlikteki ekim ve hasat dönemi tuzluluk değişimleri.....	62
Çizelge 4.15.	KD ve SD deneme alanlarının 0-100 cm derinlikteki ekim ve hasat dönemi tuzluluk değişimleri.....	63

1. GİRİŞ

Harran Ovası Atatürk Barajından Şanlıurfa tünelleri yardımı ile ovaya aktarılan Fırat Nehri suyu ile sulanmaktadır. Atatürk Barajından toplam $1283 \text{ hm}^3\text{yıl}^{-1}$ su çevrilmektedir. Yeni modüllerle ovanın su ihtiyacı $1697 \text{ hm}^3\text{yıl}^{-1}$ kadardır. Aradaki $414 \text{ hm}^3\text{yıl}^{-1}$ hacim su açığı yeraltı suyu ve kontrol edilebilen, dönen drenaj sularından karşılanacağı varsayılmıştır. Söz konusu suyun yaklaşık $124 \text{ hm}^3\text{yıl}^{-1}$ lık kısmının ovanın ortasındaki ana tahliye kanalından geri dönüş kanalları yardımıyla tekrar sulamaya kazandırılacak ve geriye kalan yaklaşık $290 \text{ hm}^3\text{yıl}^{-1}$ lık kısmı ise ovadaki mevcut yeraltı su kaynaklarından sağlanacaktır. Görüldüğü gibi daha tasarım aşamasında su ihtiyacının %7'lik bir kısmının drenaj sularından karşılanması öngörülmüştür. Ancak, çiftçilerin drenaj suları ile sulama yaptığı göz önüne alındığında, sulamada kullanılan drenaj suyu miktarının çok daha fazla olduğu anlaşılmaktadır (Anonim, 1993).

Harran Ovası, sulamaya açıldıktan kısa bir süre sonra, taban suyu düzeyi, Akçakale çevresinde 16 500 hektarda 0-1 m'ye ve 34 000 hektarda ise 1-2 m'ye yükselmiştir. Önlem alınmadığı takdirde, ileride drenaj sorunu olan alanların 60 000 hektara ulaşacağı tahmin edilmektedir (Anonim, 2008). Harran Ovası sulamaya açıldıktan sonra yaklaşık 55 000 hektarda yüzeyaltı drenaj sistemi inşa edilmiştir. Taban suyunun beklenenden çok hızlı bir şekilde yükselmesinin temel nedenleri ise (i) zayıf su yönetimi ile (ii) ekim deseni ve (iii) arazi ve toprak yapısı olarak belirtilmektedir.

Ova topoğrafik bakımdan, güney kuzey doğrultusunda 50 km'lik bir mesafede yaklaşık 170 m yükseklik farkıyla oldukça yüksek bir eğime sahiptir. Ovanın doğu ve batısını sınırlayan Tektek ve Fatik Dağlarının eteklerinde eğim daha da artmaktadır. Belirtilen bu yüksek eğim, ovanın kuzey kesimleri için drenaj kapasitesi yönünden bir avantaj olurken, düşük kotlu kısımlarda tersine bir işleve sahiptir. Kuzey güney doğrultusunda ve dağlardan ovanın ortasına doğru olmak üzere sürekli

su akışı olmaktadır. Bu su akışı Suriye sınırına yakın bölgelerde ve ovanın diğer alçak kesimlerinde yüzeye çıkarak taban suyu düzeyini yükseltmektedir.

Harran Ovasını sulayan Fırat Nehri suyunun kalitesi iyi düzeyde olup, tuzluluğu ortalama $EC:0.350 \text{ dS m}^{-1}$ 'dir. Kılcal tuzlanmanın olmadığı koşullarda düşük bir yıkama oranı ile (%3-5) uygun su ve tuz dengesi sağlanabilecektir (Bahçeci ve Nacar, 2008). Randıman düşüklüğü nedeniyle sulama mevsiminde drenaj kanalları ile boşaltılan su miktarı bu oranın çok üstündedir. Yılda yaklaşık 200-250 milyon m^3 su ova dışına boşaltılmaktadır (Anonim, 2008). Bu büyüklükte bir suyun depolanması veya bir başka yere boşaltılması oldukça külfetli ve sorun yaratacak pahalı bir iştir.

Küresel ısınmanın da etkisiyle, su sıkıntısının giderek arttığı ülkemizde, suyun etkin bir şekilde kullanılması, üzerinde önemle durulması gerekli bir konudur. Su kullanımının daha fazla sorgulandığı bu günlerde, su kazanımı sağlayan sulama ve drenaj sistemleri ile bunların çevre üzerine etkileri, araştırılması gereken konuların başında gelmektedir.

Ancak doğru tasarımlanmayan drenaj sistemleri, kendisinden beklenen işlevleri yerine getiremediği gibi, aynı zamanda bazı olumsuzlukların da doğmasına neden olmaktadır. Sulanan alanlarda tuzlanmayı önlemek amacıyla uygulanan derin drenaj sistemleri aşırı drenaja, bitki besin element kayıplarına ve bazen alt toprak katlarındaki tuzlu yeraltı sularının drenaj suyuna karışmasına neden olabilmektedir.

Ayrıca geleneksel drenaj sistemlerinde dren akışlarını denetleyen yapılar bulunmamaktadır. Bu yüzden sulamadan kısa bir süre sonra su tablası dren düzeyine düşmektedir. Bu durum rotasyon uygulamasının sulama sistemlerinde bitkilerin su stresi çekmesine neden olmaktadır. Harran ovasındaki mevcut sulama sisteminde uygulanan rotasyon işletme yönteminde ise sulama aralıkları sabittir. Rotasyon 2 olup, tersiyerlere 15 günde bir su verilmektedir. İzleyen sulama 15 gün sonra yapıldığından, bitkiler su stresi çekebilmektedir. Bunu önlemek için, çiftçiler her sulamada daha fazla su vermektedirler. Bazı sistemlerde aşırı drenaj, su

yetersizliğinden ileri gelen ürün kayıpları ve bitki besin element kayıplarına neden olmaktadır. Diğer taraftan aşırı drenaj nedeniyle ortaya çıkan drenaj suyunun deşarj edilmesi ise mansap şartı nedeniyle sorun olmaktadır.

Harran Ovasında, önceki yıllarda, yer yer var olan toprak tuzluluğu, sulamaların başlamasıyla artan drenaj sorunları nedeniyle, hem yatay, hem de dikey olarak artmıştır. Dünyadaki ve ülkemizdeki deneyimler, drenaj sorununun yaygınlaşması halinde, toprakların geriye kazanılması için gerekli olan yatırım maliyetlerinin, tuzlanmanın önlenmesi için gerekli olandan kat-kat fazla olduğunu göstermektedir.

Bu yüzden, yeni bir anlayışla sürdürülebilir bir tarımsal üretimi sağlamaya katkıda bulunan, aynı zamanda çevreye en az zarar veren drenaj sistemlerinin tasarımılarına ihtiyaç vardır. Bu tasarımların gerçekleşebilmesi ve uygulanabilir olması için ise yerinde yapılan drenaj denemelerine, sorunun yoğun olarak bulunduğu alanlarda oluşturulacak pilot test alanlarından elde edilecek verilere ve mevcut sistemlerin izlenerek performans değerlendirmelerine gerek vardır. Aşırı veya yetersiz tasarımılanmış sistemlerin her ikisi de, birtakım olumsuzluklara neden olabileceği düşünüldüğünde bunların zaruri bir şekilde yapılması gerektiği açık şekilde anlaşılmaktadır.

Kontrollü (denetimli) drenajın toprak tuzlanması, su kazanımı, drenaj suyu miktarı ve kalitesi ile bitki besin element kayıpları üzerine etkileri ise ülkemizde neredeyse hiç çalışılmamış bir konudur. Oysa dünyada sulanan alanların drenajında kontrollü drenaj üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. Küresel ısınmanın yarattığı sorunların giderek arttığı günümüzde, su kazanımı sağlayacak çalışmalar yaparak, bu konuda yeni bilgiler elde etmek ve bunların sulama ve drenaj sistemlerinin yönetiminde kullanılmasını sağlamak, bu sistemlerin en iyi şekilde yönetilmesine ve çevreye önemli katkılar sağlayacaktır.

Kontrollü drenajdan beklenen yararlar, su kazanımı, sulama süresi ve işçilikten tasarruf, havza düzeyinde su kullanım etkinliğinin artması, suyun kıt olduğu

dönemlerde tarımsal üretimin sürdürülmesi, bitki veriminin artması, drenaj suyunun deşarj alanlarında kirliliğin azalması, drenaj suyunun hacminin azalması ve tarımsal ilaç ve gübre kullanımında tasarruf sağlanması olarak sayılabilir

Günümüzde bütün üretim faaliyetlerinin çevreye olan etkilerinin belirlenmesi giderek önem kazanmaktadır. Dünyanın her tarafında drenaj atık sularının ırmak ve akarsu sistemlerine boşaltılması yaygın bir uygulamadır. Onun için drenaj atık sularının miktarı ve kalitesi, sulama çevre ilişkilerinde önemli bir parametredir. Eğer atık su, tuz ve kirlilik yükü bakımından kabul edilebilir bir düzeyde ise, bu uygulama sorun yaratmayabilir. Ancak yine de, drenaj atık suyunun etkisini minimize etmek için, drenaj suyunun miktarı ve tuz yükü azaltılmalıdır.

Evans ve ark. (1996), denizlere taşınan azot ve fosforun mavi yeşil alglerin gelişmesine neden olduğunu, hızla gelişen bu alglerin oksijeni tüketerek oksijensiz bir ortam yarattığını, bu yüzden kıyıların kullanılamayacak hale geldiğini belirtmektedirler.

Sulanan alanlardaki horizontal drenaj sistemlerinde aşırı su ve besin element kayıplarını önlemek için, son yıllarda kontrollü drenaj sistemleri inşa edilmektedir. Bu uygulama ile toplayıcı çıkışlarına monte edilen yükselticilerle dren akışları denetlenerek, drenaj suyu miktarı ve bitki besin element kayıpları azaltılmaktadır. Bitkiler yükselen taban suyundan yararlanma olanağı bulduğu için sulama suyu ihtiyacı da azalmaktadır.

Kontrollü drenaj ve sızdırma sulama, Kuzey Caroline eyaletinde 1970'ten beri uygulanmaktadır. Yapılan çalışmalar, uygun planlanan ve dikkatli yönetilen sistemlerde su kalitesinin iyileşeceğini göstermiştir (Evans ve ark., 1996). Bu eyalette 1989 yılına kadar 60 bin hektar alanda 2500 kontrol yapısı inşa edilmiştir.

Ancak kontrollü drenaj uygulanan sistemlerde su tablasının kontrol düzeyleri yerden yere, sulama suyu kalitesine ve toprak özelliklerine göre farklılıklar

göstermektedir. Çünkü yüksek düzeyde kontrol veya taban suyunun yanlış zamanda yükseltilmesi toprakların tuzlanmasına veya ürün azalmalarına neden olabilmektedir.

Drenaj suyu miktarı, ya fazla suların drenaj kanallarına akması önlenerek veya drenaj suyunun yeniden kullanılmasıyla azaltılabilir. Birincisinde sistemler yüzlek (sığ) drenler şeklinde veya denetimli sistemler şeklinde tasarımlanarak, daha az suyun drene olması sağlanır. İkincisinde ise drenaj suları pompajla sulama kanallarına verilir. Yüzlek drenlerin döşendiği sistemlerde su tablası düzeyi yılın her döneminde yüksek olacağından, toprağın tava gelmesi sorun yaratabilmektedir. Kontrollü drenajda ise, su düzeyi istenen şekilde denetlenebildiğinden bu dezavantaj ortadan kalkmaktadır.

Bu araştırma ile Harran Ovasında farklı drenaj uygulamalarının drenaj suyu miktarı, kalitesi ve toprak tuz dengesine etkisi WaSim programına bağlı su-tuz dengesinin simülasyon senaryoları test edilerek, tarım topraklarının tuzluluğundaki değişimin yönü belirlenmiş ve simülasyon sonuçlarının tuzluluğun önlenmesi için uygulanabilir olup olmadığı araştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dünyada yeterli ve güvenilir drenaj istatistikleri olmamasına karşın, yine de, FAO tarafından son yıllarda yapılan değerlendirmeler drenaj sistemi inşa edilmiş alanlar hakkında önemli bilgiler vermektedir. Bu çalışmalara göre, dünyada 3200 milyon hektar arazinin potansiyel olarak tarıma uygun olduğu, ancak bunun 1450 milyon hektarında halen tarım yapıldığı, kalan 1750 milyon hektar arazinin büyük bir bölümünün tarıma çok az uygun olduğu belirtilmektedir (FAO, 1996).

Dünyada tarım yapılan arazilerin 1200 milyon hektarında kuru tarım, 250 milyon hektarında (%17) ise sulu tarım yapılmaktadır. Toplam drenajı yapılan alanların ise 150-200 milyon hektar (%10-14) olduğu tahmin edilmektedir. Drenajı yapılan alanların 100-150 milyon hektarı yağışlı bölgelerde, 25-50 milyon hektarı ise sulanan alanlardadır (FAO, 1996).

Daha etkili su kullanımı sağlayan sulama sistemlerinin henüz çok düşük bir oranda olduğu ve bu durumun uzun yıllar boyunca çok hızlı bir şekilde değişmeyeceği anlaşılmaktadır. Bu yüzden, mevcut su yönetimi altında sürdürülebilir bir tarım için daha uzun bir süre yüzeyaltı drenaj sistemlerinin inşa edilmesi kaçınılmaz görünmektedir. Bu sistemlerde hızla düşen su tablasının su sıkıntısına neden olduğunu, onun için kurak bölgelerde denetim yapılarının yapıldığına ilişkin çok sayıda çalışma olduğu bilinmektedir.

Su tablasının denetlenerek bitkilerin taban suyundan yararlanmasının sağlanabileceği ve drenaj suyu ile bitki besin element kayıplarının önemli oranda azaltılabileceği böylece çevrenin korunmasına katkı sağlanabileceğini belirten Namken ve ark. (1969)'nın yaptığı lizimetre çalışmalarında pamuğun su ihtiyacının %60'ını 0.9 m derinlikteki 1.6 dS m⁻¹ tuzluluktaki yer altı suyundan sağladığını göstermişlerdir.

Grimes ve Hendersen (1984), tarla çalışmalarında sığ tuzlu taban suyundan bitkilerin yararlanabilmesinin derinliğin ve tuz içeriğinin bir fonksiyonu olduğunu ve (kıyas bitki su tüketimine bağlı olarak) yoncanın %14-45, pamuğun %27-60 arasında su alımını taban suyundan karşıladığını bildirmektedirler.

Kruse ve ark. (1985), tuzlu taban suyundan olan beslenme üzerine yaptıkları bir lizimetre çalışmasında, tuzluluğu 6.0 dS m^{-1} , 0.6 m derinlikte taban suyundan (EC_{gw}) mısırın su ihtiyacının yaklaşık %55'inin sağladığını, Meyer ve ark. (1996), ise, 0.6 m derinlikte tutulan taban suyundan, tuzluluğun ve toprak tipine bağlı olarak su ihtiyacının %13-55 sağladığını, ince bünyeli topraklarda ve tuzlu yer altı suyundan yararlanma oranının düşük olduğunu, $EC_{gw} = 1.6 \text{ dS m}^{-1}$ iken yararlanma %22-55 iken, $EC_{gw} = 12 \text{ dS m}^{-1}$ olduğunda %13-25'e düştüğünü bildirmişlerdir.

Oosterbaan (1988), tarımsal, teknik ve çevresel drenaj ölçütlerini belirlerken çok dikkatli olunması gerektiğini, yerel koşullarda geniş bir değişkenliğin olabileceğini, bu bakımdan kuramsal yaklaşımların yanı sıra yerel deneyimlerin de göz önüne alınması gerektiğini, aksi takdirde sistemin çok pahalı, hatta yararsız olabileceğine değinmektedir.

Hutmacher ve ark. (1996), ise pamuğun 1.10 m derinlikteki taban suyu tuzluluğunun 15 dS m^{-1} 'ye kadar artmasının su alımını etkilemediğini bildirmişlerdir.

Çalışmalar, toprak ve taban suyunda tuzluluğun artmasının bitki su alımını olumsuz etkilediğini, ancak yine de, bitkilerin yer altı suyundan önemli ölçüde yaralandığını göstermektedir. Su tablası derinliğinin değişik toprak ve iklim koşullarında toprak tuzlanması ve su kullanımı üzerine farklı etkiler yaratması, yerinde yapılacak tarla denemelerinin önemini göstermektedir. Bu bağlamda belirtilen konuların bölge koşullarında denenmesinin gerekliliği belirtilmektedir.

Dayem ve Ritzema (1990), Nil Deltasında pilot bir alanda yaptıkları çalışmada iki dren orta noktasında mevsimlik ortalama su tablası derinliğinin 1.0 m olmasının uygun olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte bu değerin koşullara göre

uyarlanabileceğine değinmektedirler. Oosterbaan ve Abu Senna (1990), ise, mevsimlik ortalama su tablası derinliğinin 1.2 m'den daha derin olması durumunda derine süzülme kayıplarının ve sulama etkinliğinin azaldığını belirtmektedirler.

Dugas ve ark. (1990), killi ve sıkışmış katmanlı topraklarda 1.0 m derinlikteki taban suyunun, soya fasulyesinin su kullanımı üzerine etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, su kullanımının sıkışmamış olanlarına göre daha az olduğunu, üst toprağın nem içeriğinin azalması halinde kök bölgesine doğru hidrolik eğim ve potansiyel su akımı nedeniyle yeraltı suyundan alınan suyu artırdığını belirlemişlerdir.

Evans ve ark. (1996), Kuzey Caroline'da mısırda yapılan aşırı gübreleme nedeniyle tarlalardan yıkanan azotun çevresel sorunlar yarattığını, bunu azaltmanın yolunun iyi tarım uygulamaları veya su tablası yönetim stratejilerinin geliştirilmesi olduğuna değinen araştırmacı, yüzey drenaj sularında organik-N ve fosfor fazla iken, yüzey altı drenaj sularında Nitrat-N 'inin daha fazla olduğunu, her iki sistemin de gelişmiş bölgelerde besin element kaybını artırdığını belirlemiştir.

Soppe ve ark. (2002), kök bölgesinde elverişli nemin yüksek olmasının yeraltı suyunu kullanımını azaltırken, sulama aralıklarını artırdığını ve düşük sulama suyu miktarlarının yeraltı suyundan yararlanmayı teşvik ettiğini bildirirken, Evans ve ark. (1987), su tablası yönetim sistemlerinin dikkatli bir şekilde planlanıp yönetilmesiyle su kalitesinin iyileştirilebileceğini, Madramootoo ve ark. (1992), ise su tablasının 0.60-0.80 m arasında tutulduğu bir lizimetre çalışmasında, soya fasulyesinden geleneksel drenaj sistemlerine göre daha yüksek verim elde edildiğini ve nitrat kayıplarının %52 azaldığını belirlemişlerdir.

Fouss ve ark. (2002)'nın bildirdiğine göre; dren çıkışlarında yapılan kontrol yapılarıyla, tarımsal alanlardan nitrat-N kaybının %35 e kadar azaltılabileceğini ve çoğu toprak için su tablasının yetiştirme döneminde 0.60-0.75 m'den daha derine düşmemesi gerektiğini, kış döneminde ise hasat sonrası bitki besin element kayıplarını önlemek için daha sık taban suyu düzeylerinin olabileceğini, ekim öncesi

ve hasat döneminde çiftlik ekipmanlarının hareketi için 1.0 m derinliğin yeterli olacağını bildirmektedirler. Nitrat kaybının drenaj suyunun azalması oranında azalmasına ek olarak, sık su tablasının toprak profilinde denitrifikasyonu teşvik eden daha geniş bir zon yarattığını ve bunun nitrat-N konsantrasyonunun azalmasına neden olduğunu ve böylece nitrat yıkanmasının daha az olduğuna değinmişlerdir.

Tan ve ark. (2000)'nın yaptıkları bir çalışma kontrollü drenaj sistemi, drenaj suyundaki nitrat derişimini %38 ve toplam nitrat kaybını %37 azaltmıştır. Pazarlanabilir domates verimini %11, mısır verimini ise %64 artırmıştır. Elde edilen sonuçlar kontrollü drenaj sisteminin, kumlu-tınlı topraklarda, azot kaybını azalttığını mısır ve domates verimini artırdığını göstermiştir.

Tan ve ark. (2004)'nın domates verim ve kalitesi üzerine kontrollü drenajın etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları diğer bir çalışmada ise, kontrollü drenajın, 78.5 mm sızdırma sulama eklenmesine rağmen drenaj hacmini %45, nitrat konsantrasyonunu kil-künk drenaja göre %6.3, toplam azot kaybını %50' ye kadar azalttığını, pazarlanabilir domates verimini %11 artırdığını bildirmiştir.

Ayars ve ark. (2006)'nın bildirdiğine göre; Amerika ve Avusturalya'da yapılan araştırmalar, sulanan alanlarda su tablasının değişik tipteki kontrol yapıları ile etkili bir şekilde denetlenebileceğini göstermiştir. Denetim drenaj suyunun ve toplam tuz yükünün azalmasıyla sonuçlanmıştır. Ancak, kontrollü drenaj uygulamasında kök bölgesindeki tuz birikiminin göz önüne alınmasının önemli olduğuna değinen araştırmacılar, yapılan birçok araştırmanın dikkatli bir su yönetimi ile tuz birikiminin yönetilebileceğini belirtmişlerdir.

Ramoska ve ark. (2009)'nın bildirdiğine göre; kontrollü drenajla su tablasını drenler üzerinde maksimum 69 cm yükselmesine izin verildiği bir sistemde drenaj akış süresi yıllık olarak %40-62'ye kadar azalmıştır. Hava koşullarına bağlı olarak, kontrollü drenaj uygulamasıyla yetiştirme döneminde drenaj suyu miktarı %25, nitrat yıkanması ise %20-28 daha düşük olmuş ve verim %5.6-10 oranında artmıştır. Su

tablasının kontrolü çevreye pozitif etkileri olan yararlı bir uygulama olduğu sonucuna varılmıştır.

Hirekhan ve ark. (2007)'nın bildirdiğine göre, WaSim yarı-kurak muson iklim koşullarında yüzeyaltı drenaj sistemlerinin tasarımı ve hidrolik performansının değerlendirilmesinde kullanılabilen basit bir araçtır. Modelin drenaj suyu kalitesinin ve drenaj suyu miktarlarının tahmin edilmesinde uygulanabilirliğini test etmek için daha fazla çalışmalara ihtiyaç vardır.

Bahçeci ve ark. (2008), Harran Ovasında kontrollü drenajın su ve tuz dengesi üzerine etkilerini tahmin etmek amacıyla yaptıkları bir model (SaltMod) çalışmada dren çıkışlarının yetiştirme döneminde %75 oranında kontrol edilmesinin toprakta önemli bir tuz birikimine neden olmayacağını belirtmektedirler.

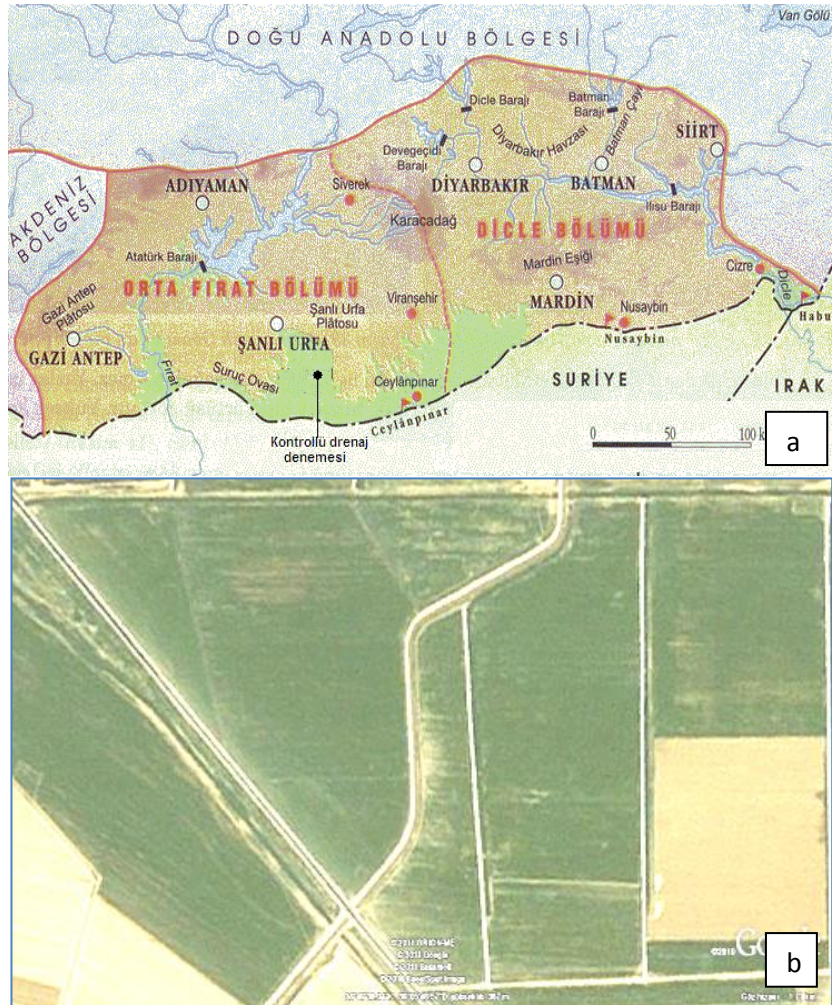
Kale (2011) yaptığı çalışmada, Bala-Kesikköprü havzası koşullarında, sulanan kurak alanlarda maksimum verimi sağlayacak optimum drenaj sistem parametrelerini DRAINMOD programını kullanarak tahmin etmiştir. Beş yıllık verilerle çalıştırılan model, çalışma alanında çoklu üretim sistemine göre en uygun dren aralığını 160 m ve dren derinliğini 1.2 m olarak belirlemiştir.

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme yeri

Araştırma, Şanlıurfa Harran Ovasında yer alan Harran İlçesinin 15 km Güneydoğusundaki Gürgelen Köyü arazisinde, 2012 yılında yürütülmüştür. Deneme alanı 36° 59' K enlemi ve 39° 01' D boylamında yer almakta olup, denizden yüksekliği 360 m'dir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Deneme alanının yeri (a) ve deneme parsellerinin uydu görüntüsü (b)

Denemenin yürütüldüğü drenaj sistemi 2010 yılında inşa edilmiş olup, dren derinlikleri 1.70-1.80 m arasında değişmektedir. Arazinin topoğrafik yapısına göre dren derinliklerinde küçük farklılıklar bulunmaktadır.

Dren aralıkları, serbest drenaj (SD) deneme alanında 100 m, kontrollü drenaj (KD) deneme alanında ise 60 m'dir (Şekil 3.2). Kıvrımlı plastik borulardan oluşan emici drenler 100 mm çapındadır.

Zarf malzemesi olarak kum çakıl kullanılmıştır. Emici (lateral) dren olarak 100 mm çaplı kıvrımlı plastik borular ortalama %0.1 eğimle döşenmiştir. Emici dren uzunlukları parsellerin şekline göre, SD deneme alanında 264-305 m arasında ve KD deneme alanında 150-320 m arasında değişmektedir. Silt bacaları toplayıcı drenler üzerinde yaklaşık 200 m, aralıklarla toprak yüzeyinde görülmeyen gömülü manhol şeklinde inşa edilmiştir. Deneme alanları, SD=196, KD=52 dekadır.

3.1.2. İklim özellikleri

Deneme alanına ait uzun yıllar iklim verileri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelgede görüldüğü gibi bölgede yıllık yağış oranları çok düşük seviyelerde olmakta, hatta bu miktar Harran Ovasında daha da düşmektedir. Temmuz ayında sıcaklık değeri en yüksek 46.8 °C, en düşük 16.2 °C olarak ölçülmüştür. Ortalama buharlaşma miktarı ise 302.9 mm olarak ölçülmüştür. Yine Temmuz ayında günlük ortalama güneşlenme süresinin 12 saatin üzerinde olduğu dikkate alındığında, bitkilerde meydana gelecek su ihtiyacının en üst düzeye çıktığını ve sulamaların bu dönemde yoğunluk kazandığını söyleyebiliriz.

Çizelge 3.1. Deneme alanına ilişkin uzun yıllar iklim verileri

Meteorolojik veriler	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama Toplam Yağış Miktarı, mm	75.3	77.6	67.4	43.0	28.4	3.7	0.6	1.0	1.0	27.2	51.8	77.9	454.9
Ortalama Sıcaklık, C	5.8	6.8	10.8	16.2	22.2	28.1	31.9	31.1	26.8	20.1	12.5	7.4	18.3
En Yüksek Sıcaklık, C	20.5	22.7	26.9	33.9	40.0	41.6	46.8	44.2	41.2	36.4	29.2	23.1	46.8
En Düşük Sıcaklık, C	-6.8	-9.3	-7.3	-0.7	7.4	12.3	16.2	16.9	12.4	3.80	-2.7	-6.4	-9.3
Ortalama Bağıl Nem, %	71	67	61	58	47	35	32	36	38	49	62	72	52
Ortalama Buharlaşma, mm			55.4	98.4	166.3	248.1	302.9	267.3	188.3	109.2	39.9	11.4	
Günlük Ort. Güneşlenme Suresi, saat, dk	3:57	5:02	6:20	7:37	9:53	12:06	12:14	11:27	10:03	7:39	5:45	3:54	8:00
Günlük Ort. Güneşlenme Şiddeti, cal/cm ² .dk	166	238	340	428	520	593	575	522	437	316	213	150	375
Ortalama Rüzgar Hızı, m s ⁻¹	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.3	2.3	2.2	1.8	1.3	1.2	1.2	1.7

3.1.3. Ürün deseni, ekim zamanı ve gübreleme miktarı

Harran Ovası sulanmaya başladıktan sonra bölgede yaygın olarak pamuk tarımı yapılmaktadır. Seçilen deneme arazisinde de bölgenin genelinde olduğu gibi uzun süreden beri pamuk ekimi yapılmakta ve ürün deseni tek bitkide kalmaktadır.

KD deneme alanında pamuk ekimi 20 Nisan 2012, SD deneme alanında ise 5 Mayıs 2012 tarihinde yapılmış ve ekimle birlikte 30 kg da⁻¹ 20-20-0 taban gübresi ve sulama öncesi 40 kg da⁻¹ amonyum nitrat (%33) verilmiştir.

3.1.4. Sulama suyunun özellikleri

Her iki deneme alanı da Reha Sulama Birliği alanları içerindedir. KD deneme alanına sulama suyu tuzluluğu 0.5–1.0 dS m⁻¹ arasında değişen geri dönüşüm drenaj suları verilmektedir. SD deneme alanına ise Fırat Nehrinden gelen sulama suyu verilmekte olup tuzluluğu ortalama 0.5 dS m⁻¹ dir.

3.1.5. Kullanılan aygıt ve malzemeler

Deneme alanlarındaki kontrol yapılarını ve ölçüm aletlerini korumak için 2 adet tel örgü sistemi kurulmuştur. Drenaj suyu miktarlarını ölçmek için ise 2 adet limnigraf alınmış ve bunlara koruma kutuları yaptırılmıştır.

KD deneme alanındaki toplayıcı dren çıkışını 1 m yükseltmek için S şeklinde plastik boru kullanılmıştır.

KD deneme alanı için boğaz genişliği W=0.025 m olan, SD deneme alanı için ise boğaz genişliği W=0.05 m olan savaklar kullanılmıştır. Savakların limnigraf ölçüm noktasına bağlantıları için çelik borular kullanılmıştır.

Su tablası derinliklerini ölçmek için KD deneme alanına 9, SD deneme alanına ise 5 adet, 2.20 m uzunluğunda delikli plastik borular yerleştirilmiştir (Şekil 3.2).

İnfiltrasyon testi ve hidrolik iletkenlik testleri için çift silindirli infiltrometre ve el burgusu kullanılmıştır.

Drenaj suyu tuzluluğunu ölçmek için 3 kademeli EC metre kullanılmıştır. Toprak tuzluluğu analizleri ise laboratuvar ortamında yapılmıştır.

3.2. Yöntem

Denemede serbest drenaj ve kontrollü drenaj olmak üzere iki konu ele alınmıştır.

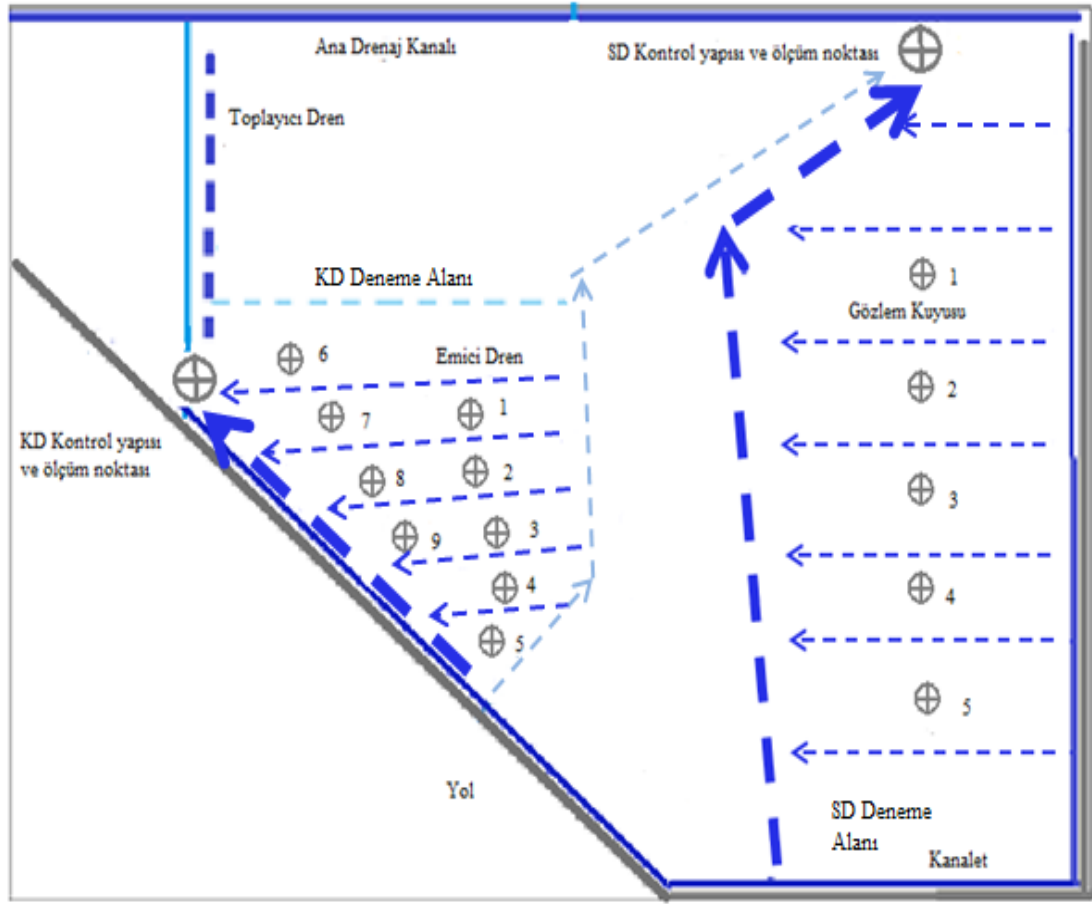
Deneme konuları;

1-SD (Serbest Drenaj),

2-KD (Kontrollü Drenaj)

Kontrollü drenaj alanında dren çıkışlarına 1.0 m yüksekliğinde yükseltici inşa edilmiş ve su tablası dren düzeyinin 1.0 m üzerinde denetlenmiştir. Serbest drenaj alanında ise dren çıkışlarına herhangi bir işlem yapılmamıştır. Deneme planı ise Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.

Serbest ve kontrollü drenaj alanlarında drenaj suyu kontrolü dışında işlem yapılmamıştır. Deneme alanlarında drenaj suyu miktarları, su tablası derinlikleri, üst toprak tuzluluğu (0-20 cm), bitki kök bölgesi tuzluluğu (0-100 cm) ve drenaj suyu tuzluluğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar ile WaSim (Water Simulation Model) programından elde edilen değerler ile kıyaslanmış ve programın işlerliği değerlendirilmiştir.



Şekil 3.2. Deneme planı

3.2.1. Sulama sularının ölçülmesi

Sulamalar, kanaletlerden sifonlarla alınan suların karıklara verilmesi şeklinde yapılmaktadır. Bu yüzden sulamanın başlamasıyla her tarlaya verilen su miktarları, sifonların sayıları, özellikleri, debileri ve çalıştıkları süreler kaydedilerek belirlenmiştir. Sifon debileri hem hesapla hem de yerinde kronometre-kova yöntemi ile ölçülerek kontrol edilmiştir.

3.2.2. Drenaj sularının ölçülmesi

Drenaj alanlarının çıkış ağızlarında akış ölçüm istasyonu kurulmuştur. Akış ölçüm tesisinin etrafı 3 m yükseklikte dikenli telle çevrilerek giriş kapısı takılıp, asma kilitle kilitlenerek kontrol yapıları ve su ölçüm istasyonları koruma altına

alınmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kontrol yapısı üzerine inşa edilen dikenli tel (a) ve su düzeyi kaydedicisi (b)

Deneme tarlası olarak belirlenen tarlalardan, serbest akışlı (SD) deneme alanında toplayıcı kanal çıkışından önce, boğaz genişliği $W=0.05$ m ve uzunluğu $L=0.91$ m olan düztabanlı kesik boğaz savak yerleştirilmiştir. Savakların ölçme noktalarının 60 cm uzağına dik olarak 20 cm çapında ve 3 m yüksekliğinde galvanizli çelik bir boru alt seviyesi savak tabanının 20 cm altına gelecek ve altından su girmeyecek şekilde kapalı dik bir boru yerleştirilmiştir (Şekil 3.4). Boru yan cidarında, tabanından 20 cm yukarıda açılan bir deliğe monte edilen 3 cm çaplı bir bağlantı borusu savağın ölçüm noktası ile birleştirilmiştir.

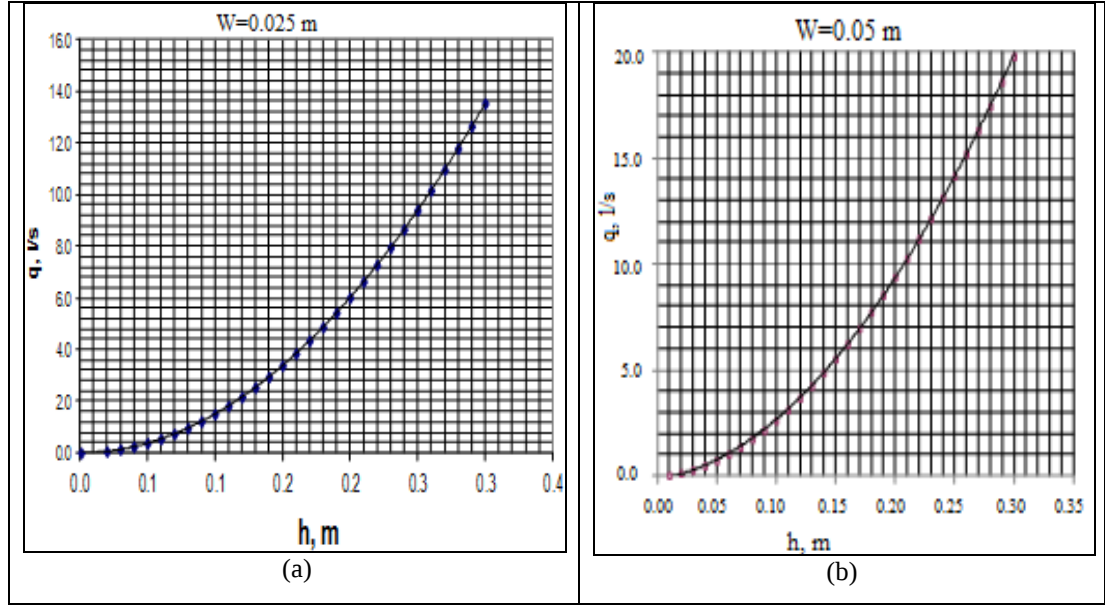
Savakta su alçalıp yükseldikçe, bu boru içinde su düzeyi alçalıp yükselmektedir. Boru üst noktasına yerleştirilen su seviye kaydedicisinin şamandırması da alçalıp yükselmektedir. Böylece seviye değişimleri elektronik kaydedici tarafından kaydedilmektedir (Şekil 3.4). Bu savakların tercih edilmesinin nedeni, batık çalışma riskini en aza indirerek daha güvenilir ölçümlerin yapılmasını sağlamaktır.



Şekil 3.5. Manholde su yükseltici kontrol yapısının görünümü

Su düzeyi kaydedicilerden elde edilen veriler savaklar için hazırlanmış olan anahtar eğrileri (Şekil 3.6) kullanılarak debi değerlerine çevrilmiş ve her drenaj alanı için toplam dren akışı belirlenmiştir.

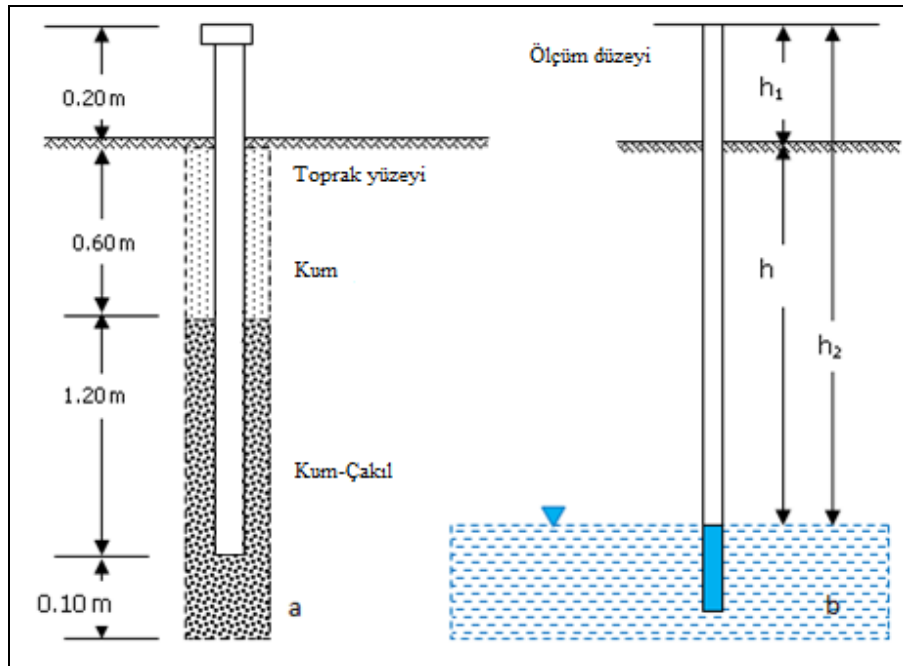
Kontrollü drenaj (KD) uygulanan alanda ise boğaz genişliği $W=0.025$ m, uzunluğu $L=0.45$ m olan düztabanlı kesik boğaz savaklar, serbest drenaj alanında yapıldığı şekilde monte edilmiştir.



Şekil 3.6. Kontrollü drenaj (a) ve serbest drenaj (b) alanındaki savakların anahtar eğrileri

3.2.3. Gözlem kuyuları ve su tablası ölçümleri

Deneme tarlasında su tablası düzeyinin alçalıp yükselmesini belirlemek için drenler arası orta noktalarına gelecek şekilde her deneme alanına 5'er tane taban suyu gözlem kuyusu (G) inşa edilmiştir (Şekil 3.7).

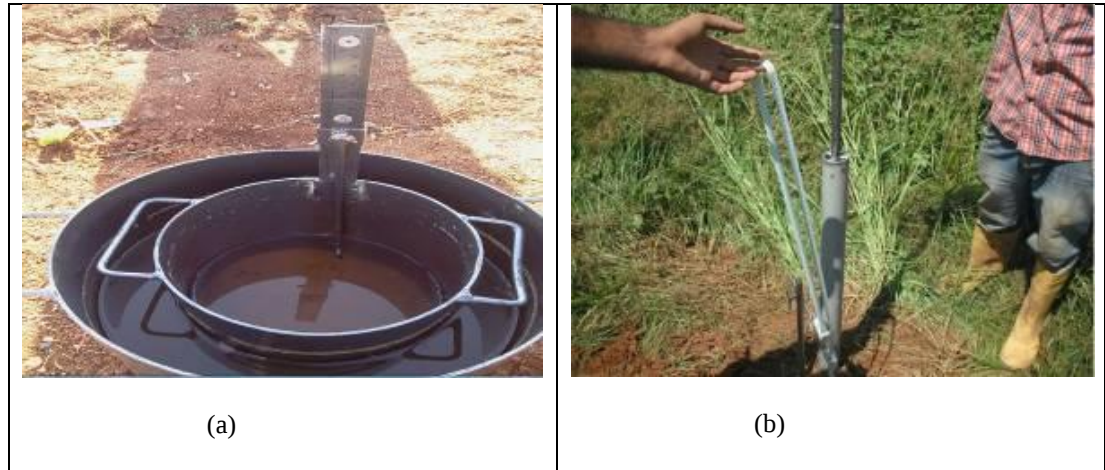


Şekil 3.7. Gözlem kuyusu kesiti (a) ve taban suyu düzeyi ölçüm kuyusu (b)

Gözlem kuyuları toprak yüzeyinden 1.70-1.80 m derinlikte olup, içine yerleştirilen boruların ağızları, kuyu içerisine boru kenarlarından yüzey akışla su girmemesi için, toprak yüzeyinden yaklaşık 20 cm yukarıda olacak şekilde yerleştirilmiştir. Boruların konumları ve bulundukları yükseklikler belirlenmiştir. Tarımsal işlemler nedeniyle yıl içerisinde kırılan ve bozulanların yerine yenileri yapılmıştır. Sulama mevsimi boyunca günlük olarak taban suyu ölçümleri yapılmıştır. Taban suyu seviyeleri dren seviyelerine düştüğünde ölçümlere son verilmiştir.

3.2.4. Toprak hidroliğine ilişkin ölçümler

Bu amaçla infiltrasyon testi ve hidrolik iletkenlik testleri yapılmış ve sonuçlar şekil ve grafiklerle ilgili bölümlerde verilmiştir. İnfiltrasyon testleri çift silindirli infiltrometre ile hidrolik iletkenlik testleri ise burgu deliği yöntemi ile yapılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. İnfiltrasyon testi (a) ve hidrolik iletkenlik testi (b) yapılmasına ilişkin görüntüler

3.2.5. Drenaj suyu tuzluluğu ölçümleri

Dren akışları olduğu sürece her gün drenaj suyunun EC ölçümleri yapılmıştır. Bu işlem için 3 kademeli taşınabilir EC metre kullanılmıştır. Zaman zaman örnekler laboratuvara getirilerek alet okumalarının doğruluğu denetlenmiştir.

3.2.6. Toprak ve su analizleri

Bu amaçla gözlem kuyularının açıldığı noktalardan deneme başlangıcında ve sonunda dren derinliğinden, 20 cm'lik aralıklarla alınan toprak örnekleri etiketlenerek analize hazırlanmış ve daha sonra laboratuvarında analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarının değerlendirmeleri ilgili bölümlerde verilmiştir.

ECe ve pH okumaları Thermo Scientific Orion 4-Star Benchtop pH/Conductivity Meter ile yapılmıştır.

3.2.7. Performans göstergeleri

Toplanan veriler mevcut drenaj alanı ve kontrollü drenaj alanı için su ve tuz dengesi eşitlikleriyle değişik kontrol düzeylerinin etkileri Abbott ve ark. (2003), tarafından hazırlanan kontrollü drenaj rehberinde belirtilen ilkeler göz önüne alınarak değerlendirilmektedir.

- Kontrol düzeylerinin bitkiler üzerine etkilerini değerlendirilmesi,
- Kontrollü drenajda kontrol yapılarının değişik zamanlarda açılıp kapanmasının etkisini simule edilmesi,
- Kontrollü drenajın su kazanımı üzerine etkilerini tahmin edilmesi,
- Kontrollü drenajın uzun dönemde toprakta su ve tuz dengesi üzerine etkilerini tahmin edilmesi,
- Suyun kıt olduğu dönemlerde bitkisel verimliliğin sürdürülmesi için stratejiler geliştirmek amacıyla bilgisayar programı kullanılarak ekimi yapılan her bitki için uygun kontrol düzeyleri ile toprak tuzluluğu ve bitki verimindeki değişimler tahmin edilmesi (Skaggs, 1978; 1982; 1999; Skaggs ve Gilliam, 1981; Hess, 2000; Abbot ve ark., 2003).

Değerlendirmede kullanılan model (WaSim) veri olarak toprakta depolanan su, bitki, drenaj, sulama ve iklim verilerini kullanarak mevcut uygulamalar değişmediği sürece topraktaki tuzlulaşma veya yıkanma eğilimlerini tahmin etmektedir. Model

yardımıyla yukarıda belirtilen performans göstergelerinden kontrollü drenajın uzun dönemde toprakta su ve tuz dengesi üzerine etkileri tahmin edilmiştir.

Su tablasının etkisi, ıslaklığın neden olduğu stres, SEW (sum of the excess water) kavramı ile açıklanmaktadır. Buna göre su tablasının su stresine neden olduğu belli bir düzeyin üstünde kaldığı süre olarak Sieben (1964), Wesseling (1974) tarafından geliştirilen düşünce, Evans ve Fausey (1999) tarafından aşağıdaki eşitlikle açıklanmıştır.

$$SEW_x = \sum_{j=1}^n X - y_{ij} \quad (3.1.)$$

Burada SEW fazla suyun belli bir düzeyin üstünde kaldığı süreye bağlı olarak hesaplanmaktadır.

X: i gelişme döneminde ıslaklık stresine neden olan kritik su tablası derinliği

y_{ij}: i gelişme döneminde j günündeki su tablası derinliği

n: göz önüne alınan gelişme dönemindeki gün sayısı

Kontrollü ve kontrolsüz drenaj uygulamalarının sistem performansı üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Drenaj sistem performanslarının değerlendirilmesinde Vincent ve ark. (2001), tarafından önerilen göstergeler kullanılmıştır. Farklı uygulamaların sistemlerin performanslarına etkilerini belirlemede kullanılan başlıca parametreler sistemin drenaj oranı ve oransal tuz değişimidir (Bos ve ark., 1994).

Bunlar aşağıda açıklandığı şekilde hesaplanmaktadır.

$$OTTD = (YTD - ETD) / (ETD)$$

OTTD: Oransal toprak tuz değişimi, dS m⁻¹

YTD: Yeni tuzluluk değeri, dS m⁻¹

ETD: Eski tuzluluk değeri, dS m⁻¹

veya

$$OTDO = (GSSec - \text{ÇSSec}) / \text{ÇSSec}$$

OTDO: Oransal tuz değişim oranı, dS m^{-1}

GSSec: Giren sulama suyunun EC değeri, dS m^{-1}

ÇSSec: Çıkan suyun EC değeri, dS m^{-1}

$\text{SDO} = \text{SGTS}/\text{TDS}$

SDO: Sistem Drenaj Oranı, mm

SGTS: Sisteme giren toplam su, mm

TDS: Toplam drene olan su, mm

3.2.8. Doğrudan göstergeler

- Zamanın fonksiyonu olarak su tablası
- Su tablasının düşme hızı
- Alanın fonksiyonu olarak su tablası derinliği
- Kanallardaki su düzeyi
- Tuzluluğun oransal değişimi
- Tuzluluğun zamansal değişimi
- Alkaliliğin oransal değişimi (varsa) ve zamansal değişimi

Bu çalışmada yukarıda belirtilen göstergelerden zamanın fonksiyonu olarak su tablası değişimi ve tuzluluğun zamansal değişimi ele alınmıştır.

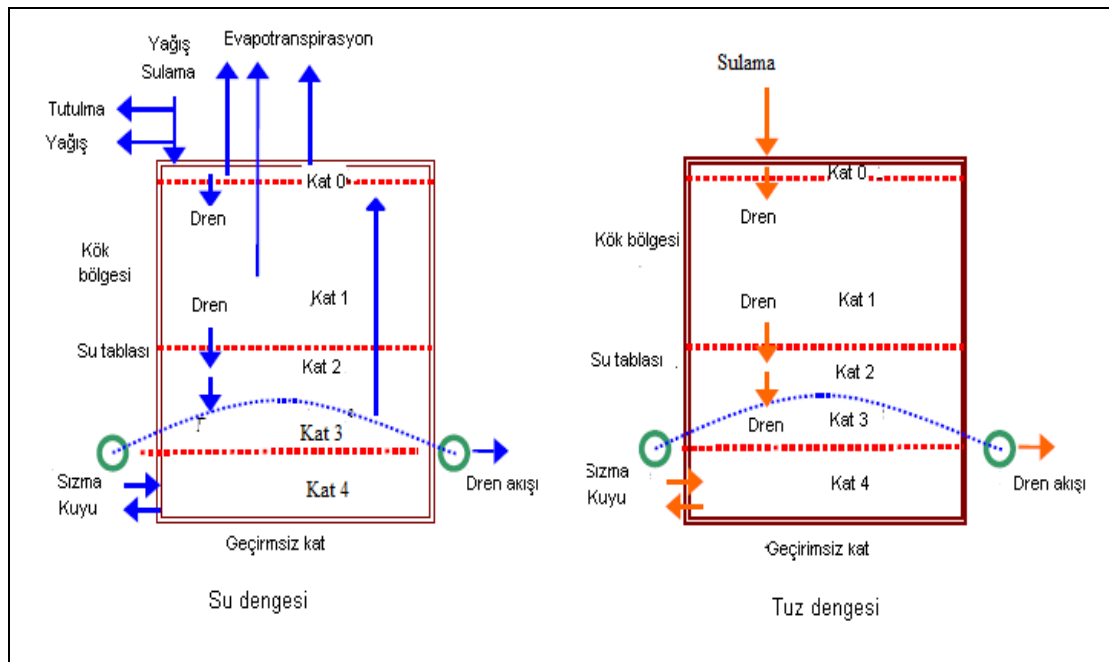
3.2.9. WaSim (Water Simulation Model) programının özellikleri ve gerekli parametreler

WaSim, HR Wallingford şirketi ve Cranfield Üniversitesi (DFID desteği ile) tarafından geliştirilen, sulama, drenaj ve tuzluluk yönetimi ile ilgili konularda eğitim ve gösteri amaçlı hazırlanmış bilgisayar tabanlı bir program paketidir. WaSim, farklı yönetim stratejilerine (örneğin; drenaj tasarımları ve su yönetimi uygulamaları) ve çevre senaryolarına (örneğin; meteorolojik veriler, toprak tipleri) yanıt olarak toprak suyunun tuzluluk ilişkilerini test etmektedir. WaSim programı ile tarım arazilerinde oluşan drenaj suyu miktarları ve tuzlulukları, su tablasının değişimleri ve toprak

tuzluluk oranları belirlenebilir (Hess, 2000).

Drenaj suyunun miktarı ve kalitesi ve bunun çevre üzerine etkilerin bilinmesi sürdürülebilir bir tarımın olmazsa olmaz koşullarıdır. WaSim programı, drenaj sularının ne durumda olacağını önceden bildirmesi sebebiyle önem arz etmektedir.

Modelin kullandığı su ve tuz dengesi bileşenlerinin geometrisi Şekil 3.9.'da gösterilmiştir.



Şekil 3.9. WaSim bilgisayar programının kullandığı bileşenlerin şekilsel gösterimi

Modelin çalışması için toprak özelliklerine, drenaj sistemi verilerine, günlük olarak bütün yılın iklim verilerine, ekilen bitkinin özelliklerine ve sulama suyu miktar ve günlerine ihtiyaç vardır (Hess ve ark., 2000).

3.2.9.1. Toprak verileri girişi

Toprak bünye analizleri sonucunda elde edilen kum, silt, kil oranına göre toprak tekstür üçgeninden belirlenen toprak bünyesi seçilerek işlem yapılmıştır. Yapılan analizlerin sonuçlarına göre her iki deneme alanında da toprak yapılarının

birbirine benzer oldukları ve tekstür üçgenine göre killi toprak sınıfında yer aldıkları belirlenmiştir. İnfiltrasyon bilgileri ise yine arazide yapılan test sonucunda elde edilen verilerden programa girilmiştir.

Çizelge 3.2. WaSim programı tekstür sınıflandırması ve özellikleri

Tekstür Sınıfı	θ_{sat}	θ_{tk}	θ_{sn}	U, mm	α	τ	N2	Ksat
Kumlu	0.437	0.115	0.033	10	3.5	0.69	67	5.040
Killi-kumlu	0.437	0.168	0.055	10	3.5	0.51	67	1.464
Kumlu balçık	0.453	0.245	0.095	10	3.5	0.37	67	0.624
Tınlı	0.463	0.279	0.117	10	3.5	0.23	81	0.312
Siltli tın	0.501	0.324	0.133	10	3.5	0.17	81	0.163
Kumlu killi-tınlı	0.398	0.241	0.148	10	3.5	0.17	89	0.103
Killi-tınlı	0.464	0.321	0.197	10	3.5	0.11	89	0.055
Siltli killi tın	0.471	0.350	0.208	10	3.5	0.09	89	0.036
Kumlu kil	0.430	0.311	0.239	10	3.5	0.09	89	0.029
Siltli kil	0.479	0.371	0.250	10	3.5	0.08	89	0.022
Killi	0.475	0.368	0.272	10	3.5	0.06	89	0.014

Şekil 3.10.'da gösterilen WaSim programı toprak bilgileri giriş ekranına girilecek olan killi toprak bünye özellikleri, WaSim programı teknik el kitabı içerisinde bulunan çizelgeye göre killi toprak yapısının sonuçlarına göre doldurulmuştur (Çizelge 3.2).

Şekil 3.10. WaSim programı toprak veri girişi sayfası

3.2.9.2. Drenaj sistemi verileri girişi

Deneme alanlarının drenaj sistemleri özellikleri program sayfasında girilmiştir. Değerler kontrollü ve serbest drenaj alanları için ayrı ayrı girilmiştir. KD deneme alanında dren derinliği 0.80 m, dren çapı 0.10 m, drenler arası mesafe 60 m ve geçirimsiz katman 6.0 m olarak girilmiştir (Şekil 3.11).

Şekil 3.11. WaSim programı KD deneme alanına ait drenaj sistemleri giriş sayfası

Serbest drenaj alanında ise dren derinliği 1.80 m, dren çapı 0.10 m, dren aralığı 100 m ve geçirimsiz katman 6.0 m olarak girilmiştir (Şekil 3.12).

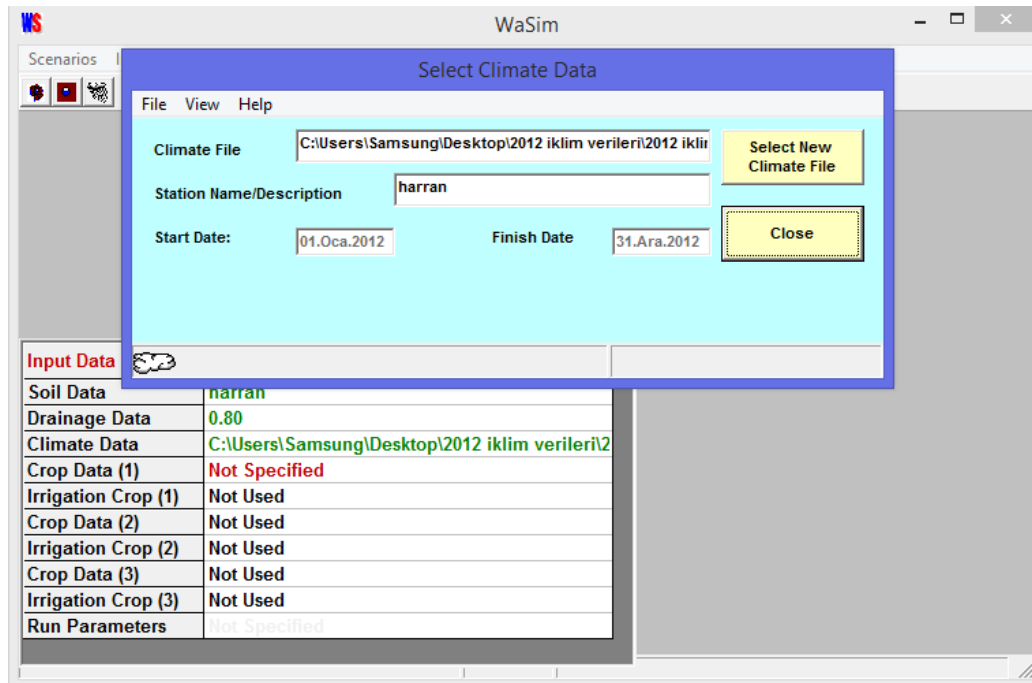
Şekil 3.12. WaSim programı SD deneme alanına ait drenaj sistemleri giriş sayfası

3.2.9.3. İklim verileri girişi

İklim verilerinin günlük olarak girilmesi ile WaSim-ET programı (Şekil 3.13) sayesinde yıllık su tüketimi belirlenmekte ve oluşturulan *.cld dosyasını WaSim programına tanıtılmaktadır (Şekil 3.14).

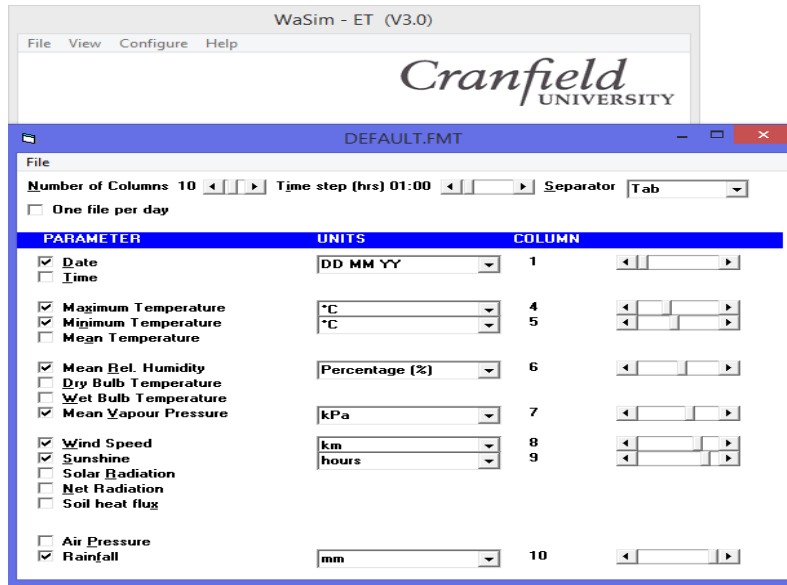


Şekil 3.13. WaSim-ET programı görüntüsü



Şekil 3.14. WaSim programı iklim verilerinin tanıtılması

İklim verileri Şekil 3.15.'de seçilen sırayla, günlük olarak en yüksek ve en düşük sıcaklık, ortalama nem, ortalama buhar basıncı, rüzgar hızı, güneşlenme süresi ve yağış miktarı işaretlenmekte ve Windows not defteri sayfasına girilmektedir (Şekil 3.16). Bu aşamada girilecek olan iklim verileri birimlerinin seçilen birimlerle aynı olmasına, tarih kısmının bütün sayılarla 3 sütunu otomatik olarak kapladığına dikkat edilmelidir.



Şekil 3.15. WaSim-ET programı gerekli parametrelerin seçimi

Windows not defterine giriş yapılırken ondalık sayıların ayrılmasında virgül kullanılmalı, ayırıcı olarak seçilen karaktere göre işlem yapılmalıdır.

Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım					
01	01	2012	7,5	4,9	92,3	0,09	43,2	0	0,0
02	01	2012	9,4	5,8	85,3	0,08	86,4	0	0,0
03	01	2012	12,7	3,3	52,3	0,05	112,32	0	0,0
04	01	2012	14,8	3,2	53	0,05	103,68	6,2	0,0
05	01	2012	12,6	2,9	59,7	0,06	103,68	6,2	3,8
06	01	2012	8	2,5	78,7	0,08	112,32	6,1	3,6
07	01	2012	10,5	4,8	75	0,07	69,12	0	27,4
08	01	2012	9	3,5	79	0,08	51,84	0	9,8
09	01	2012	7,1	4,2	95,7	0,08	60,48	1,5	3,2
10	01	2012	12	3,8	85,3	0,09	95,04	0	1,4
11	01	2012	8,8	4,2	82,3	0,08	43,2	1,7	0,0
12	01	2012	12,3	4,4	84,3	0,08	51,84	0,2	0,0
13	01	2012	12	5,3	87,7	0,08	60,48	0	0,0
14	01	2012	11,4	3,9	81,3	0,08	86,4	0	0,0
15	01	2012	8	4,9	93	0,09	155,52	3,6	0,0
16	01	2012	9,8	4,2	90,7	0,09	120,96	0	0,0
17	01	2012	7,4	4,5	92,7	0,09	69,12	0	0,0
18	01	2012	9,8	2,5	71	0,06	95,04	0	0,0
19	01	2012	4,2	-1,4	60	0,04	241,92	2,7	0,0
20	01	2012	4,4	-4,3	36,7	0,02	224,64	4	0,4
21	01	2012	4,9	-2,9	46,3	0,03	51,84	7,2	0,0
22	01	2012	4,2	-1,3	78	0,05	103,68	0,1	0,0
23	01	2012	8,1	1,4	63,7	0,05	60,48	0	0,2
24	01	2012	10,1	-0,5	72	0,06	103,68	1	0,0

Şekil 3.16. Gerekli iklim verileri girişi

3.2.9.4. Bitki verileri girişi

Deneme tarlalarına ekilen pamuk bitkisine ait özellikler programın istediği şekilde girilmektedir. Farklı ekim tarihlerinden dolayı ayrı ayrı dosyalar oluşturularak veriler girilmiştir.

Kontrollü drenaj deneme alanında ekim tarihi 20 Nisan'dır. Ekim tarihinden itibaren çıkışlar yaklaşık 7. gün, tam olum yaklaşık 115. gün, hasat ise yaklaşık 165. gün olmuştur (Şekil 3.17).

Crop Data Entry Form

Help

Crop Name: **Cotton - KD - 2012** Crop Number: **1**

Comments: Last Edited: 2.6.2014 19:00:18

Crop Cover Development

Planting Date: 20.Nis

Crop Year 1 **Crop Year 2**

Emergence Date: Day 7 (26.Nis)

20% Cover: Day 40 (29.May)

Full Cover: Day 115 (12.Ağu)

Maturity: Day 160 (26.Eyl)

Harvest: Day 165 (01.Eki)

Max Root Date: Day 115 (12.Ağu)

Cover

Max Cover (%) 100

Mulch Cover (%) 0

Crop Coeff @ Full Cover(%) 100

Interception

☐ Adjust for Interception $P_{eff} = a[P-b]$

a = 1.00

b = 0

Roots

Planting Depth (m) 0.08

Max Root Depth (m) 1.80

Ponding

Max ponding depth (cm) 0

Kc for ponding 0.00

Transpiration Factors

p-Fraction 0.50

Yield Response 1.00

Salinity Threshold (dS/m) 7.00

Slope (%/dS/m) 12.00

☐ Reduce ET due to excess water

Buttons: Cancel Changes, Plot Crop Development, Save As New Record, Confirm

Şekil 3.17. WaSim programı KD deneme alanına ait bitki verileri giriş sayfası

Serbest drenaj deneme alanında ise ekim tarihi 5 Mayıs'tır. Ekim tarihinden itibaren çıkışlar yaklaşık 7. gün, tam olum yaklaşık 115. gün, hasat ise yaklaşık 165. gün olmuştur (Şekil 3.18).

Şekil 3.18. WaSim programı SD deneme alanına ait bitki verileri giriş sayfası

3.2.9.5. Sulama verileri girişi

Deneme tarlalarında yapılan sulama günleri ve sulama suyu miktarları programa girilmiştir.

KD deneme alanında 11 Haziran'da başlayan sulamalar 5 Eylül'de sonlandırılmıştır. Yapılan ölçümlere göre sulama mevsimi boyunca tarlaya 114, 113,

112, 179, 129, 174 ve 125 mm olmak üzere toplam 946 mm sulama suyu verilmiştir (Şekil 3.19). Sulama suyu tuzluluğu ise 0.5 dS m^{-1} ölçülmüş ve programa girilmiştir.

Irrigation Data Entry Form

Help

Irrigation Plan Name: **kd2-2012-kd-2** Last Edited: 4.5.2014 22:31:39

Comments:

Crop Data | Pre-Irrigation | Rainfall/ Interception | Water Salinity/Flow Rate | Controlled Drainage

Crop Name: **Cotton - KD - 2012** Crop Number: **1** **Plot Crop Development**

Planting Date: **20.Nis** Harvest: **01.Eki** Duration (days): **165**

Irrigation Schedule

Use Periods | Define Schedule | Add Irrigation | Remove Irrigation | Clear All Irrigations

Day of Application: **1** Schedule Start Date: **20.Nis** Finish Date: **01.Eki**

Plot	Irrigation 1	Irrigation 2	Irrigation 3	Irrigation 4	Irrigation 5	Irrigation 6	Irrigation 7	Total (mm)
Day Number	53	68	79	94	115	124	138	
Amount	114	113	112	179	129	174	125	946

Cancel Changes **Save As New Record** **Confirm**

Şekil 3.19. WaSim programı KD deneme alanına ait sulama günleri ve miktarlarının girişi

SD deneme alanında ise sulamalara 21 Haziran tarihinde başlanmış ve 5 Eylül tarihinde sonlandırılmıştır. Bu alanda yetersiz su nedeniyle sulama mevsimi boyunca tarlaya 85, 102, 107, 86 ve 110 mm olmak üzere toplamda 490 mm sulama suyu verilmiştir (Şekil 3.20). Sulama suyu tuzluluğu ise 1 dS m^{-1} ölçülmüş ve programa girilmiştir.

Irrigation Data Entry Form

Help

Irrigation Plan Name: SD - 2012 -sd

Comments:

Last Edited: 4.5.2014 22:32:03

Crop Data | Pre-Irrigation | Rainfall/ Interception | Water Salinity/Flow Rate | Controlled Drainage

Crop Name: Cotton - SD - 2012

Crop Number: 1

Planting Date: 05.May

Harvest: 16.Eki

Duration (days): 165

Plot Crop Development

Irrigation Schedule

Use Periods | Define Schedule | Add Irrigation | Remove Irrigation | Clear All Irrigations

Day of Application: 1

Schedule Start Date: 05.May

Finish Date: 16.Eki

Plot	Irrigation 1	Irrigation 2	Irrigation 3	Irrigation 4	Irrigation 5	Total (mm)
Day Number	48	66	85	102	120	
Amount	85	102	107	86	110	490

Cancel Changes | Save As New Record | Confirm

Şekil 3.20. WaSim programı SD deneme alanına ait sulama günleri ve miktarının girişi

SD deneme alanına daha az sulama suyu uygulanmasının nedeni ise Fırat Nehrinden gelen sulama suyunun kanaletlerde erken kesilmesi ve sulama sezonu içerisinde yetersiz su akışı olmasıdır. Bu sıkıntı zaman zaman sulama birliğine iletilmiş fakat bölgede uygulanan rotasyon ve aşırı sulama nedeniyle bir çözüm üretilmemiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Deneme alanı topraklarının özellikleri

Deneme başlangıcında, deneme alanı topraklarının özelliklerini belirlemek için 3 noktadan, 160 cm derinliğe kadar 20'şer cm'lik katlardan bozulmuş ve bozulmamış örnekler alınarak 160 cm derinliğe kadar bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır.

4.1.1. Toprakların fiziksel özellikleri

4.1.1.1. Toprakların hacim ağırlıkları

Bozulmamış toprak örneklerinden hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Çizelge 4.1.'de görüldüğü gibi, hacim ağırlıkları 1.30 ile 1.42 g cm⁻³ arasında değişmekte olup, toprak profilleri arasında önemli bir fark yoktur. KD-SD Ttest = 0.28 olarak hesaplanmış olup 0.05'ten çok büyüktür. Her iki deneme tarlasında da toprak katmanlarının hacim ağırlık değerleri birbirine yakın olup derinlikle birlikte artmaktadır. Toprak yapısının alansal olarak homojen bir yapıya sahip olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.1. Deneme alanı toprakların hacim ağırlıkları, g cm⁻³

Toprak derinliği	KD	SD
0-20	1.33	1.33
20-40	1.34	1.30
40-60	1.34	1.35
60-80	1.37	1.35
80-100	1.38	1.37
100-120	1.39	1.37
120-140	1.39	1.39
140-160	1.41	1.42
Ttest		0.28 ^{ns}

4.1.1.2. Toprak bünyesi

Toprakların yüksek oranda kireç içermesi nedeniyle toprak bünyesine ilişkin analizler sağlıklı bir şekilde yapılamamıştır. Hidrometre analizlerinde kireç süspanse halde kalarak kil fraksiyonunun yüksek çıkmasına neden olmaktadır. Yüksek kireç içeriğinden dolayı bazı toprak örneklerinde analizler yapılamamıştır. Yapılabilen analizlerden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Toprakların bünyesi ve kireç içeriği

Örnekleme Noktası	Derinlik (cm)	Kum, %	Silt, %	Kil, %	Bünye	Kireç, %
KD-1	0-20	18.6	39.0	42.4	C**	25.0
	20-40	17.2	28.3	54.5	C**	28.4
	40-60	19.5	28.0	52.5	C**	29.4
	60-80	18.4	26.9	54.7	C**	33.4
KD-2	0-20	18.2	33.7	48.1	C**	28.2
	20-40	16.7	29.4	53.9	C**	36.1
	40-60	16.2	26.9	56.9	C**	23.6
	60-80	20.7	27.6	51.7	C**	28.9
SD-1	0-20	22.7	35.2	42.1	C**	41.3
	20-40	17.5	31.5	51.0	C**	46.0
	40-60	17.9	27.3	54.8	C**	47.0
SD-2	0-20	17.7	34.1	48.2	C**	39.9
	20-40	19.6	32.1	48.3	C**	32.1
	40-60	21.8	27.4	50.8	C**	39.7

**Kireç giderimi yapılmadan bünye analizi yapılmıştır.

Çizelgelerde görüldüğü gibi toprakların kireç içeriği %30-40 arasında değişirken, kil oranları %40-75 arasında değişmektedir. Bünye analizi yapılan toprakların kil içeriğinin yüksek olması kireç parçacıklarının kil gibi davranmasından ileri gelmiştir.

Topraklar kireç nedeniyle süspanse olarak kalmakta ve yanlış sonuçlar elde edilmektedir. Onun için önce kireç yıkanmış, daha sonra bünye analizi yapılmıştır. Yapılan bu analizlerin sonuçları ise Çizelge 4.3.'te verilmiştir.

Ancak bu durumda da bir toprağın yaklaşık %50 si kireç iken yıkandıktan sonra geriye kalan kısmının bünye analizi yapılarak %75 kil içeriyor olması o toprağın çok ağır killi bir yapı göstereceği anlamına gelmemektedir. Bu nedenle kontrollü drenaj koşullarında taban suyunun 0.80 m derinlikte tutulması bünye açısından sıkıntı oluşturmamaktadır.

Çizelge 4.3. Toprakların bünyeleri

Örnekleme Noktası	Derinlik (cm)	Kum, %	Silt, %	Kil, %	Bünye
KD	0-20	13.3	44.1	42.6	SiC
	20-40	10.0	32.9	57.1	C
	40-60	17.1	40.0	42.9	C
	60-80	13.0	28.2	58.8	C
	80-100	12.7	28.6	58.7	C
	100-130	9.5	26.4	64.1	C
	130-160	9.1	23.7	67.2	C
SD	0-20	14.3	36.5	49.2	C
	20-40	13.5	35.5	51.0	C
	40-60	10.5	32.4	57.1	C
	60-80	12.6	19.9	67.5	C
	80-100	17.4	16.3	66.3	C
	100-130	10.4	22.7	66.9	C
	130-160	7.3	18.4	74.3	C

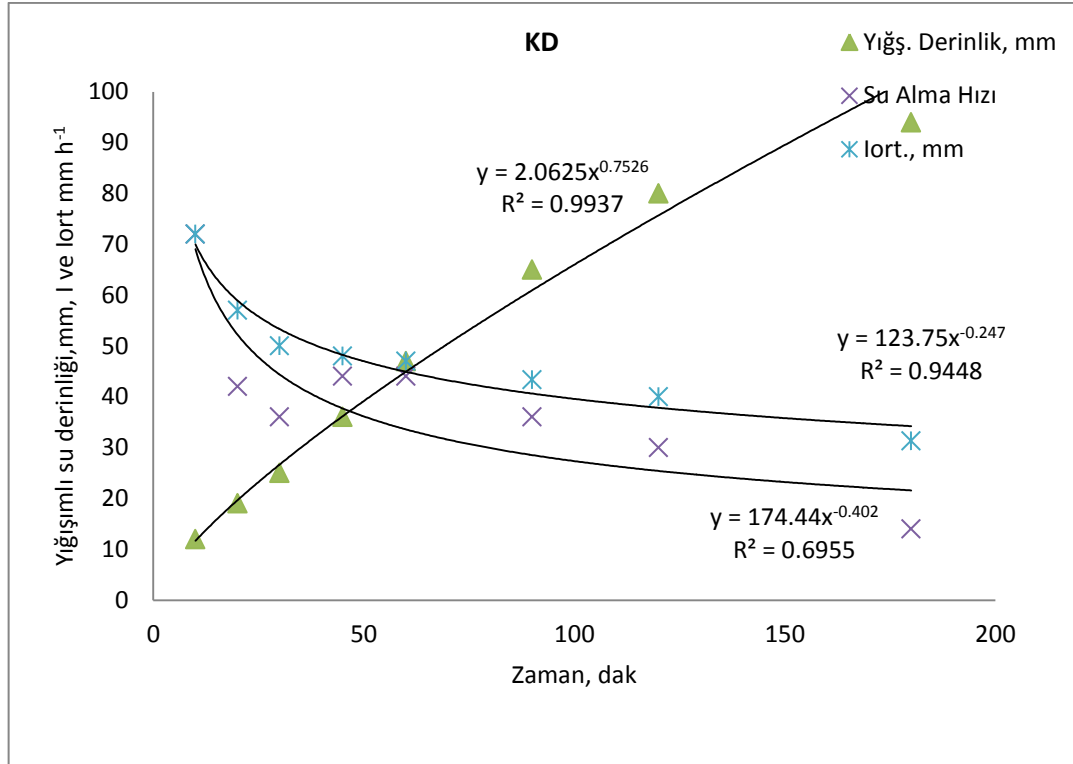
4.1.1.3. Toprakların hidrolik özellikleri

Deneme tarlasında yapılan hidrolik iletkenlik ve infiltrasyon testlerinden elde edilen sonuçlar toprakların su iletme kapasitelerinin yüksek olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.4, Şekil 4.1 ve 4.2).

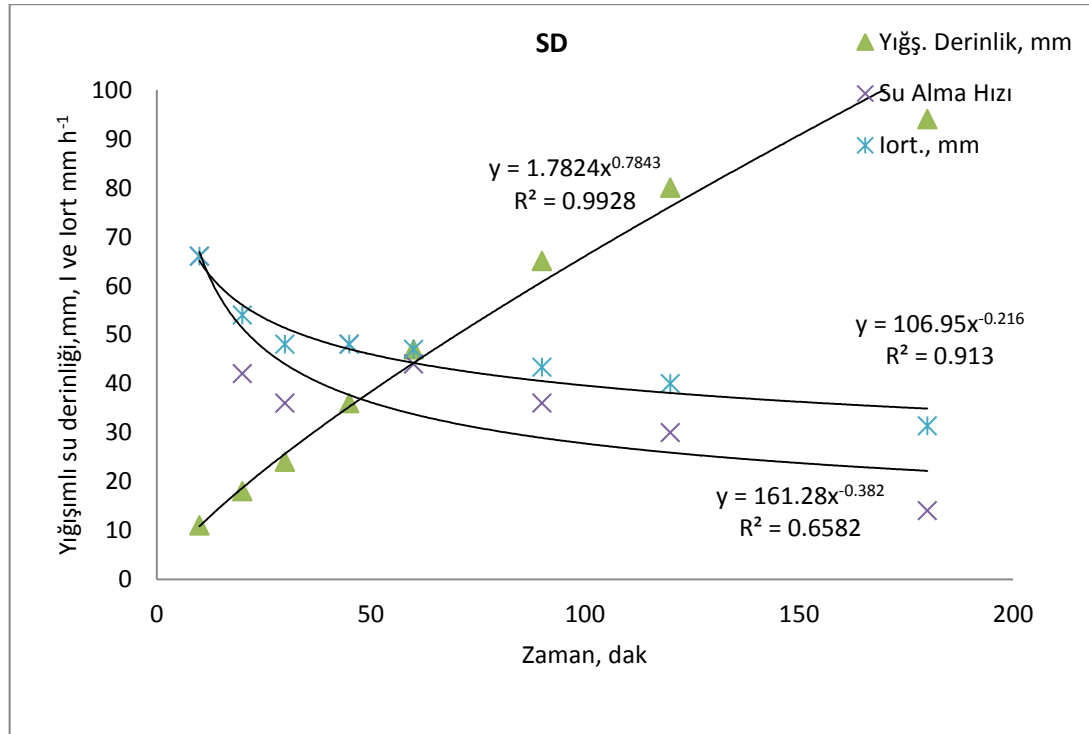
KD deneme alanında yapılan hidrolik iletkenlik test sonucunda 100 cm derinlik için 1.0 m gün⁻¹, 180 cm derinlik için 0.75 m gün⁻¹ olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4. İnfiltrasyon test sonuçları

Zaman, dk	KD			SD		
	İnfiltre olan su mm	Su alma hızı		İnfiltre olan su mm	Su alma hızı	
		I. mm h ⁻¹	Iort. mm h ⁻¹		I. mm h ⁻¹	Iort. mm h ⁻¹
10	12	72.0	72.0	11	66	66.0
10	7	42.0	57.0	7	42	54.0
10	6	36.0	50.0	6	36	48.0
15	11	44.0	48.0	12	48	48.0
15	11	44.0	47.0	11	44	47.0
30	18	36.0	43.3	18	36	43.3
30	15	30.0	40.0	15	30	40.0
60	14	14.0	31.3	14	14	31.3



Şekil 4.1. KD deneme alanı infiltrasyon test sonuçları



Şekil 4.2. SD deneme alanı infiltrasyon test sonuçları

Her iki deneme alanında yapılan testlerden benzer sonuçlar alınmıştır. Bu sonuçlar ova topraklarının su iletim kapasitelerinin yüksek kireç içeriğinden dolayı yüksek olduğunu göstermektedir. Harran ovasının sulama özelliklerinin belirlenmesine yapılan birçok noktada yüksek su iletim kapasitelerinin olduğu belirtilmektedir (Karaata, 1991).

4.1.2. Toprakların kimyasal özellikleri

Deneme tarlalarında açılan gözlem kuyularından aynı zamanda toprak örnekleri de alınmış, kimyasal analizleri de yapılmıştır.

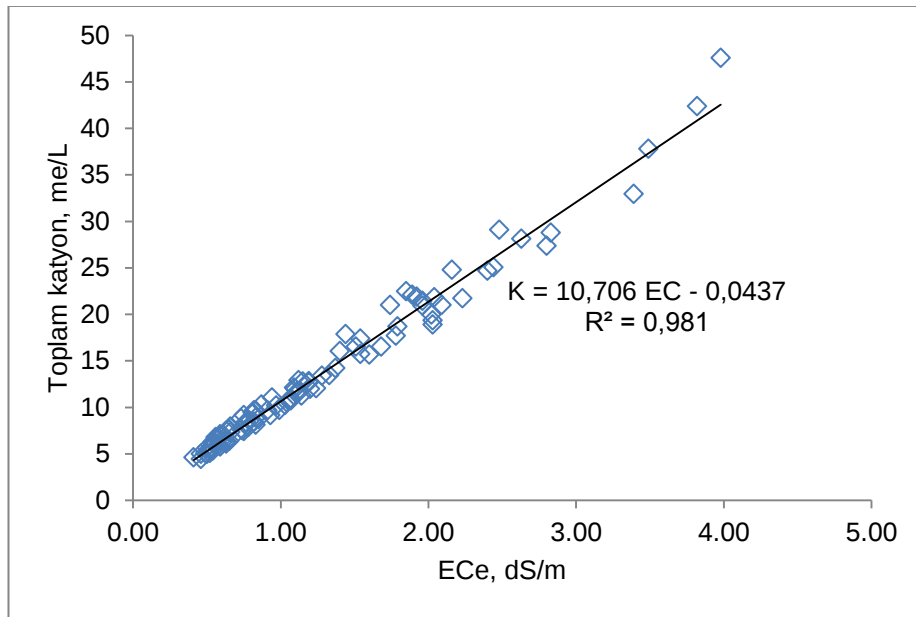
Elde edilen sonuçlardan Çizelge 4.5.'te görüldüğü gibi, toprakların pH değerleri 7.6 - 8.3 arasında değişmektedir. Bu değerler, kurak bölgelerdeki yüksek kireç içeriğine sahip topraklarda görülen özelliklere uygun bir durumdur.

Çizelge 4.5. KD ve SD alanlarının Şubat 2012 dönemine ait toprakların bazı kimyasal özellikleri

	KD				SD			
	Derinlik, cm	pH Süzükte	EC _e , dS m ⁻¹	KDK, me100g ⁻¹	Derinlik, cm	pH Süzükte	EC _e , dS m ⁻¹	KDK, me 100g ⁻¹
Tekerrür - 1	0-20	7.84	0.78	35.73	0-20	8.19	0.79	34.50
	20-40	7.75	1.07	35.9	20-40	8.13	0.66	36.29
	40-60	7.75	1.09	35.00	40-60	8.00	1.60	37.82
	60-80	7.71	1.28	35.30	60-80	7.91	3.49	36.19
	80-100	7.75	1.14	35.79	80-100	7.89	2.80	35.16
	100-130	7.83	1.03	35.74	100-130	7.99	2.40	34.86
	130-160	7.71	1.20	35.96	130-160	7.97	2.83	34.55
Tekerrür - 2	0-20	7.90	0.83	36.08	0-20	7.99	1.54	34.78
	20-40	7.80	0.75	35.94	20-40	7.95	2.16	33.52
	40-60	7.78	0.82	35.68	40-60	7.86	3.39	35.90
	60-80	7.83	0.83	35.85	60-80	7.73	3.98	35.56
	80-100	7.81	1.15	33.63	80-100	7.85	3.82	35.72
	100-130	7.79	1.19	34.48	100-130	7.94	2.44	33.87
	130-160	7.83	1.12	36.18	130-160	7.99	2.23	34.67
Tekerrür - 3	0-20	7.98	0.59	35.57	0-20	7.98	1.40	36.33
	20-40	7.71	0.59	36.04	20-40	8.12	0.81	36.67
	40-60	7.70	0.65	36.11	40-60	7.95	1.11	35.89
	60-80	7.84	0.63	36.52	60-80	7.94	1.37	35.82
	80-100	7.91	0.56	34.44	80-100	8.06	1.06	35.51
	100-130	7.87	0.63	35.07	100-130	8.01	1.07	34.74
	130-160	7.91	0.59	33.43	130-160	8.00	1.12	34.03
Tekerrür - 4	0-20	7.89	0.66	35.94	0-20	7.96	1.19	35.96
	20-40	7.76	0.74	36.78	20-40	8.09	0.82	36.46
	40-60	7.74	1.33	36.44	40-60	8.00	0.77	36.19
	60-80	7.69	2.02	35.90	60-80	8.04	0.76	35.86
	80-100	7.61	1.85	36.33	80-100	7.93	0.93	33.32
	100-130	7.60	1.78	35.98	100-130	8.09	0.91	35.63
	130-160	7.63	1.96	36.04	130-160	8.00	0.97	35.40
Tekerrür - 5	0-20	8.16	0.70	36.52	0-20	7.88	1.68	32.95
	20-40	8.30	0.61	36.27	20-40	8.15	0.53	34.44
	40-60	8.17	0.56	35.24	40-60	8.08	0.50	33.44
	60-80	8.23	0.59	34.60	60-80	8.19	0.49	35.50
	80-100	8.21	0.66	33.13	80-100	8.14	0.52	34.81
	100-130	8.21	0.65	33.90	100-130	8.11	0.54	35.89
	130-160	8.19	0.76	33.45	130-160	8.09	0.61	34.40

SD deneme alanı topraklarına ilişkin kimyasal özelliklerden Çizelge 4.5.'te görüldüğü gibi, SD-1, SD-3 ve SD-5 noktalarında 8.0'in üstünde pH değerlerine rastlanırken, diğerlerinde 8'e yakın bulunmuştur. Bu alanda pH değerlerinin ortalaması 7.95, standart sapması 0.16 olarak bulunmuştur.

Toprakların tuz içerikleri düşük olup derinlikle artma eğilimi göstermektedir. Ancak bu artışlar önemsiz düzeyde olup, topraklar tuzsuz sınıfına girmektedir. Çözünebilir tuzlar içerisinde baskın bir tuz çeşidi bulunmamaktadır. Toplam çözünebilir tuzlar ile elektriksel iletkenlikler arasında kuvvetli doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.3. teki doğrusal ilişkinin yüksek korelasyon katsayıları içerdiği belirlenmiştir. Bu ilişki tuz konsantrasyonun me L⁻¹ değerleri ile ECe değerleri arasında $ECe=C/10$ gibi bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Buradan yapılan analizlerin oldukça doğru yapıldığı sonucuna varılabilir.



Şekil 4.3. Elektriksel iletkenlik ile toplam katyon arasındaki ilişki

Topraklar kil bünyeli olmasına karşın, KDK değerleri ağır kil bünyeli topraklar için, yüksek kireç içeriği nedeniyle beklenenden daha düşük bulunmuştur. Katyon değişim kapasiteleri 33-37 me 100g⁻¹ toprak değerleri arasında değişirken, suda çözünen sodyum ve değişebilir sodyum içerikleri düşüktür. Aynı zamanda değişebilir sodyum yüzdeleri 10'un, SAR değerleri ise 5'in altındadır.

4.2. Sulama ve drenaj suyu miktarlarının ölçülmesi

Harran Ovası'nda sulamalar, sulama birliklerinin sorumluluğunda olup, sulama işletmeciliği rotasyon yöntemiyle yapılmaktadır. Ancak yapılan gözlem ve ölçümlere göre yöntem yeterince özenli uygulanamamakta ve toprak nemi dikkate alınmadan gelişigüzel yapılmaktadır. Dolayısıyla ortaya zayıf bir su yönetimi çıkmaktadır. Sulama suyunun tarla başındaki kanaletlere ulaşmasıyla, su kanaletlerden sifonlarla alınarak tarlaya verilmekte ve gece boyunca denetimsiz bir şekilde sulama devam etmektedir. Su tarla sonuna ulaşınca, sifonlar bir sonraki karık grubuna bağlanmaktadır. Karık boyları uzun olan tarlalarda daha fazla su uygulanırken, karık boylarının kısa olduğu tarlalarda daha az su uygulanmaktadır. Sulama zamanı ise tarlanın suya ihtiyacı olup olmamasından daha çok, kanalette su olup olmamasıyla ilgili olarak belirlenmektedir.

KD alanında sulamalara 11 Haziran'da başlanmış, toplam 7 kez sulama yapılarak 5 Eylül'de sulamalar bitirilmiştir. Sulama süreleri suyun tarlaya verilmiş miktarlarına ve kullanılan sifon sayısına göre yaklaşık 2 gün sürmüştür. 52 dekar olan deneme alanında sulama aralıkları 8-15 gün arasında değişmektedir. Mevsim boyunca 947 mm sulama suyu verilmiştir. Sulamaların arkasından KD kontrol yapısında su seviyesi yükselerek drenaj akışları oluşmuştur. Bu alanda mevsim boyunca toplam 75 mm drenaj suyu akışı olmuştur. Drenaj akış oranı ise %8 olarak hesaplanmıştır. Akış süreleri kısa olmasına karşın, akış debileri yüksektir (Çizelge 4.6).

SD alanında ise sulamalara 21 Haziran'da başlamış, toplam 5 kez sulama yapılarak 5 Eylül'de sona ermiştir. Sulama süreleri deneme alanının 196 dekar olmasından dolayı ortalama 4 gün sürmüştür. Sulama aralıkları ise 12-19 gün arasında değişmektedir. Su sıkıntısı sebebiyle mevsim boyunca 490 mm sulama suyu uygulanmış ve 52 mm drenaj suyu akışı olmuştur. Çizelge 4.6.'da görüldüğü gibi drenaj oranı %10.6 olup, bu değer kontrollü drenaj alanında elde edilen orandan yüksektir.

Çizelge 4.6. Deneme alanlarında sulama ve drenaj suyu miktarları ve tarihleri

KD			SD		
Sulama tarihi	Sulama aralığı, gün	Sulama suyu, mm	Sulama tarihi	Sulama aralığı, gün	Sulama suyu, mm
11-12/06		114	21-24/06		85
26-28/06	15	113	9-13/07	12	102
10-11/07	15	112	28/07-02/08	19	107
22-23/07	12	179	14-17/08	17	86
12-13/08	20	129	1-5/09	17	110
21-24/08	9	174			
4-5/09	15	125			
Top. Sulama suyu, mm		946	Top. Sulama suyu, mm		490
Drenaj suyu, mm		75	Drenaj suyu, mm		52
Drenaj oranı, %		7.9	Drenaj oranı, %		10.6

4.3. Zamanın ve alanın fonksiyonu olarak su tablası değişimi

KD alanında sulamalara 11 Haziranda başlanmıştır. Toplam 7 kez sulama yapılarak eylül ayında sulamalar bitirilmiştir. Sulama süreleri suyun tarlaya verilmiş miktarlarına ve kullanılan sifon sayısına göre yaklaşık 2-4 gün sürmüştür. Fazla suyun bir kısmı dren akışları şeklinde alandan uzaklaşırken, dren akışları yaklaşık 2-3 gün sürmüştür.

SD alanında sulamalara 21 Haziran'da başlanmıştır. Toplam 5 kez sulama yapılarak eylül ayında sulamalar bitirilmiştir. Sulama süreleri suyun tarlaya verilmiş miktarlarına ve kullanılan sifon sayısına göre yaklaşık 3-5 gün sürmüştür. Fazla suyun bir kısmı dren akışları şeklinde alandan uzaklaşırken, dren akışları yaklaşık 2-3 gün sürmüştür.

Su tablası düzeyi mevsim başında dren seviyelerinin altında seyretmektedir. Sulamalarla birlikte su düzeyleri yükselmiştir.

Su tablasını yükseltmek için Manhol içine yerleştirilen 1 metrelik yükseltici boru arazideki eğim nedeniyle deneme alanlarının orta kısımlarında su tablası seviyeleri düşmektedir. Bu yüzden kontrol yapısına yakın noktalarda olmak üzere 4 gözlem kuyusu daha açılmıştır. Böylece su tablasının dalgalanması daha ayrıntılı bir şekilde, deneme alanının her tarafında izlenmiştir. Her sulama yaklaşık 2-4 gün sürmektedir. Tarlanın sulanan tarafında su tablası yükselirken, sulanmayan tarafında eski düzeyinde seyretmektedir.

Mevsim boyunca yapılan gözlem ve ölçümler gözlem kuyularında su tablasının sulamalarla birlikte 100 cm seviyelerine yükseldiğini, bir süre 120-130 cm derinlikte seyrettiğini, daha sonra doğal drenaj nedeniyle dren seviyelerine düştüğünü göstermiştir. Ayrıca deneme alanlarına ilişkin su tablası derinlikleri tablolar halinde verilmiştir (Çizelge 4.7 ve 4.8).

Çizelge 4.7. KD deneme alanı gözlem kuyuları Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları su derinlikleri, cm

Haziran	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G_{Ort.}
11										
12				105	170		128	141	104	130
13		176	127	136	166	132	171	176	178	158
14	75	179	132	121	145	172	184	178	179	152
15	103	181	141	150	170	177		182	180	161
16	120	182	152	158	174	180		186	184	167
17	125	181	165	162	174	182				165
18	145	184	170	173	177	190				173
19	154	184	175	177	178					174
20	162	184	182	183	179					178
21	168	183	185		180					179
22	174	184	189							182
28	76	116	113	100	141	119	152	162	124	123
29	99	180	127	134	157	161	172	176	174	153
30	122	182	143	149	166	175	191	179	179	165
Temmuz	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G_{Ort.}
1	138	183	157	160	173	106	133	130	112	144
2	150	183	165	165	177	114	138	128	115	148
3	158	184	171	171	176	125	130	135	114	152
4	168	183	179	178	180	130	129	130	125	156
5	175	183	185	184	184	118	136	130	130	158
6	180	183	185		184	120	130	128	118	154
7	184	184	182		185	112	130	135	120	154
8	185	185			186	115	128	130	112	149
9	185	186			187	118	135	132	108	150
10	185	187			187	117	130	133	107	149
11						120	130	138	106	124
12	176	168	161	143	173	130	128	130	114	147
13	164	155		109	147	145	114	129	125	136
14	176		160	150	166	145	125	136	130	149
15	171		172	165	176	140	130	130	118	150
16	177		180	175	174		118	114	120	151
17	183		187	183	175		120	125	112	155
18	184			184	177		112	130	108	149
19					177		108			143
20										
21									118	118
22									120	120
23	148		167	162	173	176	114	128	112	148
24	159		167	164	174	176	125	114	108	148
25	165		176	175	174		130	125	107	150
26	171		183	182	175		128	130	106	154
27	173		184	182	178		114	118	114	152
28							125	120	125	123
29	183		192		175		130	118	130	155
30							118	120	118	119
31							120	112	120	117

Çizelge 4.7. (Devamı)

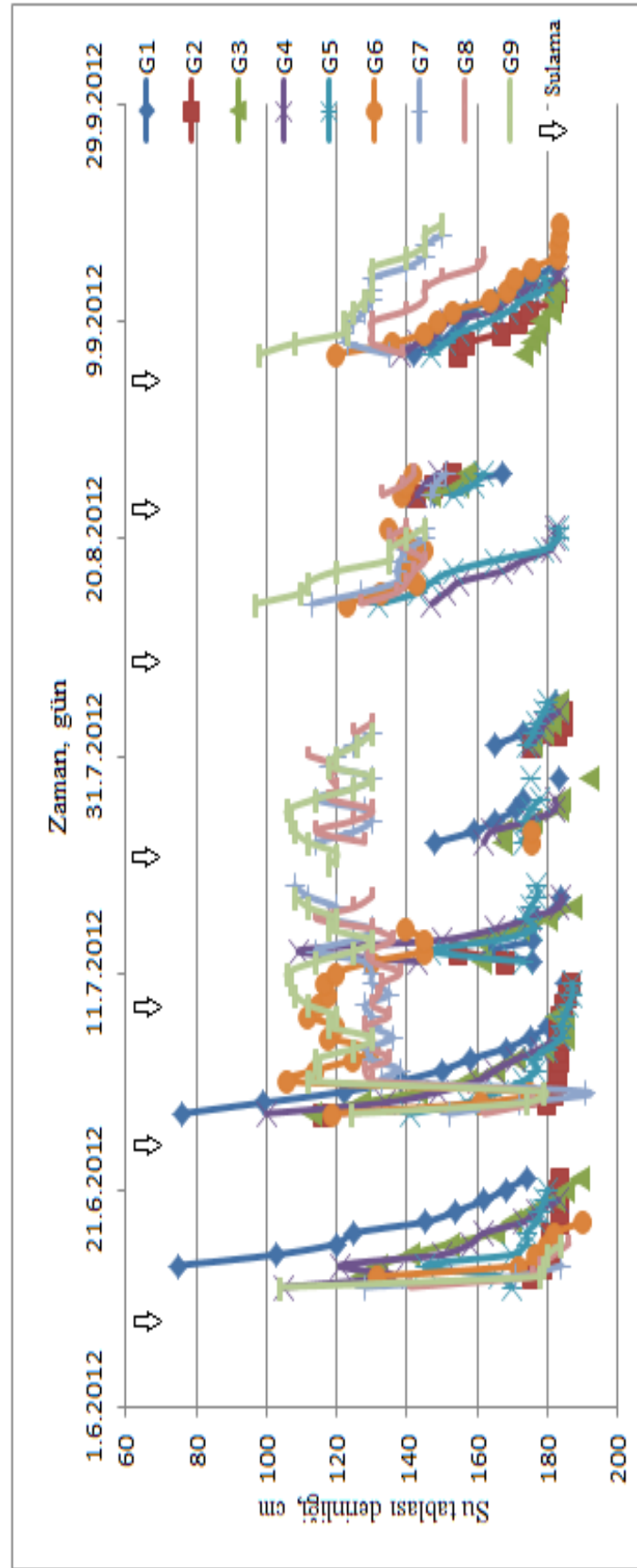
Ağustos	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G_{ort.}
1	165	176	176	175	174		125		126	160
2	173	183	179	178	176		130	125	130	159
3	179	185	181	179	177			130		172
4	182	185	183	183	179					182
5	182		183		180					182
14				147	132	123	113	127	97	123
15				151	143	133	127	137	110	134
16				155	147	143	137	140	112	139
17				167	153	140	137	142	120	143
18				173	165	142	138	145	135	150
19				181	179	145	140	140	135	153
20				182	183	140	145	135	140	154
21				182	183	135	145	140	145	155
22										
23										
24	148	143	147	143	153	139	147	133		144
25	152	148	155	145	159	140	148	139		148
26	167	153	157	149	162	142	151	142		153
Eylül	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G_{ort.}
6	142	155	173	138	147	120	135	139	98	139
7	147	157	175	143	151	136	123	130	108	141
8	154	167	177	149	155	145	122	130	123	147
9	155	172	178	152	163	149	125	130	122	150
10	157	175	181	165	169	153	128	140	125	155
11	165	182	181	169	173	164	130	145	128	160
12	172	183	182	175	179	169	130	145	130	163
13	175			183	179	171	130	150	130	160
14	182			183		176	140	160	130	162
15						183	145	162	140	158
16						183	145		145	158
17						184	150		145	160
18						184			150	167

Çizelge 4.8. SD deneme alanı gözlem kuyuları Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları su derinlikleri, cm

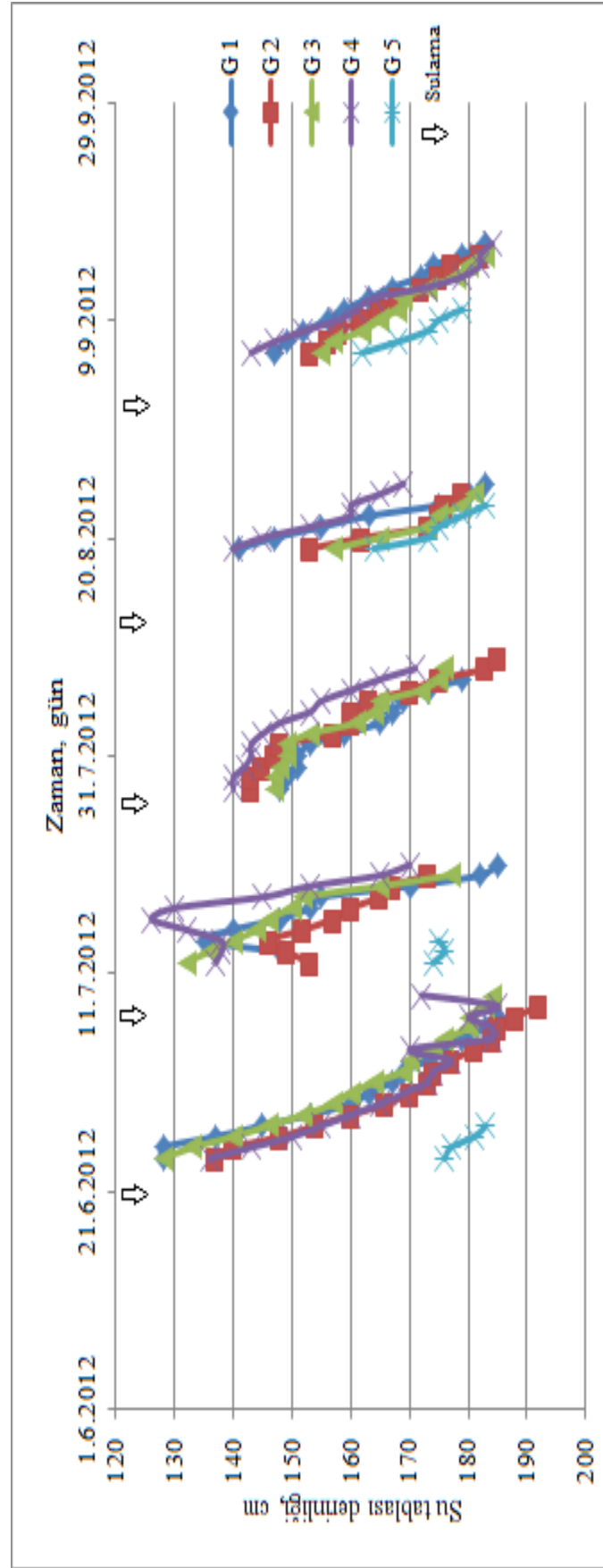
Haziran	G1	G2	G3	G4	G5	G_{Ort.}		Ağustos	G1	G2	G3	G4	G5	G_{Ort.}
24	128	137	128	136	176	141		1	153	148	149	143		148
25	128	140	133	143	177	144		2	159	157	153	145		154
26	137	148	140	150	181	151		3	165	160	161	148		159
27	145	154	146	155	183	157		4	167	160	164	153		161
28	153	160	152	160		156		5	169	163	165	155		163
29	160	166	157	165		162		6	173	170	172	160		169
30	163	170	160	169		166		7	179	175	175	165		174
								8		183	176	171		177
Temmuz	G1	G2	G3	G4	G5	G_{Ort.}		9		185				185
1	167	173	164	173		169		19	141	153	157	140	164	151
2	169	174	169	174		172		20	147	162	165	145	173	158
3	173	177	170	177		174		21	155	173	173	153	175	166
4	176	181	174	170		175		22	163	175	175	160	179	170
5	179	184	176	184		181		23	175	176	179	160	183	175
6	183	185	180	184		183		24	180	179	181	165		176
7	185	188	180	180		183		25	183			169		176
8		192	183	185		187								
9			184	172		178		Eylül	G1	G2	G3	G4	G5	G_{Ort.}
10								1						
11								2						
12		153	132	137	174	149		3						
13	148	149	136	138	176	149		4						
14	135	146	140	138	175	147		5						
15	140	152	144	132		142		6	147	153	155	143	162	152
16	148	157	146	126		144		7	149	156	157	147	168	155
17	153	160	150	130		148		8	152	158	162	152	173	159
18	155	165	152	145		154		9	156	162	165	158	175	163
19	170	167	165	153		164		10	159	165	168	161	179	166
20	182	173	177	165		174		11	163	168	169	164		166
21	185			170		178		12	167	172	173	173		171
22								13	172	175	178	179		176
23								14	174	177	180	182		178
24								15	179	182	183	182		182
25								16	183			184		184
26														
27														
28	148	143	147	140		145								
29	149	143	147	140		145								
30	151	145	148	142		147								
31	151	147	149	143		148								

Ayrıca Şekil 4.4.'te görüldüğü gibi, KD deneme alanında kontrol noktasına yakın kısımlarda, 6, 7, 8, ve 9 nolu gözlem kuyularında su tablası seviyesi kontrol yapısı seviyesine yakın seyrederken, tarlanın arka kısımlarında su tablası düzeyleri daha düşük seviyelerde kalmıştır.

Şekil 4.5.'te ise SD deneme alanına ait su tablası değişimleri grafik halinde verilmiştir. Görüldüğü gibi SD deneme alanına ait su tablası derinlikleri daha düzenli bir akış sergilemektedir. Bunun deneme alanlarının topografik yapılarının ve alanlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.4. KD deneme alanı mevsimlik su tablası değişimi



Şekil 4.5. SD deneme alanı mevsimlik su tablası değişimi

4.4. Drenaj sularının tuzluluk değerleri

Drenaj suyu akışlarının olduğu günlerde yapılan drenaj suyu tuzluluğu ölçümlerine göre KD deneme alanında Eylül ayında, SD deneme alanında ise Ağustos ayında drenaj suyu tuzlulukları en üst seviyeye ulaşmıştır (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Drenaj suyu tuzluluğunun zamansal değişimi, dS m⁻¹

2012	Haziran		Temmuz		Ağustos		Eylül	
Tarih	KD	SD	KD	SD	KD	SD	KD	SD
1			3.38	0.94				
2			3.41	0.81				
3			3.41	4.01				
4			3.61	3.52				3.55
5			3.51	0.81				3.43
6			3.40	1.02		5.2	3.22	3.48
7			3.43	1.09		5.43	3.35	3.49
8			3.53	1.06		5.40		
9			3.04	3.3		5.29	4.43	5.23
10						4.93	5.21	5.28
11	1.92		2.58	3.88		5.75	3.43	4.29
12	1.62		4.24	3.13		5.53	4.25	
13	1.60		4.25	4.14	3.13		3.37	
14	1.50		4.23	2.28	3.22			
15			4.18	3.78	3.27			
16			4.42		3.52			
17			4.04	4.78	3.78	3.56		
18				4.55	3.83	3.82		
19				4.53	3.47	3.87		
20				4.7	3.73	3.53		
21			4.46		3.57			
22		3.31	2.91		3.93			
23		3.12	2.57		1.97			
24		2.07	3.40	4.60	3.27			
25		3.64	4.60	3.40	3.03			
26		4.14	0.85	3.60	3.55			
27		4.22	0.91	3.86				
28		4.31	0.89	3.75				
29		4.07	3.86	0.96				
30		2.74		1.67				
31								
Ort.	1.66	3.51	3.32	2.97	3.38	4.76	3.89	4.11

Aylık ortalama EC değerleri Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında KD alanında 1.66, 3.22, 3.38 ve 3.89 dS m⁻¹ olarak, SD alanında ise 3.51, 2.97, 4.76 ve 4.11 dS m⁻¹ olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.9)

4.5. Deneme alanlarında toprak tuzluluğunun alansal ve zamansal değişimi

Farklı drenaj uygulamalarının deneme tarlalarında toprak tuzluluğu üzerine etkileri, zamansal, alansal ve profildeki değişimleri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir.

Toprak profilindeki tuz değişimini belirlemek için sulama dönemi öncesi ve sonrasında, 100 cm derinliğe kadar 20 cm aralıklarla toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri gölgede kurutularak süzükler elde edilmiş ve bu süzüklerde ECe analizleri yapılmıştır (Çizelge 4.10). Boss ve ark. (1994)'nın farklı uygulamaların sistemlerin performanslarına etkilerini belirlemede kullanılan parametrelere göre;

$$OTTD = (YTD - ETD) / (ETD)$$

OTTD: Oransal toprak tuz değişimi, dS m⁻¹

YTD: Yeni tuzluluk değeri, dS m⁻¹

ETD: Eski tuzluluk değeri, dS m⁻¹

Buna göre OTTD değeri KD deneme alanı için 0.264, SD deneme alanı için 1.01 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.10. KD ve SD deneme alanları toprak tuzluluğu değişimleri

Tekerrür	Derinlik, cm	KD		SD	
		Haziran	Kasım	Haziran	Kasım
		ECe, dS m ⁻¹		ECe, dS m ⁻¹	
1	0-20	1.485	0.550	1.047	1.333
	20-40	0.560	4.330	0.940	0.820
	40-60	0.592	4.200	0.561	2.333
	60-80	0.897	1.335	0.528	2.568
	80-100	0.577	1.335	0.990	3.860
	Ortalama	0.822	2.350	0.813	2.183
2	0-20	0.428	0.609	0.719	1.009
	20-40	0.943	0.549	0.753	1.293
	40-60	1.075	0.960	0.714	2.980
	60-80	1.058	1.844	0.943	4.200
	80-100	0.509	1.751	1.637	0.545
	Ortalama	0.803	1.143	0.953	2.005
3	0-20	1.124	0.891	2.471	4.720
	20-40	0.752	0.707	0.836	1.117
	40-60	0.756	0.721	2.639	1.611
	60-80	0.632	0.804	2.335	3.300
	80-100	0.944	0.852	2.25	2.620
	Ortalama	0.842	0.795	2.106	2.674
4	0-20	1.374	0.522	1.083	0.885
	20-40	0.466	0.501	0.583	0.791
	40-60	1.406	4.600	0.649	6.950
	60-80	0.392	0.397	0.594	4.100
	80-100	3.240	0.900	0.583	3.120
	Ortalama	1.376	1.384	0.698	3.169
5	0-20	0.975	0.436	1.263	0.633
	20-40	0.466	0.433	0.735	0.887
	40-60	0.784	0.400	0.556	0.457
	60-80	0.475	0.474	0.407	0.548
	80-100	2.274	0.474	0.689	0.600
	Ortalama	0.995	0.443	0.730	0.625
ORTALAMA		0.967	1.223	1.060	2.131

4.6. Ürün verimleri

Hasatta yapılan ölçümlere göre, kontrollü drenaj alanında ortalama 430 kg da⁻¹, Serbest drenaj alanından ise 400 kg da⁻¹ kütlü pamuk ürün alınmıştır.

Kontrollü ve serbest drenaj alanlarında pamuk verimi bakımından önemli bir farklılık bulunamamıştır.

4.7. WaSim programından elde edilen sonuçların deneme alanlarında ölçülenler ile kıyaslanması

Model simülasyonları için programın istediği iklim, toprak, drenaj sistemi özellikleri, yetiştirilen bitkiye ilişkin özellikler ve sulama suyu miktar ve zamanları, bitki yetiştirme dönemlerine ilişkin ekim-hasat tarihleri ile sulama süreleri ve günleri arazide uygulandığı şekilde programa girilmiştir.

Farklı drenaj uygulamalarının etkisini simüle etmek için arazide uygulandığı şekilde, KD deneme alanında dren derinlikleri 0.8 m, SD deneme alanında ise 1.8 m alınmıştır.

4.7.1. Sulama ve drenaj suyu miktarlarına ilişkin sonuçlar

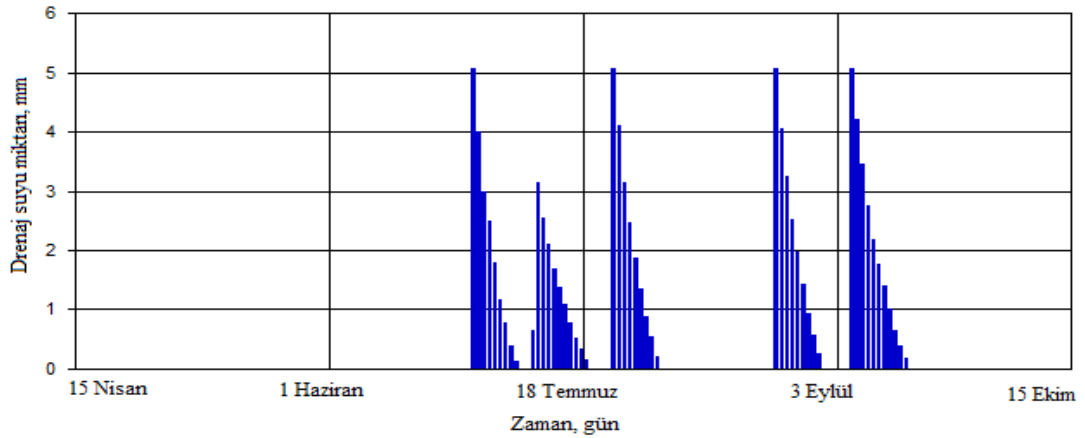
Sulama tarihleri ve miktarları arazide uygulanan şekilde girilmiştir. KD ve SD deneme alanları için sulama günleri ekim tarihinden itibaren hesaplanarak işlem yapılmıştır (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. WaSim programına göre KD ve SD deneme alanları sulama ve drenaj suyu miktarları

	KD		SD	
	Sulama Günleri	Sulama miktarı, mm	Sulama Günleri	Sulama miktarı, mm
Sulama suyu günleri ve miktarları	53	114	48	85
	68	113	66	102
	79	112	85	107
	94	179	102	86
	115	129	120	110
	124	174		
	138	125		
	Toplam	946	Toplam	490
Drenaj suyu miktarları, mm		96.1		9.6
Drenaj oranı, %		10		2

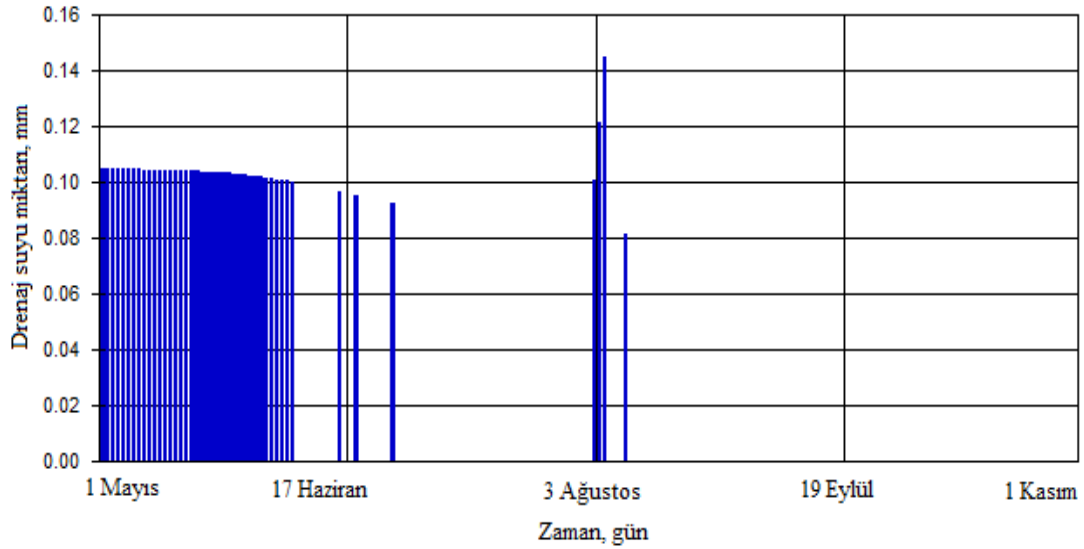
Drenaj suyu miktarları ekim ve hasat tarihleri dikkate alınarak model tarafından hesaplanan değerlerdir. KD deneme alanı 20 Nisan - 1 Ekim tarihleri arasındaki, SD deneme alanı ise 5 Mayıs - 16 Ekim tarihleri arasındaki drenaj suyu miktarları hesaplanmıştır. Bunun nedeni ise arazi şartlarında ekim sezonu dışında oluşan drenaj suyu miktarlarını değerlendirme dışında tutmaktır.

Model sonuçlarına göre KD deneme alanında ekim sezonu boyu oluşan drenaj suyu miktarlarının grafiği Şekil 4.6.'da verilmiştir. Buna göre Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında sırasıyla 14.6, 38.2, 20.2 ve 23.1 mm olmak üzere toplam 96.1 mm drenaj suyu oluşması beklenmektedir.



Şekil 4.6. KD deneme alanı ekim sezonu drenaj suyu miktarı

Yine model sonuçlarına göre SD deneme alanında ekim sezonu boyunca oluşan drenaj suyu miktarlarının grafiği Şekil 4.7.'de verilmiştir. Buna göre Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında sırasıyla 2.8, 2.9, 2.6 ve 1.3 mm olmak üzere toplam 9.6 mm drenaj suyu oluşması beklenmektedir.



Şekil 4.7. SD deneme alanı ekim sezonu drenaj suyu miktarı

KD deneme alanı için arazi şartlarında 75 mm drenaj suyu ölçülürken, WaSim programına göre drenaj suyu miktarı 96.1 mm, SD deneme alanı için ise arazide 52 mm drenaj suyu ölçülürken WaSim programına göre drenaj suyu miktarı 9.6 mm olarak tahmin edilmektedir. Bu sonuçlara göre drenaj suyu miktarlarında arazi ölçümleri ve model tahminleri arasında önemli farklılıklar görülmektedir. Aradaki büyük farkların deneme alanı topraklarının doğal drenaj kapasitelerinin yüksek olmasından ileri geldiği düşünülmüştür (Bahçeci, 2007).

4.7.2. Su tablası değişimlerine ilişkin sonuçlar

KD ve SD alanları için ayrı ayrı yapılan simülasyon sonucunda elde edilen taban suyu seviyeleri sulama mevsimi dikkate alınarak çizelgeler halinde verilmiştir. Çizelgeler Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında oluşması beklenen değerlerdir.

Buna göre KD deneme alanı için ortalama su tablası derinlikleri sırasıyla 102, 57, 100 ve 84 cm olmuştur (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. WaSim ile elde edilen KD deneme alanı mevsimlik su tablası derinlikleri, cm

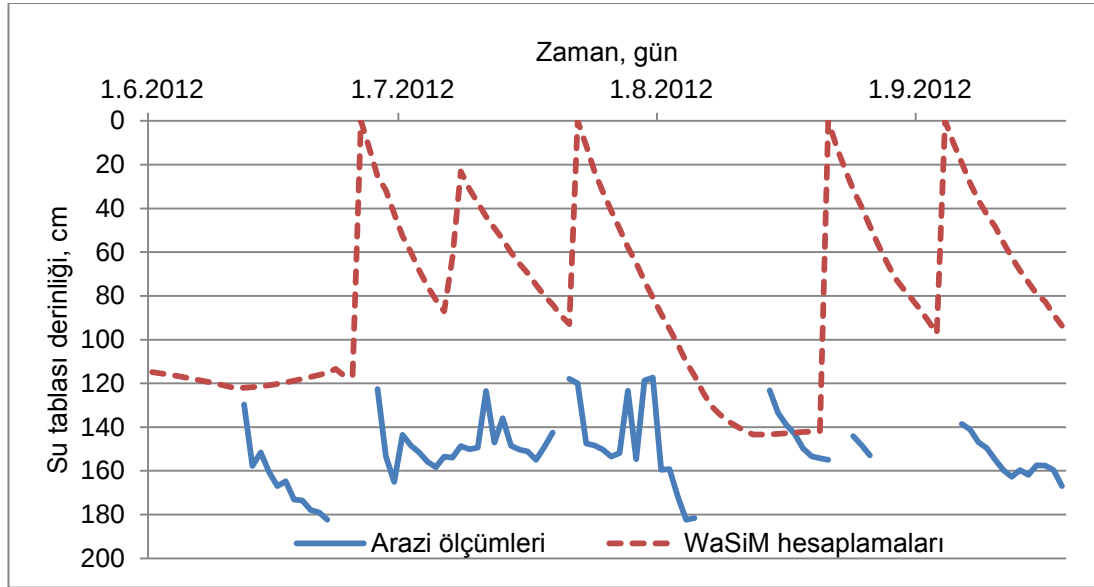
Günler	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1	115	53	88	86
2	115	60	95	92
3	116	68	102	97
4	117	76	110	0
5	117	82	116	10
6	118	87	124	19
7	119	62	130	28
8	120	23	134	36
9	120	31	137	43
10	121	37	140	48
11	122	44	142	56
12	122	49	143	62
13	122	54	143	68
14	121	60	143	74
15	121	65	143	79
16	120	70	143	83
17	120	75	143	88
18	119	80	142	94
19	118	84	142	99
20	117	89	142	103
21	116	93	0	108
22	115	0	12	113
23	113	11	22	117
24	116	23	31	121
25	116	32	39	125
26	0	41	48	129
27	12	49	57	133
28	25	58	64	136
29	32	65	72	137
30	42	73	77	138
31		81	81	
Ort.	102	57	100	84

SD deneme alanı için ise aynı dönemde aylara göre ortalama su tablası derinlikleri sırasıyla 167, 168, 175 ve 184 cm olmuştur (Çizelge 4.13).

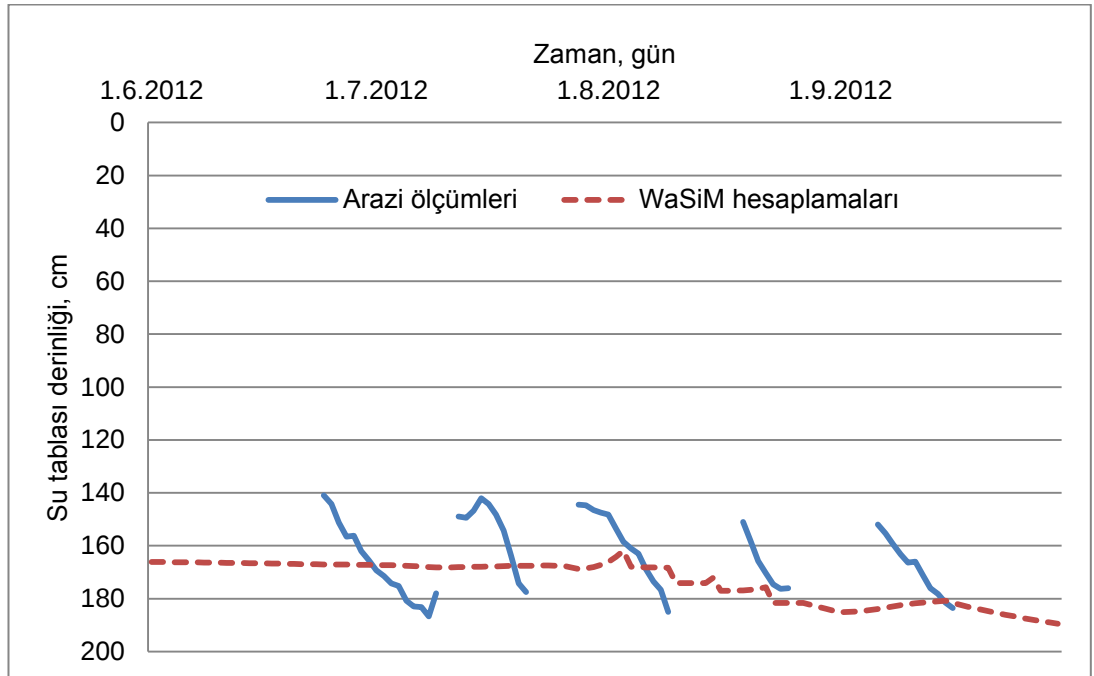
Çizelge 4.13. WaSim ile elde edilen SD deneme alanı mevsimlik su tablası derinlikleri, cm

Günler	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1	166	167	166	185
2	166	167	164	185
3	166	167	162	185
4	166	167	168	185
5	166	168	168	184
6	166	168	168	184
7	166	168	168	183
8	166	168	168	183
9	166	168	168	183
10	166	168	174	182
11	166	168	174	182
12	166	168	174	181
13	167	168	174	181
14	167	168	174	181
15	167	168	172	181
16	167	168	177	182
17	167	168	177	182
18	167	168	177	183
19	167	168	177	184
20	167	168	177	184
21	167	168	176	185
22	167	168	176	186
23	167	168	182	186
24	167	168	182	187
25	167	168	182	187
26	167	168	182	188
27	167	168	182	188
28	167	169	182	189
29	167	168	183	189
30	167	168	184	189
31		167	184	
Ort.	167	168	175	184

Arazide ölçülen değerler (Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7) ile WaSim programında hesaplanan değerlerin (Çizelge 4.12 ve Çizelge 4.13) grafiksel karşılaştırmaları KD ve SD deneme alanları için Şekil 4.8. ve 4.9.'da verilmiştir.



Şekil 4.8. KD deneme alanı günlük su tablası derinliklerinin arazi ölçümleri ve WaSim simülasyonlarına göre karşılaştırılması



Şekil 4.9. SD deneme alanı günlük su tablası derinliklerinin arazi ölçümleri ve WaSim simülasyonlarına göre karşılaştırılması

Şekil 4.8.'de görüldüğü gibi, KD deneme alanında su tablası derinliklerinde ölçülen değerler ile WaSim simülasyonları ile elde edilenler arasında önemli düzeyde farklılık gözlenmiştir. Arazi koşullarında ölçülen su tablası derinlikleri her sulamada 1 hafta kadar kontrol seviyesinde kalmış hemen arkasından kontrol seviyesi altında seyrederek genellikle emici drenlerin döşenmiş olduğu 1.60-1.80 m seviyelerine düştüğü görülmüştür.

Kontrollü drenaj koşullarında bile su tablasının beklenenden hızlı düşmesi toprakların yüksek bir doğal drenaj kapasitesinin olmasından kaynaklanmıştır. Beslenme sırasında yükselen su tablası, yatay sızma ile kısa sürede su tablasının düşmesiyle sonuçlanmıştır. Nitekim Bahçeci ve ark. (2007), tarafından SaltMod ile yapılan bir çalışmada yıllık doğal drenajın 0.155 m, yaz dönemindeki doğal drenajın ise 0.090 m olduğu belirlenmiştir.

SD deneme alanında (Şekil 4.9) ise Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında model ile arazi ölçümleri arasında yakın sonuçlar elde edilmiş, 140-180 cm derinlikleri arasında değişmiştir.

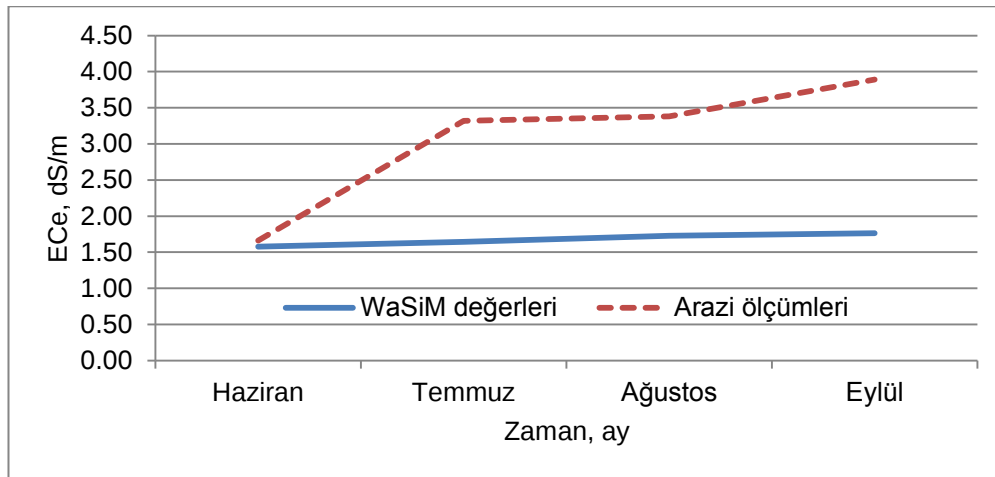
SD deneme alanı için aylık ortalama su tablası derinlikleri Ttest ile kıyaslandığında model ve arazi sonuçları arasındaki farkların %95 olasılıkla ($p=0.085^{ns}>0.05$) önemsiz olduğu görülmüştür. Oysa KD deneme alanında aynı parametreler için yapılan Ttest sonucunda $p=0.0025^{**}<0.05$ olarak elde edilmiş olup, KD deneme alanı için arazide ölçülen değerler ile model sonuçları arasında önemli düzeyde farklılıkların olduğu görülmüştür. Böylece su tablası derinliği hesaplamalarında Serbest drenaj için WaSim programı kabul edilebilir değerler tahmin ederken, kontrollü drenaj için elde edilen değerler kabul edilebilir sınırların dışında kaldığı görülmüştür.

4.7.3. Drenaj sularının tuzluluk değerlerine ilişkin sonuçlar

KD deneme alanında WaSim programına girilen değerlerden elde edilen sonuçlara göre drenaj suyu tuzlulukları Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları

için sırasıyla, ortalama 1.57, 1.64, 1.73 ve 1.76 dS m⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Sezon sonunda oluşan ortalama drenaj suyu tuzluluğu ise 1.68 dS m⁻¹ olmuştur. Arazide ölçülen değerler ise sırasıyla ortalama 1.66, 3.32, 3.38 ve 3.89 dS m⁻¹ olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.9). Bu değerler Ttest ile kıyaslanmış ve p=0.029*<0.05 olarak bulunmuştur. Dolayısıyla KD deneme alanı için drenaj suyu tuzluluk değişimleri hesaplamalarının WaSim simülasyonları ve arazi ölçümleri arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür.

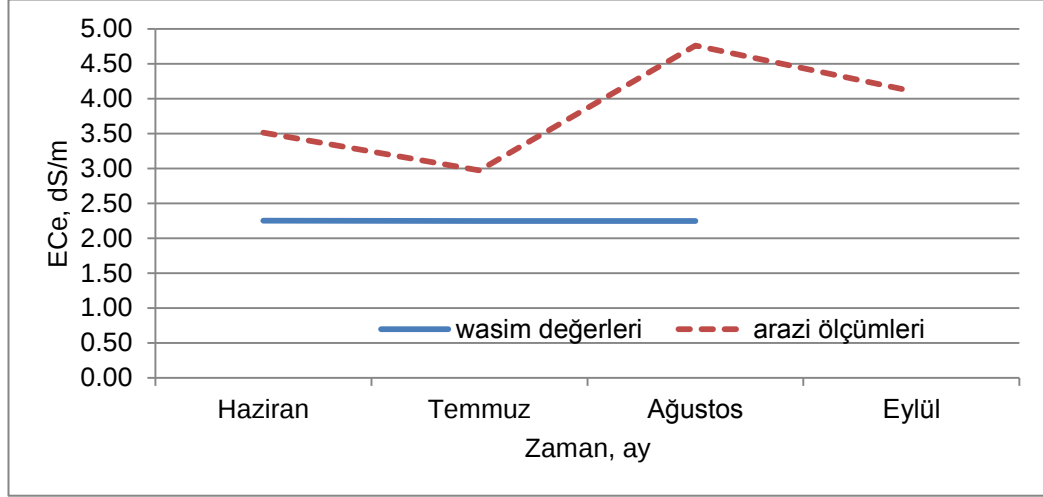
Şekil 4.10.'da ise WaSim simülasyon sonuçları ile arazide ölçülen değerler kıyaslanmıştır.



Şekil 4.10. KD deneme alanı drenaj suyu tuzluluğunun WaSim hesaplamaları ve arazi ölçümleri karşılaştırma grafiği

SD deneme alanında ise WaSim programına girilen değerlerden elde edilen drenaj suyu tuzluluk sonuçları Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için sırasıyla ortalama 2.25, 2.25 ve 2.25 dS m⁻¹ olarak bulunmuştur. Eylül ayında ise WaSim simülasyonlarına göre drenaj suyu akışı olmamıştır. Dolayısıyla tuzluluk değerleri ölçülmemiştir. Sezon sonu tuzluluk ortalaması ise 2.25 dS m⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Deneme alanı arazisinde ölçülen değerler ise aylık sırasıyla ortalama 3.51, 2.97, 4.76 ve 4.11 dS m⁻¹ olarak ölçülmüştür (Çizelge 4.9). Bu değerler de yine Ttest ile kıyaslanmış ve p=0.017<0.05* olarak bulunmuştur. Dolayısıyla SD deneme alanı için drenaj suyu tuzluluk değişimlerinde WaSim programı hesaplamasının arazi ölçümleri ile aralarında anlamlı bir farklılık bulunmuştur.

Şekil 4.11.'de WaSim simülasyonları ile arazide ölçülen değerler kıyaslanmıştır. Sonuçların birbirine benzerlik göstermediği görülmüştür.



Şekil 4.11. SD deneme alanı drenaj suyu tuzluluğunun WaSim hesaplamaları ve arazi ölçümleri karşılaştırma grafiği

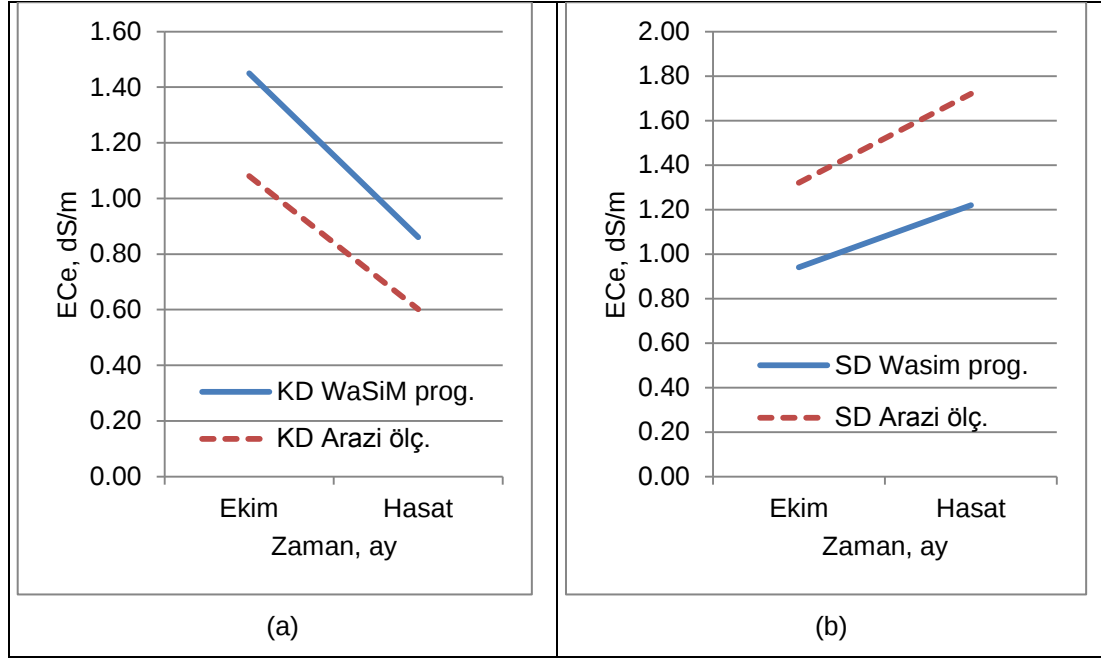
4.7.4. Toprak tuzluluğu değişimlerine ilişkin sonuçlar

KD ve SD deneme alanlarında 0-20 cm arası toprak derinliğinde ölçülen ve WaSim programı ile hesaplanan toprak tuzluluk değişimleri Çizelge 4.14.'te verilmiştir.

Çizelge 4.14. KD ve SD deneme alanlarının 0-20 cm derinlikteki ekim ve hasat dönemi tuzluluk değişimleri

Ölçüm derinliği	Ölçüm zamanı	KD		SD	
		WaSim Programı, dS m ⁻¹	Arazi Ölçümü, dS m ⁻¹	WaSim Programı, dS m ⁻¹	Arazi Ölçümü, dS m ⁻¹
0-20	Ekim	1.45	1.08	0.94	1.32
	Hasat	0.86	0.60	1.22	1.72

KD ve SD deneme alanlarının 0-20 cm toprak derinliğindeki tuzluluk değişim grafikleri ise Şekil 4.12.'de verilmiştir.



Şekil 4.12. KD (a) ve SD (b) deneme alanları 0-20 cm toprak profili tuzluluk değişimi

Çizelge 4.14. ve Şekil 4.12.'de görüldüğü gibi KD deneme alanı 0-20 cm toprak derinliğinde, hem arazi ölçümlerinde hem de WaSim simülasyonlarında ekim döneminden hasat dönemine toprak tuzluluk değerlerinde benzer oranlarda azalmalar görülmüştür.

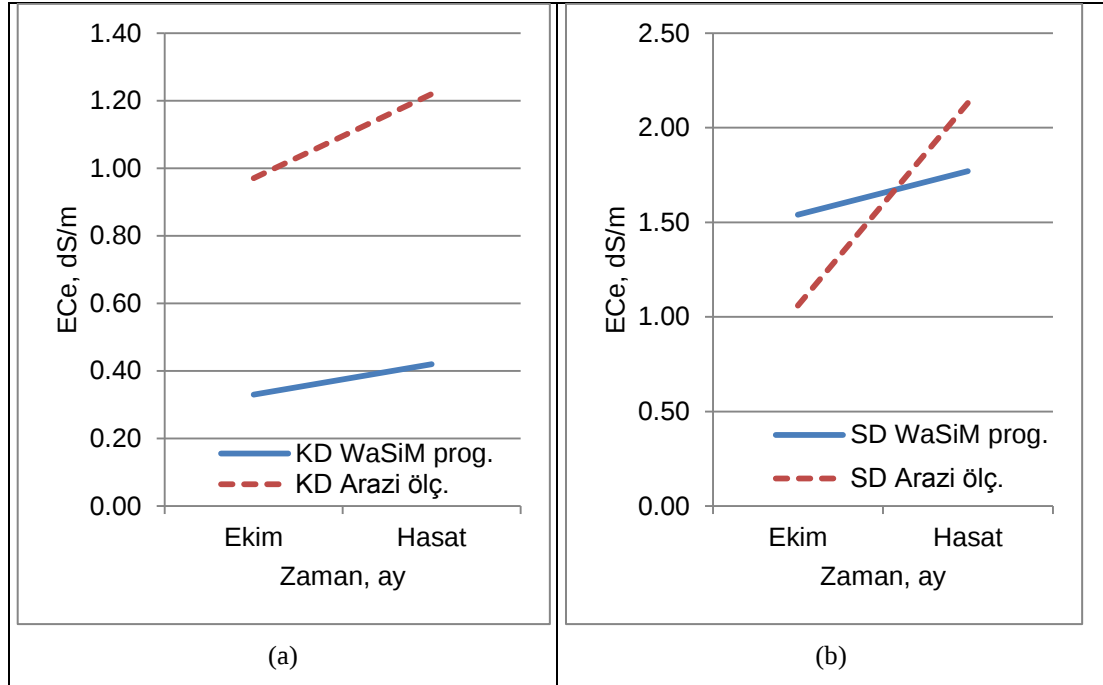
Yine aynı çizelge ve şekilde görüldüğü gibi 0-20 cm toprak derinliğinde SD deneme alanında, hem WaSim simülasyonlarında hem de arazi ölçümlerinde toprak tuzluluğu değerlerinde benzer oranlarda artışlar görülmüştür.

0-100 cm toprak derinliğinde ölçülen ve WaSim programı ile hesaplanan toprak tuzluluk değişimleri ise Çizelge 4.15.'te verilmiştir.

Çizelge 4.15. KD ve SD deneme alanlarının 0-100 cm derinlikteki ekim ve hasat dönemi tuzluluk değişimleri

Ölçüm derinliği	Ölçüm zamanı	KD		SD	
		WaSim Programı, $dS\ m^{-1}$	Arazi Ölçümü, $dS\ m^{-1}$	WaSim Programı, $dS\ m^{-1}$	Arazi Ölçümü, $dS\ m^{-1}$
0-100	Ekim	0.33	0.97	1.54	1.06
	Hasat	0.42	1.22	1.77	2.13

KD ve SD deneme alanları için 0-100 cm toprak derinliğindeki tuzluluk değişim grafikleri Şekil 4.13.'te verilmiştir.



Şekil 4.13. KD (a) ve SD (b) deneme alanları 0-100 cm toprak profili tuzluluk değişimi

Çizelge 4.15. ve Şekil 4.13.'te görüldüğü gibi KD ve SD deneme alanları 0-100 cm toprak derinliğinde, hem arazi ölçümlerinde hem de WaSiM simülasyonlarında ekim döneminden hasat dönemine toprak tuzluluk değerlerinde benzer oranlarda artışlar görülmüştür.

Şekil 4.12. ve 4.13.'te görüldüğü gibi her iki deneme konusunda da üst toprak profili (0-20 cm) ve kök bölgesi profili (0-100 cm) tuzluluk değerlerinde hem arazi ölçümlerinde ve hem de WaSiM simülasyonlarında eğilim yönleri ve miktarları birbirleriyle benzerlikler göstermiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Harran ovasında kontrollü ve kontrolsüz drenajın su-tuz dengesine etkilerinin WaSim programı ile belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenerek verilmiştir.

Arazi ölçümlerine ve WaSim simülasyonlarına göre, sulama ve drenaj suyu miktarları, su tablası derinlikleri, drenaj suyu tuzlulukları ve toprak tuzlulukları incelenmiş ve karşılaştırma yapılarak model simülasyonlarının geçerliliği araştırılmıştır.

Kontrollü drenaj ve serbest drenaj alanlarında Nisan-Mayıs aylarında bitki ekimi yapılmış, Haziran ayında sulamaya başlanmış, Eylül ayında ise sulamalar sonlandırılmıştır. KD alanında toplam 7 kez olmak üzere toplam 946 mm, SD alanında ise 5 kez olmak üzere toplam 490 mm sulama suyu verilmiştir.

Drenaj suyu miktarları arazi ölçümlerine göre KD ve SD alanları için sırasıyla 75 mm/mevsim ve 52 mm/mevsim olarak ölçülürken, WaSim simülasyonlarına göre sırasıyla 96.1 mm/mevsim ve 9.6 mm/mevsim olarak hesaplanmıştır. Arazi ölçümleri ve WaSim simülasyonları arasındaki farkın bölge topraklarının yüksek bir doğal drenaj kapasitesinin olmasına yorumlanmıştır. Dolayısıyla drenaj suyu miktarlarının hesaplanmasında WaSim simülasyonlarının Harran Ovası topraklarında güvenilir bilgiler vermediği sonucuna varılmıştır.

Su tablası derinlikleri Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları ortalama değerlerine göre yorumlanmıştır. KD alanı için ortalama su tablası derinlikleri arazide kurulan gözlem kuyularına göre sırasıyla 161, 144, 153 ve 155 cm olarak ölçülürken, WaSim simülasyonlarına göre ise sırasıyla 102, 57, 100 ve 84 cm olarak hesaplanmıştır. SD alanı için ise arazide kurulan gözlem kuyularına göre sırasıyla

153.8, 162.4, 166.3 ve 168.5 cm ölçülürken, WaSim simülasyonlarına göre sırasıyla 167, 168, 175 ve 184 cm olarak hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlara göre su tablası derinliklerinin tahmin edilmesi hususunda WaSim programı değerleri arazi ölçümlerine göre, serbest drenaj koşullarında farkların %95 olasılıkla ($p=0.085^{ns}>0.05$) önemsiz olduğu, kontrollü drenaj koşullarında ise farkların ($p=0.0025^{**}<0.05$) önemli düzeylerde olduğu görülmüştür.

Drenaj suyu tuzluluk değerleri yine Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül ayları ortalama değerlerine göre yorumlanmıştır. KD deneme alanı için arazi ölçümlerine göre sırasıyla aylık ortalama 1.66, 3.32, 3.38 ve 3.89 dS m⁻¹ olarak ölçülen drenaj suyu tuzluluk değerleri WaSim simülasyonlarına göre sırasıyla aylık ortalama 1.57, 1.64, 1.73 ve 1.76 dS m⁻¹ olarak hesaplanmıştır. SD deneme alanı için arazi ölçümlerine göre ise sırasıyla aylık ortalama 3.51, 2.97, 4.76 ve 4.11 dS m⁻¹ olarak ölçülmüş, WaSim simülasyonlarına göre sırasıyla aylık ortalama 2.25, 2.25 ve 2.25 dS m⁻¹ olarak hesaplanmıştır. WaSim programı sonuçları arazi ölçümleri ile kıyaslandığında KD ve SD deneme alanları için anlamlı (sırasıyla $p=0.029^{*}<0.05$, $p=0.017^{*}<0.05$) farklılıklar olduğu, dolayısıyla bölgemiz toprakları drenaj suyu tuzlulukları ölçümlerinde WaSim simülasyonlarının işlerliğinin uygun olmadığı anlaşılmıştır.

Toprak tuzluluk değişimleri ekim ve hasat dönemindeki tuzluluk sonuçlarına göre 0-20 cm ve 0-100 cm toprak derinliklerinde incelenmiştir.

Üst toprak (0-20 cm) tuzlulukları için KD deneme alanı WaSim simülasyonlarına göre ekim döneminden hasat dönemine 1.45 dS m⁻¹'den 0.86 dS m⁻¹'ye düşerken, arazi ölçümlerine göre ise 1.08 dS m⁻¹'den, 0.60 dS m⁻¹'ye düşmüştür. SD deneme alanı WaSim simülasyonlarına göre 0.94 dS m⁻¹'den 1.22 dS m⁻¹'ye yükselmiş, arazi ölçümlerine göre ise 1.54 dS m⁻¹'den 1.77 dS m⁻¹'ye yükselmiştir.

Kök bölgesi (0-100 cm) tuzlulukları için ise KD deneme alanı WaSim simülasyonlarına göre ekim döneminden hasat dönemine 0.33 dS m⁻¹'den 0.42 dS m⁻¹'ye, arazi ölçümlerine göre 0.97 dS m⁻¹'den 1.22 dS m⁻¹'ye yükselmiştir. SD

deneme alanı WaSim simülasyonlarına göre ekim döneminden hasat dönemine 1.54 dS m^{-1} den 1.77 dS m^{-1} ye, arazi ölçümlerine göre 1.06 dS m^{-1} den 2.13 dS m^{-1} ye yükselmiştir. Dolayısıyla Harran Ovası topraklarında WaSim simülasyonlarının üst toprak ve kök bölgesi tuzluluk hesaplamalarında sağlıklı sonuçlar vereceği ve uygulanabilir olduğu belirlenmiştir.

5.2. Öneriler

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki öneriler yapılabilir;

WaSim modeli simülasyonları Harran Ovası topraklarında serbest drenaj koşullarında su tablası derinliğini ve değişimlerini tahmin etmek için kullanılabilir. Kontrollü drenaj şartlarında ise doğal drenaj oranlarının bilinmesi durumunda kullanılması uygundur.

Üst toprak (0-20 cm) tuzluluk ve kök bölgesi (0-100 cm) tuzluluk değişimleri WaSim simülasyonları ile hem kontrollü drenaj hem de serbest drenaj şartlarında güvenli bir şekilde belirlenebilir. Böylece yapılacak denemelerde bölgeye ait verilerin girilmesiyle oluşabilecek tuzluluk değişimleri hesaplanabilir.

Drenaj suyu miktarlarının hesaplanmasında ise doğal drenaj miktarlarının hesaplanması veya bilinmesi kaydıyla WaSim programı kullanılabilir. Program doğal drenaj miktarıyla ilgili bilgiler vermediği için drenaj suyu miktarları ölçülen değerlerden farklı simüle edilmiştir.

Ancak irdelenen diğer konularda farklı simülasyon programlarının kullanılmasının doğru sonuçlar almak adına daha uygun olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- ABBOTT, C. L. CASCIO A LO, ABDEL-GAWAD, S MORRIS and J. HESS T., 2003. Guidelines for Controlled Drainage (KAR Project R7133) Report OD 147. Department for International Development, UK.
- ANONİM, 1993. Şanlıurfa ve Harran Ovalarında Dönen Suların Kullanılması Alıcı Ortama Verilmesi veya Yok Edilmesi. DSİ Proje ve inşaat Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- ANONİM, 2008. Harran Ovası Sulamaları İzleme Raporu (Basılmamış). DSİ 15. Bölge Müdürlüğü, Şanlıurfa.
- AYARS J. E., CHRISTEN, E. W. and HORNBuckle, J. W., 2006. Controlled Drainage for Improved Water Management in Arid Regions Irrigated Agriculture. Volume 86, Issues 1-2, Pages 128-139.
- BAHÇECİ, İ., ÇAKIR, R., NACAR, A.S. ve BAHÇECİ, P., 2007. Harran Ovasında Kontrollü Drenajın Toprak Tuzluluğu ve Sulama Randımanı Üzerine Etkisinin SaltMod Kullanılarak Tahmin Edilmesi. Turk J Agric For 32 (2008) 101 – 109 TÜBİTAK, Şanlıurfa.
- BAHÇECİ, İ. and NACAR, A.S., 2007. Estimation of root zone salinity, using Saltmod, in the arid region of Turkey. Irrigation and Drain, 56: 601-614.
- BAHÇECİ, İ. and NACAR, A.S., 2008. Subsurface Drainage and Salt Leaching in Irrigated Land in South-East Turkey. Irrigation and Drain. 58: 346-356.
- BOS, M.G., ABDEL-DAYEM, S. and ABDEL-RAHMAN ATTİA., F., 1994. Assessing Performance of Irrigation and Drainage: Examples from Egypt. Proceedings 8th IWRA World Congress on Water Resources. Cairo, November 1994. Volume 1, T4-S1, pp. 6.1-6.18
- DAYEM A.D., and RITZEMA, H.P., 1990. Verification of Drainage Design Criteria in the Nile Delta, Egypt. Irrigation and Drainage Systems, 4, 2, pp 117-131.
- DUGAS, W.A., WEYER, W.S. BARRS, H.D. and FLEETWOOD, R.J., 1990. Effects of Soil Type on Soybean Crop Water Use in Weighing Lysimeters II. Root Growth, Soil Water Extraction and Watertable Contributions. Irrigation Science, 11:77-81.
- EVANS, R. GILLIAM, J.W. and SKAGGS, W., 1996. Controlled Drainage Management Guidelines For Improving Drainage Water Quality. Published by: North Carolina Cooperative Extension Service Publication Number: AG 443 Last Electronic Revision: June 1996 (KNS).
- EVANS, R. and FAUSEY, N.R., 1999. Effects of Inadequate Drainage on Crop Growth and Yield. Agricultural Drainage, Agronomy Monograph No. 38, pp. 13-54.
- EVANS, R.O. and SKAGGS, R.W., 1987. Operational and Management Guidelines for Water Table Management Systems in North Carolina, Proceedings 3rd International Workshop on Land Drainage, Columbus, Ohio.
- FAO, 1996. Fact Sheets. World Food Summit (November, 1996) Food and Agriculture Organization, Rome.
- FOUSS, J. L., SKAGGS, R., W. FAUSEY, N.R., and PITTS D.J., 2002 American Society of Agricultural and Biological Engineers. Implementing controlled Drainage Technology to Reduce Nitrate Losses in Drainage Water. Asabe
- GRIMES, D.W. and HENDERSON, D.W., 1984. Developing the Resource Potential

- of a Shallow Grounwater, California Water Resources Bulletin 188, August.
- HESS, T. 2000. WaSim Tutorial Manual. HR Wallingford, UK.
- HESS, T., LEEDS-HARRISON, P. and COUNSELL, C., 2000. WaSim Technical Manual. HR Wallingford, UK.
- HIREKHAN, M., GUPTA S.K., MISHRA K.L., 2007. Application of WaSim to Assess Performance of a Subsurface Drainage System Under Semi-Arid Monsoon Climate. *Agricultural Water Management*, 88:224-234.
- HUTMACHER, R.B., AYARS, J.E., VAIL, S.S., BRAVO, A.D., DETTINGER, D. and SCHONEMAN R.A., 1996. Uptake of Shallow Groundwater by Cotton: Growth Stage, Groundwater Salinity Effects in Column Lysimeters. *Agricultural Water Management*, 31:205-223.
- KALE S., 2011. Estimating Effects of Drainage Design Parameters on Crop Yields Under Irrigated Lands Using Drainmod. *Scientific Research and Essays*. pp., 2955-2963.
- KRUSE, E.G., YOUNG, D.A. and CHAMPION, D.F., 1985. Effects of Saline Watertable on Corn Irrigation. P. 444-453 IN C.G. Keyes and T.J. Ward (ed.) *Development and Management Aspects of Irrigation and Drainage Systems*. [Proceedings of Specialty Conference ed.]. ASCE, New York.
- MADRAMOOTOO C.A., WIYO K.A. and P., ENRIGHT., 1992. Nutrient Losses Through Tile Drains From Patato Fields. *Applied Engineering In Agriculture*. 8:639-646.
- MEYER, W.S., WHITE, B. and SMITH, D., 1996. Water use of lucerne over shallow watertables in Australia, *Proceedings of International Conference, Evapotranspiration and Irrigation Scheduling*, Nov.3-6, 1996, San Antonio, Texas,
- NAMKEN, L.N., WEIGAND, C.L and BROWN R.O., 1969. Water Use by Cotton From Low and Moderately Saline Static Watertables. *Agronomy Journal*, 61:305-310.
- OOSTERBAAN R.J, 1988. Agricultural Drainage Criteria for Drainage a Systems Analysis. *Agricultural Water Management*, 14, pp., 79-88.
- OOSTERBAAN, R.J. and ABU SENNA. M, 1990. Using Saltmod to Predict Drainage For Salinity Control. *Towards Integration of Irrigation and Drainage Management*. *Proceedings of the Jubile Symposium at the Occasion of the 40th Anniversary of ILRI*, p: 43-49, Wageningen, The Netherlands.
- RAMOSKA, E. BASTIENE, N. and SAULYS, V., 2009. Evaluation of Controlled Drainage Efficiency in Lithuania, *Irrigation and Drainage*. 10.1002/ird.548
- SKAGGS, R. W., 1978. A Water Management Model For Shallow Water Table Soils. Technical Report No. 134. Water Resources Research Institute of the University of North Carolina, N. C. State University, Raleigh. 128 pp.
- SKAGGS, R. W. and GILLIAM. J. W., 1981. Effect of Drainage System Design and Operation on Nitrate Transport. *Transactions of the ASAE* 24(4): 929-934.
- SKAGGS, R. W., 1982. Field Evaluation of a Water Management Simulation Model. *Transactions of the ASAE* 25(3): 666-674
- SKAGGS, R.W., 1999. Drainage Simulation Models. In Skaggs and Van Schilfgaarde (eds), *Drainage for Agriculture*, Monograph No.38, American Society of Agronomy, Madison, WI: 469-500.

- SIEBEN, W.H., 1964. Het Verband Tussen Ontwatering En Opbrengst Bij De Jonge Zavelgronden in de Noordoostpolder. Van Zee tot Land. 40, Tjeenk Willink V, Zwolle, The Netherlands.
- SOPPE, R.W., AYARS J.E. and GRISMER, M.E., 2002. Using Capacitance Probes to Measure Soil Water in Lysimeters with Shallow Saline Ground Water. In: Proceedings of the First International Symposium on Soil Water Measurement Using Capacitance, Impedance and Time Domain Transmission (TDT). Held at the USDA-ARS Beltsville Agricultural Research Center, in Beltsville, Maryland, November 6, 7 and 8, 2002.
- TAN, C.S., DURRY, H.F., NG, H.Y.F. and GAYNOR, J.G., 2000. Effect of Controlled Drainage and Sub-irrigation Tile Drainage Nitrate Loss and Crop Yield at the Farm Scale.
- TAN, C.S., DRURY, C.F., SOULTANI, M., GAYNOR, J.D., WELACKY, T.W., NG, H.Y.F. and VAN WESENBEECK I.J., 2004. SHS Acta Horticulturae 449: II International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops.
- VINCENT B., VLOTMAN W.F. and ZIMMER D., 2001. Performance Assessment and Potetial Indicators for Drainage Systems ICID-CIID Working Group On Drainage, pp:60.
- WESSELING, J., 1974. Crop Growth and Wet Soils. In: Drainage for Agriculture. Agronomy No 17. Edited by J. Van Schilfgaarde. American Society of Agronomy.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Müslüm AYAZ
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum yeri ve tarihi : Şanlıurfa - 01.01.1986
Telefon : +90 (554) 641 73 29
e-mail : mslmayaz@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ç.E.A.Ş. Anadolu Lisesi, Merkez, Şanlıurfa	2004
Üniversite	: Harran Üniversitesi, Merkez, Şanlıurfa	2010

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2010-2011	Fırat Toprak Analiz Laboratuvarı	Sorumlu Ziraat Mühendisi
2012	Pol-er Tarım LTD. ŞTİ.	Danışman Ziraat Mühendisi
2013	GAP İdaresi – GAPTEYAP Projesi	Sulama Uzmanı
2014	Pol-er Tarım LTD. ŞTİ.	Danışman Ziraat Mühendisi

UZMANLIK ALANI: Sulama ve drenaj

YABANCI DİLLER: İngilizce