

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HARRAN OVASINDA ÇİFTÇİ KOŞULLARINDA SULAMADAN DÖNEN
SULARDA KALİTE-KANTİTENİN İZLENMESİ VE SU UYGULAMA
RANDİMANIN SAPTANMASI**

Sabri AKIN

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2019**

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HARRAN OVASINDA ÇİFTÇİ KOŞULLARINDA SULAMADAN DÖNEN
SULARDA KALİTE-KANTİTENİN İZLENMESİ VE SU UYGULAMA
RANDİMANIN SAPTANMASI**

Sabri AKIN

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ŞANLIURFA
2019**

Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞEK danıŐmanlıđında, Sabri AKIN'ın hazırladığı “**Harran Ovasında ifti Koşullarında Sulamadan Donen Sularda Kalite-Kantitenin İzlenmesi ve Su Uygulama Randımanının Saptanması**” konulu bu çalışma 28/06/2019 tarihinde aŐađıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞEK

ye : Prof. Dr. Mehmet Ali ÇULLU

ye : Prof. Dr. Mahmut ÇETİN

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

Doç. Dr. İsmail HİLALİ
Enstitü Müdürü

Bu alıŐma HÜBAK Tarafından DesteklenmiŐtir.
Proje no: 18107

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildiriŐlerin, izelge, 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
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	9
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	17
3.1. Materyal.....	17
3.1.1. Araştırma Alanı.....	17
3.1.2. Harran Ovası'nın topoğrafyası.....	18
3.1.3. Harran Ovası'nın toprak kaynaklarının genel durumu.....	18
3.1.4. Araştırma alanının iklim durumu.....	18
3.1.5. Harran Ovası'nın su kaynakları.....	19
3.1.6. Drenaj tesisleri ve taban suyu seviyesi.....	22
3.1.7. Araştırmada kullanılan bitki çeşidi.....	23
3.2. Yöntem.....	23
3.2.1. Su bütçe hesabı.....	23
3.2.2. Mevsimlik bitki su tüketimi hesabı.....	24
3.2.3. Toprak nem içeriklerinin belirlenmesi.....	26
3.2.4. Araştırma sularının analizleri.....	26
3.2.5. Askıda katı madde tayini.....	29
3.2.6. Topraklarda pH ve EC saptanması.....	30
3.2.7. Pamuk veriminin belirlenmesi.....	30
3.2.8. Pamuk çırçır randımanı.....	31
3.2.9. Tarımsal gübreleme ve mücadele.....	31
3.2.10. İstatistiksel analiz.....	32
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	33
4.1. Su bütçesi.....	33
4.2. Mevsimlik bitki su tüketimi.....	36
4.3. Sulama öncesi toprak nem içerikleri.....	37
4.4. Sulama suyu analiz sonuçları.....	40
4.5. Askıda katı madde sonuçları.....	47
4.6. Toprakların pH ve EC değerleri.....	52
4.7. Pamuk kütlü verimi.....	59
4.8. Pamuk çırçır randımanı.....	60
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	62
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	70

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Harran Ovasında Çiftçi Koşullarında Sulamadan Dönen Sularda Kalite-Kantitenin İzlenmesi ve Su Uygulama Randımanının Saptanması

Sabri AKIN

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞEK
Yıl: 2019, Sayfa: 70

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)'nin önemli bir parçası olan Harran Ovası'nda 160 000 ha alanda tarımsal üretim yapılmaktadır. Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından ovaya su verildikten sonra ova genelinde yetiştiriciliği yapılan hâkim bitkiler sırasıyla pamuk, mısır ve buğdaydır. Araştırma Harran Ovası'nda drenaj sularıyla sulanan parsellerdeki mevsimlik su ve toprak değişimlerini değerlendirmek amacıyla üreticiye ait 86.6 dekar (da) alana sahip bir parselde yürütülmüştür. Araştırma süresince parselde uygulanan ve parselden çıkan suların hacimsel su miktarları, suların kaliteleri ve askıda katı madde (AKM) miktarları belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarının sulamalara göre nem içeriği, pH ve EC değişimleri saptanmıştır. Harran Ovası'nda üreticiliği ova genelinde yaygın olan pamuk bitkisinin verimi ve çırçır randımanı belirlenmiştir. Araştırma sonucunda; tav sulama dahil toplam yedi kez sulama yapılmış ve pamuk bitkisi için bir mevsim boyunca 173 484 m³ (2 003 mm) sulama suyu uygulanmıştır. Tüm sulamalarda yüzey akış ve derine sızma kayıpları sırasıyla 34-42 l s⁻¹ ve 2-3 l s⁻¹ arasında ve sulama randımanı %35-43 arasında değişmiştir. En yüksek su seviyesi ekim öncesi toprak kök bölgesinin kuru olması nedeniyle tav sulamada 314 mm iken en düşük su seviyesi ise son sulamada 227 mm olarak gerçekleşmiştir. Araştırma sularının sınıfları; sulama suyunda (Irrigation water; IW) C₂S₁, yüzey akış sularında (Surface runoff; R_f) C₂S₁ ve derine sızma (Deep percolation: d_p) sularında C₄S₂ olduğu ve ortalama (AKM) taşınımları IW, R_f ve D_p'de sırasıyla 250.67, 311.27 ve 9.78 mg l⁻¹ gerçekleştiği tespit edilmiştir. Toprakların pH ve elektriksel iletkenlik (Electrical conductivity: EC) değerleri 7.78-8.16 ve 0.68-1.32 dS m⁻¹ saptanmış ve araştırma topraklarında tuzluluk sorunu olmadığı belirlenmiştir. Pamuk hasat döneminde elde edilen numuneler ile ortalama kütlü verimi ve çırçır randımanı 545 kg da⁻¹ ve %44 hesaplanmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Harran Ovası, karık sulama, tuzluluk, pamuk verim

ABSTRACT

MSc Thesis

Monitoring of Quality-Quantity and Determination of Water Application Efficiency in Water Returning from Irrigation under Farmer Conditions in Harran Plain

Sabri AKIN

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

Supervisor: Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞEK
Year: 2019, Page: 70

Agricultural production is carried out on 160 000 ha area in the Harran Plain, which is an important part of the Southeastern Anatolia Project (GAP). After water was supplied to the plain by the State Hydraulic Works (DSİ), the dominant plants cultivated throughout the plain are cotton, corn, and wheat. The research was carried out on a parcel of 86.6 decares (da) of the producer in order to evaluate the seasonal water and soil changes in the parcel irrigated with drainage waters in Harran Plain. During the research, volumetric water quantities, water quality and suspended solids (AKM) amounts of the water applied to the parcel and leaving the parcel were determined. Moisture content, pH and EC changes of the study area soils were determined. The yield and ginning efficiency of cotton plant common in the Harran Plain were determined. As a result of the research, the irrigation was performed seven times including before planting sowing irrigation and 173 484 m³ (2 003 mm) irrigation water was applied for cotton plant during one season. Surface runoff and deep infiltration losses in all irrigations ranged between 34-42 l s⁻¹ and 2-3 l s⁻¹, respectively and irrigation efficiency ranged between 35-43%. The highest water level was 314 mm in before planting sowing irrigation due to dry soil root area before planting and the lowest water level was 227 mm in final irrigation. Classes of research waters, Irrigation water (IW) C₂S₁, surface runoff (Rf) C₂S₁ and deep percolation (Dp) C₄S₂ and the average suspended solids (AKM) IW, Rf and Dp 250.67, 311.27 and 9.78 mg l⁻¹, respectively were determined. pH and electrical conductivity (EC) values of the soils were determined as 7.78-8.16 and 0.68-1.32 dS m⁻¹ and it was found that there was no salinity problem in the research soils. The average yield and gin yield of the samples obtained from cotton harvesting period were calculated as 545 kg da⁻¹ and 44%.

KEY WORDS: Harran plain, furrow irrigation, salinity, cotton yield

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bilgi, öneri, yardım ve desteğini esirgemeyen ayrıca engin fikirleriyle akademik anlamda yetişmeme ve gelişmeme katkıda bulunan danışman hocam Prof. Dr. Mehmet ŞİMŞEK'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans eğitimim süresince değerli katkılarını esirgemeyen Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Öğretim Üyelerine teşekkür ederim.

Hem akademik hem de tez çalışmamın yazım aşamasında desteğini hiçbir zaman esirgemeyen ve her zaman yanımda olan değerli insan Burcu KUMRU'ya teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında yanımda olan ve fedakarca davranan değerli arkadaşım Zir. Yük. Müh. Recep KARAKAYA'ya ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen mesai arkadaşım Arş. Gör. Ali SARIOĞLU'na teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans çalışmam boyunca beni her konuda destekleyen, sabrını ve hoşgörüsünü benden esirgemeyen ve bundan dolayı kendimi hep şanslı hissettiren sevgili aileme sevgi, saygı ve sonsuz şükranlarımı sunarım.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa No
Şekil 1.1. Dünyanın ve Türkiye'nin su potansiyelinin sektörel kullanım alanları	2
Şekil 1.2. Kullanılmış suların yeniden kullanım alanları	2
Şekil 3.1. Araştırma alanı	17
Şekil 3.2. Araştırma parseli, su kaynağı ve mansap koşulları	21
Şekil 3.3. Araştırma alanının kanaletten sifon ile sulaması	21
Şekil 3.4. Yaz mevsiminde drenaj kanalından toplanan sular	22
Şekil 3.5. Kanalette akan suyun hızının çüce muline ile ölçümü	24
Şekil 3.6. Yüzeş akış ve derine sızan suların drenaj kanalına döküldüğü lokasyonlar	24
Şekil 3.7. Araştırma alanı yüzeş akış sularının hız ölçülmesi	25
Şekil 3.8. Araştırma alanından toprak örneklerinin alınması	26
Şekil 3.9. Askıda katı madde düzeneğı	29
Şekil 3.10. Araştırma alanı topraklarının süzük çıkarma işlemi	30
Şekil 3.11. Hasat sonrası alınan numunelerin çırçır randımanı belirlenmesi	31
Şekil 4.1. Araştırma alanındaki brüt ve net sulama suyu arasındaki ilişki	34
Şekil 4.2. Toprakların 0-30 cm derinliğinde gerçekleşen nem içerikleri	38
Şekil 4.3. Toprakların 30-60 cm derinliğinde gerçekleşen nem içerikleri	39
Şekil 4.4. Toprakların 60-90 cm derinliğinde gerçekleşen nem içerikleri	40
Şekil 4.5. IW'de gerçekleşen askıda katı madde miktarları	50
Şekil 4.6. R _f 'de gerçekleşen askıda katı madde miktarları	51
Şekil 4.7. D _p 'de gerçekleşen askıda katı madde miktarları	52
Şekil 4.8. Araştırma alanı topraklarının 0-30 cm derinliğindeki pH değeri	54
Şekil 4.9. Araştırma alanı topraklarının 30-60 cm derinliğindeki pH değeri	55
Şekil 4.10. Araştırma alanı topraklarının 60-90 cm derinliğindeki pH değeri	56
Şekil 4.11. Araştırma alanı topraklarının 0-30 cm derinliğindeki EC değeri	57
Şekil 4.12. Araştırma alanı topraklarının 30-60 cm derinliğindeki EC değeri	58
Şekil 4.13. Araştırma alanı topraklarının 60-90 cm derinliğindeki EC değeri	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa No
Çizelge 1.1. Dünyada ki pamuk üretim alanları (*1000 ha).....	6
Çizelge 1.2. Dünyadaki pamuk üretim alanlarından alınan pamuk lif verimi (kg ha ⁻¹)	7
Çizelge 1.3. Şanlıurfa ve Harran Ovası'nda 2013-2017 yılları arasındaki pamuk üretim alanları (ha) ..	7
Çizelge 3.1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri.....	18
Çizelge 3.2. Harran ilçesi uzun yıllar ve 2017 yılına ait iklim verileri	19
Çizelge 3.3. Sulama sularının kalitesini ve sınıfını belirlemek için analizleri yapılan parametreler.....	27
Çizelge 3.4. Türkiye'deki sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri.....	28
Çizelge 3.5. FAO'ya göre sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri.....	28
Çizelge 4.1. Araştırma alanının mevsimlik su dinamikleri	33
Çizelge 4.2. Çalışma süresi boyunca uygulanan sulamaların zamansal değerleri.....	33
Çizelge 4.3. Deneme alanı sulama öncesi toprak nem içerikleri (%).....	37
Çizelge 4.4. IW, R _f ve D _p sularının pH değerleri	41
Çizelge 4.5. IW, R _f ve d _p sularının EC (μS cm ⁻¹) değerleri.....	41
Çizelge 4.6. IW, R _f ve d _p sularının çözünmüş oksijen (DO) değerleri (mg l ⁻¹).....	42
Çizelge 4.7. IW, R _f ve D _p sularının organik madde miktarları (mg l ⁻¹).....	43
Çizelge 4.8. IW sularının analiz sonuçları	44
Çizelge 4.9. R _f sularının analiz sonuçları	45
Çizelge 4.10. D _p sularının analiz sonuçları	46
Çizelge 4.11. IW, R _f ve D _p sularındaki askıda katı madde sonuçları	48
Çizelge 4.12. Toprakların pH değerleri.....	53
Çizelge 4.13. Toprakların EC sınıflandırma tablosu	53
Çizelge 4.14. Araştırma alanı topraklarının sulama öncesi pH değerleri	53
Çizelge 4.15. Araştırma alanı topraklarının sulama öncesi EC (dS m ⁻¹) değerleri.....	56
Çizelge 4.16. Araştırma alanının 5 farklı noktasından alınan pamuk verimleri	59
Çizelge 4.17. Deneme alanından hasat edilen pamuk çırçır randımanı.....	60

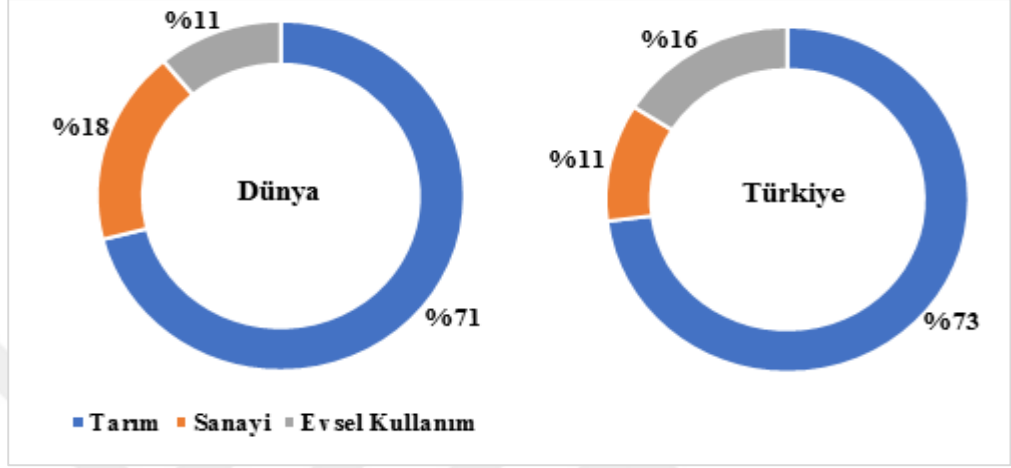
SİMGELER DİZİNİ

IW	Sulama Suyu
R_f	Yüzey Akış
D_p	Derine Sızma
da	Dekar
ha	Hektar
AKM	Askıda Katı Madde
$kg\ da^{-1}$	kilogram dekar ⁻¹
g	gram
B	Bor
OM	Organik madde
Na^+	Sodyum
K^+	Potasyum
Ca^{+2}	Kalsiyum
Mg^{+2}	Magnezyum
CO_3	Karbonat
HCO_3^-	Bikarbonat
Cl^-	Klorür
F^-	Florür
NO_3^-	Nitrat
SO_4^{-2}	Sülfat
PO_4^{2-}	Orto fosfat
NO_2^-	Nitrit
T.K	Tarla kapasitesi
S.N	Solma noktası
ρ	Özgül ağırlık
EC	Elektriksel iletkenlik
$CaCO_3$	Kalsiyum karbonat
N	Azot
SAR	Sodyum adsorbsiyon oranı
$^{\circ}C$	Santigrat derece

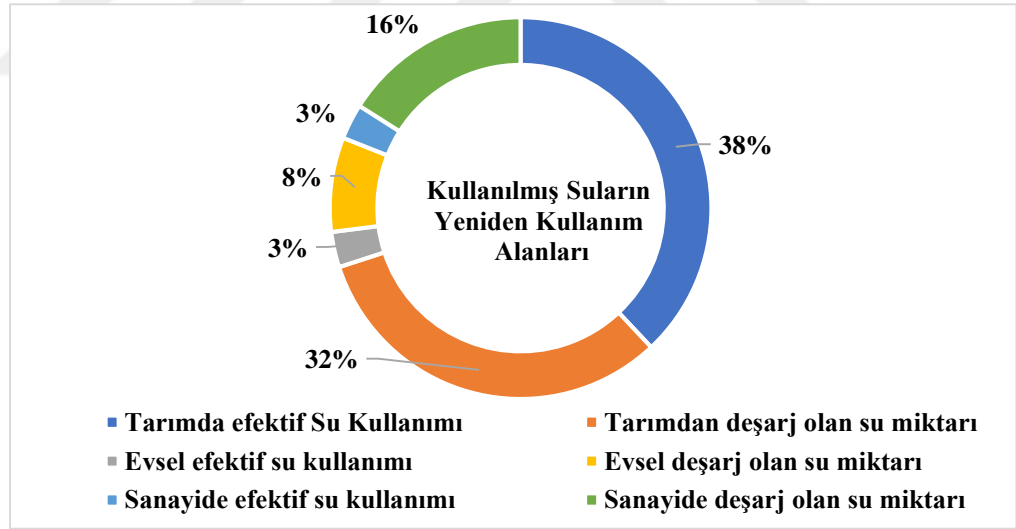
1. GİRİŞ

Canlıların en temel ihtiyacı olan su, değerli ve kısıtlı bir kaynaktır. Bu nedenle merkezi ve yerel yönetimlerce doğru ve tekniğine uygun bir şekilde planlanması, projelendirilmesi ve hedef kitleye yüksek randımanlarla sunulması büyük önem arz etmektedir. Anakaranın üçte ikisi su ile kaplı olmasına rağmen, toplam su kaynağının %97.5'i okyanuslarda tuzlu su olarak %2.5'lük kısmı ise tatlı sulardan oluşmaktadır. Ancak, yer küre üzerinde bulunan tatlı suyun (%2.5) bir bölümü buzullarda olmasından dolayı canlılar tatlı suyun tamamından yararlanamamaktadır (Anonim, 2018a). Su kaynaklarımızın kıt olmasından dolayı suyun yönetimi ve tüketicinin bilinçli şekilde yüksek performansla bu kaynakları kullanması ciddi önem arz etmektedir. Özellikle tarımsal sulamalarda suyun kullanımı oldukça önemlidir. Çünkü Şekil 1.1.'de de görüleceği gibi dünyada ve ülkemizde bulunan su potansiyelinin, sektörel su dağılım alanlarının en büyük payını tarım sektörü almaktadır (Fao, 2010). Devlet Su İşleri (DSİ) kayıtlarına göre, Türkiye'de 112 milyar m³ tüketilebilir su bulunmaktadır. Bu suyun; yerüstü, yer altı ve sınır aşan değerleri sırasıyla; 95, 14 ve 3 milyar m³ şeklinde bildirilmektedir. Toprak ve su kaynaklarının mevcut durum analizlerine bakıldığında tüketilebilir su kaynağımızdan yararlanılabilir oranı %39 olarak verilmekte ve bu oranın hacimsel karşılığı 44 milyar m³ hesaplanmaktadır. Kullanılan bu suyun sektörel dağılımı incelendiğinde %73'ü (32 milyar m³) tarımda, %16'sı (7 milyar m³) içme ve kullanmada ve %11'i (5 milyar m³) sanayide tüketildiği görülmektedir. Mevcut su potansiyelimizin kıt olmasından dolayı kullanılmış suların yeniden kullanılması su kaynaklarımızdan optimum düzeyde yararlanılması büyük öneme sahiptir (Şekil 1.2.). Bu nedenle, sulanan tarım arazilerinin varlığının artırımı konusunda kullanılmış suların yeniden kullanımı tarım sektörünün mihenk taşıını oluşturmaktadır. Kullanılmış suların tekrar kullanım alanlarına ilişkin değerler incelendiğinde, su kaynakları bakımından su sıkıntısı çeken ülkeler arasında yer alan Türkiye'nin potansiyel kullanılmış su varlığı 14 milyar m³ olduğu bilinmekte ve bu oran şu an için tüketilen su kaynağımızın (44 milyar m³) %32'sine karşılık gelmektedir. 2030 yılında demografik artış eğilimi, tarımda kullanılacak suyun ve sektörel su talebinin artışı sonucu kişi başına düşen kullanılabilir suyun mevcut 1 400 m³ yıl⁻¹'den yaklaşık 1 000 m³ yıl⁻¹'a düşeceği algoritmasını öngörmektedir. Bununla

birlikte ülkemiz su sıkıntısı çeken ülkeler kategorisinden su kıtlığı çeken ülkeler kategorisine gerileceği tahmin edilmektedir (Anonim, 2017a). Bu bağlamda, Türkiye gibi su sıkıntısı yaşayan ülkelerin suyun tekniğine uygun şekilde kullanması ve alternatif su arayışları içerisine girmesi büyük önem arz etmektedir.



Şekil 1.1. Dünyanın ve Türkiye'nin su potansiyelinin sektörel kullanım alanları (Fao, 2010)



Şekil 1.2. Kullanılmış suların yeniden kullanım alanları (Wwap, 2017)

Suyun kullanımı bakımından en büyük kullanıcısının yanında toprak kullanımı bakımından da en büyük kullanıcısı tarım sektörüdür. Çünkü, yerkürenin 13.4 milyar ha kara yüzey alanının 1.5 milyar ha'lık kısmını tarım alanları oluşturmaktadır (Anonim, 2018c). Oysa karasal alanlar küresel ölçekte incelendiğinde ise, Türkiye'nin 814 578 km² yüz ölçümünün 28 milyon ha'lık kısmını tarım alanları

oluşturmaktadır. Teknik ve ekonomik olarak sulanabilir arazi niteliği 8.5 milyon ha olup, bu alanın yaklaşık 6.5 milyon ha sulamaya açılmış ve bu alanın 4.1 milyon ha'lık kısmı ise DSİ tarafından inşa edilerek şebekeye alındığı bildirilmiştir (Anonim, 2017b). Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte artan proje yatırımlarıyla sulanabilir tarım arazilerinin varlığı da artmaktadır. Bunun en büyük örneği Şanlıurfa ilinin de içinde bulunduğu Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP)'dir. GAP'ın önemli su kaynağı Fırat ve Dicle Nehirleri olup, bereketli hilal kapsamındadır. Zengin toprak varlıklarına ve ayrıca dünya kültür mirasına alınan ve de en eski yerleşim yeri olan Göbeklitepe ile üstün katma değer yaratılmıştır (Anonim, 2019a). Bu derin tarih kültürünün milattan önce Akat'lara kadar uzandığı kayıtlardan da anlaşılmaktadır. Nitekim her iki suyun varlığı Türkiye'nin toplam su potansiyelinin %28.5 dilimine karşılık gelmekte olup toprakların tarımdaki su talepleri bu kaynaklardan (Dicle ve Fırat) karşılanmaktadır. Kaynağın nicelik ve nitelik olarak yeterli olması, kalkınma için başarı şansını arttırmıştır. Çünkü, GAP bünyesinde; 22 baraj, 19 Hidroelektrik santrali (HES) ve 1.8 milyon ha alanın sulamaya açılması hedeflenmiştir. Şanlıurfa'da ise proje kapsamında 882 634 ha tarım alanı yer almakta olup, bu alanın 154 908 ha'sı nadas, 20 445 ha'sı sebze, 123 050 ha'sı ise meyve bahçesinden oluşmaktadır. GAP Eylem Planında 1995 yılında DSİ tarafından işletmeye açılan ve projenin ilk yatırımı olan Harran Ovası sulaması 160 000 ha'lık alan ile hem bölgenin hem de Türkiye'nin imaj projesi olmuş ve bölgeye geçtiğimiz 20 yılı aşkın sürede çok büyük katma değer katmıştır (Anonim, 2015a). Şanlıurfa ilinde 2017 yılı sonu itibari ile 99 797 ha Ceylanpınar-Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü (TİGEM) ve Yer Altı Suyu (YAS) olmak üzere toplamda 390 803 ha arazi sulamaya açılmıştır (Anonim, 2017a).

Su kaynaklarının varlığından dolayı Harran Ovası toprakları verimlilik ve iklim açısından yıl içerisinde birden fazla ürün yetiştirilmesine olanak sağlamaktadır. Çünkü, mayıs ve ekim ayları arasında uzun yıllar sıcaklık ortalamasının 22 °C'nin üzerinde olması genelde lif bitkilerinin ve özelde pamuk bitkisi yetiştiriciliğinin yapıldığı, II. ürün olarak mısır bitkisi tarımına ve yağlı tohumlarda da soya ve ayçiçeği tarımına uygun olduğu söylenebilir (Reddy ve ark., 1992). Bitki yetiştiriciliğinde toprakların bünye, yapı, infiltrasyon, organik madde vb. parametrelerinin önemliliğinin yanında sulama suyu kalitesinin de uygun kriterlerde olması verimde

performansı arttırmış ve üründe kaliteyi yükseltmiştir. Sulama suyu kalitesi; toprakların kimyasında, tuzluluğunda ve bitki gelişiminde önemli bir etkiye sahiptir. Ayrıca sulama suyunun tuzlu olması toprakların tuzluluk oranını arttırmaktadır (Suresh ve Nagesh, 2015). Bu nedenle, sulama suları tuzluluğunun uygun sınırlarda olması sürdürülebilir tarım için zorunluluk teşkil etmektedir. Sulama suyu kalitesi üzerine etkisi faktörlerin başında; eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu, efektif tuzluluk, pH, azot, sodyum ve bor gelmektedir (Bauder ve ark., 2014). Özellikle de drenaj sularıyla sulanan alanlarda sulama suyundaki kalite, akarsular ve yeraltı sularına göre daha düşüktür. Bunun nedeni aşırı sulamalardan kaynaklanan vahşi sulama tekniklerinin alışkanlık haline gelmesi, toprakların yoğun bir şekilde erozyonla kaybolması, uygulanan bitki besleme kimyasalları, pamukta yoğun kullanılan pestisitlerin drenaj kanallarına mansaplanması ve drenaj kanallarındaki su kimyasının sulama suyuna göre menfi yönde çok fazla değiştiği söylenebilir. Örneğin, parsellerden çıkan suların drenaj kanallarında göllenmesi ve akışa geçmesi ile kanallarda yoğun ötrofikasyon yaşanmasına neden olmakta bunun sonucunda ise su sevici sedir otlarının hızlı gelişmesine neden olduğu görülebilir.

Toprak tuzluluğu sürdürülebilir tarım için diğer ülkelerin dışında ülkemizde ve özellikle bölgemizde de büyük sıkıntıların yaşanmasına neden olmaktadır. Bu sıkıntılar, drenaj sisteminin olmadığı veya optimum şartlarda çalışmadığı kurak ve yarı kurak bölgelerde çok fazla gözlenmektedir (Bernstein, 1975). Çünkü, bu bölgelerde aşırı sulamalar sonucu taban suyunun yükselmesi ile ortaya çıkmaktadır (Winter ve ark., 1998). Tuzluluk oranının artmasında en büyük faktör olan drenaj sorunu, tekniğe uygun olmayan sulama yöntemlerinin kullanılması, düşük kotların bulunması, drenaj sistemlerinin olmaması, taban suyu etütlerinin yetersiz yapılması gibi durumların ana sorun teşkil ettiği bilinmektedir. Özellikle dünyada her yıl 10 milyon ha arazinin tuzluluk nedeniyle tarımsal işlevini yitirmesi sorunun önemini gözler önüne sunmaktadır (Anaç ve Aksoy, 2000). Ülkemizde ise yaklaşık 1.5 milyon ha alanda tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmaktadır (Güngör ve Erözel, 1994; Deliboran ve Şavran, 2015). GAP içerisinde önemli bir yere sahip olan Harran Ovası sulamaya açılmadan önce doğal drenajı Cullap Deresi ve bununla birleşen Kötüçay ve Ricle Deresi gibi dereler sağlamıştır. Uzun yıllar boyunca Harran Ovasının doğal drenajını

üstlenen Cullap Deresi yatağının sığ ve kapasitenin yetersiz kalması sonucunda yağışlı dönemlerde Harran ilçesi ve Suriye hududu arasında kalan düşük kotlu alanlarda taşkınlar meydana gelerek drenaj sorununun ortaya çıkmasına neden olmuştur. Türkiye-Suriye hududundaki demir yolu hattı bir bariyer görevi görerek drenaj sorunun artmasını tetiklemiştir. Harran Ovası'nın sulama projesi sonrasında Cullap ve Kötüçay Dere'leri birleşerek Ana Tahliye Kanalı ismini almış ve üzerinde iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Harran Ovası'nda bulunan Ana Tahliye Kanalı'nın yüksek performansla çalışması ile birlikte ova genelinde gerçekleşen tuzluluk sorunu, taban suyu yükselmesi ve drenaj sorununu engellemek amacıyla ova geneline Tarım Reformu tarafından 85 000 ha alana 1.5-2.0 m derinliklerde drenaj sistemi tesis edilmiştir (Anonim, 2018f).

Ülkemizde var olan veya sulamaya açılan tarım arazilerinde uygulanan aşırı (vahşi) sulamaların toprak tuzluluğunun oluşmasına sebep olmasının yanında ciddi miktarda askıda katı madde (AKM) taşınımının gerçekleşmesine de neden olmaktadır. AKM taşınımı dibe çökmeden önce su üzerinde uzun süre kalabilen içerisinde canlı ve cansız partikülleri içeren ($>0.45 \mu$) tüm maddeleri kapsamaktadır (Turner ve Millward, 2002). Aşırı AKM taşınımları sırasında, su içerisinde yaşayan sucül bitki örtüsü mevcut ışık miktarını azaltmakta ve taşınım ile birlikte organik ve inorganik maddeleri yüzeyden uzaklaştırarak biyokimyasal süreci olumsuz derecede etkilemektedir (Doerffer ve ark., 1989; River, 2009). AKM taşınımı sırasında sediment de su içerisinde taşınarak toprak erozyonuna neden olmaktadır. Ülkemizin sulama şebekelerinde meydana gelen yanlış sulama sistemleri seçiminden, sanat yapılarının eksikliğinden (kafa hendekleri vb.) ve en önemlisi konvansiyonel sulamalarda sadece vahşi sulamalar uygulandığından dolayı, çok ciddi miktarda sediment taşınımı meydana gelmektedir. Bunun sonucunda, toprak kaynaklarının kaybına neden olmakla birlikte drenaj kanallarında da sediment temizliği için bakım-onarım giderlerinin çok fazla meblağ tutması, ödeneklerin önemli bir payının bu fiil için kullanılmasına neden olmaktadır.

Çalışmada ele alınan pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkisinin tarımdaki yeri 7000 yıl önceye dayanmaktadır (Anonim, 2019b). Hem ulusal hem de uluslararası

stratejik bitki olan pamuk ülkelerin kalkınmasında büyük bir öneme sahiptir. Pamuk üretim alanları, artan sulama alanları ile birlikte dünyada ve ülkemizde büyük artış göstermiş olup dünya pamuk üretim alanı 2016/2017 üretim yılında 29 671 000 ha ve bu alanlardan 23 084 000 ton pamuk lif üretimi gerçekleşmiştir (Icac, 2018). Ülkemizde ise 2016/2017 üretim yılında 420 000 ha alanda 2 100 000 ton kütlü üretimi yapılmıştır (Anonim, 2017d). Uluslararası Pamuk İstişare Komisyonu'na (International Cotton Advisory Committee: ICAC) göre dünyada ki pamuk üretim alanları ve bu alanlardan alınan pamuk lif verimi (kg ha⁻¹) Çizelge 1.2. ve Çizelge 1.3.'de verilmiştir (Anonim, 2018e; Icac, 2018). Geçmiş yıllarda ülkemizde en yaygın pamuk üretimi Çukurova Bölgesi'nde yapılırken, sulanan tarım alanlarının artması ve bölge ekolojisinin pamuk üretimine uygun olması nedeniyle pamuk üretimi yapılan iller sıralamasında ilk sırayı Şanlıurfa ili almaktadır. Çizelge 1.4.'deki veriler incelendiğinde Şanlıurfa ilinde, 2013-2017 yılları arasında pamuk üretim alanları giderek artmış olup çalışmanın yapıldığı Harran Ovası'nda 2017 yılında toplam sulanan alandan 123 927 ha alanda pamuk üretimi yapılmıştır (Anonim, 2018d). Bunun nedeni; pamuk yetiştiriciliğinde çiftçi alışkanlığı, yoğun devlet teşviki, alet ve ekipmanın pamuk üretimine uygun olması pamuk bitkisinin uzun yıllar hâkim bitki türü olacağı söylenebilir.

Çizelge 1.1. Dünyada ki pamuk üretim alanları (*1000 ha)

No	Ülkeler	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018*
1	Hindistan	12 846	11 638	10 845	12 235
2	ABD	3 783	3 291	3 848	4 616
3	Çin	4 310	3 793	2 923	3 157
4	Pakistan	2 958	2 670	2 496	3 097
5	Özbekistan	1 298	1 272	1 250	1 208
6	Brezilya	976	1 007	939	1 155
7	Burkina Faso	661	631	740	770
8	Türkmenistan	545	534	545	534
9	Türkiye	460	440	420	462
10	Arjantin	456	447	247	305
11	Diğer	5 619	5 440	5 418	5 069
	Toplam	33 912	31 163	29 671	33 148

* Tahmini oranlar

Çizelge 1.2. Dünyadaki pamuk üretim alanlarından alınan pamuk lif verimi (kg ha⁻¹)

No	Ülkeler	2014/2015	2015/2016	2016/2017	2017/2018*
1	Avustralya	2 228	2 196	1 670	1 936
2	İsrail	1 786	1 786	1 761	1 892
3	Türkiye	1 573	1 475	1 674	1 817
4	Çin	1 503	1 427	1 676	1 693
5	Meksika	1 668	1 449	1 575	1 587
6	Brezilya	1 507	1 506	1 629	1 399
7	Güney Afrika	1 205	1 208	850	1 098
8	Yunanistan	997	997	1 009	1 028
9	Suriye	981	883	983	954
10	ABD	939	963	983	876
	Dünya Ortalaması	781	765	778	765

* Tahmini oranlar

Çizelge 1.3. Şanlıurfa ve Harran Ovası'nda 2013-2017 yılları arasındaki pamuk üretim alanları (ha)

Yıl	Şanlıurfa	Harran Ovası
2013	202 405	105 114
2014	218 373	104 147
2015	206 035	119 751
2016	180 285	117 517
2017	223 678	123 927

Harran Ovası'nda pamuk bitkisi için tav sulama dâhil ortalama 7-8 sulama gerçekleştirilmektedir. Ovada sulamaların cazibe sulamalar ile yapılmasından dolayı, çiftçiler karık sulama tercihi yerine suyun disiplinden ve tekniğinden uzak aşırı (vahşi) sulamaları geleneksel hale getirmişlerdir. Bu alışkanlığın sürdürülmesinden dolayı mevsimlik su uygulamalarının çok yüksek gerçekleşmesi ve buna bağlı olarak sulama performansının %50'nin altında gerçekleşmesi tercih edilen yöntemin çıktısı olduğu söylenebilir. Şebekenin tamamı klasik kanal ve kanalet ile sanat yapılarından oluşmaktadır. Konvansiyonel su yapılarının yoğun kullanılması kanallardan suyun kullanımını kolaylaştırmakta, su sifonlarla parsellere alınmaktadır. Suyun parsellere uygulanması sırasında kanalın kapasitesi hangi debiyi geçiriyorsa bitkiye uygulanan suyun miktarı kanaldaki debiyi yansıtmaktadır. Su kullanımında bu tür yaklaşımlar ovanın tamamına hâkim olup parselden suyun gerek yüzey akışla (Surface runoff) ve gerekse derine sızma (Deep percolation) ile yoğun şekilde kaybolduğu görülmektedir. Bu ifadeler, DSİ kayıtlarına göre Harran Ovası'nda sulama randımanının %46 gibi düşük oranda gerçekleştiğini desteklemektedir (Anonim, 2018b).

Bitki su tüketimlerinde; sıcaklık, rüzgâr, radyasyon, yağış ve bağıl nem parametreleri bütünsel bir etkiye sahiptir. Bitki su tüketimi hesaplamalarında, bölge farklılıkları ve iklim parametreleri dikkate alınmayan koşullarda bitki yetiştiriciliğinde olumsuz sonuçlar vermektedir (Christiansen 1968, Jensen ve ark. 1990). Ülkemizde pamuk üretiminin en fazla gerçekleştiği Harran Ovası'nda pamuk ekimleri nisan-mayıs aylarında gerçekleşmektedir. Bu kapsamda, sıcaklığın pik olduğu temmuz ve ağustos aylarında sulama aralıkları kısaltmakta ve sulama süreleri uzamaktadır. Pamuk bitkisinin karık sulama ile su tüketimleri 1 103.30 mm (net) ve 2 066.90 mm (brüt) olarak bildirilmektedir (Karaca ve Selanay, 2001). Yukarıda verilen nedenlerden dolayı çalışmamız çiftçi odaklı parselleri temsil edecek şekilde;

1. Harran Ovası genelinde yaygın olan pamuk bitkisinin mevsimlik sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi ve sulama randımanının saptanması,
2. Sulamadan dönen suların sınıfının belirlenmesi,
3. Aşırı uygulanan sulamadan dönen suların ova toprakların sulamalar arasındaki tuzluluk değişimlerinin saptanması,
4. Vahşi sulamalar ile birlikte AKM taşınımının belirlenmesi,
5. Ovada ve bölgede yetiştiriciliği yaygın olan pamuk bitkisinin verim ve çirçir randımanının tespit edilmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Soomro ve ark. (2001), tuzlu topraklarda sulama aralıklarının pamuk verimine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada ekim öncesi ve hasat sonrası ve de 7, 14 ve 21 günlük sulama aralıklarında toprakların pH, EC, ESP ve SAR değerlerini toprak derinliğinin 0-15, 15-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm'sinde izlemişlerdir. Araştırma sonucunda; toprakların en düşük pH değerinin (7.2) ekim öncesi toprağın 0-15 cm'sinde ve en yüksek pH değerinin (7.9) ise 7 günlük sulama aralıklarında 60-90 cm derinliğinde saptamışlardır. En düşük EC değeri (2.1 dS m⁻¹) 14 günlük sulama aralığında 0-15 cm katmanda ve en yüksek EC değeri (4.4 dS m⁻¹) 14 günlük sulama aralığında ve toprağın 60-90 cm'sinde belirlemişlerdir. En düşük ESP değeri (1.5) 7 ve 14 günlük sulama aralığında toprağın 0-15 cm derinliğinde ve en yüksek ESP değeri (3.8) ise ekim öncesi araştırma topraklarının 30-60 cm derinliğinde gerçekleştiği saptamışlardır. En düşük SAR değerinin (1.1) 7 ve 21 günlük sulama aralığında toprakların 15-30 cm derinliğinde ve en yüksek SAR değerinin (3.6) ise ekim öncesi toprakların 30-60 cm derinliğinde gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Horst ve ark. (2005), Aral Denizi Havzası'nda karık sulama ile sulanan tarla denemelerindeki su tasarruf potansiyelini araştırmışlardır. Araştırma alanının %98'lik kısmı karık sulama ile sulanmış ve karık akış debileri 1.2-1.4 l s⁻¹ ve karık uzunlukları 130-400 m arasında değişmiştir. Çalışmada, randıman (E_a), dağılım üniformitesi (DU) ve toplam uygulanan sulama suyu miktarı derinlikleri değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda; karık sulamada en iyi performans 1.8 l s⁻¹ akış debisinde, randıman %80 ve dağılım üniformitesi %83 olduğunda sulama sezonu boyunca 200-300 mm arasında su tasarrufunun sağlandığını bildirmişlerdir.

Sivakumar ve ark. (2005) yaptıkları çalışmada, kurak ve yarı kurak bölgelerde günümüz ve gelecekteki iklim varyasyonlarındaki değişimlerinin tarım ve orman üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Dünyanın %30'lık kısmının kurak ve yarı kurak bölgelerden oluştuğunu ve bu bölgelerde dünya nüfusunun %20'sinin yaşadığını bildirilmişlerdir. Çalışmada, tropikal Asya'da bazı ülkelerin son 10 yılda yüzey sıcaklıklarının artışı ve birçok ülkede son 30 yıldaki yağışlarda azalma görülmüştür.

Asya'nın karasal bölgelerinde sıcaklık artışları sırasıyla; 2020'lerde $1.6\pm 0.2^{\circ}\text{C}$, 2050'lerde $3.1\pm 0.3^{\circ}\text{C}$, 2080'lerde $4.6\pm 0.4^{\circ}\text{C}$ gerçekleşeceğini paylaşmışlardır.

Rajak ve ark. (2006), 2000-2002 yılları arasında pamuk bitkisinin verim ve su tüketimlerini damla ve karık sulamada karşılaştırmalı çalışmışlardır. Araştırmada ana konu sulama yöntemleri (karık ve damla) ve alt konu ise farklı sulama seviyeleri [sulama suyu ihtiyacının %80 ($I_{0.8}$), %100 ($I_{1.0}$), %120 ($I_{1.2}$) ve %140 ($I_{1.4}$)'ının karşılanması] olmak üzere 4 tekerrürlü şekilde yürütülmüştür. Sulama miktarları günlük buharlaşma ile hesap edilmiştir. Araştırma süresince toplam uygulanan su; damla sulamada 638-858 mm, karık sulamada 735-915 mm, sulamalar damla sulamanın tüm konularında 51 kez yapılırken karık sulamanın tüm konularında 8-11 kez arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda damla sulamanın karık sulamaya oranla %9.1-21.5 arasında su tasarrufunun gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

Ibragimov ve ark. (2007), karık ve damla sulama ile sulanan pamuğun su kullanım etkinliğini 2003, 2004 ve 2005 yıllarında araştırmışlardır. Çalışmada, pamuk bitkisi için sulama programı ve optimum verim koşullarında su verim ilişkisini damla sulama ve karık sulamanın karşılaştırmak amacıyla 3 tekerrürlü olarak yürütmüşlerdir. Bitki su tüketimi haftalık toprak su bütçesi kullanılarak toprak ve bitkideki buharlaşmaya göre belirlemişlerdir. Toprak nem içerikleri nötron tüpleri kullanılarak hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda, damla sulamanın karık sulamaya göre %18-42 arasında su tasarrufu sağladığını ve sulama suyu kullanım etkinliğinin ise damla sulamanın karık sulamaya oranla %35-103 arasında bir artış elde ettiğini saptamışlardır.

Nuti ve ark. (2009), tarafından 2005 ve 2007 yılları arasında işlemeli ve işlemez karık ile sulanan pamuk bitkisinin tarımsal ve ekonomik etkisini araştırmışlardır. Sulama programları Irrigator Pro for Cotton programına göre yapılmış ve ortalama 76 mm ha^{-1} 'lık bir alanda karık sulama ile sulama suyu tasarrufu sağlanmıştır. Araştırma sonucunda işlemeli karık ile sulanan pamuk bitkisinde kütlü veriminde ortalama 171 kg ha^{-1} verim artışı gerçekleştiğini ve bununla birlikte $245 \text{ \$ ha}^{-1}$ net kar elde edilmiştir. İşlemeli karık sulama ile sulama ekipman

gereksiniminin düşürüldüğünü ve yağmurların periyodik olarak gerçekleştiği kurak olmayan bölgelerde ise sulama maliyetlerinin azaltılabildiğini bildirmişlerdir.

Hulugalle ve ark. (2010) yaptıkları çalışmada, anıza ekim yapılan pamuk ve buğday bitkisinde mevsim boyunca toprakların 1.2 m derinliğine döşenen drenaj sisteminin toprak nem içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma 2002-03, 2004-05, 2006-07 ve 2008-09 yılları arasında yürütülmüş olup çalışmada nem içerikleri nötronmetre ile ölçülmüştür. Her iki bitki geleneksel yöntemlerle ekimi yapılmış, pamuk bitkisinin sulama aralığı sık sulamalarda 7-14 gün seyrek sulamalarda 14-21 gün aralığında, buğday bitkisi için ise 2-3 ay arasında değişmiştir. Araştırma sonucunda; pamuk bitkisi için sulanan topraklarda ortalama nem içeriği sık sulamalarda 54 mm seyrek sulamalarda ise 28 mm olarak gerçekleşmiştir. Tarımsal işlemlerde buğday-pamuk rotasyonun çok iyi sonuçlar verdiğini ve özellikle anıza ekimlerin toprakların nem tutma kapasitelerine pozitif yönde katkı sağladığını bildirmişlerdir.

Kouchakzadeh ve ark. (2012) yaptıkları araştırmada, pamuk bitkisi üzerinde evsel atık suların etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada 2 konu (tatlı su ve atık su) üç tekerrürlü olacak şekilde tesadüf parsellerine göre deneme planı kurulmuştur. Çalışmada yüzey sulama yöntemleri kullanılarak atık suların pamuk bitkisinin verim ve lif kalitesi üzerine etkisini irdelemişlerdir. Araştırma sonucunda bitkinin fenolojik özellikleri (bitki boyu ve yaprak alan indeksi) atık sular ile sulanan pamuk bitkisinde daha yüksek olduğu ($R^2=0.81$), en yüksek lif veriminin ($2\ 200\ \text{kg ha}^{-1}$) atık sular ile sulanan parselden alındığı ve bunun nedeninin atık suların içerisinde bulundurduğu zengin bileşiklerden kaynaklandığı ve atık suların etkisinin pamuk bitkisine elyaf kalitesi üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir.

Darouich ve ark. (2014), pamuk bitkisinde damla ve yüzey akış sulamalarının su tasarrufu ve ekonomik geri kullanım kriterleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada yüzey sulamaların tasarımı için SADREG modeli, damla sulama sistemi için MIRRIG modeli kullanmışlardır. MIRRIG modeline göre, damla sulama sisteminde; 0.5 ve 0.7 m damlatıcı aralıklı tek ve çift sıra lateral kullanmışlardır.

SADREG modeline göre karık ve border sulamalarda; karık uzunluğu 50-200 m arasında alınmıştır. Araştırma sonucunda; damla sulama sisteminin en iyi olduğu, çift sıra lateralda damlatıcı aralıklarının geniş olması durumunda en iyi sonucun alındığını açıklamışlardır. Damla sulama sisteminin pamuk bitkisi üzerinde karık sulama sistemine oranla %28-35 arasında su tasarrufunun sağladığını ve su uygulama randımanı (water use efficiency: WUE) 0.43-0.61 kg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Hunsaker ve ark. (2015) yaptıkları araştırmada, 2009 ve 2011 yıllarında iki pamuk yetiştirme sezonunda Güneybatı Amerika'nın kurak bölgesinde konvansiyonel yöntemle sulanan (border) pamuğun pratik olarak elde edilen değerleri ile ET-tabanlı sulama programlarını karşılaştırmışlardır. Çalışma alanında geleneksel olarak sulama yapılan pamuk üretiminde ortalama yıllık 1 460 mm su kullanıldığı ve bu çalışma ile ET tabanlı sulama programlarını, geleneksel karık sulama program uygulamalarında su kullanım etkinliğine ve lif verimine etkisinin olup olmadığı çalışılmıştır. Araştırma 4 sulama konusu tesadüf parselleri deneme planına göre kurulmuş, sulama konularında günlük ET_c referans alınmıştır. Araştırma sonucunda en yüksek bitki su tüketimleri kontrol konusunda, en düşük ise FAO-56'ya göre kurgulanan konuda gerçekleşmiştir. Çalışmada pamuk üretimi için kullanılan yüzey sulamalarda su kullanım miktarlarının önemli derecede azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Devkota ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada tuzlu arazilerde farklı karık sulama modelleri ile raised beds üzerinde toprak tuzluluk yönetimini 2008 ve 2009 yıllarında incelenmiştir. Sırta ekimde pamuk bitkisinin performansını ve toprak tuzluluk dinamiklerinin üç farklı karık sulama metodu üzerinde etkisini çalışmışlardır. Sulama yöntemleri tüm sulamalarda geleneksel atlamalı karık (every furrow irrigation: EFI) sulamada, atlamalı karık yani her iki karıkta bir karık sulamada ve ıslatılan alan oranı %50 (alternate skip furrow irrigation: ASFI), ve tüm sulamalarda atlamalı karık yani her iki karıkta bir karık sulama yapılmış ve ıslatılan alan oranı %100 uygulanmıştır (permanent skip furrow irrigation: PSFI). Çalışma sonucunda, EFI yönteminde tuz birikiminin arttığını, PSFI yönteminin yıkama ile tuz birikiminin önlendiğini ve yıkama sonucunda tuzluluğun 5-6 dS m⁻¹'den 3 dS m⁻¹'nin altına düştüğünü saptamışlardır.

Pamukta elyaf verimleri yıkama yapılan PSFI konusunda en yüksek (2 003 kg ha⁻¹) EFI ve ASFI'de konularda ise sırasıyla 1 216 kg ha⁻¹ ve 1 019 kg ha⁻¹ alındığını saptamışlardır.

Choudhary ve ark. (2016), damla ve karık sulama yöntemlerinin pamukta verim ve su kullanım etkinliği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada 3 sulama yöntemi (damla, karık ve salma sulama) ve 4 farklı pamuk çeşidi (Bt (MRC-7017), Bt (RCH-134), American (H-1236) ve Desi (HD-123)) kullanılmıştır. Araştırma sonucunda bitki boyu, koza sayısı, koza ağırlığı ve bitki başına monopod ve sympod sayıları üzerine damla sulamanın etkisi diğer sulama yöntemlerine göre daha yüksek gerçekleşmiştir. En yüksek verim damla sulamada 2 151-2 671 kg ha⁻¹ arasında elde edilirken karık sulama 2 024-2 524 kg ha⁻¹ ve salma sulamada 1 536-2 180 kg ha⁻¹ arasında gerçekleşmiştir. WUE damla sulamada en yüksek elde edilirken, pamuk çeşitlerine göre kütlü WUE en yüksek 0.58 kg m⁻³ ile American (H-1236) çeşidinde elde edilmiştir. Bt (MRC-7017), Desi (HD-123) ve Bt (RCH-134) çeşitlerinde ise 0.55 kg m⁻³ gerçekleştiği bildirilmiştir.

Elgallal ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, kurak ve yarı kurak bölge sulamalarında kullanılan atık suların kimyasal işleme risklerini araştırmışlardır. Atık suların tarımda kontrolsüz ve bilinçsiz şekilde kullanılması sağlık problemlerine ve ciddi çevresel sorunlara neden olduğu bildirilmiştir. Bu çalışma sonucunda, yüzey sulamalarının atık sular ile yapıldığı tarımsal alanlarda, tuzluluk ve sodyumluluğun ardından aşırı azot uygulamalarının çevre etki değerlendirme kriterlerine göre, çok ciddi sağlık riski oluşturduğunu bildirmişlerdir.

Zonta ve ark. (2016), yarı kurak koşullarda pamuğun su kullanımı, verim ve verim bileşenleri üzerinde sulama ve azotun etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada 4 farklı sulama düzeyi (%40, %70, %100 ve %130) ve 5 farklı Azot dozu (0, 70, 140 ve 210 kg N ha⁻¹) kullanılmıştır. Araştırma sonucunda; en yüksek verim (5 707 kg ha⁻¹) sulama düzeyinin %130 azot dozunun 210 kg N ha⁻¹ uygulandığı konudan, en düşük verim (2 107 kg ha⁻¹) sulama düzeyinin %40 olduğu azot dozunun ise 0 kg N ha⁻¹ uygulanan konudan elde edilmiştir. Yapılan çalışma ile en uygun azot

dozunun 140 kg N ha^{-1} ve su tasarrufu bakımından en uygun sulama düzeyinin %70 olduğunu bildirmişlerdir.

Yuan Tao ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, Huaibei Ovası'nda gelişmiş toprak altı drenaj sistemlerinin sayısal değerlerini 2015 ve 2016 yıllarında incelenmişlerdir. Gelişmiş toprak altı drenaj sistemlerinin performanslarını değerlendirmek için tarla denemeleri, drenaj derinliklerinin kapasitesini araştırmak için ise sayısal denemeler kullanılmıştır. Gelişmiş toprak altı drenaj sistemleri üzerinde filtrelerin hidrolik iletkenlik, genişlik ve yükseklikleri, dren aralıkları ve genişliklerinin etkisini değerlendirmek için HYDRUS modeli uygulanmıştır. Çalışmada ayrıca, gelişmiş ve geleneksel toprak altı drenaj sistemleri için farklı noktalarda su tabla derinlikleri, tav koşullarda doymuş toprak ve göllenmemiş yüzey altında uygulanmıştır. Tarla deneme sonuçlarında gelişmiş toprak altı drenajın deşarjı geleneksel drenaj sistemlerine oranla 1.9 kat daha hızlı olduğu ve sayısal deneme sonuçlarına göre drenajın başlamasından 12 saat sonra gelişmiş toprak altı drenaj sistemlerinde kümülatif akışın, geleneksel drenaja oranla %87 oranında daha fazla gerçekleştiğini hesaplamışlardır.

Shareef ve ark. (2018), tarafından 2015 ve 2016 yıllarında yürüttükleri çalışma ile Çin'de aşırı kurak olan bölge üzerinde kısıntılı sulama düzeylerinde pamuk bitkisinin su kullanım etkinliği, gelişimi ve fizyolojik ihtiyaçlarını incelemişlerdir. Araştırmada %40, %60, %80 ve %100 olmak üzere 4 farklı su seviyesi tercih etmişlerdir. En yüksek sulama suyu miktarı tam sulamanın yapıldığı %100 konusunda 1079 mm , en düşük ise %40 sulama seviyesinde 510 mm uygulanmıştır. Çalışma sonucunda sulama seviyesinin %80 uygulandığı konuda verim kaybı tam sulama yapılan %100 konusuna göre %13 verim kaybı gerçekleşmiş ve en yüksek verim %100 konusunda kütlü verimini 4376 kg ha^{-1} ve en düşük kütlü verimi ise %40 sulama seviyesinde 2433 kg ha^{-1} vermişlerdir. En yüksek bitki su tüketimi (ET_c) %100 konusunda (1120 mm) en düşük bitki su tüketimi ise %40 konusunda (485 mm) saptamışlardır.

Yin ve Patel (2018), alternatif sulama sularının mikrobiyal kalitesini belirlemek için yöntemlerin karşılaştırmasını ele çalışmışlardır. Çalışmada ikincil arıtılmış atık su (secondary-treated wastewater: STWW), çatılardan akan yağmur hasadı (roof-harvest rainwater: RHW) ve derelerde ki sular (creek water: CW) faktör olarak kullanılmışlardır. Fiziksel analizler; 100 mL su numunelerinde 0.45 µm filtre kâğıtları kullanılarak filtrasyon yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda RHW ve CW de patojenlerin varlıkları bakteriyel popülasyon sayılarında önemli bir farklılık saptanmamıştır. STWW de fekal koliformları belirlemede; yoğunlaştırıcı analiz, membran filtrasyon tekniklerine göre daha az önemli olduğu görülmüştür. Araştırmanın sonuç önerisinde membran filtrasyon düzeneği ile yoğunlaştırma analiz teknikleri arasında CW ve RHW sularında mikrobiyal kalitenin belirlenmesinde eşit olduklarını bildirmişlerdir.

Adviento-Borbe ve ark. (2018), tarafından yapılan çalışmada Kuzeydoğu Arkansas Bölgesi'nde karık sulama ile sulanan pamuk bitkisinde lif verimini ve yüzey akışın su kalitesini incelemişlerdir. Yetiştirme sezonu boyunca yüzey akışlarda su kalitesinin karakteristikleri üzerinde, azot gübresi uygulamalarının ve karık arazi işleme pratiklerinin etkisini araştırmak amacıyla tesadüf blokları geleneksel ve işlemez tarım (no-tillage) şeklinde kurulmuştur. Konulara üre (urea ammonium nitrate: URN) veya %32 üre amonyum nitrat (urea ammonium nitrate NH₄.N: UAN) şeklinde her konuya 101 kg N ha⁻¹ gübre rejimi uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, yüzey akış sularında işlemeli toprak ve azot gübresi uygulanan konularda; 0.3 mg N L⁻¹'den az azot ve 0.05 mg P L⁻¹'den az fosfor taşınımı gerçekleştirilmiştir. Lif verimleri işlemeli karıklarda 1 111 kg ha⁻¹ kütlü elde edildiğini bildirilmişler, bu sonucun geleneksel toprak işlemeden daha yüksek kütlü elde edildiğini göstermiştir.

Merchan ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, İspanya'daki sulama havzasında ki yüzey akış, besin, sediment ve tuzluluğu 2007-2016 yılları arasında irdelemişlerdir. Araştırma alanı 479.5 ha olup, bu alanın %53'lük kısmında sulama yapılmıştır. Çalışmada, uzun dönem görüntüleme programı, yağış ve drenaj su örneklerini 10 dakikalık aralıklarla ve günlük olarak alınmış, bu örneklerde nitrat (NO₃⁻¹), fosfat (PO₄⁻³), sediment ve çözünebilir toplam tuz (TDS) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre; NO_3^{-1} , PO_4^{-3} , sediment ve TDS sırasıyla 185, <0.05 , 31 ve 2 284 mg l^{-1} elde edilmiştir. Toplam taşınan malzemenin %44'ünü sediment oluşturduğunu ve çok yüksek oranda olan bu malzemenin yıllık 360 kg ha^{-1} şeklinde gerçekleştiğini bildirmişlerdir.

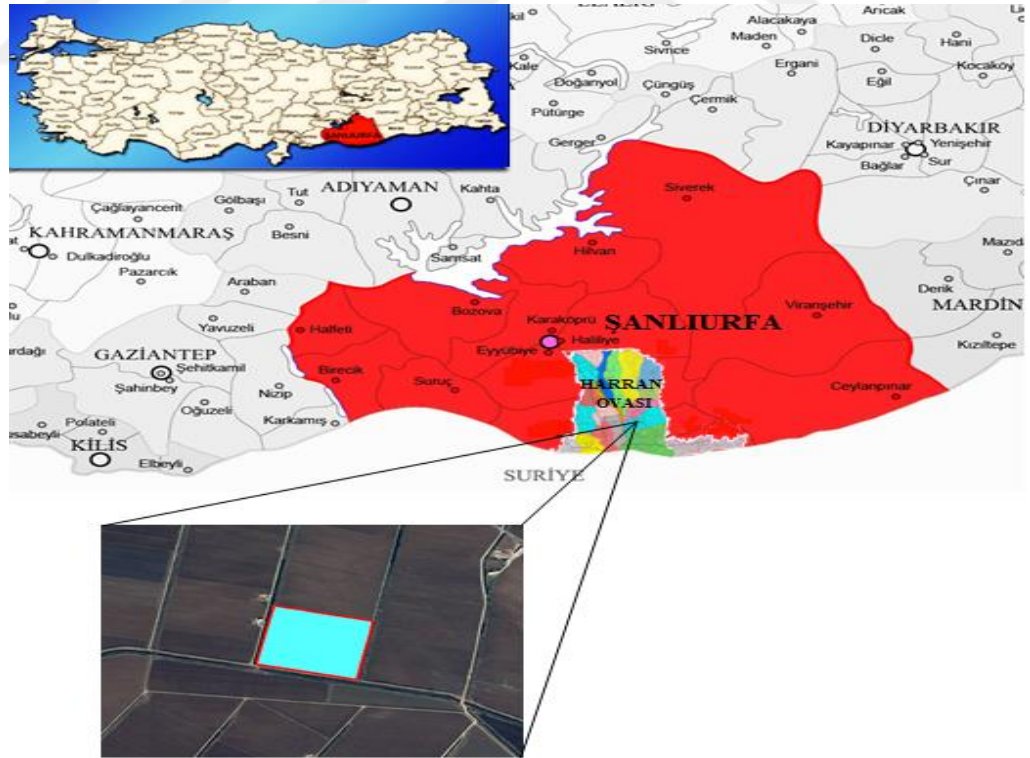


3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanı

Harran Ovası, 37°08'N-38°46'E enlem ve boylamları arasında olup çalışma parselinin kuzeyinde Şanlıurfa ve Germüş Dağları, güneyinde Türkiye-Suriye devlet sınırı, doğusunda Tektek Dağları, batısında ise Fatik Dağları ile sınırlanmıştır. Ovanın en geniş yeri güneyde 60 km, en dar yeri ortada Tektek Dağları ile Fatik Dağları arasında 30 km ve uzunluğu kuzey-güney yönünde 65 km'dir. Ovanın denizden yüksekliği 335-450 m arasında değişmektedir. Pilot ölçekli çalışma, Harran ilçe merkez sınırlarında bulunan pamuk bitkisi ekili 86.6 dekar alanda gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1.). Araştırma alanı 36°49'59.13"- 36°49'48.29" Kuzey enlemleri ve 39°4'3.25"- 39°4'13.86" Doğu boylamları arasında yer almaktadır.



Şekil 3.1. Araştırma alanı

3.1.2. Harran Ovası'nın topoğrafyası

Ovanın topoğrafik yapısı düz ve düze yakın olup eğim %0-2 arasında ve yükseklik 350-450 m arasında değişmektedir. Toplam alan 225 000 ha olmasına karşın, projede öngörülen sulama alanı 160 000 ha'dır (Anonim, 2002).

3.1.3. Harran Ovası'nın toprak kaynaklarının genel durumu

Harran Ovası alüviyal materyalli düz, düze yakın eğimli, derin topraklara sahiptir. Üst toprak orta köşeli blok, sonra granüle, alt toprak kuvvetli iri prizmatik ve daha sonra kuvvetli orta köşeli blok yapıdadır. Çok kireçli olan profil derinlere doğru artan yoğunlukta sekonder kireç cepleri içermektedir. A, B ve C horizonlu olup organik madde içeriği düşük, kation değişim kapasiteleri yüksektir. Organik madde yüzeyden aşağılara doğru azalırken, kation değişim kapasiteleri kil içeriğine bağlı olarak alt katmanlara doğru artmaktadır. Harran Ovası toprakları profil boyunca genellikle ağır bünyeli olup arazi yetenek ve sulu tarıma uygunluk sınıflamasına göre büyük bir çoğunluğu II. sınıf araziler olarak değerlendirilebilir (Çullu ve ark., 2000). Topraklar ağır bünyeli olmasına karşın, yüksek kireç içerikleri ve gelişmiş toprak yapısı, toprakların hidrolik iletkenliklerinin beklenenden daha yüksek olmasını sağlar. Araştırma alanına ait toprakların 0-90 cm derinliğindeki fiziksel özellikleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri

Derinlik	TK (%w/w)	SN (%w/w)	ρ (g cm ⁻³)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye
0-30	31.40	18.67	1.39	14.40	35.60	50.00	C
30-60	31.50	18.99	1.40	14.40	27.60	58.00	C
60-90	32.08	19.80	1.42	16.40	27.60	56.00	C

TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, ρ : Özgül ağırlığı

3.1.4. Araştırma alanının iklim durumu

Ova, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin karasal iklim özellikleri ile Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Uzun yıllar (1929-2017) iklimsel parametreler dikkate alındığında, bölge yazları sıcak ve kurak, kışları soğuk ve az yağışlı geçmektedir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farklılıkları oldukça yüksektir. Yıllık; ortalama toplam

yağış 456.3 mm, buharlaşma 1 848 mm ve sıcaklıklar ise -12°C ile 45.8 °C arasında gerçekleşmiştir. Şanlıurfa ilinin uzun yıllar (1929-2017) ve araştırmanın yapıldığı 2017 yılına ait iklim verileri Çizelge 3.2.'de verilmiştir. Şanlıurfa ilinin yıllık ortalama toplam yağışına göre iklim sınıflandırması olarak yarı kurak bölgenin sınır değerleri arasında kalmaktadır. Ancak, son dönemlerde küresel ısınmanın etkisinin oldukça fazla göstermesi sonucu son 5 yıl içerisinde gerçekleşen yağışlarda düzensizlik ortaya çıkmış ve bununla birlikte ilin iklim sınıflandırılmalarında da yıllara göre değişiklikler gerçekleşmiştir (Anonim, 2017c).

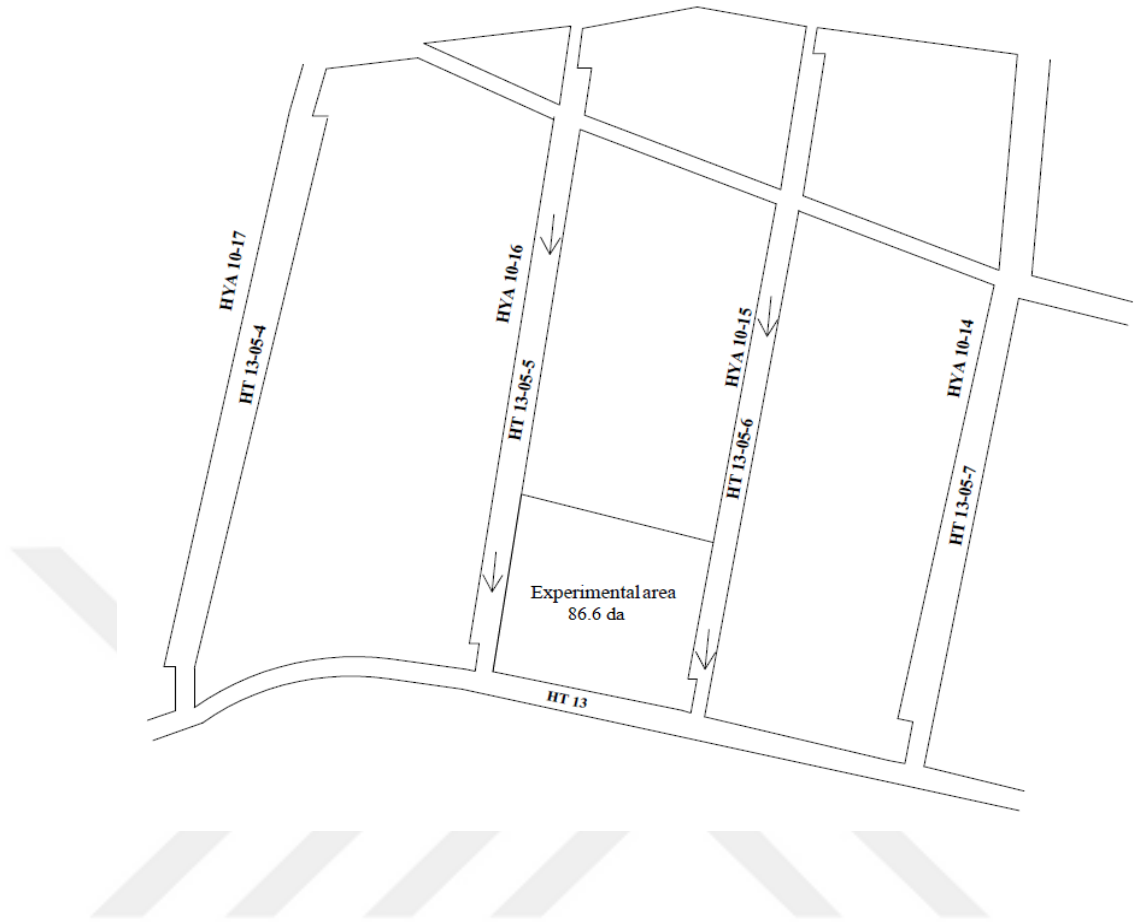
Çizelge 3.2. Harran ilçesi uzun yıllar ve 2017 yılına ait iklim verileri

Zaman	Parametre	Aylar					
		Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Uzun yıllar (1929-2017)	Ort. sıcaklık (°C)	22.1	28.0	31.9	31.5	27.1	20.5
	Mak. sıcaklık (°C)	40.0	44.0	46.8	46.2	42.1	37.8
	Min. sıcaklık (°C)	2.5	8.3	15.0	16.0	10.0	1.9
	Ort. buhar basıncı	10.2	10.5	11.7	12.8	11.0	9.4
	Ort. nisbi Nem	44.7	32.6	29.3	32.1	35.1	44.4
	Toplam yağış (mm)	26.4	4.3	2.0	3.3	4.7	26.1
	Güneş süresi (saat)	10.0	12.2	12.3	11.4	10.0	7.9
	Ort. rüzgâr hızı (m s ⁻¹)	2.2	2.8	2.9	2.5	2.2	1.6
2017	Mak. rüzgâr hızı ve yönü (m s ⁻¹)	22.4 WNW	24.3 WNW	22.5 NNW	19.9 NNW	26.2 SSE	26.5 WNW
	Ort. sıcaklık (°C)	22.9	29.7	34.2	32.2	29.6	20.5
	Mak. sıcaklık (°C)	37.0	41.8	43.5	44.8	42.1	30.9
	Min. sıcaklık (°C)	12.3	17.8	22.4	21.4	18.3	11.3
	Ort. buhar basıncı	9.6	10.2	11.3	15.8	11.0	8.1
	Ort. nisbi Nem	39.0	27.0	22.9	35.7	28.8	36.9
	Toplam yağış (mm)	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0	17.1
	Güneş süresi (saat)	10.2	12.6	12.3	10.9	9.6	8.6
Ort. rüzgâr hızı (m s ⁻¹)	1.7	2.0	1.9	1.6	1.4	1.3	
Mak. rüzgâr hızı ve yönü (m s ⁻¹)	15.6 W	11.7 W	10.3 N	9.3 W	10.7 W	10.4 NNE	

3.1.5. Harran Ovası'nın su kaynakları

Türkiye'nin toplam 26 akarsu havzası bulunmaktadır. Akarsu havzalarının en önemlisi ve ilk sırada olanı ve de toplam akarsu havza alanının %17'lik kısmını kapsayan Fırat Havzası'dır. Havzası üzerinde sırasıyla Keban, Karakaya, Atatürk, Birecik ve Kargamış Barajı bulunmaktadır. Havzası'nın en büyük rezervuar hacmini 49 km³ ile Atatürk Barajıdır. Fırat ve Dicle Havza'larının oluşturduğu GAP bölgesinde, en önemli enerji, tarım ve içme-kullanma sektörel dağılımında ilk sırayı tarım almaktadır.

Tarımsal sulamalarda önemli bir yere sahip olan Fırat Havzası sayesinde Atatürk Barajından T₁ ve T₂ tünelleri ile saptırılan suyla Harran, Viranşehir, Ceylanpınar, Derik, Kızıltepe ve Nusaybin Ovalarının sulamaları gerçekleştirilecektir. Projenin önemli kısmı tamamlanmıştır. Anılan ovalar için Mardin-Ceylanpınar (MC) kanalına (Harran Ovası hariç) anılan ovaların sulanması için 204 m³ s⁻¹ su saptırılmaktadır. Harran Ovası'nın sulanması için derive edilen su 124 m³ s⁻¹'dir. Sulama modülü 1 l s⁻¹ ha⁻¹ verilmekte, ovada 124 000 ha tarım alanlarının sulanması ön görülmektedir. Ancak, ovada ürün çeşitliliğinin olmaması ve sulamalarda aşırı (vahşi) sulamaların hâkim olması, sulanma mevsiminde sıkıntı yaşatmaktadır. Ova bazı alt bölgelerinde yaşanan su sıkıntısını önlemek amacıyla kullanılmış dönen suların (evsel, endüstriyel ve tarım) tekrar kullanımı ile vahşi sulamaların ovadaki etkinliğinin hissedilebilirliği nispeten azaltılmaya çalışılmış ve başarılı olunmuştur. Böylece sulamalardaki su açığı giderilmeye çalışılmıştır. Buna ilave olarak Harran Ovası'nda mevsimlik su yetersizliğini önlemek için mevcut YAS kuyularına ilave olarak, 200'e aşkın YAS kuyuları ile sulama suyunda oluşan aşırı talep karşılanmaya çalışıldığı görülmüştür. Araştırma parselinin su ihtiyacı HY10-15 180'lik kanaletten karşılanmaktadır (Şekil 3.2. ve Şekil 3.3.). Parselin deşarj koşulları HT13-0-5 kuşaklama kanalına ve oradan da HT13 Ana Derin Tahliye Kanalı'na deşarj koşulları sağlanmaktadır (Anonim, 2018c). Araştırma alanının su kaynağı ve mansap koşulları Şekil 3.2.'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Araştırma parseli, su kaynağı ve mansap koşulları



Şekil 3.3. Araştırma alanının kanaletten sifon ile sulaması

3.1.6. Drenaj tesisleri ve taban suyu seviyesi

Harran Ovası'na 1995 yılından itibaren DSİ tarafından, su verildikten sonra sulama yöntemlerinin basınçlı sulamaya uyumlu olmaması drenaj sisteminin bulunmaması, ayrıca çiftçilerin aşırı ve kontrolsüz yaptıkları vahşi sulamalardan dolayı ova genelinde tuzluluk sorunu ortaya çıkmıştır. Aşırı ve kontrolsüz yapılan sulamalar nedeniyle Cullap Deresi'ne oldukça fazla su deşarj edilmekte ve tahliye suları Arıcan bölgesinden Akçakale ilçesinden sınır aşan sular olarak hem su hemde yoğun yaşanan toprak erozyonu ile verimli topraklar kaybolmaktadır. Tahliye suları adeta çamur akmaktadır (Şekil 3.4.). Tarla içi geliştirme hizmeti kapsamında ovada I.etapta 3., 5. ve 6. kısım 2009 yılında toplamda 19 500 ha alanın projesi bitirilmiştir. 2011 yılında II.etap projesinin çağrısı yapılmış 7., 8., 9. ve 10.kısımların tarla içi geliştirme projeleri tamamlanmış olup 67 850 ha alan tamamlanmıştır. En son gerçekleştirilen ve 2016 yılı sonunda III.etap olarak çağrıya çıkılan 11.kısım tarla içi kapalı drenaj sistemi ile 15 000 ha alanın tuzluluk sorunlarının giderilmesi amaçlanmıştır. Üç etap şeklinde yürütülen kapalı drenaj ve tarla içi geliştirme hizmeti projesi ile ova genelinde 85 000 ha alanın tuzluluk sorunları giderilmeye çalışılmıştır (Anonim, 2018f).



Şekil 3.4. Yaz mevsiminde drenaj kanalından toplanan sular

3.1.7. Araştırmada kullanılan bitki çeşidi

Deneme parselinin tüm ovayı yansıtmayı amacıyla, ova genelinde yaygın çeşit olan Bayer Crop Science candia pamuk bitki çeşidi kullanılmıştır. Kullanılan çeşit; su stresine dayanıklı ve fibermax özelliği taşıdığından dolayı tekstil sektöründe önemli bir yere sahip olması ve lif uzunluğu 30-31 mm, incelik 4.0-4.3 μ , üniformite %85-88 ve iplik olabilme indeksi (SCI) 170 ve üzerinde olması tercih nedenidir (Anonim, 2018e). Tohum ekimi tav sulaması yapıldıktan sonra 30 Nisan 2017 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Su bütçe hesabı

Araştırma süresi boyunca pamuk bitkisi için deneme parseline alınan suyun hacimsel hesabı ve bitkinin mevsimlik su bütçesi Eşitlik 3.1 kullanılarak belirlenmiştir. Hacimsel su içeriği hesabı için kanaletten geçen suyun hızı ($m s^{-1}$), cüce muline kullanılarak ve kanaletin 3 farklı noktasında ölçülerek hesaplanmıştır. (Şekil 3.5.). Kanalet alanı ile ölçülen suyun hızı çarpılarak kanalette akan suyun debisi hesaplanmıştır (Eşitlik 3.1). Tüm sulamalarda üretim parseline uygulanan sulama süreleri başlangıç ve bitiş zamanları kayıtları altına alınmış ve Eşitlik 3.1’de elde edilen debi ile çarpılarak çalışma alanına uygulanan sulama suyunun (irrigation water: IW) hacimsel hesabı (m^3) saptanmıştır (Eşitlik 3.2).

$$Q = A * v \quad (3.1)$$

$$V = Q * t \quad (3.2.)$$

Q : Debi ($l s^{-1}$)

A : Kanaletin alanı (m^2)

v : Kanalette akan suyun hızı ($m s^{-1}$)

V : Uygulanan suyun hacmi (m^3)

t : Zaman (s)



Şekil 3.5. Kanalette akan suyun hızının cüce muline ile ölçümü



Şekil 3.6. Yüzeysel akış ve derine sızan suların drenaj kanalına döküldüğü lokasyonlar

3.2.2. Mevsimlik bitki su tüketimi hesabı

Bitkilerin ihtiyaç duyduğu suyun yeterli düzeyde uygulanmasındaki öncelikli hedef; optimum verimin alınması, tarımsal üretimde kararlılığının ortaya konulması ve üretim girdilerin etkinliğinin artırılması şeklinde açıklanabilir. Bitki fizyolojisinde önemli bir yere sahip olan su, biyokimyasal olayların gerçekleşmesinde baskın bir role sahiptir. Bu kapsamda, bitkilerin mevsimlik su tüketimlerinin saptanması oldukça büyük bir öneme sahiptir. Pilot ölçekli yürütülen 86.6 da alana sahip arazide üretimi yapılan pamuk bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimi (mm) Eşitlik 3.3’de verilen su dengesi eşitliği yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır (James ve ark., 1982). Araştırma bitkisinin yazlık bitki olması sebebiyle yağış miktarları ve kapılar yükselme hesaba katılmamış ve sadeleştirilmiş denklem olan Eşitlik 3.4 verilmiştir. Uygulanan sulama

suyu (d_b) ve net sulama suyu (d_n) derinliklerini mm cinsinden saptamak amacıyla Eşitlik 3.5’de verilen denklem kullanılmıştır.

$$ET = I + P + C_r - d_p + R_f \pm \Delta S \quad (3.3)$$

$$ET = I - (D_p + R_f \pm \Delta S) \quad (3.4)$$

$$d = \frac{V}{A} \quad (3.5)$$

- ET : Bitki su tüketimi (mm)
 I : Sulama suyu (mm)
 P : Etkili yağış (mm)
 D_p : Derine sızma (mm)
 R_f : Yüzey akış kayıpları (mm)
 ΔS : Toprak profilindeki nem değişimi (mm) dir.
 V : Uygulanan hacimsel su (m^3)
 A : Parsel büyüklüğü (da)
 d: : Uygulanan suyun derinliği (mm)



Şekil 3.7. Araştırma alanı yüzey akış sularının hız ölçülmesi

3.2.3. Toprak nem içeriklerinin belirlenmesi

Deneme alanı topraklarında nem içeriklerinin belirlenmesinde gravimetrik yöntem kullanılmıştır. Ekim öncesi, hasat sonrası ve her sulamada pamuk bitkisinin etkili kök bölgesine (0-90 cm) kadar olan derinliklerden 30 cm'lik katmanlar halinde bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 3.8.). Alınan bozulmuş toprak örneklerinin ilk tartımları yapıldıktan sonra 105 °C etüvde 24 saat kurutulmuş ve kuru ağırlık esasına göre toprak nem içerikleri saptanmıştır (Peterson ve Calvin, 1965; Benami ve Diskin, 1965). Böylece sulama öncesinde toprakların hangi derinlikte ne kadar nem içeriğine sahip oldukları belirlenmiştir.



Şekil 3.8. Araştırma alanından toprak örneklerinin alınması

3.2.4. Araştırma sularının analizleri

Çalışma süresince tüm sulamalarda sulama suyu (Irrigation water: IW), yüzey akış (Surface runoff: R_f) ve derine sızma (Deep percolation: D_p) sularının analizi için bir litrelik numune kapları ile örnekler alınmış ve Çizelge 3.3.'de verilen uluslararası sulama suyu kalite parametrelerinin analizleri yapılmıştır. Suların reel değerlerini saptamak amacıyla; ilk üç sulamada IW, R_f ve D_p sularının pH, elektriksel iletkenlik

(Electrical Conductivity: EC) ve çözünmüş oksijen (Dissolved Oxygen: DO) değerleri saptanmıştır. Dördüncü, beşinci ve altıncı sulamalarda ise sulama suyu kalitesini ve sınıfını belirlemek için Çizelge 3.3.'de verilen parametreler belirlenmiş ve sonuçlar ABD Çevre Koruma Ajansı (U.S. Environmental Protection Agency: EPA), BM Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO), Avrupa Komisyonu (European Commission: EC) ve Türkiye'de uygulanan sulama suyu referans değerleri dikkate alınarak yorumlanmıştır. Türkiye'deki sulama sularının değerlendirilmesinde kullanılan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliğine göre sulama suyu sınıflandırması Çizelge 3.4.'de (Anonim, 1991), FAO'nun referans aldığı sulama suyu eşik değerleri ise Çizelge 3.5.'de verilmiştir (Fao, 1985).

Çizelge 3.3. Sulama sularının kalitesini ve sınıfını belirlemek için analizleri yapılan parametreler

Parametre	Sembol	Birim
Asitlik/Baziklik	pH	1-14
Elektriksel iletkenlik)	EC	$\mu\text{s m}^{-1}$
Çözünmüş oksijen	DO	
Renk		
Bulanıklık		NTU
Organik Madde	OM	mg l^{-1}
Bor	B	mg l^{-1}
Karbonat	CO_3^-	mg l^{-1}
Bikarbonat	HCO_3^-	mg l^{-1}
Sodyum	Na^+	mg l^{-1}
Potasyum	K^+	mg l^{-1}
Kalsiyum	Ca^{++}	mg l^{-1}
Magnezyum	Mg^{++}	mg l^{-1}
Klorür	Cl^-	mg l^{-1}
Florür	F^-	mg l^{-1}
Nitrat	NO_3^-	mg l^{-1}
Sülfat	SO_4^{2-}	mg l^{-1}
Orto Fosfat	PO_4^{3-}	mg l^{-1}
Nitrit	NO_2^-	mg l^{-1}
Değişebilir sodyum yüzdesi	% Na	%
Sodyum adsorbsiyon oranı	SAR	

Çizelge 3.4. Türkiye'deki sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri (Anonim, 1991)

Parametre	Sembol	Birim	I.Sınıf	II.Sınıf	III.Sınıf	IV.Sınıf	V.Sınıf
	pH	1-14	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	<6 - >9
Elektriksel iletkenlik	EC	$\mu\text{S cm}^{-1}$	0-250	250-750	750-2000	2 000-3 000	>3 000
Askıda katı madde	AKM	mg l^{-1}	20	30	45	60	>100
Çözünmüş oksijen	BOI_5	mg l^{-1}	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
Klorür	Cl^-	mg l^{-1}	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
Sülfat	SO_4^-	mg l^{-1}	0-192	192-336	336-575	575-960	>960
Fekal Koliform		1 100ml	0-2	2-20	20-100	100-1 000	>1 000
Toplam tuz		mg l^{-1}	0-175	175-525	525-1 400	1 400-2 100	>2 100
Sodyum Adsorbsiyon oranı	SAR	me l^{-1}	<10	10-18	18-26	>26	
Değişebilir sodyum yüzdesi	%Na		<20	20-40	40-60	60-80	>80
Sulama suyu sınıfı	C_1S_1	C_1S_2 , C_2S_2 , C_2S_1	C_1S_3 , C_2S_3 , C_3S_3 , C_3S_2 , C_3S_1	C_1S_4 , C_2S_4 , C_3S_4 , C_4S_4 , C_4S_3 , C_4S_2 , C_4S_1			

Çizelge 3.5. FAO'ya göre sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kalite parametreleri

Parametre	Sembol	Birim	Sınır değerleri
Asit/Bazik	pH	1-14	6.0-8.5
Elektriksel iletkenlik	EC	dS m^{-1}	0-3
Toplam çözünmüş madde	TDS	mg l^{-1}	0-2 000
Kalsiyum	Ca^{++}	me l^{-1}	0-20
Magnezyum	Mg^{++}	me l^{-1}	0-5
Sodyum	Na^+	me l^{-1}	0-40
Karbonat	CO_3^-	me l^{-1}	0-1
Bi Karbonat	HCO_3^-	me l^{-1}	0-10
Klorür	Cl^-	me l^{-1}	0-30
Sülfat	SO_4^-	me l^{-1}	0-20
Potasyum	K^+	me l^{-1}	0-2
Bor	B	me l^{-1}	0-2
Sodyum Adsorbsiyon Oranı	SAR	me l^{-1}	0-15

3.2.5. Askıda katı madde tayini

Araştırmada, Askıda Katı Madde (AKM) tayini yapmak için tüm sulamalarda IW, R_f ve D_p'den alınan su numuneleri laboratuvarında AKM filtrasyon düzeneği kurulduktan sonra filtre kâğıtları (temiz su için 0.45 µm'lik membran, atık su için cam elyaf) saf su içerisinde 1 saat bekletildikten sonra kuruması ve sabit tartıma gelmesi amacıyla 105°C sıcaklığa ayarlanmış etüvde, 2 saat bekletilmiştir. Şekil 3.9.'da gösterildiği gibi vakum düzeneği kurulmuştur. IW, R_f ve D_p sularından alınan 150 ml'lik su numuneleri AKM düzeneğinden geçirilmiştir. Önceden darası alınan filtre kağıdının üzerindeki materyal ile birlikte son ağırlığı tartılmış ve su örneğinin 150 ml'deki AKM miktarı hesaplanmış ve toplam su hacimdeki değerleri excel ortamında güncellenmiştir (Anonim, 2015b).



Şekil 3.9. Askıda katı madde düzeneği

3.2.6. Topraklarda pH ve EC saptanması

Araştırmada yedi farklı zamandaki (her sulamada) pilot ölçekli çalışma alanı topraklarının EC ve pH okumaları için 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinden alınan toplam 21 toprak örneğinin hava kuru toprak numuneleri laboratuvar ortamında 2 mm elekten geçirilmiş ve plastik kaplar içerisine konulup üzerine saf su ilave edilerek saturasyon çamuru elde edilmiştir. Elde edilen saturasyon çamurları 24 saat bekletildikten sonra Şekil 3.10.'da verilen vakumlu cihaz yardımıyla toprak süzükleri çıkarılmış, elde edilen süzüklerin EC/pH ölçer cihaz ile araştırma topraklarının EC ve pH okumaları belirlenmiştir (Richards, 1969).



Şekil 3.10. Araştırma alanı topraklarının süzük çıkarma işlemi

3.2.7. Pamuk veriminin belirlenmesi

Hasat zamanında çalışma alanının tümünü temsil etmesi amacıyla deneme alanının tesadüfi olarak beş farklı bölgesinden 3.5 m² alanda pamuk hasadı yapılmış ve ayrı ayrı tartımları gerçekleştirilmiştir. Beş farklı bölgeden elde edilen sonuçların ortalamaları çalışma alanının büyüklüğü ile çarpıldıktan sonra dekara pamuk verimi (kg da⁻¹) hesaplanmıştır.

3.2.8. Pamuk çırçır randımanı

Hasat zamanı çalışma alanının beş farklı bölgesinden alınan pamuk örneklerinin her birinden rastgele 250 g pamuk örnekleri tartılarak laboratuvarında bulunan çırçır makinesinden geçirildikten sonra çırçır öncesi ve sonrası ağırlıklarının birbirine oranı ile deneme alanındaki ortalama çırçır randımanı tespit edilmiştir (Eşitlik 3.6). Araştırma alanı pamuk örneklerinin laboratuvarında çırçır makinesinde işleme tabii tutulması Şekil 3.11.'de verilmiştir.

$$\text{Çırçır randımanı: } \frac{Lif (g)}{Lif (g)+Çigit (g)} * 100 \quad (3.6)$$



Şekil 3.11. Hasat sonrası alınan numunelerin çırçır randımanı belirlenmesi

3.2.9. Tarımsal gübreleme ve mücadele

Harran Ovası'nda pilot ölçekli yürütülen çalışmada ovada hâkim bitki olan pamuk bitkisi kullanılması nedeniyle ekim ile birlikte taban gübresi olarak 20-20-0 kompoze gübre (%20 N ve %20 P₂O₅), birinci sulama öncesi 23 kg da⁻¹ üre (%46 N) ve ikinci sulama öncesinde ise 32 kg da⁻¹ amonyum nitrat (%26 N) uygulanmıştır. Çalışmada hastalık ve zararlılara karşı (*Tetranychus cinnabarinus*, *Bemisia Tabaci*, *Spodeoptera littoralis*, *Septoria Pistacina* vb.) tarımsal mücadeleler gerçekleştirilmiştir.

3.2.10. İstatistiksel analiz

Çalışma bulguları için konvansiyonel istatistiksel deneme deseni kullanılmamış, sonuçlar izleme ve değerlendirme şeklinde yorumlanmıştır. Çalışmanın çıktıları basit analiz yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Su bütçesi

Harran-Merkez ilçe sınırlarında bulunan 86.6 da'lık pamuk ekili parselde mevsim boyunca (tohum ekimi-kütlü hasat döneminde) kullanılan suların izleme ve değerlendirilmesi yapılmış ve sulama suyu bütçesi ile ilgili sonuçlar Çizelge 4.1.'de sulama zamanları ve süreleri ile ilgili bilgiler ise Çizelge 4.2.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Araştırma alanının mevsimlik su dinamikleri

Zaman	t (saat)	Q (l s ⁻¹)	V (m ³)	d _b (mm)	R _f (l s ⁻¹)	d _p (l s ⁻¹)	d _n (mm)	E (%)
Tav sulama	118	64	27 187	314	37	3	118	38
I. sulama	114	56	22 982	265	34	2	95	36
II. sulama	98	68	23 990	277	42	2	98	35
III. sulama	109	66	25 898	299	38	2	118	39
IV. sulama	104	72	26 957	311	40	3	125	40
V. sulama	108	69	26 827	310	37	2	135	43
VI. sulama	88	62	19 642	227	34	2	95	42
Toplam	739		173 484	2 003			783	
saat da ⁻¹	8.53							

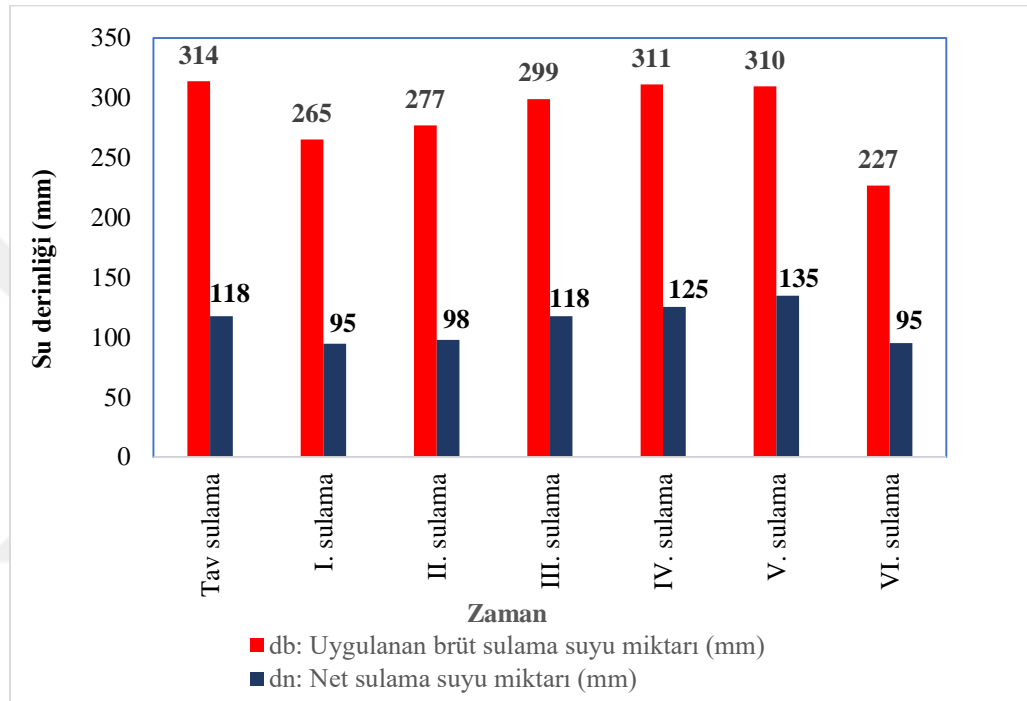
t: Sulama süresi, Q: Debi, V: Hacimsel su miktarı, d_b: Uygulanan brüt su miktarı, R_f: Yüzey akış miktarı, d_p: Derine sızma miktarı, d_n: Uygulanan net su miktarı, E: Sulama randımanı

Çizelge 4.2. Çalışma süresi boyunca uygulanan sulamaların zamansal değerleri

Zaman	Başlama tarihi ve saati	Bitiş tarihi ve saati	Süre (saat)
Tav sulama	18.04.2018 - 08 ⁰⁰	23.04.2018 - 06 ⁰⁰	118
Ekim tarihi (DAS:0)	30.04.2017		
I. sulama (DAS:42)	11.06.2017 - 16 ⁰⁰	16.06.2017 - 10 ⁰⁰	114
II. sulama (DAS:59)	28.06.2017 - 11 ⁰⁰	02.07.2017 - 13 ⁰⁰	98
III. sulama (DAS:73)	12.07.2017 - 10 ⁰⁰	16.07.2017 - 23 ⁰⁰	109
IV. sulama (DAS:89)	28.07.2017 - 08 ⁰⁰	01.08.2017 - 16 ⁰⁰	104
V. sulama (DAS:105)	13.08.2017 - 08 ⁰⁰	17.08.2017 - 20 ⁰⁰	108
VI. sulama (DAS:127)	04.09.2017 - 16 ⁰⁰	08.09.2017 - 08 ⁰⁰	88

Pamuk ekimi yapılan lokasyonun meteorolojik dataları, 17270'nolu akredite edilmiş istasyondan alınmış değerler incelendiğinde çalışma yılı olan 2017'de ortalama yağış 194.4 mm okunmuştur. Şanlıurfa ili kuzeyden güneye doğru kuraklığın arttığı ve kuru koşullarda ilkbahar mevsiminin son haftalarında topraktaki nem açığının çok yüksek olması, tav sulamasını zorunlu kılmaktadır. Çünkü tohum yatağı

solma noktası düzeyinde olduğu görülmektedir. Bazı hallerde sulama yapılmadan pamuk tohumu ekimi yapılan arazilerde ekim sonrasında sulama yapılmaktadır. Ancak bu uygulama ovada çok fazla tercih edilmemektedir. Bunun nedeni, uygulanan sulama metodunun vahşi sulamalar şeklinde gerçekleştirilmesi ve tohumun tohum yatağından çıkarak su ile birlikte sürüklenmesi gösterilebilir. Bu nedenle, ekim sonrası sulamaların çok dar kapsamda kaldığı görülmektedir.



Şekil 4.1. Araştırma alanındaki brüt ve net sulama suyu arasındaki ilişki

Su bütçesi için hazırlanan Çizelge 4.1. ve Şekil 4.1. incelendiğinde, toplam tav sulama dahil yedi sulama gerçekleştirilmiş, 227-314 mm arasında brüt sulama suyu uygulanmış ve 95-135 mm arasında net sulama suyu miktarı hesaplanmıştır. En düşük sulama suyu derinliği son sulamada (6.sulamada: 227 mm) uygulanmıştır. En yüksek sulama suyu, nemin çok düşük olduğu ekim öncesi yapılan tav sulamada (314 mm) gerçekleşmiştir. Diğer sulamalarda uygulanan sulama suyu miktarının görece olarak 1.sulamadan 4.sulamaya kadar lineer bir artış gösterdiği saptanmıştır. Tav sulamada uygulanan sulama suyunun derinliğinin yüksek çıkması yukarıda ifade edildiği gibi toprak neminin solma noktası düzeyinde olmasından kaynaklanmıştır. Bununla birlikte araziden deşarj olan R_f 'deki AKM transferinin diğer sulamalara göre görece

olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. AKM'nin 6.sulamada (son sulama) yüksek çıkmasının nedeni, bitkinin generatif olgunluğun son dönemine gelmesi ve bitkinin yaşlanmasından dolayı biyokütlenin dökülmesi sonucu bu parametrenin yüksek çıkmasına neden olduğu söylenebilir. Üretici koşullarında Harran Ovası'nda yürütülen pilot ölçekli bu çalışmada parsel büyüklüğünün ortalama parsel büyüklüğünün biraz üzerinde olduğu görülmüştür. Parsel büyüklüğünün sulama yöntemlerinin uygulanmasında negatif veya pozitif bir etkiye sahip olmadığı söylenebilir. Bunun nedeni; parsel büyüklükleri büyüdükçe değişen tek parametrenin sulama süresinin uzunluğu olduğu gösterilebilir. Nitekim çalışmanın brüt su değerine bakıldığında pamuk bitkisi için mevsimlik 2 003 mm suyun uygulandığı belirlenmiştir.

Uygulanan sulama suyu miktarının hacimsel çıktılara sırasıyla sulama süresi (saat), her sulama için uygulanan ortalama debi (1 s^{-1}) ve bitki türünün etkili olduğu söylenebilir.

Bunlar sırasıyla:

1. Sulama süresi (saat); uygulama süresine etki eden faktör sulama alanı (dekar) büyüdükçe sulama süresinin lineer olarak arttığı saptanmıştır. Nitekim sulama süreleri tav sulamada 118 saat ile en yüksek değerde gerçekleşirken son sulamada en düşük sulama süresinin (88 saat) olduğu belirlenmiştir.

2. Her sulamada uygulanan suyun debisi (1 s^{-1}); tüm sulama zamanlarına bakıldığında değişmediği, ancak 56-72 1 s^{-1} arasında değiştiği saptanmıştır. Debinin sulama zamanlarına bağlı olarak değişmemesi, sulayıcının sulama alışkanlığından ve kanal kapasitesinin benzer debileri geçirmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

3. Her sulamada uygulanan suyun hacmi (m^3); ekim öncesi yapılan tav sulamada [20.04.2017 tarihinde (day of year: DOY=110) ve tohum ekimi 30.04.2017 tarihinde (DOY:120)] gerçekleşmiş ve bu sulamada 27 187 m^3 sulama suyu uygulanmıştır. Tüm sulamalar dikkate alındığında en yüksek değer tav sulamada gerçekleştiği görülmüş ve bunun nedeni yukarıda detaylı açıklanmıştır. En düşük sulama miktarı son sulamada (6.sulama) 19 642 m^3 şeklinde hesaplanmıştır. Tav sulama ile son sulama arasında

hacimsel su değerleri bu sınırlar arasında kalmıştır (Çizelge 4.1.). Ve son sulama 04.09.2017 (DOY: 247) tarihinde tamamlanmıştır. Parsel kütlü hasadı 15.10.2017 (DOY: 288) tarihinde gerçekleşmiştir.

4.2. Mevsimlik bitki su tüketimi

Çizelge 4.1. incelendiğinde, pamuk bitkisi için tav sulama dahil 7 sulama gerçekleştirilmiş ve toplamda 173 484 m³ hacimde ve 2 003 mm derinlikte sulama suyu uygulanmıştır. Aynı çizelgede yüzey akış 34 l s⁻¹-42 l s⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 4.1). Karık sulamanın performansını belirlemek için yapılan benzer çalışmada kayıpların %53 ve %54 olduğunu bildirmişlerdir (Reddy ve ark., 2012). Harran Ovası'ndaki sulamaların vahşi sulama şeklinde yapılması, kısa sürelerde aşırı debilerin uygulanması, yüzey akış oranlarının yüksek çıkmasını tetiklemiştir. Yüzey akış debilerinin sulamalara bağlı olarak önemli bir değişim göstermediği görülmüştür. Buna karşın sulayıcının sulama süresinin üzerinde ciddi bir takibinin olmamasından dolayı akış miktarlarının sulamalar arasında önemli bir sapma olmadığı ve debilerin benzerlik teşkil ettiği saptanmıştır. Ancak, yüzey akışın parsele uygulanan sularda randımanların düşük veya güçlü çıkması yüzey akış miktarlarına bağlanabilir. Nitekim yüzey akış debisinin yüksek çıkmasının sulama randımanının düşük çıkmasına neden olduğu görülmüştür (Çizelge 4.1.). Oysa ki derine sızma debilerinin toprakların ağır bünyeli olması ve tarla içi drenaj sistemlerinin tek bir kollektöre bağlanarak TD13 tahliye kanalına mansaplanması ve infiltrasyon değerlerinin düşük olması, d_p değerlerinin 2-3 l s⁻¹ arasında gerçekleşmesine neden olduğu görülmüştür. Kayıpların bu denli yüksek gerçekleşmesi, sulama randımanlarının düşük gerçekleşmesine neden olmuştur. Bunun nedeni, şebekenin açık kanal sistemine göre projelenip uygulanması ve sulayıcıların projenin amacından sapma göstererek karık veya tava sulama yönteminin yerine vahşi sulama yapmaları, en büyük sorun olarak verilebilir. Pamuk bitkisinde mevsimlik uygulanan sulama suyu süresi 8.53 saat da⁻¹ gerçekleşmiş, bu sonucun tav sulama dâhil sulamanın performansı hakkında genel ve detaylı fikir verdiği görülmüştür. Normal koşullarda uygulanan 2 003 mm brüt suyun %50'sinin ova sulamalarında yeterli olacağı, bunda ancak şebeke sisteminin sorgulanması ve suyun uygulanış biçiminin tartışılması ile mümkün olacağı söylenebilir. Bu kapsamda, Eşitlik 3.4'de verilen mevsimlik bitki su tüketimi (ET) denklemi dikkate alındığında

Harran Ovası'nda dönen sularla sulanan pilot ölçekli pamuk çalışma alanında ET=865 mm saptanmıştır. Benzer bir çalışmada 2005 yılında karık sulama ile sulanan pamuk bitkisinin ET değeri 739 mm olarak bildirilmiştir (Ibragimov ve ark., 2007). Hesaplanan ET ile yapılan önceki çalışma arasında benzerlik olduğu ve uygulanan sulama suyundaki kayıpların çok olmasının ET üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığı sadece sulama randımanının üzerinde olumsuz etkisinin bulunduğu görülmüştür.

4.3. Sulama öncesi toprak nem içerikleri

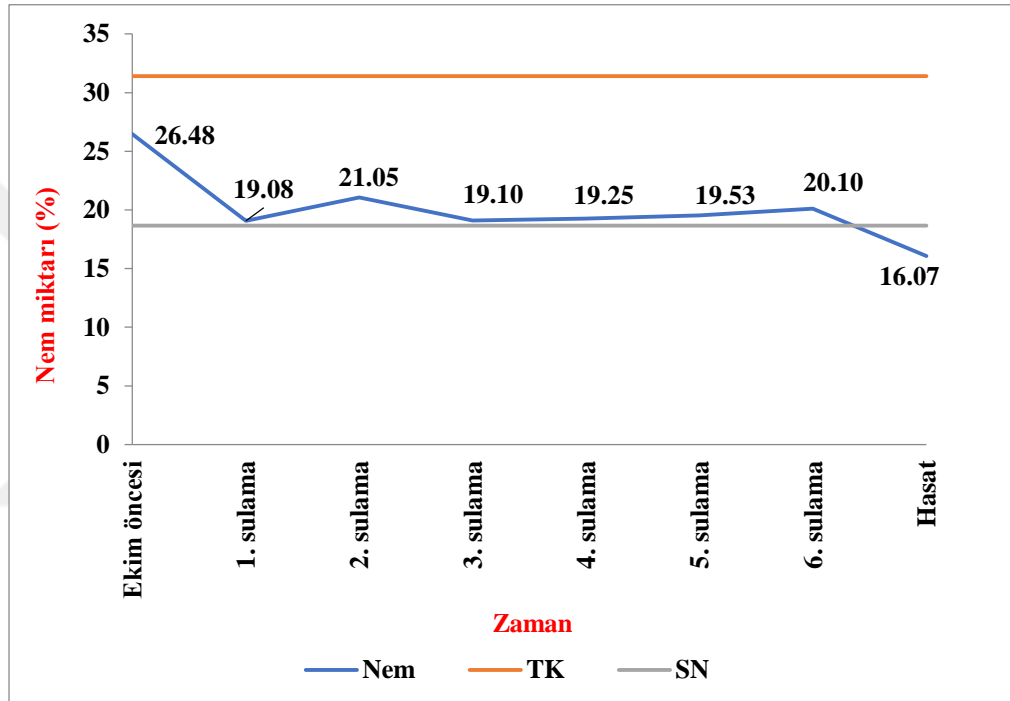
Araştırmada ekim öncesi, hasat sonrası ve her sulamada araştırma topraklarının 0-90 cm derinliğinde alınan bozulmuş toprak örneklerinden nem tayini yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.3.'te sunulmuştur.

Çizelge 4.3. Deneme alanı sulama öncesi toprak nem içerikleri (%)

Sulama	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
Ekim öncesi	26.48	28.04	29.16
I. sulama	19.08	21.92	22.48
II. sulama	21.05	21.55	22.30
III. sulama	19.10	20.41	21.98
IV. sulama	19.25	20.57	21.52
V. sulama	19.53	20.98	21.49
VI. sulama	20.10	21.42	22.90
Hasat	16.07	17.58	16.98

En düşük nem içerikleri tüm profil boyunca (0-90 cm) sıcaklığın pik olduğu dönemde (temmuz ayında), en yüksek nem içeriği ise ekim öncesindeki tav sulamada belirlenmiştir. Temmuz ayındaki sulama öncesi toprak içeriğinin zayıf karakterli oluşu sırasıyla; sıcaklığa bağlı olarak evaporasyon değerlerinin yüksek gerçekleşmesine, bitkinin biyokütlesinin koza oluşum döneminin başlangıcında olmasına, gün ve güneşlenme uzunluğunun yüksek seviyelerde gerçekleşmesine bağlanabilir. Anılan parametreler bu tarihten öncesinde ve sonrasında görece olarak, önce artış sonra azalış trendi sergilemekte ve hasat döneminde toprak nem içeriklerinin yağış olmadığı dönemlerde minimum seviyelere indikleri bilinmektedir. Nitekim, sulamalar içerisinde sulama süresi en uzun olanı (109 saat) üçüncü sulamada gerçekleştiği, sulama randımanının pike yakın %39 düzeyinde gerçekleştiği tespit edilmiştir. Üçüncü

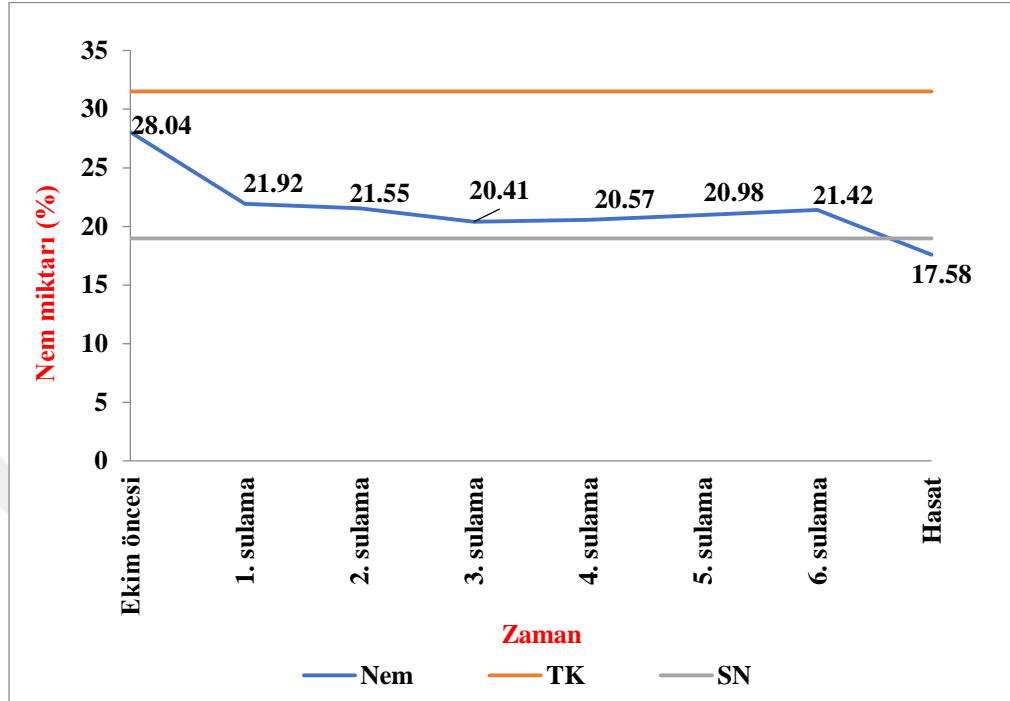
sulamının 12-16 temmuz arasında gerçekleşmesinin bitkinin yaşamsal evresinin yoğun tarak, çiçek ve koza oluşum döneminin başlangıcında olduğu saptanmıştır. Üçüncü sulamadan sonra toprak nem içeriklerinde ciddi bir artış olmamasına karşın azalan bir eğim ile altıncı sulamada ise görece olarak bir miktar artış göstermiş ve ortalama nem içeriği %21.47 gerçekleşmiştir. Altıncı sulamadan sonra hasat dönemine kadar bitkinin generatif gelişiminin son evresinde su tüketimlerinin şiddetli şekilde azalması nedeniyle sulama yapılmamış ve nem içeriklerinin solma noktasının altına düştüğü saptanmıştır (Çizelge 4.3.).



Şekil 4.2. Toprakların 0-30 cm derinliğinde gerçekleşen nem içerikleri

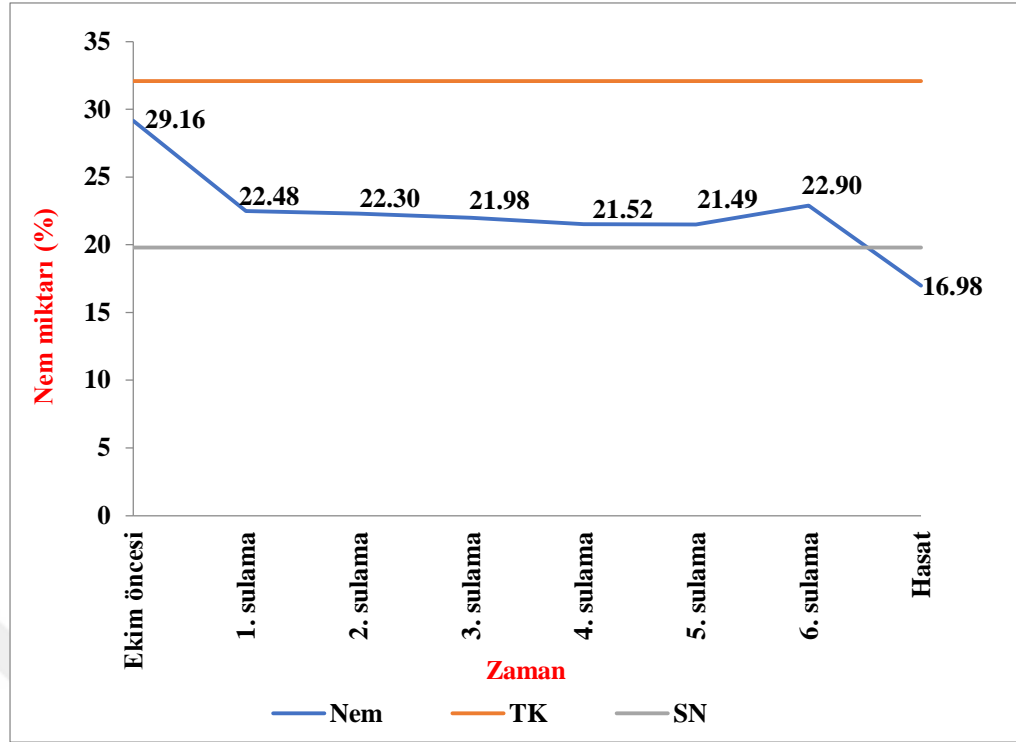
Toprak yüzeyinin 0-30 cm derinliğindeki en yüksek nem içeriği %26.48 ile ekim öncesi yapılan tav sulamada okunmuştur. Diğer sulamalara göre tav sulamanın daha uzun sürmesi bununla birlikte daha fazla sulama suyunun uygulanması ve de sıcaklığın diğer sulamaların yapıldığı aylara göre daha düşük olmasından dolayı en yüksek nem içeriğinin tav sulamada gerçekleştiği saptanmıştır. En yüksek toprak nem içeriğine sahip tav sulamayı sırasıyla altıncı, ikinci, beşinci, dördüncü, üçüncü ve birinci sulamalar takip etmiştir. Sulamalar arasında önemli bir farklılığın olmadığı görülmüş; ancak, tav sulamasından elde edilen değer ile en düşük değere sahip olan birinci sulama arasında nem açığının önemli olduğu tespit edilmiştir. Bunun nedeni bitki

çıkışlarının daha uniform olması ve bitki köklerinin daha iyi gelişmesinden ileri geldiği gösterilebilir (Çizelge 4.3. ve Şekil 4.2.).



Şekil 4.3. Toprakların 30-60 cm derinliğinde gerçekleşen nem içerikleri

Toprakların ikinci katmanı sayılan 30-60 cm derinliğinde nem farklılıkları sulamalar arasında (ekim öncesi ve hasat sonrası hariç) 21 ± 1.51 arasında değişmiştir. Tav sulamada bu parametre %28.04 düzeyinde iken, hasat döneminde %17.58 olarak gerçekleşmiştir. Tav sulama ile birinci sulama arasındaki toprak nem içeriği farkı 0-30 cm derinliğinde gerçekleşen farklılık bu derinlikte de gerçekleşmiş olup nedeninin iki sulama arasındaki gün sayısının diğer sulamalara nazaran daha fazla olmasından kaynaklanmıştır. Toprakların 30-60 cm'indeki nem içerikleri 0-30 cm'deki nem içeriklerine göre görece olarak fazladır (Şekil 4.2. ve Şekil 4.3.). Özellikle toprakların 0-30 cm derinliğindeki nem içerikleri solma noktası düzeyinde gerçekleşirken 30-60 cm derinliğinde nem içerikleri solma noktasının üzerinde olduğu saptanmıştır.



Şekil 4.4. Toprakların 60-90 cm derinliğinde gerçekleşen nem içerikleri

Pamuğun etkili kök derinliğinin son katmanı sayılan 60-90 cm derinliğindeki toprak nem içeriği 0-30 ve 30-60 cm'ye göre görece olarak biraz daha yüksek gerçekleştiği belirlenmiştir (Şekil 4.4.). Sulama sularının aşağı yönde infiltrasyonundan dolayı toprak nem içerikleri diğer iki derinliğe (0-30 ve 30-60 cm) göre 60-90 cm derinliğinde daha fazla gerçekleşmiştir. Pamuk bitkisinin etkili kök derinliği 0-90 cm olduğundan dolayı sulama sularının bu derinlikte fazla olması bitki gelişimi bakımından herhangi bir sıkıntı yaşatmadığı saptanmıştır. Her üç katman değerlendirildiğinde tüm derinliklerde tüm sulamalardaki toprak nem içerikleri toprak yüzeyinden etkili kök derinliğinin son sınırına doğru ilerleme eğiliminde olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.4.).

4.4. Sulama suyu analiz sonuçları

Çalışmada sulama yapıldığı dönemde tüm sulamalarda sulama suyu (Irrigation water: IW), yüzey akış (Surface runoff: R_f) ve derine sızma (Deep percolation: D_p) sularından alınan pH, EC ve DO analiz sonuçları Çizelge 4.4., Çizelge 4.5. ve Çizelge 4.6.'da sunulmuştur.

Çizelge 4.4. IW, R_f ve D_p sularının pH değerleri

Numune/sulama	IW	R _f	d _p
I. sulama	8.24	8.09	7.23
II. sulama	8.37	7.83	7.34
III. sulama	8.14	8.22	7.31
IV. sulama	8.36	8.37	7.17
V. sulama	7.94	8.10	7.13
VI. sulama	8.44	8.73	7.19

IW, R_f ve D_p sularının pH değerleri her sütunun başlığı altında, sulamalar arasında önemli bir sapma olmadığı ve sonuçların benzerlik teşkil ettiği belirlenmiştir. IW ve R_f su kaynaklarının drenajdan dönen sular olmasından dolayı pH değerleri her iki su materyalinde benzerlik bulunmaktadır. D_p sularının ise pH sonuçları IW ve R_f ye oranla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Doğal kaynaklı sularda pH değerleri 6-9 arasında olduğu bilinmektedir. pH değerinin azalmasını/yükselmesini etkileyen faktörlerin başında oksitlenme reaksiyonları, denitrifikasyon ve sülfat geldiği bildirilmektedir. Benzer bir çalışmada, drenaj sularındaki pH miktarı 7.89-8.04 arasında kaldığı saptanmıştır (Shakweer, 2006). Sulardaki pH değerinin azalmasında oksitlenme reaksiyonları, artmasında ise denitrifikasyonun ve sülfatın yükselmesi sonucu gerçekleşmektedir (Stumm ve Morgan, 1996). Özellikle IW ve R_f sularının dördüncü, beşinci ve altıncı sulamalarda suların sınıfını belirlemek amacıyla yapılan detay analizleri incelendiğinde sülfatın azalması sonucu pH değerinde önemli bir artışın meydana geldiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.7. ve Çizelge 4.8.). Sonuç olarak, tüm sulamalarda IW ve R_f sularının pH değerleri 7.83-8.73 arasında değiştiği, D_p sularının pH değerleri ise 7.13-7.34 değerleri arasında olduğu saptanmıştır. Böylece belirlenen sonuçların bildirilen yaklaşımları desteklediği tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5. IW, R_f ve d_p sularının EC (µS cm⁻¹) değerleri

Numune/sulama	IW	R _f	d _p
I. sulama	584	796	7 670
II. sulama	608	640	6 840
III. sulama	576	613	6 530
IV. sulama	508	548	6 820
V. sulama	625	659	6 360
VI. sulama	574	561	6 930

EC suda iletkenliği ifade etmekte ve sulama suyunun önemli kriterlerinin başında gelmektedir. İletkenlik suda çözülmüş tuzların veya iyonların bir fonksiyonu

olup iletkenliği iletme kabiliyetinin sayısal bir fonksiyonu olduğu bildirilmektedir (Pal ve ark., 2015). IW ve R_f sularının değerleri EC bakımından FAO'ya gore belirlenmiş olduğu sınır değerler arasında kaldığı, Turkiye sulama sularının sınıflandırma tablosuna gore ise ikinci sınıf suların sınır değerlerde olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerden sadece bir tanesi birinci sulamada ki R_f değeri $>750 \mu S cm^{-1}$ buyuk olmasından dolayı ikinci sınıf suların alt seviyelerine denk gelmekte ve $796 \mu S cm^{-1}$ verilmektedir. Aşırı su kullanımları ve vahşi sulamaların yoğun gerçekleştirildiği Harran Ovası'nda D_p sularının değerleri izlendiğinde tum sulamalarda zararlı duzeyde tuzluluk işareti gorlmekte ve tum sonuçlar dordnc sınıf su kalitesini temsil etmektedir. D_p 'nin direk kollektörler yardımıyla TD13 drenaj kanalına dökülmesi ve her sulamadaki kütlenin düşük duzeyde gerçekleşmesi derin ana drenaj kanallarında membadan gelen sularla konsantrasyonun düşmesi D_p sularının tehlikesini gorece olarak düşürmektedir. Bu sular çoğunlukla TD13 drenaj kanalının membasından gelen ve debisinin yaklaşık olarak $4 m^3 s^{-1}$ olduğundan ve uygulanan sulama suyu $56-72 l s^{-1}$ olduğundan dolayı D_p değeri $1/15$ oranında seyrelmektedir. Bu nedenle, D_p 'ye ait EC'nin tahliye kanallarındaki etkinliğinin önemsiz olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlara gore, Harran Ovası'nda drenaj kanalı sularının tuzluluk değerlerinin ikinci sınıf suların eşik değerinden düşük olması nedeniyle cazibe sulamalarda ve bu bulanıklık altında herhangi bir risk taşımadan kullanılabilereği söylenebilir. Bu bulguları NTU ve AKM değerleri de desteklemektedir.

Çizelge 4.6. IW , R_f ve d_p sularının çözünmüş oksijen (DO) değerleri ($mg l^{-1}$)

Numune/sulama	IW	R_f	d_p
I. sulama	7.82	7.14	7.85
II. sulama	8.01	7.04	8.29
III. sulama	7.83	7.25	7.55
IV. sulama	7.56	7.76	7.15
V. sulama	7.98	7.42	7.64
VI. sulama	7.86	7.28	7.92

izelge 4.6.'da IW , R_f ve D_p sularının DO değerleri verilmiştir. DO değerleri; IW 'de en yüksek DO değerleri ($8.01 mg l^{-1}$) II. sulamada, en dşk ise ($7.56 mg l^{-1}$) III. sulamada gerekleşmiştir. R_f 'de en yüksek DO değerleri ($7.76 mg l^{-1}$) IV. sulamada, en düşük ($6.55 mg l^{-1}$) DO değerleri ise III. sulamada olduğu tespit edilmiştir. D_p 'de en yüksek DO değerleri ($8.29 mg l^{-1}$) II. sulamada, en düşük ise DO değerleri ($5.55 mg l^{-1}$)

III. sulamada gerçekleştiği saptanmıştır. Çözünmüş oksijen değerleri araştırma alanındaki IW, R_f ve D_p sularının kendi içerisinde ve aralarında önemli derecede bir sapma söz konusu olmamıştır. Diğer sulamalardan farklı olarak sıcaklığın pik olduğu III. sulamada çözünmüş oksijen değerleri IW, R_f ve D_p sularında oldukça düşüş olduğu Çizelge 4.6.'dan anlaşılmaktadır. Shakweer (2006) tarafından, drenaj sularındaki DO miktarının 4.29-9.60 mg l⁻¹ değerleri arasında olduğu bildirilmiştir. Hatay ili Samandağ ilçesi Batıya Deresi'nin su kalitesini belirlemek için yapılan benzer bir çalışmada sulardaki çözünmüş oksijen miktarı 9.38 mg l⁻¹ bulunmuştur (Mutlu ve Yanık, 2012). Elde edilen sonuçların, yapılan önceki çalışmadan daha düşük çıkması çalışma alanındaki suların sulamadan dönen sular olması nedeniyle sulardaki kirliliğin daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.7. IW, R_f ve D_p sularının organik madde miktarları (mg l⁻¹)

Su	4. sulama	5. sulama	6. sulama
IW	0.24	0.27	0.18
R _f	0.42	0.61	0.85
D _p	0.622	0.87	0.52

Su içerisindeki organik madde miktarlarının düşük/yüksek çıkması kirliliğin bir başka göstergesidir. Su içerisinde organik madde miktarının yüksek çıkması sulara iletim esnasında insan ve hayvansal atıkların doğrudan su içerisine aktarılması olarak kabul edilebilir. Tarımsal sulamalarda özellikle sulamadan dönen sulardaki bitki atıkları nedeniyle sulardaki organik madde miktarı artabilmektedir. Su içerisinde bakteri ve mantarların çoğalması organik maddeler tarafından gerçekleştirilmektedir (Karpuzcu, 1985). Çalışmadaki IW ve R_f sularının organik madde 0.18-0.85 mg l⁻¹ saptanmış ve D_p sularında bu miktar 0.52-3.80 mg l⁻¹ sınırları arasında kaldığı görülmüştür (Çizelge 4.7.).

Çizelge 4.8. IW sularının analiz sonuçları

	4. Sulama	5. Sulama	6. Sulama
pH	8.36	7.94	8.44
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	508	625	574
DO (mg l^{-1})	7.56	7.98	7.86
Renk (Pt-Co)	22.00	18.00	11.00
Bulanıklık (NTU)	156.00	184.00	115.30
Organik Madde (mg l^{-1})	0.237	0.27	0.182
Bor (mg l^{-1})	-	0.60	0.60
Karbonat (mg l^{-1})	7.80	0.00	11.89
Bikarbonat (mg l^{-1})	197.06	211.84	192.25
Sodyum (mg l^{-1})	31.70	34.17	31.67
Potasyum (mg l^{-1})	7.83	2.25	2.79
Kalsiyum (mg l^{-1})	51.16	69.30	62.12
Magnezyum (mg l^{-1})	17.73	19.40	19.15
Klorür (mg l^{-1})	40.61	28.18	50.00
Florür (mg l^{-1})	2.56	0.379	0.38
Nitrat (mg l^{-1})	14.27	20.69	17.64
Sülfat (mg l^{-1})	89.71	101.06	87.32
Nitrit (mg l^{-1})	-	<0.05	0.00
% Na	-	22.52	22.48
SAR	-	0.93	0.90
Suyun Sınıfı	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁

Çizelge 4.9. R_f sularının analiz sonuçları

	4. Sulama	5. Sulama	6. Sulama
pH	8.37	8.10	8.73
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	548	659	561
DO	7.76	7.42	7.28
Renk	17.00	18.00	14.00
Bulanıklık	147.00	155.8	122.10
Organik Madde (mg l^{-1})	0.42	0.61	0.85
Bor (mg l^{-1})	-	0.40	0.70
Karbonat (mg l^{-1})	8.40	0.00	12.52
Bikarbonat (mg l^{-1})	176.93	189.45	186.52
Sodyum (mg l^{-1})	42.11	34.38	32.95
Potasyum (mg l^{-1})	11.20	4.03	4.12
Kalsiyum (mg l^{-1})	60.88	72.32	59.58
Magnezyum (mg l^{-1})	18.13	19.56	18.12
Klorür (mg l^{-1})	49.85	39.56	31.00
Florür (mg l^{-1})	5.70	0.364	0.37
Nitrat (mg l^{-1})	18.91	25.39	14.55
Sülfat (mg l^{-1})	99.76	111.47	93.78
Nitrit (mg l^{-1})	0.05	0.06	0.071
% Na	-	21.93	23.87
SAR	-	0.93	0.96
Suyun Sınıfı	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁	C ₂ S ₁

Çizelge 4.10. D_p sularının analiz sonuçları

	4. Sulama	5. Sulama	6. Sulama
pH	7.17	7.13	7.19
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	6 820	6 360	6 930
DO (mg l^{-1})	7.15	7.64	7.92
Renk (Pt-Co)	1.00	1.00	4.00
Bulanıklık (NTU)	2.08	1.27	2.51
Organik Madde (mg l^{-1})	0.622	3.80	0.52
Bor (mg l^{-1})	-	2.90	6.40
Karbonat (mg l^{-1})	0.00	0.00	0.00
Bikarbonat (mg l^{-1})	377.65	357.71	430.33
Sodyum (mg l^{-1})	1 127.01	990.55	1 147.38
Potasyum (mg l^{-1})	1.42	1.07	3.44
Kalsiyum (mg l^{-1})	454.65	421.13	490.30
Magnezyum (mg l^{-1})	208.92	187.75	229.39
Klorür (mg l^{-1})	485.42	447.36	560.34
Florür (mg l^{-1})	3.60	3.028	3.67
Nitrat (mg l^{-1})	142.63	118.83	136.10
Sülfat (mg l^{-1})	3 280.65	2 817.65	3 265.49
Nitrit (mg l^{-1})	1.51	1.04	1.65
% Na	-	54.13	53.46
SAR	-	10.09	10.72
Suyun Sınıfı	C ₄ S ₂	C ₄ S ₂	C ₄ S ₂

Suyun kirlilik gösterge parametrelerinden en önemlileri arasında renk ve bulanıklık gelmektedir. Çünkü su, herhangi bir kirleticiye maruz kalması durumunda bulanıklaşır ve sonra renk değişimi meydana gelir. Özellikle tarımsal sulamalarda kullanılan suların ince taneli toprak parçacıkları, organik madde, plankton ve bakterilerden kaynaklı olduğu bilinmektedir (Karpuzcu, 1985). Yüzey sulamaların yapıldığı tarım alanlarında yüzey akış sularındaki AKM içeriği nedeniyle suların bulanıklığını yükselmektedir. Doğal kaynaklı suların berrak olması ve özellikle evsel tüketimdeki suların, içme suyu berraklığında olması gerekmektedir. EPA, WHO ve TSE bulanıklığın sınır değerlerinin 1 NTU'yu geçmemesini önermektedir (Anonim, 2006a; Anonim, 2006b; Anonim, 1991). Araştırma alanı sularının detay analizi sonucunda IW ve R_f sularının sulamadan dönen sular olması nedeniyle her iki suyun sonuçları beraber yorumlandığında, Harran Ovası'nda dönen sulardaki bulanıklık 125-184 NTU değerleri arasında kaldığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar EPA, WHO, EC ve TSE'nin önerdiği sınır değerlerinin çok üstünde olduğu saptanmıştır. Bulanıklık sonucunda suyun rengindeki değişimi EPA, WHO ve TSE'nin sırasıyla 1-15, 1-15 ve 20 birim değerlerini bildirmişlerdir. Çalışmada IW ve R_f sularının renk değerleri 11-22 birim arasında kalmış olup dördüncü sulamada en yüksek kaldığı altıncı sulamada ise rengin berraklaştığı saptanmıştır (Çizelge 4.8. ve Çizelge 4.9.). D_p sularının bulanık olmadığı derine süzülme sonucunda kollektörlerin filtre görevi görmesi sebebiyle bulanıklığın 1-3 NTU arasında olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.9.). Elde edilen verilere göre suyun renginin EPA, WHO ve TSE sınır değerleri arasında kaldığı belirlenmiştir. D_p sularının, IW ve R_f sularına oranla renklerinin içme suyu berraklığında olması nedeniyle suyun renk analizi sonucunun 1-2 birim arasında kalmış; EPA, WHO ve TSE standartlarının sınır değerleri arasında kaldığı saptanmıştır (Çizelge 4.9.).

4.5. Askıda katı madde sonuçları

Araştırma süresince altı sulamadan alınan numunelerde; IW, R_f ve D_p'deki AKM (mg l⁻¹) tayini yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.11.'de verilmiştir.

Çizelge 4.11. IW, R_f ve D_p sularındaki askıda katı madde sonuçları

Sulamalar	IW		R _f		D _p	
	mg l ⁻¹	ton parsel ⁻¹	mg l ⁻¹	ton parsel ⁻¹	mg l ⁻¹	ton parsel ⁻¹
I. sulama	232.87	5.35	320.21	4.47	18.66	0.015
II. sulama	240.00	5.76	297.53	4.41	12.00	0.008
III. sulama	287.33	7.44	336.00	5.01	4.67	0.004
IV. sulama	271.32	7.31	298.00	4.48	9.33	0.010
V. sulama	246.33	6.61	278.52	4.01	5.33	0.004
VI. sulama	226.15	4.44	337.33	3.63	8.67	0.004
Toplam		36.91		25.99		0.09

AKM başlığı altında IW, R_f ve D_p sularının sonuçlarına bakıldığında en yüksek değerler yüzey akış sularında (R_f'de) gerçekleştiği belirlenmiştir. IW'deki AKM sonuçları ile R_f sularındaki AKM sonuçları birbiriyle paralellik göstermiştir. Bunun nedeni; şebekeye alınan sulama sularının kullanılmış yani tahliye suyu olmasından kaynaklanmıştır. Ayrıca deneme parseline alınan IW'lere ait debilerin çok yüksek olması, vahşi sulamaların uygulanması ve suyun parsel başından yani membadan giriş yaptıktan sonra çok hızlı şekilde parselden mansaptan çıkması ve kuşaklama kanalına bu suların R_f şeklinde deşarj olması AKM değerlerinin yüksek gerçekleşmesine neden olduğu saptanmıştır. Nitekim membadan giren sular, bilindiği gibi n adet farklı parsellerin dönüş suyu olup, HT10-1 drenaj kanalı üzerinde kurulu olan Yardımlı regülatörünün sol sahilinden HYA beton kaplamalı kanalına saptırılmakta ve bu kanaldan HYA-10-15 tip-180'lik kanaletine sulama suyu olarak derive edilmektedir.

AKM değerlerinin, IW ve R_f parametreleri altında incelendiğinde; R_f'ye ait değerlerin IW'ye ait değerlerden genel olarak yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun açıklanması; parsel alınan tüm suların öncelikli olarak kullanılmış sular olduğu, buna ilave olarak parsel içerisinde sulama suyunun yöntem olarak vahşi sulama olmasından kaynaklı yüzey akışların yüksek debilerde gerçekleşmesi ve buna bağlı olarak, sulama randımanlarının düşük çıkması şeklinde açıklanabilir. Ancak, R_f değerleri parsel çıkışındaki ölçüm noktası olarak seçilen koordinatın HT-13 ana tahliye kanalına deşarj noktasında HT-13-0-5 kuşaklama tahliye kanalı sonunda kavşutta ölçülmüştür. Ölçümler kavşutta değil de parsel çıkışlarında yapılmış olsa AKM değerleri daha yüksek R_f değerleri okunabilir. Bunu yapmak teknik olarak mümkün değildir. Çünkü parsel sonlarındaki yüzey akışların disiplinsiz gerçekleştiği görülmüştür. AKM'nin anılan kuşaklama kanalında çökeldiği, su sevici otların kuşaklama kanalında

ötrofikasyona uğradığı ve yabancı otların çok hızlı geliştiği ve bunların kanıtı olarak verilmesi yerinde bir yaklaşım olacaktır.

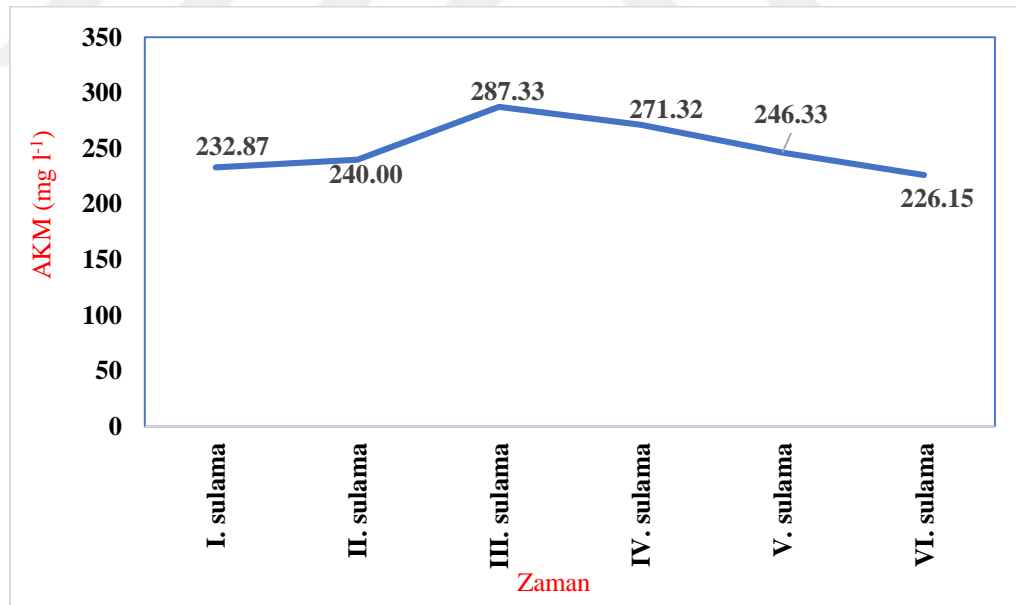
AKM tayini kapsamında D_p değerlerine bakıldığında gerek IW gerekse R_f değerlerinden oldukça düşük çıktığı ve çıkan suların içme suyu berraklığına yakın olduğu ve bu değerlerin 4.67-18.66 mg l⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir.

Nitekim, Harran Ovası'nda sulamadan dönen suların yeniden kullanımı için yedek ve tersiyer sulama kanallarından veya R_f ve D_p şeklinde drenaj kanallarına tahliye olan kuyruk sularının toplanması ve tekrar sulamada kullanılması amacıyla, ovada çok yaygın olan ve tahliye kanalları üzerinde konumlandırılan, sayı olarak fazla regülatör bulunmaktadır. Bu regülatörlerin görevi kullanılmış suların bağlama yapılarıyla ikinci, üçüncü veya çok kez kullanılması öngörülmektedir.

Bilindiği gibi, Harran Ovası Sulama Projesi talep yöntemine ve 24 saat sulama esasına göre projelendirilmiş ve tamamı klasik beton kaplamalı kanal ve kanaletten oluşmuştur. Şebekenin sulama suyu, Fırat Nehri'nden ve Atatürk Barajı'ndan iki tünelle (T_1 ve T_2) alınmakta, ovada ve şebekenin başında bulunan regülatörle Harran ve Şanlıurfa İsale Kanalları'yla şebekeye saptırılmaktadır.

Gece sulamalarının fazla yapılmadığı ve sulama randımanlarının düşük gerçekleştiği kayıtlardan anlaşılmaktadır. Bu projede, ovanın ortasında yer alan ve özellikle Şuayib, Bereket ve İmambakır Sulama Birlikleri alanlarından dönen sular HT10-1 Ana Drenaj Kanalı'na mansaplanmakta ve Yardımlı köy sınırlarında bulunan Yardımlı Regülatör bağlama yapısıyla HYA kaplamalı klasik kanala su alınmaktadır. HYA kanalı 17+600 km uzunluğunda ve 4.32 m³ s⁻¹ debi ile 4 000 ha alanın üzerinde bir sulama sahasının su ihtiyacı karşılanmaktadır. HYA dönen-kullanılmış sulardan beslenen bu kanal üzerinde; P8, P9, Yardımlı, Yayvandaruk, Toytepe, Çolpan ve Akçalı regülatörlerinden lokal bölgeler ancak sulama yönüyle sorunlu olan sahaların sulanması gerçekleştirilmektedir.

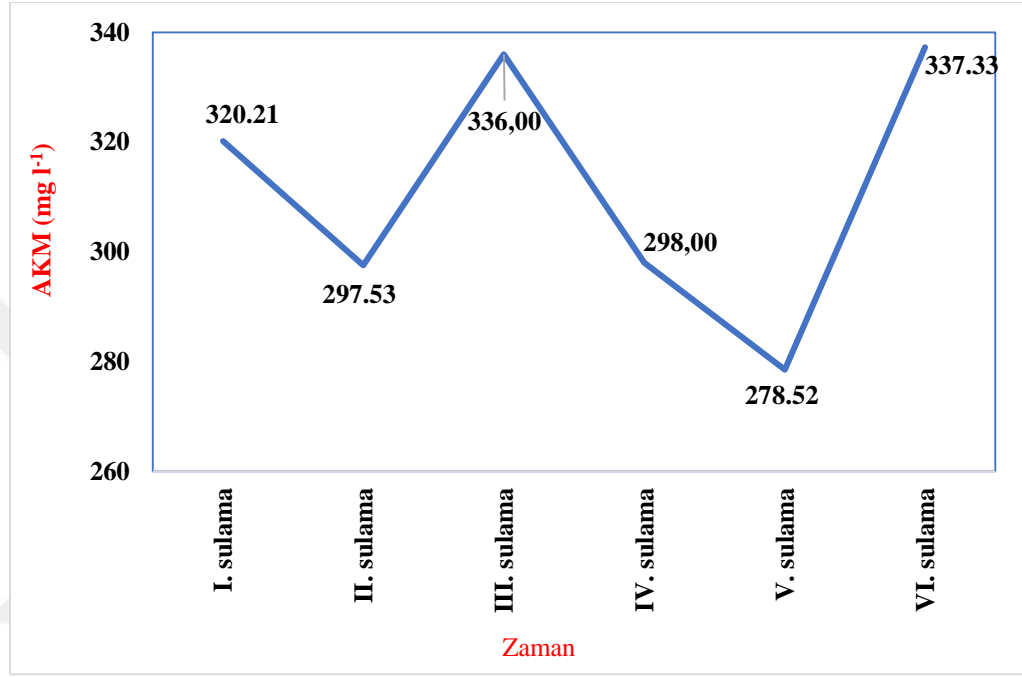
Evsel atık su ve tarımsal drenaj sularının kullanıldığı bir çalışmada, toplam AKM miktarını 43-467 mg l⁻¹ saptamışlardır (Taebi ve Droste, 2004). Yüzeysel akış ve atık sular ile yapılan bir başka çalışmada, ortalama toplam AKM miktarını 300 mg l⁻¹ bildirmişlerdir (Wondie, 2009). Yürütülen birinci çalışma ile yapılan çalışma arasında önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Oysa ikinci çalışma ile son derece benzer ve paralel sonuçlar saptanmıştır. Benzerliğin sulama sularında AKM konsantrasyonlarının (mg l⁻¹) çok yakın olması ve sulama yöntemlerinin de vahşi sulamalar tercih edilmesine bağlanabilir. AKM değerlerinin yüksek veya düşük çıkması tamamen su kaynağındaki AKM konsantrasyonundan ve uygulanan sulama yöntemlerinden kaynaklanmaktadır. Drenaj kanallarındaki yüksek değerlerde AKM konsantrasyonları, ovalarda çok büyük toprak erozyonuna neden olmakta ve bu toprakların geri kazanımı bulunmamaktadır. Suyun tarıma kazandırdığı katma değer yanında, tamamen insan odaklı fiillerden ve vahşi sulamalardan dolayı toprakların degradasyonu şiddetli şekilde gerçekleşmekte ve böylece tarımdan beklenen fayda sağlanamamaktadır.



Şekil 4.5. IW’de gerçekleşen askıda katı madde miktarları

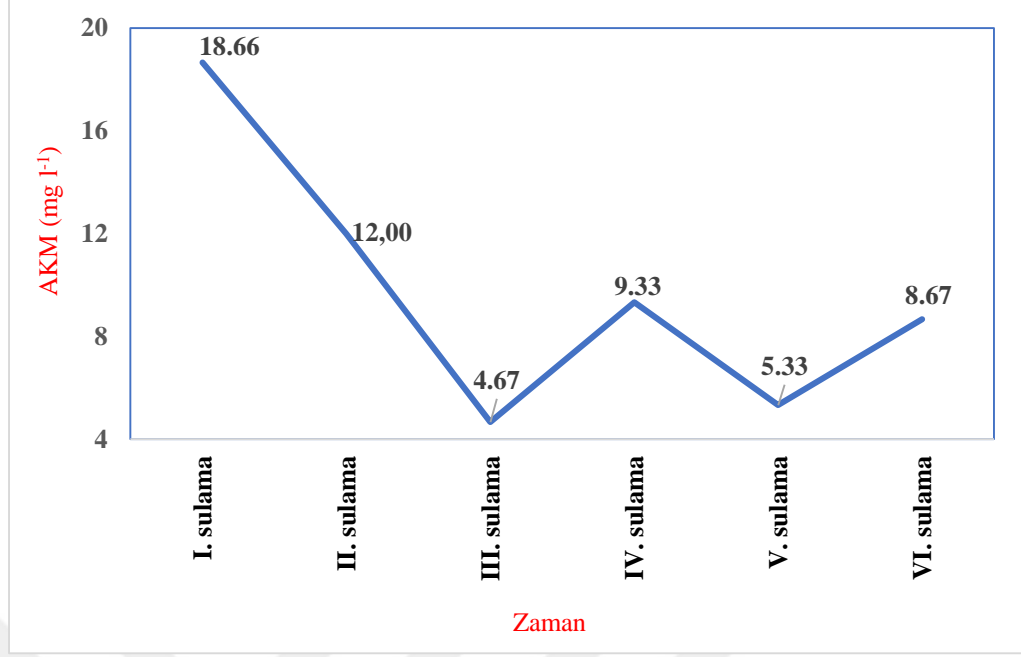
Şekil 4.5. incelendiğinde IW’de AKM oranları üçüncü sulamada en yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedeni sulama suyu olarak kullanılmış suların kullanılması ve kullanılan diğer suların ovanın topoğrafik yapısı nedeniyle üst

bölgelerdeki arazilerden gelen sular, sıcaklığın pik olduğu (temmuz ayı) dönemde çiftçiler tarafından sulama aralıklarının azaltılması ve sürelerinin artırılması sonucu arazilerden sediment taşınımının fazla olmasıdır. Birinci ve ikinci sulamalarda AKM taşınımının benzer; dördüncü, beşinci ve altıncı sulamalarda ki taşınımının da paralel olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.6. R_f'de gerçekleşen askıda katı madde miktarları

Şekil 4.6.'ya göre, R_f'de AKM miktarları IW'de AKM miktarları ile benzer olduğu saptanmıştır. R_f sularında sulamalar arası AKM taşınımları, birinci sulamada yüksek olmasının sebebi bir önceki ürün yetiştirme döneminde kalan toprak üzerindeki biomass'ın fazla olmasından kaynaklanmıştır. İkinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci sulamalardaki AKM taşınımları paralellik göstermiştir. Ancak, beşinci sulamada bitkinin olgunluk dönemini geçirdiğini ve buna bağlı olarak bitkideki biomass'ın yapraklarının dökülmesinden dolayı bu sulamada AKM taşınımı oldukça fazla gerçekleşmiştir. Tüm sulamalarda yüzey akış suları ile AKM miktarlarının ortalaması 311.27 mg l⁻¹ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.7. Dp'de gerçekleşen askıda katı madde miktarları

Şekil 4.7. incelendiğinde, derine sızma sularındaki AKM miktarları sulamalar arasında benzerlik teşkil etmektedir. Birinci sulamada en yüksek (18.66 mg l^{-1}) AKM taşınımı ve en düşük (4.67 mg l^{-1}) değer üçüncü sulamada elde edilmiştir. Sulamalar arası ortalama AKM taşınımı Çizelge 4.10. ve Şekil 4.8.'e göre 9.78 mg l^{-1} olarak saptanmıştır.

4.6. Toprakların pH ve EC değerleri

Araştırma süresi boyunca sulama öncesi toprakların üç farklı derinliğinden (0-30, 30-60 ve 60-90 cm alınan) alınan örnekler laboratuvarında saturasyon/süzük işlemlerinden sonra pH ve EC okumaları yapılmıştır (Çizelge 4.14. ve 4.15.). Topraklarının pH ve EC sınıflandırılma tabloları Çizelge 4.12. ve Çizelge 4.13'de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Toprakların pH değerleri (Richard, 1954)

pH	Toprakların durumu
<3.5	Çok aşırı asitli
3.5-5.0	Çok asitli
5.0-6.5	Asitli
6.5-7.5	Nötr
7.5-8.7	Bazik
>8.7	Aşırı bazik

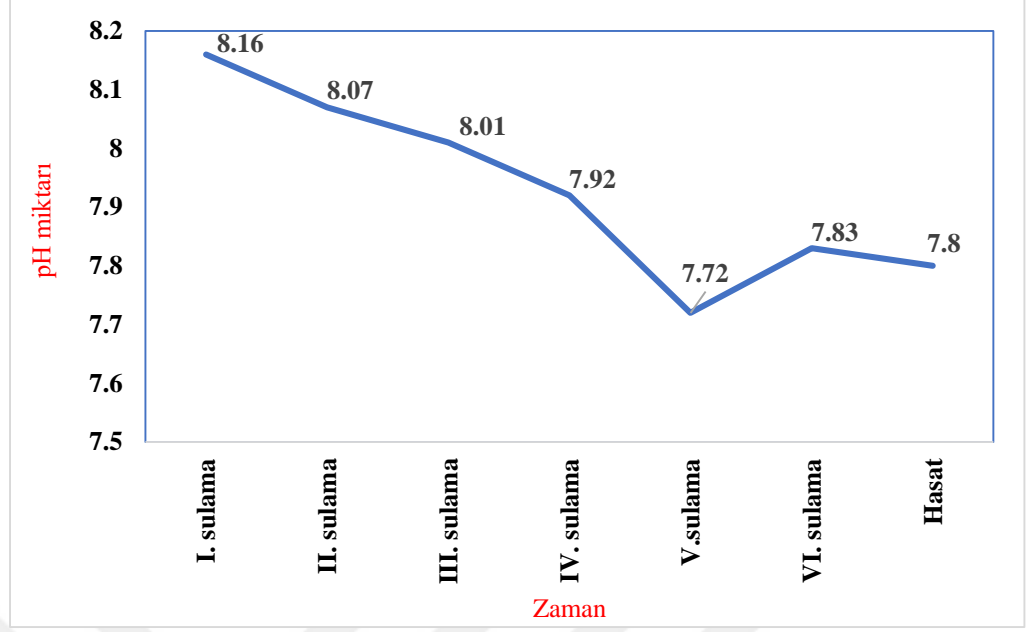
Çizelge 4.13. Toprakların EC sınıflandırma tablosu (Aydemir, 1992)

Kategori	EC oranı
Tutululuk etkileri ihmal edilebilir	< 2 dS m ⁻¹
Tuzluluğa duyarlı bitkilerde verim sınırlanabilir	2-4 dS m ⁻¹
Bir çok bitkide verim sınırlanabilir	4-8 dS m ⁻¹
Sadece toleranslı bitkilerde tatmin edici verim	8-16 dS m ⁻¹
Sadece birkaç toleranslı bitkilerde tatmin edici verim	>16 dS m ⁻¹

Çizelge 4.14. Araştırma alanı topraklarının sulama öncesi pH değerleri

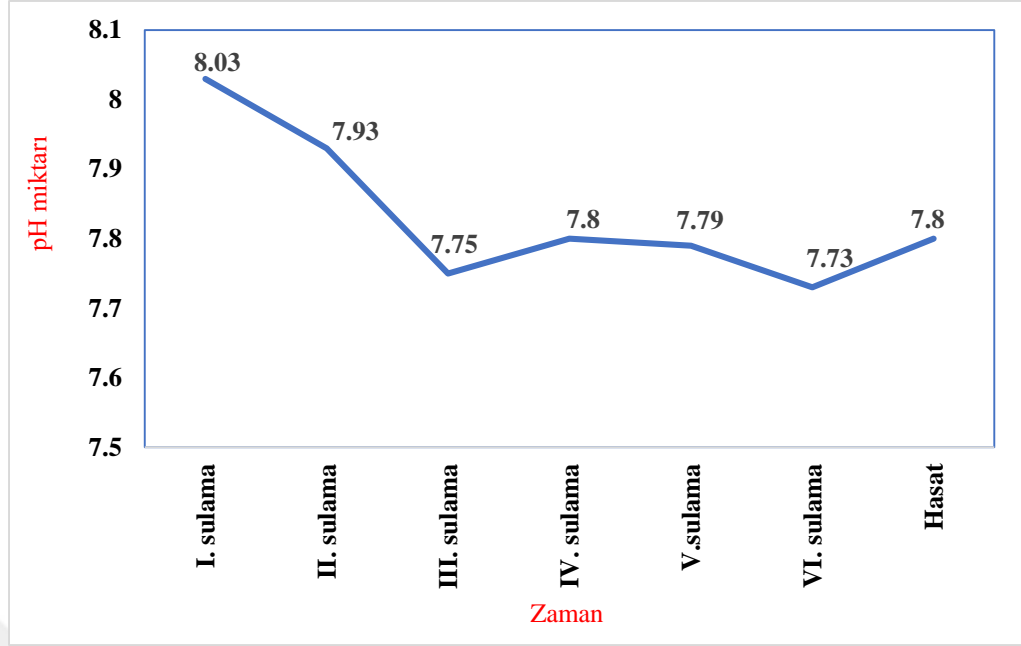
Zaman	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
I. sulama	8.16	8.03	8.13
II. sulama	8.07	7.93	8.21
III. sulama	8.01	7.75	8.02
IV. sulama	7.92	7.80	8.01
V. sulama	7.53	7.79	7.91
VI. sulama	7.83	7.73	7.83
Hasat	7.80	7.80	7.90

Araştırma topraklarının en yüksek pH değeri (8.16) birinci sulama öncesi toprağın 0-30 cm derinliğinde en düşük ise (7.53) aynı toprak derinliğinde beşinci sulama öncesinde saptanmıştır. Sürekli pamuk ekiminin yapıldığı alanlarda yapılan başka bir çalışmada toprakların pH değerinin 8.1'den büyük saptandığı bildirilmiştir (Acosta-Martínez ve ark., 2004). Toprakların sulamalardan önce yapılan pH değerlerini incelediğimizde; toprak pH'sının genel olarak hafif alkali bir reaksiyonda kaldığı, yapılan sulamalarla birlikte pH'da artma ve azalmalar olmasına rağmen bunlar toprak reaksiyonunu değiştirecek düzeyde olmamıştır. Bilindiği gibi toprak reaksiyonu yapılan uygulamalar ile değişmesi toprağın tamponlanma özelliğinden dolayı oldukça güçtür (Çizelge 4.14.).



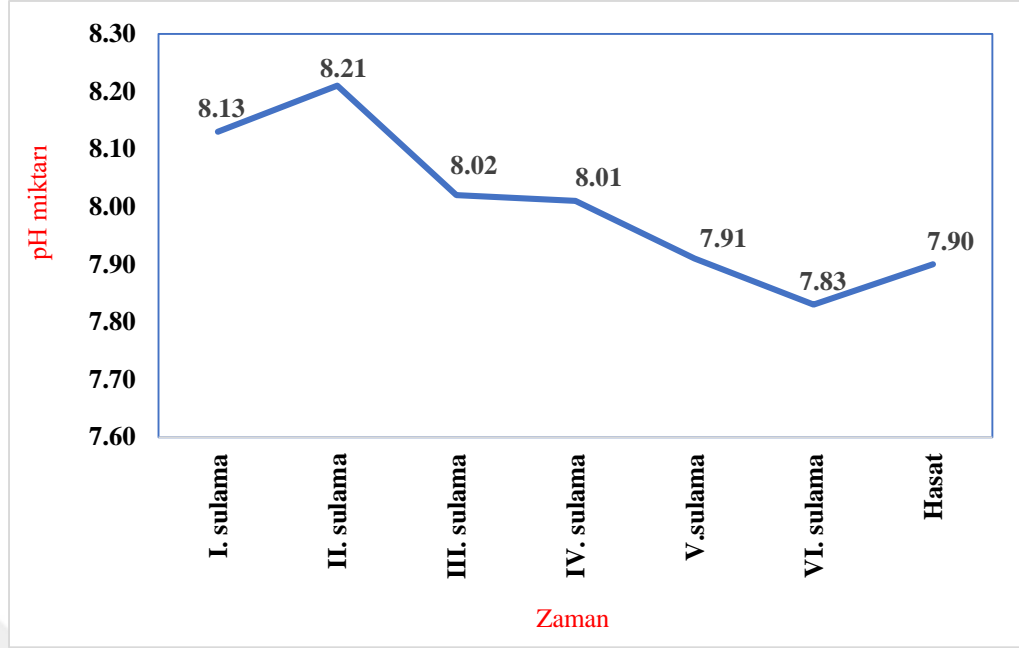
Şekil 4.8. Araştırma alanı topraklarının 0-30 cm derinliğindeki pH değeri

Araştırma topraklarının 0-30 cm derinliğindeki pH değerleri 7.72-8.16 arasında değişmiştir. En yüksek pH değeri (8.16) birinci sulama öncesinde, en düşük pH değeri (7.72) ise beşinci sulama öncesinde gerçekleşmiştir. Sulamalar ile birlikte araştırma toprakların 0-30 cm derinliğindeki pH miktarlarında doğrusal bir azalış meydana gelmiştir. Şekil 4.8.'e göre araştırma topraklarının 0-30 cm derinliğindeki pH miktarlarında sulamalar arasında farklılıkların çok fazla olmadığı sonuçların bazik toprakları yansıttığı ve birinci sulamadan itibaren sulamalar ile birlikte toprakların pH miktarlarında azalışın olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Araştırma alanı topraklarının 30-60 cm derinliğindeki pH değeri

Araştırma topraklarının 30-60 cm derinliğinde pH değerleri 7.73-8.03 arasında değişkenlik göstermiştir. Bu derinlikteki en yüksek pH değeri (8.03) birinci sulama öncesinde, en düşük pH değeri (7.73) ise beşinci sulama öncesinde saptanmıştır. Bu katmandaki toprakların pH değerlerinde sulamalar arasında önemli bir farklılığın olmadığı saptanmıştır (Şekil 4.9.).



Şekil 4.10. Araştırma alanı topraklarının 60-90 cm derinliğindeki pH değeri

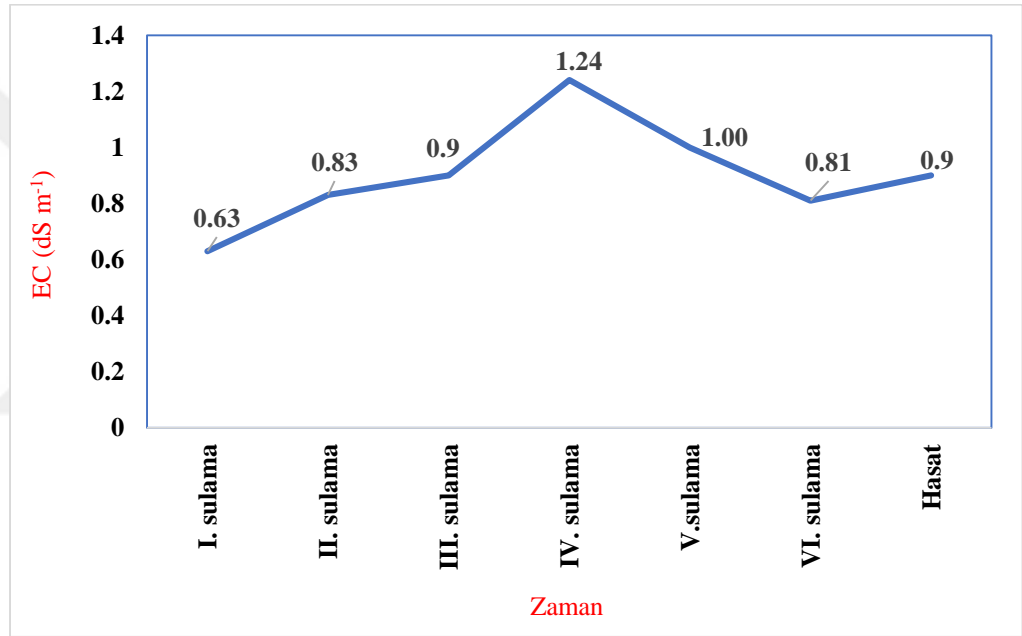
Araştırma alanı topraklarının 60-90 cm derinliğindeki pH değeri 7.83-8.21 arasında belirlenmiştir. Bu derinlikteki en yüksek pH miktarı (8.21) ikinci sulamada, en düşük pH miktarı (7.83) ise beşinci sulamada saptanmıştır (Şekil 4.10.).

Çizelge 4.15. Araştırma alanı topraklarının sulama öncesi EC (dS m^{-1}) değerleri

Zaman	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
I. sulama	0.63	0.70	0.80
II. sulama	0.83	0.93	1.00
III. sulama	0.90	1.10	1.13
IV. sulama	1.24	1.13	1.32
V. sulama	1.00	1.20	1.30
VI. sulama	0.81	1.00	1.13
Hasat	0.90	1.20	1.20

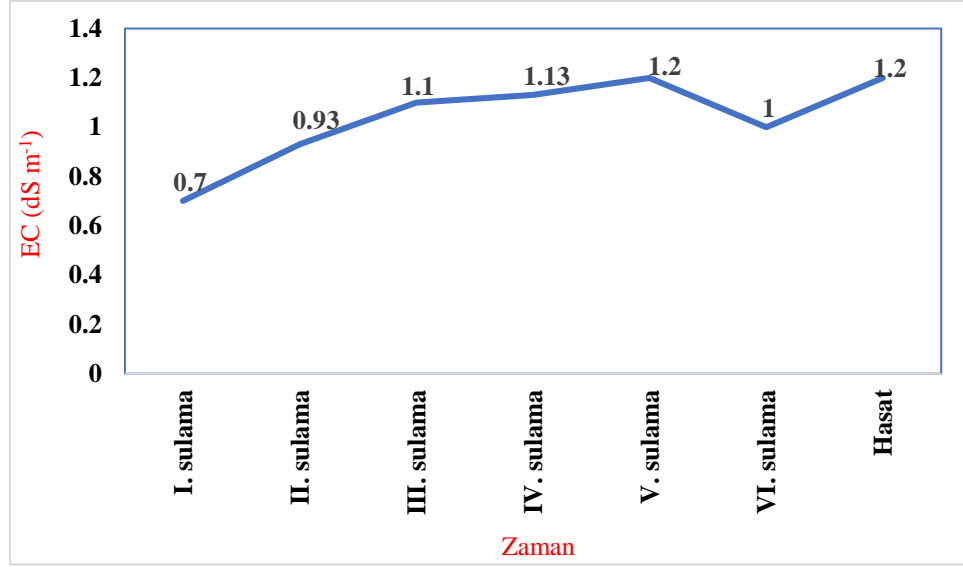
Araştırma alanı topraklarının 90 cm'ye kadar olan 3 toprak derinliği ve tüm sulamalar dikkate alındığında en yüksek EC değeri dördüncü sulama öncesi toprağın 0-30 cm derinliğinde; en az ise, ikinci sulama öncesi aynı toprak derinliğinde saptanmıştır. Sulamalardan önce yapılan EC ölçümlerini incelendiğinde; ilk sulamadan önce, 0-30, 30-60 ve 60-90 cm'de topraklar çok hafif tuzlu olarak ölçülmüştür. İkinci sulama öncesi yapılan ölçümler ilk ölçümlere göre değişiklik göstermiş ve topraklar tuz seviyesinde artış olmasına rağmen önemli bulunmamıştır.

Bu artışın ilk sulamadan sonra topraktaki tuzların ilk aşamada derine sızmasından kaynaklanması şeklinde açıklanabilir. Üçüncü sulama öncesi yapılan ölçümlerde ise ikinci sulama ile birlikte topraktaki tuzluluk yeniden yükselmiş, fakat çok hafif tuzlu seviyesinde kalmaya devam etmiştir. Üçüncü sulama ve sonrasında ise sulamaların toprak EC değerlerini arttırdığı fakat bu artış hafif tuzluluktan ileri seviyelere geçmediği için çok önemli bulunmamıştır. Genel olarak bitki kök bölgesinden (0-30 cm) derinlere doğru indikçe tuzların alt katmanlarda birikmesi sonucu EC değerlerinde azda olsa artma görülmüştür (Çizelge 4.15.).



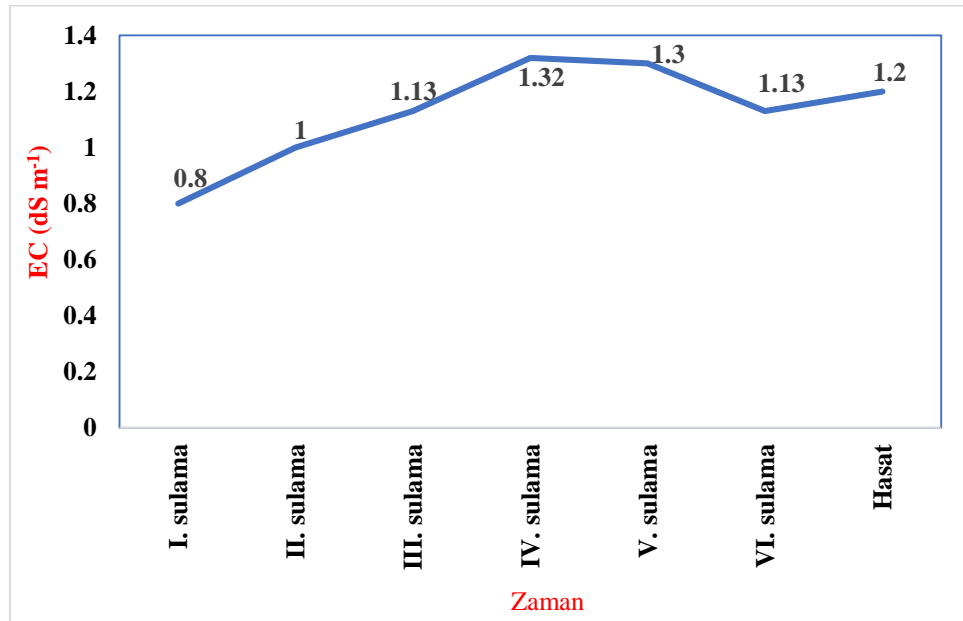
Şekil 4.11. Araştırma alanı topraklarının 0-30 cm derinliğindeki EC değeri

Araştırma topraklarının 0-30 cm derinliğindeki EC değerleri 0.63-1.24 dS m⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek EC değeri (1.24 dS m⁻¹) dördüncü sulama öncesinde gerçekleşirken, en düşük EC değeri (0.63 dS m⁻¹) birinci sulama öncesinde saptanmıştır. Sulamalara bağlı olarak birinci sulamadan itibaren toprakların EC değerinde artış meydana gelmiştir (Şekil 4.11.).



Şekil 4.12. Araştırma alanı topraklarının 30-60 cm derinliğindeki EC değeri

Araştırma topraklarının 30-60 cm derinliğindeki EC değerleri 0.7-1.2 dS m⁻¹ arasında değişmiştir. Toprakların 30-60 cm derinliğindeki en yüksek EC değeri (1.2 dS m⁻¹) ile beşinci ve hasat zamanında gerçekleşirken en düşük EC değeri (0.7 dS m⁻¹) birinci sulama öncesinde gerçekleştiği saptanmıştır. Bu katmandaki EC değerleri birinci sulamanın başlangıcı ile artış göstermiş olup bu artış hasat zamanına kadar devam ettiği tespit edilmiştir (Şekil 4.12.).



Şekil 4.13. Araştırma alanı topraklarının 60-90 cm derinliğindeki EC değeri

Çalışma topraklarının 60-90 cm derinliğindeki EC değerleri 0.8-1.32 dS m⁻¹ arasında değişmiştir. Bu toprak katmanındaki en yüksek EC değeri (1.32 dS m⁻¹) dördüncü sulama öncesinde, en düşük EC değeri (0.8 dS m⁻¹) birinci sulama öncesinde gerçekleştiği belirlenmiştir. Diğer iki toprak derinliğinde (0-30 ve 30-60 cm) olduğu gibi 60-90 cm toprak derinliğinde de toprakların EC değerlerinde artışlar meydana gelmiş ve bu artışlar birinci sulamadan başlayarak hasat dönemine kadar devam etmiştir (Şekil 4.13.).

4.7. Pamuk kütlü verimi

Harran bölgesinde pamuk ekiminde sıra üzeri ortalama 7 cm ve sıra arası 70 cm yapılmaktadır. Kütlü verimini saptamak amacıyla çalışma alanının 5 farklı bölgesinden ve her bölgeden 5 metre uzunluğundaki (3.5 m²) sıralardan kütlü hasadı yapılmış ve sonuçlar Çizelge 4.16.'da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Araştırma alanının 5 farklı noktasından alınan pamuk verimleri

Bölge	Verim (g 3.5 m ²)	Bitki Sayısı (Adet 3.5 m ²)
I.	2 010	55
II.	1 930	60
III.	1 960	56
IV.	1 800	71
V.	1 840	69

Farklı bölgelerden alınan pamuk örneklerinde sık ekimin fazla olduğu noktada en yüksek bitki sayısı 71 adet ve 1 840 g kütlü elde edilmiş ve bitkinin seyrek olduğu bölgede ise en az bitki sayısı 55 adet olup 2 010 g kütlü elde edilmiştir. Sıra üzerindeki bitki sayısı artıkça elde edilen verim sayısı azalmış ve bitki yoğunluğu ile verim arasında ters ilişkinin olduğu gözlenmiştir. GAP bölgesinde pamuk bitkisi yetiştiriciliğinde sık ekimin yapıldığı ve ortalama 20 000 adet da⁻¹ yoğunluğun olduğu görülmektedir. Pamuk bitkisi Çukurova ve Ege Bölgesi'nde sıra üzeri mesafenin 15-20 cm arasında gerçekleştiği ve bitki yoğunluğu 8 500 adet da⁻¹ olduğu bilinmekte ve verimin görece olarak kullanılan tohum sayısı az olmasına rağmen verimin görece olarak %10-15 arasında daha fazla gerçekleştiği müşahade edilmektedir. Hasat zamanı 22.10.2017 tarihinde gerçekleşmiş, 5 farklı bölgeden alınan pamuk örnekleri sonucu

ortalama pamuk kütlü verimi 545 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.16.). Bir başka çalışmada 2009 ve 2011 yılları arasında farklı 18 lokasyonda pamuk verimini 1 900-5 500 kg ha⁻¹ olarak saptamışlardır (Reddy ve ark., 2012). Yarı kurak iklim koşulları altında yapılan çalışmada pamuk bitkisinin kütlü verimini 2 476.0-3 289.5 kg ha⁻¹ bildirmişlerdir (Azevedo ve ark., 2012). Damla, karık ve cazibe sulamanın pamuk verimi üzerine etkisini araştırmak için yapılan çalışmada en yüksek pamuk lif verimi damlada 2 151-2 671 kg ha⁻¹ elde edilirken, karıkta 2 024-2 526 kg ha⁻¹ ve cazibe sulamada 1 536- 2 180 kg ha⁻¹ olarak gerçekleşmiştir (Choudhary ve ark., 2016). Çizelge 4.16. incelendiğinde pamuk verimi için seçilen 5 m uzunluk ve 0.70 m genişlik için alınan toplam 3.5 m² alanda bitki yoğunluğu artıka seçili noktadan elde edilen verimde düşüş meydana geldiğini ve bitki yoğunluğu azaldıkça verimin arttığı gözlenmektedir. Bu kapsamda sık ekim yapılan bölgelerde bitki popülasyonun arttığı ancak verimde ciddi anlamda azalma olduğu söylenebilmektedir.

4.8. Pamuk çirçir randımanı

Çalışmada 22 Ekim 2017 tarihinde parselin 5 farklı bölgesinden alınan pamuk kütlü numuneleri 250 g olacak şekilde paketlere ayrılmış ve laboratuvarında çirçir randımanı belirlenmiştir (Çizelge 4.17.).

Çizelge 4.17. Deneme alanından hasat edilen pamuk çirçir randımanı

Bölge	Randıman (%)
I.	43
II.	44
III.	44
IV.	43
V.	44
Ortalama	44

Pamuk kütlü randımanı 5 farklı bölgeden ortalama %44 olarak saptanmıştır. Alınan noktalardan en yüksek çirçir randımanı %44 ve en düşük randıman ise %43 olarak elde edilmiş ve Çizelge 4.17.'de gösterilmiştir. Azevedo ve ark., (2012) yaptıkları araştırmada ortalama çirçir randımanı %35.6 olarak saptamışlardır. Sonuçlar

arasında farklılığın çıkmasının nedeni olarak yapılan önceki çalışmada hasattın makine ile yapılmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Pamuk kütlü veriminin 545 kg da^{-1} olan çalışma alanında çırçır randımanı dikkate alındığında pamuk lif veriminin 239.8 kg da^{-1} olduğu saptanmıştır. Benzer sonuçlar atık suların sulama suyu olarak kullanıldığı pamuk çalışmasında pamuk lif veriminin 2200 kg ha^{-1} olarak alınmıştır (Kouchakzadeh ve ark., 2012). Sonuçlar yapılan önceki çalışma ile benzerlik göstermiştir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Harran Ovası'nın sulama projesi regülatörden Harran sağ ve Urfa sol sahil sulaması şeklinde tasarlanmıştır. Harran sağ sahil $84 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ve 150 km tul, Urfa sol sahil $40 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ve 75 km tul olduğu bildirilmektedir. Yukarıda ifade edildiği gibi sulama suyu talebinin karşılanmasında sulamadan dönen sular ve YAS kuyularında kullanılmaktadır. Yukarı-Harran sulama projesi ile 15 000 ha alan daha, anılan ovaya ilave edilmiş olup, toplamda 160 000 ha alanının üzerinde tarımsal sahanın sulaması gerçekleştirilmektedir. Tahminler odur ki, kullanılmış suların ovada yeniden kazanımı $15-20 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ arasında değişmekte, böylece mevsimlik su ihtiyacı vahşi sulamaların talebini karşılayacak yönde algoritma oluşturmaktadır. Tek önemli sorun vahşi sulamalar ile toprakta tuzluluk problemleri meydana gelmekte ve çok şiddetli erozyon problemleri ortaya çıkmaktadır.

Pamuk ve mısır ovanın suya kavuşmasından (1995) günümüze kadar ve daha çok uzun yıllar bitki paternini domine edecek bitki türlerinden sayılabilceğini göstermektedir. Gerek pamuk gerekse mısır bitkisi için şebekeye alınan mevsimlik su ihtiyaçları benzer olduğu görülmektedir. Bu değer yaklaşık 2 000 mm ölçülmüş ve toplam 160 000 ha alan ile çarpıldığında 3 200 milyon m^3 hacimsel suya karşılık geldiği görülmüştür. Nitekim, ilgili kuruluşun Harran Ovası'ndan çıkan ve güneyde Arıcan Deresi ile Suriye'ye geçen deşarj sularının mevsimlik 700 milyon m^3 'den çok fazla olduğu bildirilmektedir. 3 200 milyon m^3 suyun tamamı Fırat Havzası'ndan Atatürk Barajından gelmediği, tarımdan dönen suların çoğu kez tekrar-tekrar bağlama yapıları-regülatörler kullanılarak sulama suyu olarak kullanılması sonucu hacminin arttığı saptanmıştır. Ovanın vahşi sulamaları konvansiyonel sulamaların yerine geçmesi sulama randımanının %35-43 arasında olması suların randımansız kullanıldığının göstergesi olarak kabul edilebilir. Nitekim deneme parselinde kullanılan mevsimlik sulama suyunun 173 484 m^3 kullanılması yapılan hesaplamaların ve konu hakkındaki önermelerin doğru olduğunu kanıtlamaktadır. Sulama suyu kullanım randımanının (irrigation water use efficiency: IWUE) ve su kullanım randımanı (water use efficiency: WUE) sırasıyla 0.27 kg m^{-3} ve 0.65 kg m^{-3} saptanması ovada vahşi sulamaların yaygın olarak kullanıldığını kanıtlamaktadır.

Çalışmanın sulama suyu analizlerinde pH, EC ve DO değerleri IW, R_f ve D_p sularında incelenmiş pH değerleri IW ve R_f'de benzer tepkiler vermiş ancak, D_p'de pH değeri nötrüye yakın değer alması D_p'nin EC değerinin yüksek olmasından kaynaklandığı şeklinde açıklanabilir. EC değerleri; IW, R_f ve D_p sularında sırasıyla 508-625 µS cm⁻¹, 548-796 µS cm⁻¹ ve 6 360- 7 670 µS cm⁻¹ arasında değişmiştir. EC (µS cm⁻¹) değeri IW ve R_f'de oldukça benzer sonuçlar ölçüldüğünü, D_p'nin IW ve R_f değerinin 10 katına yakın olduğu saptanmıştır. Örneğin, çalışmanın başlığından anlaşılacağı gibi IW ve R_f değerlerinin benzer çıkmasının nedeni, IW'nin özellikle yüzey drenajdan olması ve buna bir miktar d_p'nin karışması sonucu bitki su ihtiyacı olarak kullanılmasından kaynaklanmış bu nedenle R_f değerine benzer sonuç alınmıştır. DO'nun tüm sulamalarda benzer sonuçlar verdiği gözlenmiş ve sulamalarda herhangi bir olumsuzluğa neden olduğu saptanmamıştır. Çalışma süresince dördüncü, beşinci ve altıncı sulamalarda ölçülen suyun sınıflandırılmasında IW ve R_f'de C₂S₁ çalışma alanından kollektörler aracılığıyla D_p değerleri C₄S₂ kalitesinde olduğu ancak bu suyun hiçbir zaman tahliye kanallarından asla direk kullanılmadığı, mabadan gelen diğer deşarj sularıyla yaklaşık olarak 1/15 oranında seyreltiği bu nedenle herhangi bir şekilde topraklarda degradasyona sebebiyet vermediği ifade edebilir.

Çalışma parselinde kullanılan gerek IW gerekse R_f parametrelerinde numunelerde ki AKM'lerin sonuçları incelendiğinde mg l⁻¹ değerlerinin birbirine çok yakın çıkmış olmasına rağmen R_f değerinin IW değerinden önemli derecede farklı olduğu saptanmıştır. Bu farklılık yaklaşık olarak 61 mg l⁻¹ düzeyindedir. Bu sonuç ovada dönen suların zorunlu olarak kullanıldığı koşullarda basınçlı sulama tekniklerini uygulamanın olası olmadığı anlaşılmıştır. Çünkü AKM değerlerinin çok yüksek olması basınçlı sulama önermesi ile aykırılık teşkil etmektedir.

Pilot ölçekli yürütülen çalışmada dönen suların sulama suyu olarak kullanılması koşullarında toprakların pH değerlerinin 7.78-8.16 arasında değiştiği ve önemli farkın bulunmadığı ve toprakların hafif alkali reaksiyonu saptanmıştır. Toprakların EC değerleri yüzeyden vertikal olarak aşağılara doğru ciddi bir değişimin olmadığı ölçülmüştür. Toprakların 60-90 cm derinliğinde EC'nin vahşi sulamalara rağmen

düşük çıkması ovada 85 000 ha'da gerçekleştirilen tarla içi geliştirme projelerine diğer bir ifade ile dren sistemlerine bağlı olduğu söylenebilir.

Ovanın genelinde çok yoğun yetiştiriciliği yapılan pamuk bitkisinde ortalama verimler 500-600 kg da⁻¹ arasında değişmektedir. Genel olarak makineli hasat yapıldığından tek bir varyete üzerinde ekimler gerçekleştirilmekte ve hasatları aynı tarihlere denk gelmektedir. Hasat döneminin son baharın son dönemlerine denk gelmesi ve yağışların kimi zaman erken başlaması hasatların geç olmasına ve verimlerin düşmesine neden olabilmektedir. Bu yaklaşıma uygun olarak seçilen parseldeki hasadın benzer olarak gerçekleştiğini söylemek mümkün görülmektedir. Buna bağlı olarak verim 545 kg da⁻¹ ve çırçır randımanı %44 olarak gerçekleşmiştir.

Harran Ovası'nda tarımsal sulamalardan dönen suların tekrar-tekrar kullanılması halinde önemli verim düşüşleri yaşanmamakta ve tekrar sulama suyu olarak kullanılmasının bir sakıncası bulunmamaktadır. Ancak, gerekli yatırımlar yapılarak sulamaların basınçlı sulama sistemleri ile yapılması ve sulama bedellerinin m³ cinsinden tahsil edilmesi durumunda hem fazla su kayıplarının önüne geçilerek sulama randımanlarının daha yüksek gerçekleşmesine olanak sağlanır hem de toprak kayıplarının önüne geçilebilir. Aşırı su tüketimlerinin yapıldığı ovada çiftçi eğitimlerinin yapılarak fazla suyun fazla verim olmadığı algısının sağlanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- ACOSTA-MARTINEZ, V., ZOBECK T., and ALLEN, V., 2004. Soil Microbial, Chemical and Physical Properties in Continuous Cotton and Integrated Crop–Livestock Systems. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 1875-1884.
- ADVIENTO-BORBE, M. A. A., BARNES, B. D., ISEYEMI, O., AMANDA M. MANN, A. M., REBA, M. L., ROBERTSON, W. J., MASSEY, J. H., and TEAGUE, T. G., 2018. Water Quality of Surface Runoff and Lint Yield in Cotton under Furrow Irrigation in Northeast Arkansas. *Science of the Total Environment* 613–614: 81–87.
- ANAÇ, S., ve AKSOY, U., 2002. Foreword. International Symposium on Techniques to Control Salination for Horticultural Productivity. 30 March 2002, Antalya-Turkey. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.573.0
- ANONİM, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği, 7 Ocak 1991 tarih ve 20748 sayılı Resmi Gazete.
- ANONİM, 2002. Devlet Su İşleri (DSİ) XV. Bölge Müdürlüğü. Şanlıurfa.
- ANONİM, 2006a. USEPA National Recommended Water Quality Criteria Correction Office of Water, EPA 8222-z-99-001, p.25.
- ANONİM, 2006b. WHO, A Compendium of Drinking-Water Quality Standards in the Eastern Mediterranean Region, p.26-44.
- ANONİM, 2015a. T.C Kalkınma Bakanlığı Güneydoğu Anadolu Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Şanlıurfa İl Profilleri, Sayfa:2-3.
- ANONİM, 2015b. ww.ins.itu.edu.tr/labor/dokuman/foylor/AKM_AKM.pdf (Erişim tarihi: 17.10.2017).
- ANONİM, 2017a. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Afyon 2. Ormancılık ve Su Şurası -Şubat 2017.
- ANONİM, 2017b. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> (Erişim tarihi: 18.11.2017)
- ANONİM, 2017c. Şanlıurfa İlinin uzun yıllar ve 2017 yılı iklim verileri. Şanlıurfa Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Tarım ve Orman Bakanlığı, Şanlıurfa
- ANONİM, 2017d. Türkiye İstatistik Kurumu, Tahıllar ve Diğer Bitkisel Ürünlerin Alan ve Üretim Miktarları (Seçilmiş Ürünlerde).
- ANONİM, 2018a. <https://water.usgs.gov/edu/earthwherewater.html> (Erişim tarihi: 23.08.2018).
- ANONİM, 2018b. 2017 Yılı DSİ'ce İşletilen ve Devredilen Sulama Tesisleri Değerlendirme Raporu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, İşletme ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- ANONİM, 2018c. <http://www.fao.org/docrep/005/y4252e/y4252e06.htm> (Erişim tarihi: 23.05.2018)
- ANONİM, 2018d. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, 2017 Yılı Pamuk Üretim Raporu, Mart 2018.
- ANONİM, 2018e. <https://www.tarim.bayer.com.tr/static/media/pdf/pamuk-tohumlari/CANDIA%20CNR%2028.01.13.pdf> (Erişim tarihi: 20.05.2018).
- ANONİM, 2018f. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri XV. Bölge Müdürlüğü, Şanlıurfa
- ANONİM, 2019a. <https://whc.unesco.org/en/list/1572> (Erişim tarihi: 06.04.2019)

- ANONİM, 2019b. <https://www.cotton.org/pubs/cottoncounts/story/upload/The-Story-of-Cotton-73k-PDF.pdf> (Erişim tarihi: 05.05.2019)
- AYDEMİR, O. 1992. Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 315, 122-125, Erzurum
- AZEVEDO, P.V., BEZERRA, J.R.C., and SİLVA, V.P.R., 2012. Evapotranspiration and Water-Use Efficiency of Irrigated Colored Cotton Cultivar in Semiarid Regions. *Agricultural Sciences* 3(05): 714-722.
- BAUDER TA, WASKOM RM, DAVIS JG, 2014. Irrigation water quality criteria. Colorado State University Extension, Fort Collin
- BENAMI, A., DISKIN, M. H., 1965. Desing of Sprinkler Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering Puplic, 23.
- BERNSTEIN, L., 1975. Effects of Salinity and Sodicity on Plant Growth. *Annual Review of Phytopathology*, 13: 295–312.
- CHOUDHARY, K. K., DAHIYA, R., and PHOGAT, V. K., 2016. Effect of Drip and Furrow Irrigation Methods on Yield and Water Use Efficiency in Cotton. *Research on Crops*, 17(4): 823-828.
- CHRISTIANSEN, J. E., 1968. Evaporation and Evapotranspiration from Climatic Data. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 94(2): 243-266.
- ÇULLU, M. A., ALMACA, A., ÖZTÜRKMEN, A. R., AĞCA, N., İNCE, F., DERİCİ, R. ve SEYREK, A., 2000. Harran Ovası Topraklarında Tuzluluğun Yayılma Olasılığının Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, GAP Tarımsal Araştırma-İnceleme ve Geliştirme Projesi, No: 4.1 Şanlıurfa.
- DAROUICH, H. M., PEDRAS, C. M. G., GONCALVES, J. M., and PEREIRA, L.S., 2014. Drip vs. surface irrigation: a comparison focusing on water saving and economic returns using multicriteria analysis applied to cotton. *Biosystems Engineering*, 122: 74–90.
- DELİBORAN, A., ve SAVRAN, S., 2015. Toprak Tuzluluğu ve Tuzluluğa Bitkilerin Dayanım Mekanizmaları. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 8 (1): 57-61.
- DEVKOTA, M., GUPTA, R. K., MARTIUS, C., LAMERS, J. P. A., DEVKOTA, K. P., SAYRE, K. D., and VLEK, P. L. G., 2015. Soil Salinity Management on Raised Beds with Different Furrow Irrigation Modes in Salt-Affected Lands. *Agricultural Water Management*, 152: 243–250.
- DOERFFER, R., FİSCHER, J., STÖSSEL, M., BROCKMANN, C., and GRASSL, H., 1989. Analysis of Thematic Mapper Data for Studying the Suspended Matter Distribution in the Coastal Area of the German Bight (North Sea). *Remote Sensing of Environment*, 28: 61-73.
- ELGALLAL, M., FLETCHER, L., and EVANS, B., 2016. Assessment of Potential Risks Associated with Chemicals in Wastewater Used for Irrigation in Arid and Semiarid Zones: A Review. *Agricultural Water Management*, 177: 419–431.
- FAO, 1985. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1985.
- FAO, 2010. Farming the Waters for People and Food. Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010.
- GÜNGÖR, Y., ve ERÖZEL. Z., 1994. Drenaj ve Arazi Islahı. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları No:1341, Ankara 232s.
- HORST, M. G., SHAMUTALOV, S. S., PEREIRA, L. S., and GONÇALVES, J. M., 2005. Field Assessment of the Water Saving Potential with Furrow Irrigation in Fergana, Aral Sea Basin. *Agricultural Water Management*, 77(1-3): 210–231.

- HULUGALLE, N. R., WEAVER, T. B., and FINLAY, L. A., 2010. Soil Water Storage and Drainage under Cotton-Based Cropping Systems in a Furrow-Irrigated Vertisol. *Agricultural Water Management*, 97(10): 1703-1710.
- HUNSAKER, D. J., FRENCH, A. N., WALLER, P. M., BAUTISTA, E., THORP, K. R., BRONSON, K. F., and ANDRADE-SANCHEZ, P., 2015. Comparison of Traditional and ET-Based Irrigation Scheduling of Surface-Irrigated Cotton in the Arid Southwestern USA. *Agricultural Water Management*, 159: 209-224.
- IBRAGIMOV, N., EVETT, S. R., ESANBEKOV, Y., KAMILOV, B. S., MIRZAEV, L., and LAMERS, J. P. A., 2007. Water Use Efficiency of Irrigated Cotton in Uzbekistan under Drip and Furrow Irrigation. *Agricultural Water Management*, 90: 112–120.
- ICAC, 2018. International Cotton Advisory Committee. This Month, September, 4, 2018.
- JAMES, D. W., HANKS, R. J. and JURINAK, J. J., 1982. *Modern Irrigated Soils*, John Wiley and Sons Publisher, Ney York, 235p.
- JENSEN, M. E., BURMAN, R. D. and ALLEN, R. G., 1990. *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*. American Society of Civil Engineers Manual and Reports on Engineering Practice No. 70, New York, 360.
- KARACA, G., ve SELENAY, M. F., 2001. Harran Ovası'nda Karık ve Damla Sulama Sistemlerinin Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1): 166-176.
- KARPUZCU, M., 1985. *Su Temini ve Çevre Sağlığı*. Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 30-34s.
- KOUCHAKZADEH, M., ALIKHASI, M., and BANIANI, E., 2012. The Effect of Treated Municipal Wastewater Irrigation in Non-Agricultural Soil on Cotton Plant. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 14(6): 1357-1364.
- MERCHÁN, D., CASALÍ, J., LERSUNDI, J. D. V. D., CAMPO-BESCÓS, M. A., GIMÉNEZ, R., PRECIADO, B., and LAFARGA, A., 2018. Runoff, Nutrients, Sediment and Salt Yields in An Irrigated Watershed in Southern Navarre (Spain). *Agricultural Water Management*, 195: 120–132.
- MUTLU, E., ve YANIK, T., 2012. Batıyaz Deresi (Samandağ) Su Kalitesinin Fiziko-Kimyasal Yöntemlerle Belirlenmesi. *Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IX. Ulusal Kongresi*, 14-17 Kasım 2012, Antakya-Hatay.
- NUTI, R. C., LAMB, M. C., SORENSEN, R. B., and TRUMAN, C. C., 2009. Agronomic and Economic Response to Furrow Diking Tillage in Irrigated and Non-Irrigated Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Agricultural Water Management*, 96(7): 1078–1084.
- PAL, M., SAMAL, N. R., ROY, P. K., and ROY, M. B., 2015. Electrical Conductivity of Lake Water as Environmental Monitoring –A Case study of Rudra sagar Lake. *OSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 9(3): 66-71.
- PETERSON, R. G., and CALVIN, L. D., 1965. *Sampling Methods of Soil Analysis*, Part 1. Agronomi Series No:9, Amer. Society of Agric. Inc. Publ., Madison-Wisconsin, USA, 5472 s.
- RAJAK, D., MANJUNATHA, M. V., RAJKUMAR, G. R., HEBBARA, M., and MÍNHAS, P. S., 2006. Comparative Effects of Drip and Furrow Irrigation on the Yield and Water Productivity of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in A Saline and Waterlogged Vertisol. *Agricultural Water Management*, 83(1-2): 30-36.

- REDDY, J. M., MUHAMMEDJANOW, S, JUMABOEV, K., and ESHMURATOV, D., 2012. Analysis of Cotton Water Productivity in Fergana Valley of Central Asia. *Agricultural Sciences*, 3(6): 822-834
- REDDY, K. R., REDDY, V. R., and HODGES, H. F., 1992. Temperature Effects on Early Season Cotton Growth and Development. *Agronomy Journal*, 84(2): 229-237.
- RICHARDS L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Lab., (Ed.), United States Department of Agriculture Handbook, 60:94 California, USA.
- RICHARDS L. A., 1969. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United State Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 60, Washington D.C., 160p.
- RIVER, A. P. L., 2009. Mapping Suspended Sediment Concentrations Using the Diffuse Attenuation Coefficient (Kd) and Multispectral and Spatiotemporal Images in Caribbean Coastal Waters of Colombia. Msc Thesis, International Institute for GeoInformation Science and Earth Observation Enschede, Netherlands, 46p.
- SHAKWEER, L., 2006. Impacts of Drainage Water Discharge on the Water Chemistry of Lake Edku. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 32(1): 264-282.
- SHAREEF, M., GUI, D., ZENG, F., WAQAS, M., ZHANG, B., and IQBAL, H., 2018. Water Productivity, Growth, and Physiological Assessment of Deficit Irrigated Cotton on Hyperarid Desert-Oases in Northwest China. *Agricultural Water Management*, 206: 1–10.
- SIVAKUMAR, M. V. K., DAS, H. P., BRUNINI, O., 2005. Impacts of Present and Future Climate Variability and Change on Agriculture and Forestry in the Arid and Semi-Arid Tropics. *Climatic Change*, 70 (1): 31–72.
- SOOMRO, A., MİRJAT, M. S., OAD, F. C., SOOMRO, H., SAMO, M. A., and OAD, N. L., 2001. Effect of Irrigation Intervals on Soil Salinity and Cotton Yield. *Journal of Biological Sciences*, 1(6): 472-474.
- SURESH, K. R., ve NAGESH, M. A., 2015. Experimental Studies on Effect of Water and Soil quality on Crop Yield. *Aquatic Procedia*, 4: 1235–1242.
- STUMM, W. and MORGAN, J.J., 1996. *Aquatic Chemistry, Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*. 3rd Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, p.533-550.
- TAEBI, A., ve DROSTE, R. L., 2004. Pollution Loads in Urban Runoff and Sanitary Wastewater. *Science of the Total Environment*, 327(1-3): 175–184.
- TURNER, A. and MILLWARD, G. E., 2002. Suspended Particles: Their Role in Estuarine Biogeochemical Cycles. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55(6): 857–883.
- WINTER, T. C., HARVEY, J. W., FRANKE, O. L., and ALLEY, W. M., 1998. *Ground Water and Surface Water A Single Resource*. U.S. Geological Survey, 1139: 2-50.
- WONDIE, T. A., 2009. The Impact of Urban Storm Water Runoff and Domestic Waste Effluent on Water Quality of Lake Tana and Local Groundwater Near The City of Bahır Dar, Ethiopia. A Thesis Presented to the Faculty of the Graduate School of Cornell University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Professional Studies, Ithaca, 48p.

- WWAP, 2017. Wastewater the Untapped Resource. The United Nations World Water Development Report. p.1-180.
- YIN, H-B., and PATEL, L., 2018. Comparison of Methods to Determine the Microbial Quality of Alternative Irrigation Waters. *Agricultural Water Management*, 201: 38–45.
- YUAN TAO, Y., WANG, S., XU, D., YUAN, H., and CHENA, H., 2017. Field and numerical Experiment of An Improved Subsurface Drainage System in HuaiBei Plain. *Agricultural Water Management*, 194: 24–32.
- ZONTA, J., BRANDÃO, Z., SOFIATTI, V., BEZERRA, J., MEDEIROS, J., 2016. Irrigation and nitrogen effects on seed cotton yield, water productivity and yield response factor in semi-arid environment. *Australian Journal of Crop Science*. 10. 118-126.



ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Sabri AKIN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Şanlıurfa/ 06.07.1990
Telefon : 0414 318 37 53
Faks : 0414 318 32 74
e-mail : sabriakin@harran.edu.tr

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Osman Gazi Lisesi, Merkezi, Şanlıurfa	2006
Önlisans	: Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Merkez, Kilis	2011
Üniversite	: Harran Üniversitesi, Merkez, Şanlıurfa	2015
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi, Merkez, Şanlıurfa	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017-	Harran Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

YABANCI DİLLER

İngilizce