


Araştırma Makalesi (Research Article)

Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2021, 58 (3):365- 376
<https://doi.org/10.20289/zfdergi.668163>

Sabri AKIN^{1*} 

Mehmet ŞİMŞEK² 

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü,
Harran/Türkiye

² Şırnak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şırnak/Türkiye

*İletişim (correspondence) e-posta:
sabriakin@harran.edu.tr

Anahtar sözcükler: Harran Ovası, drenaj
suyu, karık sulama, pamuk, su kalitesi

Keywords: Harran Plain, drainage water,
furrow irrigation, cotton, water quality

Harran Ovası'nda çiftçi koşullarında sulamadan dönen sularda kalite-kantitenin izlenmesi ve su uygulama randımanının saptanması*

Monitoring of quality-quantity and determination of
water application efficiency in water returning from
irrigation under farmer conditions in Harran Plain

* Bu makale ilk yazarın yüksek lisans tez projesinden özetlenmiştir.

Alınış (Received): 06.01.2020

Kabul Tarihi (Accepted): 11.12.2020

ÖZ

Amaç: Bu çalışma Harran Ovası'nda drenaj suyu ile sulanarak pamuk yetiştirilen çiftçi parselinde (86.6 da) su ve toprağın değişimlerini değerlendirmek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem: Su izlenimlerinde, sulama suyu (drenaj suyu), yüzey akış ve derine sızan sularının kalitesi ve miktarı, askıda katı madde (AKM) taşınımı saptanırken toprakta ise sulamalara göre toprak nem içerikleri, pH ve EC (elektriksel iletkenlik) değişimleri saptanmıştır. Ayrıca pamuk kütlü verimi ve çirçir randımanı belirlenmiştir.

Araştırma Bulguları: Araştırmada 7 sulama gerçekleştirilmiş ve toplamda 2,003 mm su 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. Suların pH, EC, DO (çözülmüş oksijen) %Na, SAR, RNA_{adj} (düzeltilen düzeltilmiş sodyum adsorbsiyon oranı) ve RSC (artık sodyum karbonat miktarı) değerleri sırasıyla 7.13-8.44, 508-7.670 µS cm⁻¹, 7.04-8.29 mg l⁻¹, % 21.93-55.12, 0.93-10.97, 1.04-14.33 ve (-36.29)-(-0.52) me l⁻¹ arasında olduğu tespit edilmiştir. Toprakların pH ve EC değerleri 7.53-8.21 ve 0.63-1.32 dS m⁻¹ saptanmıştır. Pamuk hasat döneminde elde edilen numuneler ile ortalama kütlü verimi ve çirçir randımanı 545 kg da⁻¹ ve %44 hesaplanmıştır.

Sonuç: Pilot ölçekli yürütülen araştırma parselinde sulama suyu olarak kullanılan drenaj sularıyla gerçekleştirilen sulamaların aşırı yapıldığı ve sulama randımanının ortalama %39 olduğu tespit edilmiştir. Toprakların tuzluluk değerlerine bakıldığında, drenaj sularının sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakıncası olmadığı anlaşılmıştır.

ABSTRACT

Objective: The study was carried out to evaluate changes in water and soil in the (86.6 da) field growing cotton by irrigating with drainage water in Harran Plain at farmer conditions.

Material and Methods: Quality and quantity of irrigation water (drainage water), surface runoff, deep percolation and suspended solid transport by water monitoring and soil moisture content, changes of pH and EC (electrical conductivity) by soil monitoring were determined. Also, yield and gin efficiency of cotton plant were determined.

Results: In the study, 7 irrigation events were done, and a total of 2,003 mm water was applied. Losses of surface flow and deep percolation ranged between 34-42 l s⁻¹ and 2-3 l s⁻¹ and irrigation efficiency ranged between 35-43% in all irrigation events. pH, EC, DO (dissolved oxygen), %Na, SAR, RNA_{adj} (adjusted Sodium Adsorption Ratio), and RSC (residual sodium carbonate) of water were determined as 7.13-8.44, 508-7.670 µS cm⁻¹, 7.04-8.29 me l⁻¹, 21.93-55.12, 0.93-10.97, 1.04-14.33 and (-36.29)-(-0.52) me l⁻¹ respectively. The pH and EC of the soil were determined as 7.53-8.21 and 0.63-1.32 dS m⁻¹. The average yield and gin efficiency of the samples obtained during the cotton harvest period were calculated as 545 kg da⁻¹ and 44%.

Conclusion: In the pilot scale survey, it was determined that the amount of water used as irrigation water was excessive and that irrigation efficiency was 39% on average. Considering the salinity values of the soils, it was understood that there was no problem in using drainage water as irrigation water.

GİRİŞ

Canlıların yaşamsal fonksiyonlarında önemli bir yere sahip olan suyun tekniğine uygun bir şekilde planlanması, projelendirilmesi ve tüketilmesi günümüzde büyük öneme sahiptir. Son yıllarda küresel ısınma nedeniyle meydana gelen doğal afetlerin (kuraklık, taşkın vb.) su kaynaklarının iyi yönetilmesi gerektiğine dikkat çekmektedir. Dünya üzerinde var olan 1.4 milyar km³ suyun sadece %0.003'lük kısmı (45,000 km³) tatlı sudur (FAO, 2019). Ülkemizin mevcut su potansiyeli ise 112 milyar m³ olup 2018 yılı nüfusuna (82 milyon) göre yıllık kişi başına düşen su miktarı 1,366 m³ olarak hesaplanmaktadır (DSİ, 2019 ve Anonim, 2019a). Ülkemiz bu miktar ile su sıkıntısı çeken ülkeler kategorisinde yer almaktadır. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de suyun en büyük kullanıcılarının başında %70 ile tarım sektörü gelmektedir (FAO, 2019 ve DSİ, 2019). Bu nedenle sulama projelerine ait tasarımlarda basınçlı sulama yöntemlerinin kullanılması, kısıntılı sulama suyu uygulamalarının hayata geçirilmesi ve konvansiyonel sulamalardan dönen suların tekrar kullanılması vb. çalışmaların yürütülmesi tarımsal sulamalarda suyun etkin kullanılması bakımından büyük önem arz etmektedir. Çünkü yüzey sulama yöntemleri ile sulanan alanlarda sulamaların kontrolsüz bir şekilde yapılması aşırı su kaybı, askıda katı madde (AKM) taşınımı, tuzluluk ve verimde azalmalara neden olmaktadır. Tuzluluk sorunu; en fazla drenaj sisteminin olmadığı veya bu sistemin yeterli çalışmadığı topraklarda görülmektedir (Bernstein, 1975). Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) ile 1995 yılında suya kavuşan Harran Ovası'nda sulamaların aşırı ve kontrolsüz bir şekilde yapılması, ovada drenaj sisteminin olmamasından kaynaklı taban suyu yükselmesi ve buna bağlı olarak tuzluluk problemleri ortaya çıkmıştır. Ancak, 2000'li yıllardan sonra Tarım Reformu teşkilatı tarafından senkronize yürütülen farklı birçok merhale projelerle günümüze kadar Harran Ovası'nın yarısından fazlasına (85,000 ha'lık) kapalı drenaj sistemi döşenmiştir (Anonim, 2019b). Aşırı ve kontrolsüz sulamalar sonucu gerçekleşen dibe çökmeden önce su üzerinde uzun bir süre kalabilen içerisinde canlı ve cansız partikülleri kapsayan Askıda Katı Madde (AKM) taşınımı tarımsal üretimde ciddi sorunlara neden olabilmektedir (Turner ve Millward, 2002). Örneğin; AKM taşınımının drenaj kanallarında gerçekleşmesi, kanallardaki biriken sedimentler, tarımsal besin elementi kayıpları nedeniyle ötrifikasyonu tetiklemektedir (Janse ve Van Puijenbroek, 1998). Ötrifikasyon sonucu drenaj kanallarında sucul otlar çıkmakta ve bunun sonucunda drenaj kanalları yüksek performansla çalışmamaktadır. Drenaj sularının yeniden kullanılmasında öncelikle su kalitesinin saptanması, suların amacına uygun şekilde kullanıma sunulması gerekmektedir. Özellikle kimi endüstriyel suların mutlaka kontrollü kullanılması ve evsel artılmış atık suların çığ tüketilen sebze ve meyvelerde kullanıma sınırlanmalar getirilmelidir. Bu konuda yasal düzenlemelerin acilen yapılması gerektiği söylenebilir. Nitekim son yıllarda atıksu arıtma tesislerindeki inovasyona dayalı gelişmeler atık suların yeniden kullanılmasını olanaklı kılmakta ve arıtılmış atık suların potansiyel bir su kaynağı olduğunu göstermektedir (Al-Jayyousi, 2003). Üstelik sulu tarım koşullarında üretimi gerçekleştirilen ve ülkelerin kalkınmasında büyük öneme sahip olan pamuk bitkisi üretimi, kullanılmış suların tekrar kullanımıyla hem sulanan alanlar ve hem de pamuk kütlü verimleri artış göstermiştir. 2016/17 üretim yılında dünyada 29,671,000 ha'lık alanda pamuk yetiştiriciliği yapılmış ve bu alanlardan toplamda 23,084,000 ton pamuk lif verimi elde edilmiştir. Aynı dönem için Türkiye pamuk üretimi 420,000 ha'lık alanda yapılmış olup 703,000 ton pamuk lif verimi elde edilmiştir (ICAC, 2018). Son yıllarda Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nde özellikle de Harran Ovası'nda çiftçilerin pamuk üretimine ilgisi oldukça artış göstermiştir. Ovada 2017 yılında toplamda 124,000 ha alanda pamuk üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2018b). Bu çalışma ile GAP projesi içerisinde önemli bir paya sahip Harran Ovası'nda çiftçi koşullarında yetiştirilen ve sulamadan dönen sular (drenaj suları) ile sulanarak yetiştirilen pamuk bitkisinde, verim, çirçir randımanı, mevsimlik uygulanan sulama suyu ve su tüketimi miktarlarının saptanması, mevsim boyunca toprak ve sulama sularının niteliklerinin izlenmesi ve gerçekleşen sulamalarda AKM miktarının belirlenmesi ile birlikte tarımdan dönen suların kullanıma uygunluğunun araştırılması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Araştırma, Şanlıurfa ili Harran ilçesinde bulunan ve gönüllülük esasına dayalı seçilen 86.6 dekarlık pamuk ekili çiftçi arazisinde yürütülmüştür. Araştırma alanı, 36°49'59.13"-36°49'48.29" Kuzey enlemleri ve 39°4'3.25"-39°4'13.86" Doğu boyları arasında yer almaktadır. Araştırma toprakları profil boyunca genellikle ağır bünyeli olup arazi yetenek ve sulu tarıma uygunluk sınıflamasına göre büyük bir çoğunluğu II. sınıf arazilerdir (Çullu ve ark., 2000). Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri**Table 1.** Physical properties of research area soils

| Derinlik (cm) | 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 ağırlık

Çalışma alanında su kaynağı ovanın üst kesimlerinde sulamadan dönen sular (drenaj suyu) ile karşılanmıştır. Parsele HY10-15 (kanalet tipi: 180) yedek kanalet güzergâhından sulama suyu karşılanmakta, parselin deşarj koşulları HT13-0-5 kuşaklama kanalına gerçekleşmekte ve HT13 ana derin tahliye kanalı ile alıcı ortama savaklanmaktadır. Ova, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin karasal iklim özellikleri ile Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Bölgenin uzun yıllar iklim verileri incelendiğinde yazlar sıcak ve kurak, kışlar soğuk ve az yağışlı geçmektedir. Şanlıurfa ilinin uzun yıllar (1923-2017) iklim verilerine göre, yıllık ortalama toplam yağış 456.3 mm, yıllık buharlaşma 1,848 mm ve sıcaklıklar ise -12 ile 45.8 °C arasında gerçekleşmiştir (Anonim, 2018a). Araştırmanın yürütüldüğü 2017 yılı mayıs-ekim ayı arasında sıcaklık 11.3 ile 44.8 °C, toplam buharlaşma (mayıs-ekim) 1,822 mm ve belirtilen aylar arasında Şanlıurfa iline toplam 24.3 mm yağış düşmüş ancak çalışma alanında etkili yağış gerçekleşmemiştir. Araştırmada kullanılan bitki çeşidi ova genelinde çok fazla tercih edilen Candia pamuk çeşididir. Bu pamuk çeşidi, su stresine dayanıklı ve fibermax özelliği nedeniyle tekstil sektöründe büyük öneme sahiptir. Lif uzunluğu 30-31 mm, incelik 4.0-4.3 μ , üniformite %85-88 ve iplik olabime indeksi (SCI) 170 ve üzerindedir (Anonim, 2018c). Tohum ekimi 30.04.2017 (day of year: DOY=120) tarihinde gerçekleşmiştir.

Çalışma süresi boyunca araştırma parseline alınan ve parselden çıkan suların hız okumaları (m s⁻¹) önceden kalibrasyonu yapılan cüce muline ile okunmuş, hız ölçümleri kanalet ıslak alanı ile çarpılarak suların debileri hesaplanmıştır. Yüzey akış sularının hız okumaları suyun mansaplandığı kavşutta gerçekleştirilmiş, derine sızan sularının debi okumaları tarla içi drenaj sisteminin kollektör çıkış ağzında yapılmıştır (Jarret, 1984; Fox and McDonald, 1985; Kieffer, 1985; Frank, 2006). Suların debi hesapları için eşitlik 1, hacim değerleri için ise eşitlik 2 kullanılmıştır.

$$Q = A * v \quad (1)$$

Eşitlik 1'de; Q: debi (m³ s⁻¹), A: kanaletin alanı (m²), v: kanalette akan suyun hızı (m s⁻¹).

$$V = Q * t \quad (2)$$

Eşitlik 2'de; V: suyun hacmi (m³), Q: debi (m³ s⁻¹), t: zaman (s).

Araştırma alanında pamuk bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimi James ve ark., (1982)'nin belirlediği yöntemle göre hesaplanmıştır (eşitlik 3). Araştırmanın yaz mevsiminde yürütülmüş olmasından dolayı eşitlikte gösterilen yağış hesaba katılmamıştır. Ayrıca aynı yaklaşım araştırma parseline tarla içi drenaj sisteminin bulunmasından dolayı kapilar yükselme gerçekleşmeyeceği kabul edildiğinden işlemle dahil edilmemiştir. Uygulanan sulama suyu (d_b) miktarı eşitlik 4' göre, uygulanan net sulama suyu (d_n) miktarı eşitlik 5'e göre ve sulama randımanının saptanması için ise eşitlik 6'ya göre hesaplanmıştır. Eşitlik 4'de verilen uygulanan bürüt sulama suyu miktarı (mm) hesabı için eşitlik 2'de hesaplanan su hacminin (m³) toplam alana (d_a) bölünmesi ile edilmiştir. Eşitlik 5'de verilen uygulanan net sulama suyu miktarı (mm) hesabı için eşitlik 4'e göre hesaplanan uygulanan bürüt su miktarından (mm) derine süzülme (mm) ve yüzey akış su miktarları (mm) çıkarılarak hesaplanmıştır. Sulama randımanı (%) hesabı için ise uygulanan net su miktarının (mm) uygulanan bürüt su miktarına (mm) bölünmesi ve çıkan sonuç 100 ile çarpılarak randıman % cinsinden hesaplanmıştır.

$$ET = I + P + C_r - d_p - R_f \pm \Delta S \quad (3)$$

Eşitlik 3'de; ET: mevsimlik bitki su tüketimi (mm), P: yağış (mm), C_r : kapilar yükselme, d_p : derine sızma (mm), R_f : yüzey akış (mm), ΔS : toprak profilindeki nem değişimi (mm) ifade eder.

$$d_b = \frac{V}{A} \quad (4)$$

Eşitlik 4'de; d_b : uygulanan bürüt suyun derinliği (mm), V : uygulanan hacimsel su (m^3), A : parsel büyüklüğü (da).

$$d_n = d_b - (R_f + d_p) \quad (5)$$

Eşitlik 5'de; d_n : uygulanan net suyun derinliği (mm), R_f : yüzey akış (mm), d_p : derine sızma (mm).

$$E_a = \frac{d_n}{d_b} * 100 \quad (6)$$

Eşitlik 6'da; E_a : Sulama randımanı, d_n : uygulanan net suyun derinliği (mm), d_b : uygulanan sulama suyu derinliği (mm).

Araştırma alanı topraklarının nem içerikleri gravimetrik yöntemle göre belirlenmiştir (Peterson ve Calvin, 1965; Benami ve Diskin, 1965). Toprak nem içerikleri için toprak numuneleri pamuğun etkili kök derinliğine kadar (0-90 cm); ekim öncesinde, her sulama öncesinde ve hasat sonrasında alınarak hesaplanmıştır. Sulama mevsimi boyunca toprak pH ve EC (elektriksel iletkenlik) değişimlerini saptamak amacıyla, toprağın 0-90 cm derinliğinden alınan örneklerden önce saturasyon ekstraktı ve bu ekstraktan süzük çıkarılarak toprakların pH ve EC değerleri saptanmıştır (Richards, 1954).

Sulama suyu (IW), yüzey akış (R_f) ve derine sızma (d_p) sularının pH, EC ve DO (çözünmüş oksijen) değerleri, tüm sulamalardan alınan numunelerde saptanmıştır. Son üç sulamada (4., 5. ve 6.sulamalarda) ise suların sınıfı; Scofield (1933), Scofield (1936), Wilcox ve Magistrad (1943), Doneen (1954) ve Richards (1954), 'e göre, Sodyum Yüzdesi: %Na (Kanber ve Ünlü, 2014), Sodyum Adsorbsiyon Oranı: SAR (Richards, 1954), Düzeltilen Düzeltilmiş Sodyum Adborbsiyon Oranı: RNA_{adj} (Suarez, 1981; Kanber ve Ünlü, 2014), Artık Sodyum Karbonat Miktarı: RSC (Eaton, 1950) belirlenmiştir. Tüm sulamalarda IW, R_f ve d_p sularındaki AKM kayıp miktarlarının belirlenmesinde filtrasyon yöntemi kullanılmıştır (Anonim, 2015a).

Araştırma sonunda Harran Ovası'nda yoğun ekimi yapılan pamuk bitkisinin verimi ve çırçır randımanını belirlemek amacıyla 15.10.2017 (DOY:288) tarihinde deneme alanının 5 farklı noktasında rastgele seçilen 3.5 m^2 'lik mini parsellerde elle kütlü hasatları yapılmış ve pamuğun ortalama verimi ($kg da^{-1}$) hesaplanmıştır. Çalışma alanından alınan 250 g'lık pamuk numuneleri çırçır makinesinden geçirilmiş ve eşitlik 7'ye verilen denkleme göre çırçır randımanları belirlenmiştir.

$$\text{Çırçır randımanı} = \frac{li_f (g)}{li_f (g) + çigit (g)} * 100 \quad (7)$$

İstatiksel analiz

Çalışma çiftçi parselinde yürütüldüğü için bulgular için konvansiyonel istatiksel deneme desenleri kullanılmamış, sonuçlar izleme ve değerlendirme şeklinde yorumlanmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Sulama suyu miktarı ve mevsimlik bitki su tüketimi

Araştırmanın yapıldığı 2017 yılında, 86.6 da pamuk ekili çiftçi arazisine tav sulama dâhil toplamda 7 sulama yapılmıştır. Sulamalar 20.04.2017 (DOY:110) tarihinde tav sulama ile başlanmış ve son sulama 04.09.2017 (DOY:247) tarihinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma süresi boyunca tüm sulamaların izleme ve değerlendirmesi yapılmıştır (Çizelge 2).

Araştırmanın yapıldığı parsel alanı ova genelindeki ortalama parsel alanından biraz fazladır. Ancak, parsel büyüklüğünün uygulanan sulama suyu miktarı üzerinde negatif veya pozitif bir etkisinin olmadığı sadece sulama süresi üzerinde etkisinin bulunduğu söylenebilir. Araştırma alanının bulunduğu bölgede olan 17270 no'lu akredite edilmiş meteoroloji veri istasyonundan yapılan okumalara göre çalışmanın

yürütüldüğü bölgeye 2017 yılında 194.40 mm yağış düşmüştür. Bölgede kuzeyden güneye doğru kuraklığın arttığı ve kuru koşulların ilkbahar mevsiminin son haftalarına denk gelmesinden dolayı topraktaki nem açığının fazla olmasına neden olmuştur. Bu nedenle, ekim yapılan tarihte tohum yatağının solma noktası düzeyinde olmasından dolayı tav sulama yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Ekim sonrası yapılan sulamalar çok fazla tercih edilmemektedir. Çünkü ekim sonrasında yapılan sulamaların yüksek debilerde ve kontrolsüz gerçekleşmesinden dolayı tohum, tohum yatağından çıkarak su ile birlikte akışa geçmesi sonucu bitki yoğunluğu (tohum adedi da^{-1}) azalacağından dolayı kütlü verimlerinin düştüğü bildirilmektedir.

Çizelge 2. Araştırma süresi boyunca mevsimlik su dinamikleri

Table 2. Seasonal water dynamics during research time

| 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_a (%) |
|----------------------------------|-------------|---------------------|----------------|---------------|-------------------------|-------------------------|---------------|--------------|
| 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 | | | | | | | |

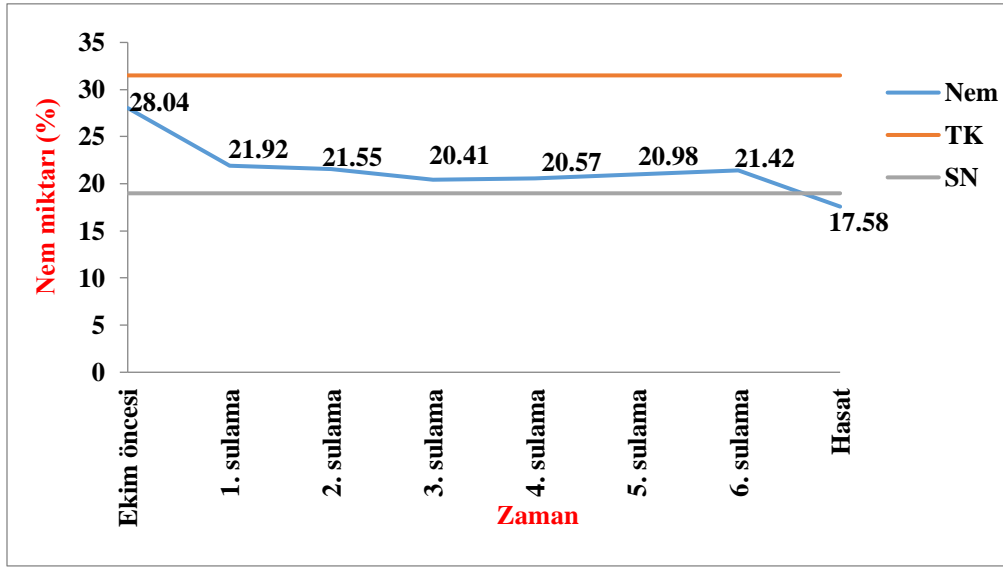
t: Sulama süresi, Q: Debi, V: Hacimsel su miktarı, d_b : Uygulanan bürüt su miktarı, R_f : Yüzey akış miktarı, d_p : Derine sızma miktarı, d_n : Uygulanan net su miktarı, E_a : Sulama randımanı

Araştırmada, en yüksek sulama suyu miktarı tav sulamada 314 mm yapılırken en düşük uygulanan sulama suyu miktarı ise son sulama olan 6. sulamada 227 mm ölçülmüş ve toplamda 2,003 mm sulama suyu uygulanmıştır (Çizelge 2). Tav sulama sonrası parselde uygulanan sulama suyu miktarı sıcaklık artışına bağlı olarak, her sulamada artış olduğu saptanmıştır. Uygulanan bürüt ve net sulama suyu miktarları arasında ciddi farklılıkların oluşması sulama suyu randımanının düşük olmasına neden olmuş ve araştırmada sulama suyu randımanı %38-43 arasında değişmiştir. Karık sulama performanslarını belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada performansların %53-54 arasında değiştiği bildirilmiştir (Reddy ve ark., 2012). Harran Ovası'nda yürütülen bu çalışmada sulama randımanlarının çok düşük çıkmasının nedeni olarak sulamaların aşırı ve kontrolsüz bir şekilde yapılmasından kaynaklanmış olduğu söylenebilir. Araştırma sonunda, Harran Ovası'nda sulamadan dönen sular ile sulanan pamuk bitkisinin mevsimlik su tüketimi 865 mm saptanmıştır. Benzer bir çalışmada aynı tüketim için karık sulamada 739 mm bildirilmiştir (Ibragimov ve ark., 2007). Harran Ovası pamuk bitkisi için elde edilen mevsimlik bitki su tüketim miktarı önceki çalışmalar ile benzer olduğu, aşırı sulama suyu uygulamalarının mevsimlik bitki su tüketimi üzerinde etkisinin olmadığı, aşırı suyun kayıplar üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir.

Toprak nem içeriği

Mevsim boyunca her sulama öncesi toprak nem içerikleri araştırma alanı topraklarının 0-90 cm derinliğinden alınmış ve nem tayinleri yapılmıştır (Şekil 1).

Araştırma topraklarının 0-90 cm derinliğindeki en fazla nem kaybı sıcaklığın pik olduğu temmuz ve ağustos aylarında yapılan III. ve IV. sulamalarda, en az nem kaybı ise sulamanın aşırı yapıldığı (314 mm) tav sulama sonucu ve sıcaklığın diğer aylara göre daha düşük olduğu ekim öncesinde gerçekleşmiştir (Çizelge 1). III. ve IV. sulamalarda nem açığının fazla olmasındaki en büyük sebep; sıcaklığın fazla olması, bitkide koza oluşum döneminin başlaması, gündüz ve güneşlenme sürelerinin fazlalığı gösterilebilir. Diğer sulamalarda toprak nem içeriği trendi azalış ve artış göstermiştir. Son sulamadan (VI. sulama) sonra pamuk hasat dönemine kadar bitkinin generatif gelişiminin son evresinde su tüketiminin azalması sebebiyle sulamalar yapılmamış ve toprak nem içeriğinin solma noktasının altına düştüğü tespit edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Araştırma süresi boyunca alınan toprak örneklerinin nem içerikleri (mm)

Figure 1. Moisture content (mm) of soil samples taken during the research period

Sulama suyu analiz sonuçları

Sulama sezonu boyunca tüm sulamalardan alınan numuneler ile suların pH, EC ve DO değerleri saptanmış ve değişimleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Araştırma alanı sularının pH, EC ve DO sonuçları

Table 3. pH, EC and DO results of research area waters

| Numune/sulama | pH | | | EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$) | | | DO (mg l^{-1}) | | |
|---------------|------|----------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|
| | IW | R _f | d _p | IW | R _f | d _p | IW | R _f | d _p |
| I. Sulama | 8.24 | 8.09 | 7.23 | 584 | 796 | 7,670 | 7.82 | 7.14 | 7.85 |
| II. Sulama | 8.37 | 7.83 | 7.34 | 608 | 640 | 6,840 | 8.01 | 7.04 | 8.29 |
| III. Sulama | 8.14 | 8.22 | 7.31 | 576 | 613 | 6,530 | 7.83 | 7.25 | 7.55 |
| IV. Sulama | 8.36 | 8.37 | 7.17 | 508 | 548 | 6,820 | 7.56 | 7.76 | 7.15 |
| V. Sulama | 7.94 | 8.10 | 7.13 | 625 | 659 | 6,360 | 7.98 | 7.42 | 7.64 |
| VI. Sulama | 8.44 | 8.73 | 7.19 | 574 | 561 | 6,930 | 7.86 | 7.28 | 7.92 |

Çalışma süresince tüm sulamalardan alınan suların, pH değerlerinde herhangi bir sapma olmadığı sonuçların benzerlik gösterdiği saptanmıştır (Çizelge 3). Çalışmada kullanılan sulama sularının, sulamadan dönen sular olması nedeniyle IW ve R_f sularının pH değerleri benzer bulunmuştur. Diğer önemli su parametresi olan d_p sularının pH sonuçları IW ve R_f'ye göre daha düşük bulunmuştur. Ancak, doğal kaynaklı sularda pH aralığının 6.5-8.4 arasında olması gerektiği bildirilmektedir (FAO, 1985). Ülkemizde var olan Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflandırma Yönetmeliğine göre IW, R_f ve d_p sularının pH değerlerine göre değerlendirildiğinde, sonuçlar 6.5-8.5 arasında olduğundan pH bakımından suların birinci sınıf sular kategorisinde yer aldığı tespit edilmiştir. Sadece son sulamada R_f suyunun pH değeri 8.73 çıkmış, ilgili Yönetmelik'e göre ikinci sınıf su kategorisindedir (Anonim, 2015b). Sulamalarının pH değerinin verilen referans değerinin üzerinde veya altında (pH:4 ve 10) olması durumunda bitki gelişiminde olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır (Zhao, ve ark., 2013). Yüzeysel sulama yöntemlerinin uygulandığı pamuk ekili topraklarda pH değerleri 8.51-8.99 arasında olduğu bildirilmiştir (Thind ve ark., 2010). Harran Ovası'nda yürütülen pilot ölçekli çalışmada tüm suların (IW, R_f ve d_p) pH değerleri verilen sınırlar arasında kaldığından bitki gelişimi açısından olumsuz bir etkiye neden olmadığı saptanmıştır.

Çalışma sularının EC değerleri IW ve R_f sularında benzer iken, d_p sularında ise IW ve R_f değerlerinden yaklaşık on kez daha yüksek ölçülmüştür (Çizelge 3). Ülkemizde var olan Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflandırma Yönetmeliğine göre suların EC değerleri bakımından IW ve R_f'nin ikinci sınıf, d_p'nin ise dördüncü sınıf su kategorisinde yer aldığı saptanmıştır (Anonim, 2015b). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO, 1985) belirlemiş olduğu sınır değerlerine göre; EC değerleri IW ve R_f sularında herhangi bir sorun teşkil etmediği, d_p sularında ise EC değerinin çok aşırı olduğu ve suyun sınıfının dördüncü sınıf sular kategorisinde yer aldığı saptanmıştır. Çalışmada 4., 5. ve 6. sulamalarda alınan su örneklerinin detay analizleri sonucu IW, R_f ve d_p'nin sınıfları her 3 sulamada aynı olduğu belirlenmiştir. IW, R_f ve d_p'nin sınıfları C2S1, C2S1 ve C4S2 olduğu saptanmıştır. IW ve R_f'nin sulama suyu sınıflandırılmasına göre sulama suyu olarak kullanılmasında bir sakınca olmadığı, d_p'nin ise sulama suyu olarak kullanılmasının uygun olmadığı tespit edilmiştir (Scofield (1933), Scofield (1936), Wilcox ve Magstrad (1943), Doneen (1954) ve Richards (1954)). Ancak d_p olarak alıcı ortama/drenaj kanallarına mansaplanan suların hacimsel değerleri R_f'ye göre çok daha düşük olduğundan, TD13 tahliye kanalına döküldüğü noktada $\approx 1/15$ oranında seyreltiği ölçümlerle kanıtlanmıştır. Bu nedenle, d_p sularına ait EC değerleri tahliye kanallarındaki varlığının önemli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Araştırma sularının DO değerleri 7.04-8.29 mg l⁻¹ arasında değişmiş ve bu değerlerin önemsiz olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Ülkemizde var olan Kıtaçi Yerüstü Su Kaynaklarının Sınıflandırma Yönetmeliğine göre suların elde edilen DO değerleri bakımından su kalite sınıfları incelendiğinde IW, R_f ve d_p sularının ikinci sınıf su kalite kategorisinde yer aldığı, sadece ikinci sulamada IW ve d_p sularının DO değerleri 8'in üzerinde olduğu için bu sulamada birinci sınıf kategorisinde yer aldığı saptanmıştır (Anonim, 2015b). Nitekim sulardaki DO miktarı kirliliğin ve kalitenin saptanmasında en önemli faktörlerden biridir (Ibanez ve ark., 2008). Özellikle kirleticilerin (atık su vb.) sulara karışması sonucu su içerisindeki oksijen miktarı şiddetli şekilde düşmektedir (Tam and Peterson, 2014). Araştırma parselindeki %Na, SAR, RNa_{adj}, RSC (me l⁻¹) değerleri; IW, R_f ve D_p suları için analizleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. IW, R_f ve d_p sularının su analiz sonuçları

Table 4. Water analysis results of IW, R_f and d_p waters

| Sulama | %Na | | | SAR | | | RNa _{adj} | | | RSC (me l ⁻¹) | | |
|-----------|-------|----------------|----------------|------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|
| | IW | R _f | d _p | IW | R _f | d _p | IW | R _f | d _p | IW | R _f | d _p |
| IV.Sulama | 24.66 | 27.55 | 55.12 | 0.97 | 1.22 | 10.98 | 1.10 | 1.66 | 14.33 | -0.52 | -1.35 | -33.69 |
| V.Sulama | 22.52 | 21.93 | 54.13 | 0.93 | 0.93 | 10.09 | 1.11 | 1.35 | 13.14 | -1.17 | -1.80 | -30.61 |
| VI.Sulama | 22.48 | 23.87 | 53.46 | 0.90 | 0.96 | 10.72 | 1.04 | 1.28 | 14.14 | -1.13 | -0.99 | -36.29 |

Araştırma sularının %Na değeri 21.93-55.12 arasında değişmiştir. IW ve R_f suların her ikisinin de drenaj suyu olmasından dolayı %Na bakımından sonuçların benzer çıktığı, d_p sularındaki %Na'nın ise IW ve R_f'ye göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. IW, R_f ve d_p sularının sodyum zararını değerlendirmek amacıyla belirlenen SAR ve Ca ve HCO₃ etkileşimi dikkate alınarak hesaplanan RNa_{adj} değeri sırasıyla 0.90-10.98, ve 1.04-14.33 arasında değişmiştir. RSC miktarı ise -33.69 ile -0.52 me l⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 4). Atık suların analizlerinin yapıldığı bir çalışmada SAR'ın 4.55, RSC'nin ise -3.616 me l⁻¹ olduğu bildirilmiştir (Al-Shammiri ve ark., 2005). Bu çalışmada ise en düşük RSC miktarları d_p sularında elde edilirken en yüksek ise IW sularında elde edilmiştir. RSC değerleri, sulara CO₃ ile HCO₃ konsantrasyonuna oranla Ca ile Mg konsantrasyonunun çok fazla olduğunu göstermektedir. RSC miktarının +2.50 me l⁻¹'nin üzerinde olması durumunda bu suların sulama suyu olarak kullanılmaması önerilmektedir (Eaton, 1950; Kanber ve Ünlü, 2014). Çalışmada RSC değerleri söz konusu değerlerin çok altındadır. Bu nedenle bu suların toprakta artık sodyum karbonat oluşturma riski bulunmamaktadır.

Askıda katı madde taşınımı

Her sulamada çalışma parselinden alınan su numunelerinden AKM taşınım analizleri yapılmış ve sulardaki AKM miktarları sulamalardaki hacim değerleri (m³) ile çarpılarak her bir sulamadaki AKM miktarı ton parsel⁻¹ olarak hesaplanmıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Araştırma parselindeki suların AKM miktarları**Table 5.** AKM quantities of the waters in the research parcel

| 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 taşınımları, IW'de 226.15-287.33 mg l⁻¹, R_f'de 278.52-337.33 mg l⁻¹ ve d_p'de ise 4.67-18.66 mg l⁻¹ olarak gerçekleştiği saptanmıştır (Çizelge 5). Evsel atık su ile tarımsal drenaj sularının karıştığı suların AKM taşınımları incelenen araştırmada AKM miktarının 43-467 mg l⁻¹ arasında olduğu saptanmıştır (Taebi ve Droste, 2004). Drenaj ve atık suların araştırıldığı bir diğer çalışmada ise AKM miktarı 300 mg l⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Wondie, 2009). Çalışmada elde edilen AKM miktarları önceden yürütülmüş çalışmaların AKM miktar sonuçları ile benzerlik göstermiştir. Harran Ovası'nda AKM değerleri incelendiğinde, en yüksek AKM kayıplarının R_f'de, en az kayıpların ise d_p sularında gerçekleştiği saptanmıştır. IW ve R_f sularındaki AKM miktarları ise birbiriyle benzerlik göstermiştir (Çizelge 5). Çünkü iki su arasındaki AKM miktarının az olması; IW olarak kullanılan suların, HT10-1 tahliye kanalı üzerinde kurulu olan ve teknik projesi bulunan Yardımlı regülatöründen HYA beton kaplamalı trapez kanalı yardımıyla alınan sular, sulamadan dönen yüzey sularının oluşturduğu sular olup 4,000 ha alan için su kaynağı olarak kullanılmaktadır. En yüksek AKM değerinin R_f sularında gerçekleşme nedeninin parsel alınan, dönen sular olduğu ve sulama sularının çok yüksek debili uygulanmasından kaynaklandığı saptanmıştır. Yüksek debili sulama suları parsel başından giriş yaptıktan sonra, çok hızlı bir şekilde parselden mansaplanması ve kuşaklama kanalına yüzey akışlarla deşarj olması AKM miktarlarının yüksek gerçekleşmesine neden olduğu görülmüş ve bu suların debileri rutin olarak muline ile ölçülmüştür. Araştırmada d_p suları derine sızması nedeniyle filtrelenmiş ve içme suyu berraklığında olmuştur. Bu nedenle d_p sularında AKM miktarları IW ve R_f sularına göre çok düşük bulunmuştur. Yapılan bir araştırmaya göre zeytin atıklarının toprağa karışması sonucu toprak erozyonunun azaldığı bildirilmiştir (Yönter ve Uysal, 2015). Yüksek debili sulamaların yapıldığı konvansiyonel sulamalarda toprak erozyonunu minimize eden faktörlerin başında toprakta yeterli miktarda organik maddenin olması gelmektedir. Özellikle Harran Ovası gibi hem konvansiyonel hem de aşırı sulamaların yapıldığı bölgelerde toprağın organik madde miktarını artırıcı uygulamaların yapılması durumunda sulamalar sonucu gerçekleşen toprak erozyonun yüksek miktarlarda gerçekleşmesinin önüne geçilebilir.

Toprakların pH ve EC sonuçları

Araştırma süresince sulama öncesinde alınan toprak örneklerinin (0-30, 30-60 ve 60-90 cm) süzük okumaları sonucu pH ve EC tayinleri yapılmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Araştırma alanı topraklarının pH ve EC (dS m⁻¹) değerleri**Table 6.** pH and EC (dS m⁻¹) values of research area soils

| Zaman | pH | | | EC (dS m ⁻¹) | | |
|-------------|---------|----------|----------|--------------------------|----------|----------|
| | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm | 0-30 cm | 30-60 cm | 60-90 cm |
| I. Sulama | 8.16 | 8.03 | 8.13 | 0.63 | 0.70 | 0.80 |
| II. Sulama | 8.07 | 7.93 | 8.21 | 0.83 | 0.93 | 1.00 |
| III. Sulama | 8.01 | 7.75 | 8.02 | 0.90 | 1.10 | 1.13 |
| IV. Sulama | 7.92 | 7.80 | 8.01 | 1.24 | 1.13 | 1.32 |
| V. Sulama | 7.53 | 7.79 | 7.91 | 1.00 | 1.20 | 1.30 |
| VI. Sulama | 7.83 | 7.73 | 7.83 | 0.81 | 1.00 | 1.13 |
| Hasat | 7.80 | 7.80 | 7.90 | 0.90 | 1.20 | 1.20 |

Toprakların pH'ı 7.53-8.21, EC değeri ise 0.63-1.32 dS m⁻¹ arasında olduğu saptanmıştır (Çizelge 6). Araştırma topraklarının pH<8.5; EC<4 dS m⁻¹ ve ESP değerlerinin<%15 olması dolayı, topraklarda tuzluluk ve sodyumluluk sorunu bulunmadığı söylenebilir (Richards,1954). Bu çalışmaya ilişkin Değişebilir Sodyum Yüzdesi: Exchangeable Sodium Percentage (ESP) değerleri; Sodyum Adsorbsiyon Oranı Sodium: Sodium Adsorption Ratio (SAR)'dan hesaplanmıştır. ESP değeri SAR değerlerinde olduğu gibi IW ve R_f sularında benzer gerçekleşirken d_p sularında farklı tepkiler vermiştir. Çünkü d_p sularında SAR değerleri IW ve R_f sulara ait değerden on kez daha yüksek şekilde ölçülmüş ve hesaplanmıştır (Çizelge 4). Pamuk ekiminin sürekli olduğu arazilerde yapılan araştırmada pH değerinin 8.1'in üzerinde olduğu bildirilmiştir (Acosta-Martinez ve ark., 2004). Tuzlu topraklarda farklı sulama aralıklarına göre sulanan pamuğun pH değerinin 7.2-7.9 arasında değiştiği bildirilmiştir (Soomro ve ark., 2001). Elde edilen sonuçlar yapılan önceki çalışmanın çıktıları ile benzerlik teşkil etmektedir. Nitekim tuzluluk tarım için önemli bir abiyotik stres kaynağı sayılmaktadır. Çünkü pamuk bitkisi diğer kültür bitkilerinde olduğu çimlenme ve bitkinin ilk gelişim dönemlerinde tuza duyarlıdır. Bu nedenle pamuk bildirilen eşik değeri 7.7 dS m⁻¹ (Bernstein, 1955). Eşik değerinin üzerinde tuz seviyelerinde bitki biyokütle üretiminde ciddi düşüşler yaşanır, kök uzunluğu/ağırlığı ve gövde kalınlığı azalır. 17.0 dS m⁻¹ de kütlü veriminde ise %50 azalma olduğu bildirilmiş, bununla birlikte pamukta tuz stresinde yapraklarda azot seviyesinin düştüğü, Na⁺ ve Cl⁻ seviyelerinin arttığı ve bitkinin yapraklarından K⁺, Ca⁺² ve Mg⁺² azaldığını saptamışlardır (Ahmad ve ark., 2002). Harran Ovası topraklarında uygulanan aşırı sulamaların toprakların pH'sı üzerinde etkili olmadığı görülmüştür. Araştırma topraklarının EC değerleri incelendiğinde, 0.63-1.32 dS m⁻¹ arasında olduğu, en yüksek EC (1.32 dS m⁻¹) değerinin IV. sulama öncesinde, en düşük EC (0.63 dS m⁻¹) değerinin ise I. sulama öncesinde olduğu saptanmıştır. Tuzluluk düzeylerinin düşük olmasının tarla içi döşenen drenaj sistemine ve ağına bağlı olduğu söylenebilir. Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde Harran ovasında 85,000 ha üzerinde bitki kök bölgesinin altına dren sisteminin döşendiği bilinmektedir. Araştırma toprakları sulamalara başlamadan önce çok hafif tuzlu olduğu, tuzluluğun sulamalar ile birlikte arttığı saptanmıştır (Çizelge 6). Bu artışların en yüksek seviyesi IV. sulama öncesinde olmasının nedenini, sulamanın yapıldığı dönemde sıcaklığın pik seviyelerinde olması ve buna bağlı olarak sulama aralığının kısa olması ve sulama sürelerinin daha uzun sürmesinden kaynaklandığı söylenebilir. Sulamalar ile birlikte zamansal taban suyu seviyeleri artışından kaynaklığı araştırma topraklarının 60-90 cm derinliğindeki EC değerleri yüzeye yakın (0-30 cm ve 30-60 cm) kısmından daha yüksek gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Pamuk kütlü verimi ve çırçır randımanı

Araştırma alanının beş farklı noktasından alınan pamuk kütlü verimi, hasat edilen bitki sayısı ve çırçır randımanı sonuçları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Araştırmada pamuk bitkisinin verim, bitki yoğunluğu ve çırçır randımanı sonuçları

Table 7. Results of yield, plant density and gin efficiency of cotton plant in research

| Bölge | Kütlü Verim | | Bitki Sayısı | | Randıman | Lif Verim |
|-----------------|----------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|----------|---------------------|
| | g 3.5 m ² | kg da ⁻¹ | adet 3.5 m ² | adet da ⁻¹ | % | kg da ⁻¹ |
| I | 2,010 | 574 | 55 | 15,714 | 43 | 246.82 |
| II | 1,930 | 551 | 60 | 17,142 | 44 | 242.44 |
| III | 1,960 | 560 | 56 | 16,000 | 44 | 246.40 |
| IV | 1,800 | 514 | 71 | 20,285 | 43 | 221.02 |
| V | 1,840 | 525 | 69 | 19,714 | 44 | 231.00 |
| Ortalama | 1,908 | 545 | 62 | 17,714 | 44 | 237.54 |

Çalışma sonunda araştırma alanının beş farklı noktasından alınan pamuk numunelerine göre ortalama pamuk verimi 545 kg da⁻¹, ortalama bitki sayısı 17,714 adet da⁻¹ ortalama pamuk çırçır randımanı ise %44 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7). Pamuk kütlü verimi ile bitki yoğunluğu arasında ters bir ilişki olduğu sık ekimin yapıldığı noktalarda pamuk kütlü veriminin düştüğü tespit edilmiştir. Yapılan önceki çalışmalarda pamuk kütlü verimi 190.00-550.00 kg da⁻¹ (Reddy ve ark., 2012), 247.60-328.95 kg da⁻¹ (Azevedo ve ark., 2012), pamuğun lif veriminin karık sulamada 202.40-252.60 kg da⁻¹, cazibe sulamada 153.60-218.00 kg da⁻¹ (Choudhary ve ark., 2016) gerçekleştiği bildirilmiştir. Harran Ovası koşullarında 10 farklı pamuk çeşidinin fenolojik özelliklerinin belirlenmesi için yürütülen çalışmada 318.00-

487.00 kg da⁻¹ arasında verim elde edilmiştir (Çopur ve Birgül, 2017). Çalışmada elde ettiğimiz pamuk verimleri önceki çalışmalarda bildirilen sonuçlar ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Hasat döneminde çalışma alanının farklı noktalarında alınan pamuk numunelerinin çırçır randımanlarında önemli bir sapmanın olmadığı ortalama çırçır randımanının %44 olduğu saptanmıştır (Çizelge 7). Yapılan başka bir çalışmada çırçır randımanının %35.6 olduğu bildirilmiştir (Azevedo ve ark., 2012). Önceki çalışma ile çırçır randımanı üzerinde farklılığın olmasının nedeninin hasatın Harran Ovası'nda yürütülen çalışmada el ile, Azevedo ve ark., (2012) yürüttükleri çalışmada ise makine ile yapılmasından kaynaklanmış olduğu söylenebilir. El ile yapılan hasat sonucu elde edilen %44'luk çırçır randımanı ile çalışma alanındaki ortalama pamuk lif veriminin 237.54 kg da⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7). Kouchakzadeh ve ark., (2012) yürüttükleri çalışmada pamuk lif veriminin 220 kg da⁻¹ olarak gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Harran Ovası'nda pilot ölçekli yürütülen bu çalışmadan elde edilen pamuk lif verimleri yürütülen önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermiştir.

SONUÇ

Harran Ovası'nda sulamadan dönen sularla sulanan çiftçi parselinde (86.6 da) yürütülen araştırmada pamuk yetiştirme mevsimi boyunca toplam 7 sulama gerçekleştirilmiştir. Deneme parselinde; uygulanan toplam sulama suyu miktarı 2,003 mm, net sulama suyu miktarı 783 mm, ortalama sulama randımanı %39 ve toplam sulama süresi 8.53 h da⁻¹ olduğu saptanmıştır. Sulama miktarlarının çok fazla olması, sulamaların aşırı ve kontrolsüz gerçekleşmesinden kaynaklanmaktadır. Aşırı ve kontrolsüz sulamalar sonucu kayıpların çok fazla olması ve bunun da sulama randımanının düşük çıkmasına sebep olduğu sonucuna varılmıştır. Araştırma sularının pH, EC ve DO değerleri sırasıyla 7.13-8.44, 508-7,670 µS cm⁻¹, 7.04-8.29 arasında olduğu saptanmıştır. En düşük pH ve en yüksek EC değeri d_p sularında gerçekleşmiş olup bunun nedeninin suların derine süzülmeden kaynaklanmış olduğu anlaşılmıştır. Sularda %Na'nın 21.93-55.12, SAR'ın 0.93-10.97, RN_{adj}'in 1.04-14.33 ve RSC'nin -0.52 ile -36.29 me l⁻¹ arasındadır. Su analizleri göre; IW ve R_i sularına ait sonuçlar benzer çıkmış, yüksek değerlerin d_p sularında elde edilmiştir. IW ve R_i'den elde edilen sonuçların benzer çıkmasının nedeni, her iki suyun kaynağının dönen, yani diğer bir ifadeyle tarımda kullanılan suyun kullanılmasından kaynaklandığı kesin bir hüküm olarak verilebilir. d_p sularının hacimsel değeri R_i'ye göre çok düşük olup kuşaklama/taahye kanalına mansaplandığı noktada $\approx 1/15$ oranında seyreltiği için su kalitesinin kritik sınırların altında kaldığı ve olumsuz bir etki yaratmadığı görülmüştür. Bu sonuçlara göre tahliye kanallarındaki sular güvenle kullanılabileceği söylemek mümkündür. Kaldı ki pamuk bitkisi tuza toleranslı bir bitkidir. AKM miktarları IW'de, R_i'de ve d_p'de sırasıyla; 226.15-287.33 mg l⁻¹, 278.52-337.33 mg l⁻¹ ve 4.67-18.66 mg l⁻¹ arasında saptanmıştır. IW ve R_i sularının sulamadan dönen su olmasına rağmen iki su arasındaki AKM farklılığın, IW'nin sulama kanalında iletimi esnasında süspansen maddelerin çökmesinden kaynaklandığı şeklinde açıklanabilir. d_p sularındaki AKM, IW ve R_i'ye göre çok daha az gerçekleşmesinin nedeni ise derine sızmadan kaynaklandığı ve suyun filtre olduğu sonucuna varılmıştır. Sulama öncesi araştırma topraklarının 0-90 cm derinliğindeki pH değeri 7.53-8.21 ve EC değerleri ise 0.63-1.32 dS m⁻¹ arasında değişmiştir. Araştırma topraklarının tohum ekim döneminde hafif tuzlu olduğu (ilk sulamada toprakların EC değeri: 0.63-0.80 dS m⁻¹ arasındadır), bunun yağışların yetersiz ve düzensiz olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ova genelinde tarla içi drenaj sistemi döşenmeden önce topraklarda tuzluluğun olduğu ve bu bölgenin Harran ilçe merkezine doğru arttığı bilinmektedir. Çünkü bu ovanın küvet özelliğinde bulunması ve sağ (URFA ana kanalı) HARRAN ana kanalına göre oldukça alt kottarda bulunması, bu bölgenin topraklarının yamaç arazilere göre daha yüksek değerlerde tuz içerdiği bilinmektedir. Bu nedenle ilgili Bakanlığın yatırım programlarına alarak, Harran Merkez sorunun odağında kalmak kaydıyla 78 yıl süren çalışmayla birçok sorun çözülmüş, suyun ve toprağın uygun sulama yöntemleriyle kullanılması ve işlenmesi beklenen faydayı vereceği mümkün görülmektedir. Bu çalışma bir Harran Ovasında şiddetli kuşku duyulan bir soruna cevap niteliği taşımıştır. Artık 7-8 yıl süren tarla içi drenaj sistemiyle tahliye kanallarında alıcı ortama giden bu suların kullanılmasında hiçbir sorun bulunmadığı, kuşkuya ve endişeye yer bırakmadığı ve hatta bu suların güvenle kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca Atatürk Barajı'nda depolanan suyun birincil amacının sadece Harran Ovası olmadığı, 11,000 hm³ efektif olarak kullanılabilir bu suyun, başka sulama projeleri, enerji üretimi, en önemlisi mansapta yer alan Birecik ve yine Fırat nehri üzerinde son baraj olan Kargamış Barajı'nda HES santralinde enerji üretimini konsolide edeceğini net olarak söylemek mümkündür. Ova genelinde hâkim bir bitki olan pamuğun çalışma alanından elde edilen ortalama kütlü verimi 545 kg da⁻¹ ortalama çırçır randımanı %44, ortalama lif verimi ise 237.54 kg da⁻¹ olarak saptanmıştır. Parsele uygulanan fazla suyun yüzey akışla veya

derine sızması ile araziden uzaklaştığı, bu nedenle Harran Ovası'nda yürütülen çalışmada uygulanan aşırı suyun verim üzerine etkisinin olmadığı sonuca varılmıştır. Fazla suyun fazla verim olamayacağı bir kez daha kanıtlanmıştır. Sonuç olarak Harran Ovası'nda yaygın olarak yapılan kontrolsüz sulamaları engellemek için ova genelinde basınçlı sulama yöntemlerinin kullanılması, ovanın alt bölgelerinde drenaj sularının sulama suyu olarak kullanılması önerilmektedir. Ayrıca fazla su ile fazla verim alınır yanlış algısını yıkmak için çiftçi eğitimlerinin yapılması, su bedellerinin hacimsel olarak uygulanması ve buna göre tahakkuk yapılması önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

18107 BAP proje no'lu Lisansüstü projesine maddi desteklerinden dolayı Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinasyon Kurulu Başkanlığına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Acosta-Martinez, V., T. Zobeck and V. Allen. 2004. Soil microbial, chemical and physical properties in continuous cotton and integrated crop–livestock systems. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 1875-1884.
- Al-Jayyousi, R. O. 2003. Greywater use: towards sustainable water management. *Desalination*, 156: 181-192.
- Al-Shammiri, M., A. Al-Saffar, S. Bohamad and M. Ahmed. 2005. Waste water quality and reuse in irrigation in kuwait using microfiltration technology in treatment. *Desalination*, 185: 213-225.
- Anonim, 2015a. ww.ins.itu.edu.tr/labor/dokuman/foylor/AKM_AKM.pdf. Erişim: Ekim, 2017.
- Anonim, 2015b. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. 15/04/2015 tarihli ve 29327 sayılı Resmî Gazete.
- Anonim, 2018a. Şanlıurfa ilinin uzun yıllar ve 2017 yılı iklim verileri. Şanlıurfa Meteoroloji Bölge Müdürlüğü, Tarım ve Orman Bakanlığı, Şanlıurfa
- Anonim, 2018b. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Şanlıurfa İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Şanlıurfa.
- Anonim, 2018c. <https://www.tarim.bayer.com.tr/static/media/pdf/pamuk-tohumlari/CANDIA%20CNR%2028.01.13.pdf>. Erişim: Mayıs, 2018.
- Anonim, 2019a. <https://www.nufusu.com>. Erişim: Eylül, 2019.
- Anonim, 2019b. XV. DSİ Bölge Müdürlüğü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Şanlıurfa.
- Azevedo, P.V., J.R.C. Bezerra and V.P.R. Silva. 2012. Evapotranspiration and water-use efficiency of irrigated colored cotton cultivar in semiarid regions. *Agricultural Sciences*, 3(05): 714-722.
- Benami, A. and M.H. Diskin. 1965. Design 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., R. Dahiya and V.K. Phogat. 2016. Effect of drip and furrow irrigation methods on yield and water use efficiency in cotton. *Research on Crops*, 17(4): 823-828.
- Çopur, O., ve İ. H. Birgül. 2017. Harran Ovası Koşullarında Bazı Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Çeşitlerinde Fenolojik Özelliklerin Belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(2): 196-208.
- Çullu, M.A., A. Almaca, A.R. Öztürkmen, N. Ağca, F. İnce, R. Derici ve A. Seyrek. 2000. Harran Ovası topraklarında tuzluluğun yayılma olasılığının belirlenmesi. *Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, GAP Tarımsal Araştırma-İnceleme ve Geliştirme Projesi*, No: 4.1 Şanlıurfa.
- Doneen, L.D. 1954. Salinization of soil by salts in the irrigation water. *Trans., Amer. Geophysical Union*, 35: 943-950.
- DSİ, 2019. Toprak ve Su Kaynakları. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (<http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>) Erişim: Haziran,2019.
- Eaton, F.M. 1950. Significant of carbonates in irrigation waters. *Soil Sci.*, 69: 123-133.
- FAO, 1985. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome, 1985.
- FAO, 2019. Water at a Glance: the relationship between water, agriculture, food security and poverty. Rome. 15 pp. (also available at <http://www.fao.org/nr/water/docs/waterataglance.pdf>) Erişim: Haziran,2019.
- Fox, R.W. and A.T. Mcdonald. 1985. Introduction to fluid mechanics. John Wiley, 741 pp., New York.
- Frank, M.W. 2006. Sixth ed. "fluid mechanics". McGraw-Hill, New York.

- Ibanez, J.G., M. Hernandez-Esparza, C. Doria-Serrano, A. Fregoso-Infante and M.M. Singh. 2008. Dissolved oxygen in water. In: Environmental Chemistry. Springer, New York, NY.
- Ibragimov, N., S.R. Evett, Y. Esanbekov, B.S. Kamilov, L. Mirzaev and J.P.A. Lamers. 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., R.J. Hanks and J.J. Jurinak. 1982. *Modern irrigated soils*. John Wiley and Sons Publisher, New York, 235p.
- Janse, J.H. and P.J.T.M. Van Puijenbroek. 1998. Effects of eutrophication in drainage ditches. *Environmental Pollution*, 102: 547-552.
- Jarrett, R.D. (1984). Hydraulics of high-gradient streams, *J. Hydraul. Eng.*, 110(11): 1519-1539.
- Kanber, R. ve M. Ünlü. 2014. Tarımda su ve toprak tuzluluğu. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 281. Kitap Yayın No: A-87, Adana, 307s.
- Kieffer, S.W. 1985. The 1983 Hydraulic jump in crystal rapid: implications for river-running and geomorphic evolution in the Grand Canyon. *The Journal of Geology*, 93(4): 385-406.
- Kouchakzadeh, M., M. Alikhasi and E. Baniani. 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.
- Peterson, R.G. and L.D. Calvin. 1965. Sampling methods of soil analysis, part 1. Agronomi Series No:9, Amer. Society of Agric. Inc. Publ., Madison-Wisconsin, USA, 5472p.
- Reddy, J.M., S. Muhammedjanow, K. Jumaboev and D. Eshmuratov. 2012. Analysis of cotton water productivity in Fergana valley of central Asia. *Agricultural Sciences*, 3(6): 822-834.
- 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.
- Scofield, C.S. 1933. South coastal basin investigation, quality of irrigation water. Calif. Dept. Public Works, Div. Water Resources Bull. 40, 95s.
- Scofield, C.S. 1936. The salinity of irrigation water. *Smithsn Inst. Ann. Report.*, 275-287p.
- Soomro, A., M.S. Mirjat, F.C. Oad, H. Soomro, M.A. Samo and N.L. OAD. 2001. Effect of irrigation intervals on soil salinity and cotton yield. *Journal of Biological Sciences*, 1(6): 472-474.
- Suarez, D. L. 1981. Relation between pHc and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternative method of estimating SAR of soil or drainage waters. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:469-475.
- Taebi, A. and R.L. Droste. 2004. Pollution loads in urban runoff and sanitary wastewater. *Science of the Total Environment*, 327(1-3): 175–184.
- Tam, S., and A. Peterson. 2014. Irrigation water quality, B.C. sprinkler irrigation manual. British Columbia Ministry of Agriculture, Chapter 11, 187-198p.
- Thind, H.S., G.S. Buttar and M.S. AUJLA. 2010. Yield and water use efficiency of wheat and cotton under alternate furrow and check-basin irrigation with canal and tube well water in Punjab, India. *Irrigation Science*, 28(6): 489-496. DOI 10.1007/s00271-010-0208-6
- Turner, A. and G.E. Millward. 2002. Suspended particles: their role in estuarine biogeochemical cycles. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55(6): 857–883.
- Wilcox, L.V. and D.C. Magistrad. 1943. Interpretation of analysis of irrigation water and the relative tolerance of crop plants. U.S. Dep. Agri., Bur. Plant Industry, Soil and Agri. Engin., 1-8p.
- 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 Bahir 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.
- Yönter, G., ve H. Uysal. 2015. Zeytin atığının tınlı bünyeli bir toprakta yüzey akış, toprak kaybı, drenaj, pH ve EC üzerindeki etkileri. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 52(3):243-248.
- Zhao, D., Z. Hao, J. Wang and J. Tao. 2013. Effects of pH in irrigation water on plant growth and flower quality in herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). *Scientia Horticulture*, 154: 45–53.