



Yüzey ve yüzeyaltı damla sulamanın toprakta nem değişimi ve toprak su tansiyonuna etkisi

Effects of surface and subsurface drip irrigation on soil water moisture variation and soil-water tension

Öner ÇETİN^{1*} , Neşe ÜZEN¹ 

¹Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Diyarbakır

To cite this article:

Çetin, Ö. & Üzen, N. (2018). Yüzey ve yüzeyaltı damla sulamanın toprakta nem değişimi ve toprak su tansiyonuna etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(4): 461-470. DOI: 10.29050/harranziraat.442314

Address for Correspondence:

Öner ÇETİN

e-mail:

oner_cetin@yahoo.com

Received Date:

10.07.2018

Accepted Date:

28.10.2018

© Copyright 2018 by Harran University Faculty of Agriculture. Available on-line at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.

ÖZ

Bu araştırma, pamukta yüzey damla (YD) ve yüzeyaltı damla (YAD) sulamada, bitkinin günlük FAO-Penman-Monteith (PM) yöntemine göre tahmin edilen su tüketimine dayalı sulama uygulamalarına göre, farklı toprak derinliklerine yerleştirilen tansiyometrelerin sulama zamanının ve eşik toprak su tansiyon değerinin tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır. Deneme 2016 ve 2017 yılında Diyarbakır ilinde yürütülmüştür. YD ve 40 cm derinlikteki YAD sulamada PM yöntemine göre günlük bitkinin tahmin edilen su tüketiminin tamamının sulama suyu olarak uygulandığı parsellerde 15 ve 45 derinliğe yerleştirilen tansiyometrelerde sulama öncesi ve sonrası her 5 günde bir okumalar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, YD sulamada, eğer tansiyometre 15 cm derinliğe yerleştirilirse 55 cb, 45 cm derinliğe yerleştirilirse 47 cb olduğunda sulama zamanının geldiği ve sulamanın yapılması gerektiği tespit edilmiştir. YAD sulamada ise, eğer tansiyometre 15 cm derinliğe yerleştirilirse 52 cb, 45 cm derinliğe yerleştirilirse 45 cb olduğunda sulama zamanının geldiği ve sulamanın yapılması gerektiği söylenebilir. Her iki sulama yönteminde de tüketilmesine izin verilen su düzeyinin yaklaşık % 40 olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Damla sulama, Matrik potansiyel, Pamuk, Sulama zamanı, Tansiyometre

ABSTRACT

This study was carried out to determine irrigation time and the threshold value of soil-water tension using tensiometers placed into the different soil depths at surface drip (SDI) and subsurface drip irrigation (SSDI) systems for cotton. The irrigation was scheduled according to the real water evapotranspiration of plants based on FAO-Penman-Monteith (PM) method. The experiment was performed in cotton growing seasons of 2016 and 2017. The values of tension were read for each 5 days before and after irrigation at the tensiometers placed into the soil depth of 15 and 45 cm for SDI and SSDI placed into the soil depth of 40 cm. The values of tensiometers could be considered to be 55 and 47 cb in the soil depths of 15 and 45 cm for irrigation time and SDI, respectively. In SSDI, the irrigation time should be considered to be 52 and 45 cb of tensiometer readings for the soil depths of 15 and 45 cm, respectively. In addition, management allowed deficit in both drip irrigation systems, SDI and SSDI, was determined to be 40 %.

Key Words: Cotton, Drip irrigation, Irrigation time, Matric potential, Tensiometer

Giriş

Pamuk önemli bir endüstri bitkisi olup, bu araştırma projesinin yapıldığı Güneydoğu Anadolu

Bölgesi'nde ülkemiz pamuk üretiminin % 50'sinden fazlası üretilmektedir. Bunun yanında pamuk bölgede en fazla su kullanan/tüketen bitkilerin başında gelmektedir. Geleneksel yüzey

sulamaya göre, önceden yapılan araştırmalarda damla sulama % 30-40 arasında sulama suyunda tasarruf sağlayabilmektedir (Çetin ve Bilgel, 2002). Bu nedenle devletin sağladığı teşviklerin de etkisi ile pamuk gibi sıra bitkisinde damla sulama sistemlerinin kullanımı hızla yaygınlaşmaya başlamıştır.

Ülkemizde sulu tarımın yaygınlaşması su kaynaklarına olan talebi arttırmıştır (Tarı ve ark., 2013). Bu nedenle yetersiz olan su kaynaklarımızın etkin kullanımı için modern sulama sistemlerinin kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Modern sulama sistemlerinden olan damla sulama yöntemlerinin, su ve besin elementi kullanım etkinliğinin yüksek olması, verim ve kalitede artış sağlaması, sulama suyunun kontrollü uygulanarak derine sızma kayıplarının en aza indirerek, toplam sulama suyu ihtiyacının azaltılması gibi önemli avantajları bulunmaktadır (Ayars ve ark., 1999). Pamuk veriminin damla sulama ile artış gösterdiği farklı araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir (Smith ve ark., 1991; Ayars ve ark., 1998; Cetin ve Bilgel, 2002; Martinez ve Reca, 2014).

Önemli düzeyde sulama suyu tasarrufu sağlayan yüzey damla (YD) ve yüzeyaltı damla (YAD) sulama sistemleri modern sulama sistemleri olarak da adlandırılmaktadır. Bu sistemlerin kullanımı geleneksel yüzey sulama sistemlerine göre karmaşık ve bu nedenle daha fazla bilgi ve deneyim gerektirmektedir. Bu nedenle, yaygınlaşmaya başlayan damla sulama sistemlerinde, uygulanacak sulama suyunun uygulama miktar ve kriterleri yanında sulama zamanının doğru tespiti, YD ve YAD sulama sistemleri için son derece önemli olacaktır.

Sulama zamanının tespitinde farklı yol ve yöntemler vardır. Topraktaki suyun tutulma enerjisinin bir göstergesi olan, belli bir miktar su içeren topraktaki suyun ne kadar bir kuvvetle tutulduğunu veya bu suyu ekstrakte edebilmek için ne kadar enerji gerektiğini gösteren toprak nem tansiyonu sulama zamanının tespitinde kullanılan pratik ve yaygın yollardan birisidir.

Tansiyometreler, özellikle suya doymamış koşullarda, toplam toprak suyu özgül enerjisinin

temel bir ögesi olan “basınç enerjisi”ni ölçmekte kullanılır. Suyla doymamış koşullarda toprak suyu basınç enerjisi negatif olup, çoğu kez “tansiyon” olarak adlandırılır. Bu nedenle, toprakta matrik potansiyelin doğrudan ölçümü çoğu zaman tansiyometre ile yapılmaktadır. Doymun olmayan koşullarda, toprak suyu potansiyel kavramı ve bunun bileşenleri ile ilgili olarak, çok sayıda terim kullanılmaktadır. Genellikle “matrik potansiyel” ya da “kapillar basınç” olarak adlandırılır. Tansiyometreler toprakta mevcut suyun denge haline gelmiş olduğu tansiyonu ölçer. Bu nedenle, “toprak su potansiyeli”, “matrik potansiyel”, “kapillar basınç”, “hidrolik yük” gibi kavramlar tansiyometre ile ölçülen aynı değeri yansıtmaktadır (Çetin, 2003)

Tansiyometrenin en önemli avantajı hem kapillar basıncı ölçebilmesi ve hem de bilinen bir toprak su karakteristik eğrisi kullanılarak toprak su içeriği hakkında bilgi edinilebilmesidir. Tarım kültürünün ileri olduğu ülkelerde, çoğu zaman hem sulama zamanı hem de toprak su içeriğini tespit etmek için tansiyometreler sıklıkla kullanılmaktadır. Tansiyometreler genellikle bitkilerin stres altında ve su taleplerinin karşılanamadığında toprak su basınç potansiyelini tespit ederek, sulama zamanının bir göstergesi olarak kullanılır. Bu şekilde tansiyometrede bir eşik değeri göz önüne alınarak, sulama başlangıcı tespit edilir.

Sulama programlaması için tansiyometreler iki şekilde kullanılabilir (Çetin, 2003). Birincisi, tansiyometre okuması, stres koşullarını ne zaman gösterirse (eşik okuma değeri) o zaman sabit bir sulama suyu miktarını uygulamak (değişen sulama aralığı, sabit sulama suyu miktarı); ikincisi ise, sabit aralıkla sulama yapmak, tansiyometre okumalarına göre değişen miktarları uygulamak (sabit sulama aralığı değişen sulama suyu miktarı). Birinci yolda önceden belirlenen ya da bilinen ve her bitkiye özgü bir “eşik değeri”ne göre sulama yapılır. Sulama, tansiyometre okuma değeri bu eşik değeri gösterdiği zaman yapılır. Uygulanacak sulama suyu miktarı ise, tarla kapasitesi ile ilgili olarak hesaplanarak tespit edilir. Bu durumda eşik kapillar yük için düşük tansiyon, her okumada

nispi olarak az miktarlarda ve sık aralıkla sulama yapılır.

Ege Bölgesinde, pamuk sulama programlaması için karık sulama ile yapılan çalışmada, tın bünyedeki topraklar için, tansiyometrelerin toprağın 30 cm derinliğine yerleştirilmesinin daha uygun olduğu ve tansiyometre göstergesi 60-70 cb olduğunda sulamanın başlaması gerektiği sonucuna varılmıştır (Şener, 1985). Benzer bir çalışma Şanlıurfa Harran Ovası'nda yapılmıştır. Buna göre, tansiyometrelerin pamuk sulama zamanını tespit etmek için kil bünyeli topraklarda, toprağın 30 ya da 45 cm derinliğine yerleştirilebileceği, ancak tansiyometre göstergelerinin 30 cm derinlik için 60-65 cb, 45 cm derinlik için ise 55-60 cb olduğunda sulama zamanı en uygun toprak su potansiyeli basınç değeri olduğu belirtilmiştir (Çetin, 1997).

Bu araştırma, pamukta YD ve YAD sulamada, bitkinin günlük FAO-Penman-Monteith yöntemine göre tahmin edilen su tüketimine dayalı sulama uygulamaları için, farklı toprak derinliklerine yerleştirilen tansiyometrelerin sulama zamanının ve eşik tansiyon değerinin tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Metot

Deneme yerinin özellikleri

Deneme yeri toprakları, düz ve düze yakın eğimli, ABC profilli zonal toprak grubuna girmektedir. Topraklar, tuzluluk ve drenaj sorunu olmayan, potasyum ve kireç yönünden zengin, hafif alkali, fosfor ve organik madde içeriği ise düşüktür. Kil içeriği oldukça yüksek (% 65) kil bünye sınıfına girmektedir (Çizelge 1).

Denemenin yürütüldüğü Diyarbakır ilinde, yazları sıcak ve kurak, kışları ise ılık ve yağışlı bir iklim hâkimdir. Yıllık ortalama yağış miktarı 491 mm olup, bunun genellikle büyük bir kısmı kış aylarında ve erken ilkbaharda meydana gelmektedir. Yıllık ortalama minimum, ortalama maksimum ve ortalama sıcaklıklar sırasıyla 8.8, 22.5 ve 15.8 °C dir.

Uzun yıllar meteorolojik verilere göre ilk donlar, Ekim ayı sonunda, son donlar ise Nisan ayı sonunda görülmektedir. Ortalama oransal nem % 54 olup, aylık oransal nem ortalamaları Temmuz ve Ağustos aylarında % 20'lere kadar düşmekte olup, Aralık ve Ocak aylarında ise % 77 civarında olmaktadır.

Çizelge 1. Deneme yeri topraklarının bazı özellikleri

Table 1. Some properties of soil in the experimental site

Toprak derinliği Soil Depth (cm)	pH	P (ppm)	K (ppm)	Org. Mad. Organic matter (%)	Kireç Lime (%)	EC (dS m ⁻¹)	Toprak bünyesi (Soil texture)				Tarla Kap. Field capacity (g 100-g)	Solma noktası Wilting point (g 100-g)	Hac. Ağ. Bulk density (g cm ⁻³)
							Kum Sand (%)	Silt Silt (%)	Kil Clay (%)	Bünye sınıfı Texture class			
0-30	7.67	8.8	561	1.77	10.6	0.48	17.8	18.7	63.4	C	39.7	28.2	1.19
30-60	7.75	2.2	429	1.32	11.0	0.37	15.8	18.7	65.4	C	44.6	30.3	1.25
60-90	7.77	2.2	422	1.23	12.1	0.42	17.8	18.7	63.4	C	43.6	29.8	1.27

Deneme yeri toprağının tarla kapasitesi 309.0 mm 60 cm⁻¹, 475.1 mm 90 cm⁻¹, solma noktası ise 214.3 mm 60 cm⁻¹, 327.8 mm 90 cm⁻¹ olup, toprak su tutma kapasitesi ise, 94.7 mm 60 cm⁻¹ ve 147.3 mm 90 cm⁻¹ dir.

Deneme yöntemi ve konular

Araştırmada Stoneville-468 (ST 468) pamuk çeşidi kullanılmıştır (Harem, 2010). Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak

yürütülmüştür. Ana konularda farklı damla sulama sistemleri, alt konularda ise FAO-56 Penman-Monteith (PM) yöntemine göre tahmin edilen referans bitki su tüketimine dayalı farklı sulama suyu düzeyleri yer almıştır. Buna göre, bitki Kc yaklaşımı (Allen vd., 1998) ile de sulama suyu hesaplanmış ve kullanılmıştır. Deneme konuları Çizelge 2'de verilmiştir.

Aşağıda verilen denemede yer alan tüm konularda tansiyometre okumaları yapılmamıştır. Özellikle önerilebilir durumda bulunan bitki su

tüketiminin tamamının uygulandığı ($K_2=1.0 \times ETC$) ile YD ve YAD sulama sistemlerinin karşılaştırılması amacıyla I_1 ve I_3 konuları tartışılmıştır.

Çizelge 2’de verildiği üzere, denemede YD ve YAD sulama sistemleri yer almış olup, YAD sulama sistemi deneme konularına bağlı olarak 30 ve 40 cm derinliğe yerleştirilmiştir. Damlatıcı debisi 2.2 L ha^{-1} olarak uygulanmıştır.

Deneme konularına göre parsel alanı: $4.2 \times 8.0 \text{ m} = 33.6 \text{ m}^2$ (Toplam 6 sıra ve her 2 sraya 1 lateral). Bitki sıra aralığı 0.7 m olup, her bir lateral 2 bitki sıra arasındadır ve böylece lateral aralığı 1.40 m olmuştur.

Çizelge 2. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre uygulanan deneme konuları
Table 2. Experimental treatments according to the split plots in randomized blocks

Ana konular Main topics Damla sulama sistemleri Drip irrigation systems	Alt konular sub-topics Sulama suyu Irrigation water
I_1 : Yüzeysel damla (Surface drip)	K_1 : FAO-56 –PM’e göre hesaplanan su tüketiminin (ETC)’nin 1.25 katı sulama suyu olarak uygulamak
I_2 : Yüzeysel damla, (30 cm derinlikte) (Subsurface drip), (Soil depth is 30 cm)	K_2 : ETC’nin 1.00 katını sulama suyu olarak uygulamak
I_3 : Yüzeysel damla, (40 cm derinlikte) (Sub-surface drip), (Soil depth is 40 cm)	K_3 : ETC’nin 0.75 katını sulama suyu olarak uygulamak

İlk sulamaya, 0-90 cm toprak derinliğindeki elverişli nem düzeyi % 40’a düştüğünde başlanmıştır ve toprağın 0-60 cm derinliği sistemle tüm parsellerde eşit olarak tarla kapasitesine getirilmiştir. Bundan sonra da sulama aralığı esas alınarak (5 gün) konuların uygulanmasına başlanmıştır. Sulama suyu hesabında, ilk sulamaya başlandığında örtü yüzdesi % 35’in altında olduğundan, örtü yüzdesi değeri % 35 olarak alınmıştır. Örtü yüzdesi değerleri % 35’i geçtiğinde ise gerçek ölçülen değerler kullanılmıştır (Keller ve Bliesner, 1990). Örtü yüzdesi değerleri, her sulama öncesi önceden seçilen aynı 5 bitkide ölçümler sonucu hesaplanmıştır. Bunun için bitki taç gelişimi ekim aralığına (bitki sıra aralığı, 70 cm) bölünerek bulunmuştur.

Sulamalar, denemenin ilk yılında (2016) sulama 17 Haziran, ikinci yılında (2017) ise 13 Haziran tarihinde başlamış ve deneme konularına bağlı olarak sırasıyla 5 ve 6 Eylül tarihinde ise bitirilmiştir. Ayrıca, fertigasyon uygulamalarına da başlanmıştır. PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerleri sulama konularına göre gerekli düzeltme (hesaplama) yapılarak bir önceki su sayacı okuma değerlerine eklenerek, sulamaya son verilecek olan saat ve sayaç değerleri hesaplanmıştır.

Diğer tarımsal uygulamalar ve ölçümler

Deneme konularını oluşturan YAD sulama sisteminin toprak altına yerleştirilmesi ve ideal toprak tavinin sağlanması için ekim tarihinden önce toprak işlemleri yapılmış ve kazı işlemlerine başlanmıştır. Aynı günlerde deneme alanı sınırları belirlenmiş ayrıca 20-20-0 kompoze taban gübre uygulaması yapılmıştır.

Toprak nemini hacim yüzdesi olarak ölçen nem sensörleri toprağın 0-90 cm derinliğindeki nem düzeyini izlemek için; toprağın 15, 45 ve 75 cm derinliklerine yerleştirilmiştir.

Denemede kullanılan pamuk tohumları çimlenmeyi kolaylaştırmak için 1 gün önceden suda bekletilerek ıslatılmıştır. Aynı gün akşam saatlerinde tohum ekimi (Stonville-468 çeşidi ile) yapılmıştır. Deneme arazisinde mevcut nem içeriğini bulmak için yerleştirilen toprak nem sensörleri sulamadan hemen önce okunmuş ve zaman zaman gravimetrik toprak örnekleri alınmıştır.

Ekimler her iki yılda da Mayıs ayının başında yapılmış, ekim ayının başında hasat elle yapılmıştır.

Azotlu gübre 130 kg N/ha , fosforlu gübre $80 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$ olarak eşit dozlar halinde fertigasyonla uygulanmıştır (Özer ve Dağdeviren, 1986; Özer, 1992; Karademir ve ark., 2005). Fertigasyon her 2 sulamada bir (10 günde bir) uygulanmıştır (Çetin ve ark., 2013). Azotlu ve fosforlu gübrenin 1/5 oranları ekimle birlikte doğrudan toprağa kalını ise ilk sulama ile başlayıp, koza olum dönemine kadar fertigasyon yöntemi ile uygulanmıştır. Buna göre ekimle birlikte toplam uygulanacak net azot

ihtiyacının 1/5'i 20-20-0 ekimle birlikte doğrudan toprağa uygulanmıştır. Kalanı ise deneme konularına göre, 19-5-5-Mikro elementler içeren ticari toz (Compo Basaplant Blue) gübre fertigasyon tekniği ile uygulanmıştır.

Tansiyometre okumaları ve toprak nem ölçümü

YD ve YAD sulama sistemlerinde sulama suyu olarak da PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketimi kadar sulama suyunun ($I=1.0 \times ET_c$) uygulandığı parsellerde 15 ve 45 cm toprak derinliklere tansiyometreler yerleştirilmiştir. Tansiyometreler lateralın yaklaşık 10 cm yakınına yerleştirilmiş olup, geçirgen uç (seramik uç) hava almayacak şekilde toprakla teması sağlanmıştır. Tansiyometre rezervuarında eksilen su, saf su ile yeniden doldurulmuştur. Tansiyometre okumalar her sulama öncesi (5 günde bir) günün aynı saatinde (10.00) yapılmıştır.

Deneme yıllarında her sulama konusu için sulama öncesi toprak nem ölçümleri toprak nem sensörleri FDR (Decagon) yöntemi ile 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliklerinde yapılmıştır. Sulama bölümünde açıklandığı üzere ilk sulamada 0-60 cm katmanını tarla kapasitesine getirecek kadar sulama suyu verilmiştir. Deneme yeri toprakları ağır kil bünyeli (% 65'den fazla kil), sıkışan ve çatlayan özellik göstermesinden dolayı nem sensörleri sağlıklı çalışmamıştır. Bu nedenle zaman zaman gravimetrik örnekleme yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Toprakta nem değişimi

Uygulanan sulama suyunun deneme konularına göre toprak içindeki nem düzeyi ve tarla kapasitesi ve elverişli nem düzeyi yönünden yeterlilikleri incelendiğinde, sulama öncesi toprak nem ölçümlerinin genel olarak elverişli kapasitenin % 60 düzeyinde olduğu, başka bir anlatımla tüketilmesine izin verilen su düzeyinin yaklaşık % 40 olduğu görülecektir (Şekil 1 ve 2). Aynı araştırma bölgesinde yüzey sulama (karık) için sulamaların elverişli kapasitenin % 30'a düştüğünde yapılması gerektiği bildirilmiştir (Kara ve Gündüz, 1998). Ancak bu yüzey sulama olduğu

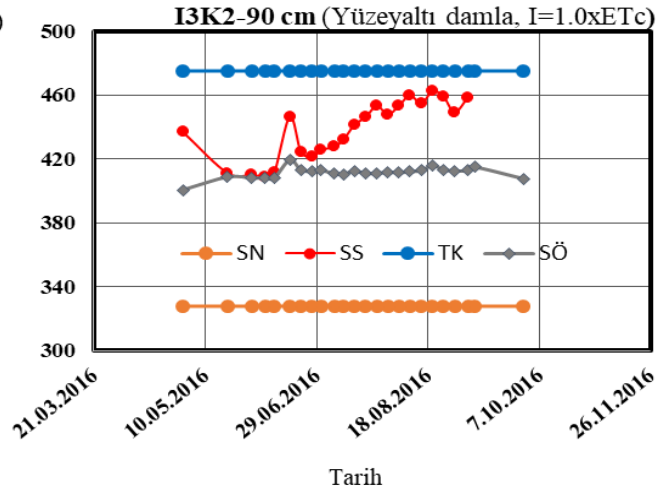
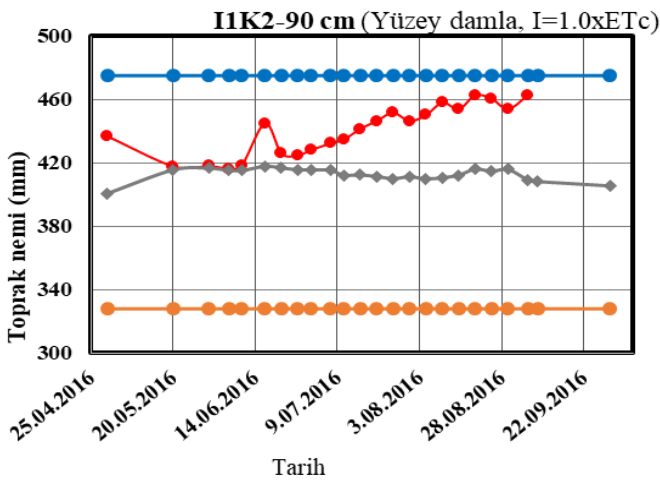
için damla sulama yönteminde sulama zamanı için bir geçerliliği olmayacaktır. Bu araştırma sonuçlarına göre, sulama periyodu boyunca ardıl sulamalarda (5 günde bir) sulama öncesi toprak elverişli nem düzeyinin yaklaşık % 60 (Şekil 2 ve 3) olduğu, başka bir ifade ile tüketilmesine izin verilen su düzeyinin (MAD) yaklaşık % 40 olduğunda sulamanın yapılması gerektiği söylenebilir. Şekil 1 ve 2'de deneme yıllarına ait toprak nem içerikleri sulama öncesi ve sonrası olmak üzere verilmiştir. Sulamadan 1 gün sonra yapılan ölçümlerde ise, her 2 deneme yılında da sulama periyodu başlangıcında, ya da bitkinin vejetatif gelişim döneminde sulama sonrası toprak nem içeriğinin sonraki dönemlere göre düşük olduğu (tarla kapasitesinin altında) görülecektir. Bunun nedenleri ise, bitki örtüsü henüz tam gelişmediği için deneme gereği daha düşük düzeyde sulama suyu verilmesi yanında, gölgelenen alanın da azlığı dikkate alındığında topraktan olan buharlaşmanın fazlalığı sayılabilir. Sonraki dönemlerde ise, sulama sonrası toprak nemi 2016 yılında tarla kapasitesi düzeyine yakın, 2017 yılında ise bazı sulamalarda ise tarla kapasitesinin biraz üzerinde olduğu görülecektir. Bunun nedeni, ölçümlerin sulamadan hemen 1 (bir) gün sonra olması ve 0-60 cm toprak katmanında sulama suyunun birikmesi olabilir. Ayrıca, bitki örtü yüzdesinin 2017 yılında bitki gelişimine bağlı olarak daha fazla olması, iklim parametrelerinin nispi olarak farklı olması ve bunun hesaplanan sulama suyunu artırıcı etkide olması, yani nispi olarak bazı sulamalarda daha fazla sulama suyu uygulanması da neden olarak gösterilebilir. Bunun dışında deneme yerinin kil içeriğinin oldukça yüksek olması, denemenin ikinci yılında arazi üzerindeki trafik nedeniyle sıkışma (kompaktlaşma) ve özellikle üst katmanlarda (0-60 cm) sulama suyunun fazla birikmesi de bunda rol oynamış olabilir. Bu durumlar sulamanın hemen 1 gün sonrası olduğu için yerçekimi ve kapilarite ile mevcut su toprak içinde ilerleyen günlerde alt katmanlara hareket ettiği söylenebilir.

Ayrıca yapılan ölçümlerde, derine sızma yani 90 cm toprak derinliğinin altında nem değişiminin

olmadığı tespit edilmiştir. Bunun en büyük nedeni yine toprak tekstürü ile ilgili olup, kapillarite ile suyun yukarı hareketi, buharlaşma ve bitki su kullanımının da bunda etkili olduğu söylenebilir.

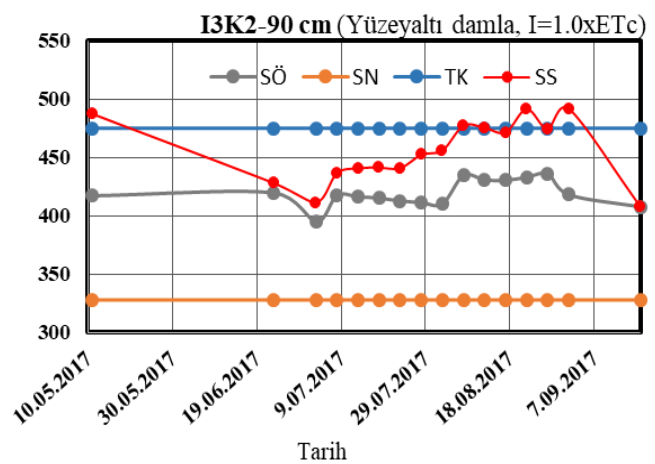
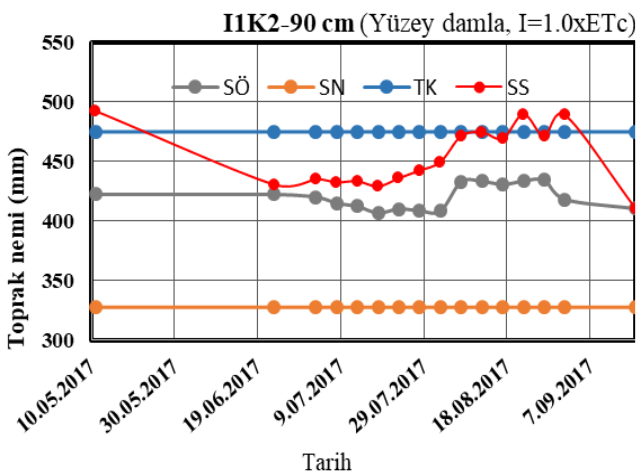
Başka bir konu ise, toprakta sulama öncesi toprak nem düzeylerinin hemen hemen benzer olduğu grafiklerden görülecektir. Bunun en önemli nedeni, toprak çatlayan, ağır kil bünyeli ve kompaktlaşan (sıkışan) bir özellik göstermektedir. Toprağın ilk 0-60 cm katmanının tarla kapasitesine getirdikten sonra (sulama başlangıcı), sıkışma ve su moleküllerinin kil mineralleri tarafından

oldukça yüksek tansiyonda (enerji) ile tutunması da göz önüne alınması gereken bir durumdur. Bu durum zaten tarla kapasitesi ve solma noktası düzeylerinin ne kadar yüksek düzeyde (Çizelge 1) ve aralığının da nispi olarak dar olduğundan da anlaşılacaktır. Diğerisi ise, damla sulama, yüzey sulamaya göre kıyaslandığında daha sık aralıkta (5 günde bir) sulama yapılması gerektiğidir. Ayrıca, toprak nem düzeyinin bu ağır kil koşullarında ve bu denemede en uygun sulama zamanının elverişli kapasitenin yaklaşık % 40 azaldığı durumda sulama yapılmasını da göstermektedir.



Şekil 1. Pamuk yetiştirme dönemi boyunca yüzey ve yüzeyaltı damla sulamada, sulama öncesi ve sonrası toprakta nem ölçüm değerleri (2016) (TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, SÖ: Sulama öncesi, SS: Sulama sonrası)

Figure 1. Soil moisture levels before and after irrigation during the cotton growing season at the surface and subsurface drip irrigation (2016) (TK: Field capacity, SN: Wilting point, SÖ: Before irrigation, SS: After irrigation)



Şekil 2. Pamuk yetiştirme dönemi boyunca yüzey ve yüzeyaltı damla sulamada sulama öncesi ve sonrası toprakta nem ölçüm değerleri (2017) (TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, SÖ: Sulama öncesi, SS: Sulama sonrası)

Figure 2. Soil moisture levels before and after irrigation during the cotton growing season at the surface and subsurface drip irrigation (2017) (TK: Field capacity, SN: Wilting point, SÖ: Before irrigation, SS: After irrigation)

Tansiyometre okuma değerleri

Deneme yıllarında, her iki damla sulama sisteminde, sulama suyu olarak da PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketimi kadar sulama suyunun ($I=1.0 \times ET_c$) uygulandığı parsellerde 15 ve 45 cm toprak derinliklerine yerleştirilen tansiyometrelerden sulama öncesi ve sulama sonrası okumalar yapılmıştır. Her iki deneme yılında sulama sezonu boyunca ölçümler yapılarak grafiklendirilmiştir (Şekil 3, 4, 5 ve 6).

Denemenin 2016 yılında, YD sulama sisteminde 15 cm toprak derinliğindeki tansiyometre için sulama öncesi tansiyon değerleri 10-76 cb, sulama sonrası ise 5-40 cb arasında değişmiş olup, sulama öncesi ortalama 57 cb, sulama sonrası ise 19 cb olarak tespit edilmiştir (Şekil 3). Aynı sulama sisteminde 45 cm derinliğe yerleştirilen tansiyometre okuma değerleri ise, sulama öncesi 38-68 cb, sulama sonrası ise 8-57 cb arasında değişmiş olup, ortalama değer olarak sulama öncesinde 59 cb sulama sonrası ise 32 cb olarak tespit edilmiştir.

2016 yılında YAD sulamada 15 ve 45 cm derinliğe yerleştirilen tansiyometre okumaları yapılmıştır. Buna göre 15 cm toprak derinliğindeki tansiyometre için sulama öncesi tansiyon değerleri 44-70 cb, sulama sonrası ise 0-38 cb arasında değişmiş olup, sulama öncesi ortalama 55 cb, sulama sonrası ise 22 cb olarak tespit edilmiştir. Aynı sulama sisteminde 45 cm derinliğe yerleştirilen tansiyometre okuma değerleri ise, sulama öncesi 47-73 cb, sulama sonrası ise 17-46 cb arasında değişmiş olup (Şekil 4), ortalama değer olarak sulama öncesinde 61 cb sulama sonrası ise 27 cb olarak tespit edilmiştir.

Denemenin 2017 yılında ise, YD sulamada, 15 cm derinlikteki tansiyon değerleri sulama öncesi 37-66 cb, sulama sonrası 10-28 cb arasında değişmiş olup, ortalama değer olarak sulama öncesi 55 cb, sulama sonrası ise 19 cb olarak tespit edilmiştir (Şekil 5). Aynı sulama sisteminin 45 cm derinliğe yerleştirilen tansiyometrede sulama öncesi 25-62 cb, sulama sonrası ise 8-24 cb, ortalama değer olarak ise, sulama öncesi 47 cb, sulama sonrası ise 15 cb olarak tespit edilmiştir.

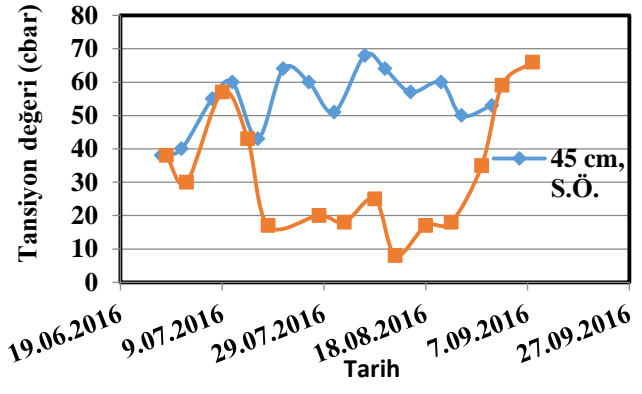
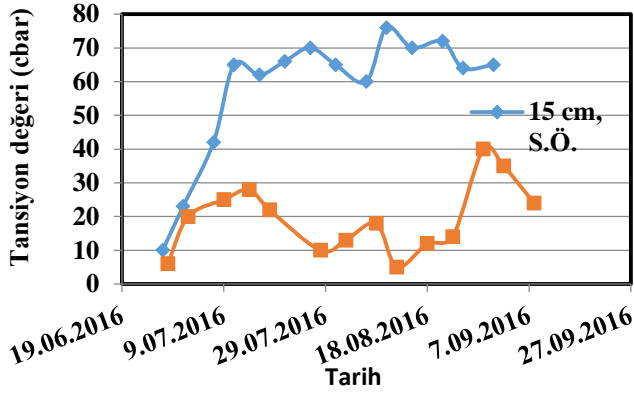
Denemenin 2017 yılı YAD sulama için, 15 cm derinlikteki tansiyon değerleri sulama öncesi 31-70 cb, sulama sonrası ise 8-60 cb arasında okunmuştur (Şekil 6). Ortalama değer olarak sulama öncesi 52 cb, sulama sonrası ise 28 cb olarak tespit edilmiştir. Aynı sulama sisteminin 45 cm derinliğindeki tansiyon değerleri sulama öncesi 34-54 cb, sulama sonrası ise 8-50 cb, ortalama değer olarak sulama öncesi 43 cb, sulama sonrası ise 22 cb olarak tespit edilmiştir.

Aynı derinlikte tansiyometre okuma değerlerindeki farklılık, YD veya YAD sulama sistemine, tansiyon okuma dönemine, uygulanan sulama suyu miktarına, bitkinin örtü yüzdesinin gelişimine ve son suyu kesme zamanına bağlı olarak farklılık göstermiştir. Ayrıca deneme yeri topraklarının ağır bünyeli ve kil içeriğinin % 65 gibi oldukça yüksek olması, toprak partiküllerinin oldukça sıkışmış (kompaktlaşma) olması, ıslanma kuruma periyodunda çatlakların olması (vertic özellik) tansiyometre okuma değerlerini etkileyen faktörler arasında sayılabilir.

Ortalama değer olarak, yüzey damla sulamada, eğer tansiyometre 15 cm derinliğe yerleştirilirse, 55 cb, 45 cm derinliğe yerleştirilirse 47 cb olduğunda sulama zamanının geldiği ve sulamanın yapılması gerektiği söylenebilir. Yüzeyaltı damla sulamada ise, eğer tansiyometre 15 cm derinliğe yerleştirilirse, 52 cb, 45 cm derinliğe yerleştirilirse 45 cb olduğunda sulama zamanının geldiği ve sulamanın yapılması gerektiği söylenebilir. Aynı bölgede Çetin (1997), Harran Ovası'nda kil bünyeli topraklarda ve karık sulama ile sulanan pamukta, tansiyometrelerin sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabileceğini, 30 cm derinlik için 60 cb, 45 cm derinlik için ise 55 cb değerlerinin sulama zamanının göstergesi olabileceğini belirtmiştir. Sonuçlardaki farklılığın, farklı sulama yöntemleri olmasından kaynaklandığı, dolayısıyla sulama zamanının belirlenmesinde, damla sulamada daha düşük, karık sulamada ise nispi olarak daha yüksek tansiyon değerlerinin olması beklenen bir sonuçtur. Ancak, Alveraz-Reyna (1991) 3 farklı pamuk çeşidinde, 30 cm derinlikteki tansiyometre değerinin 30 cb olduğunda sulama yapılabileceğini

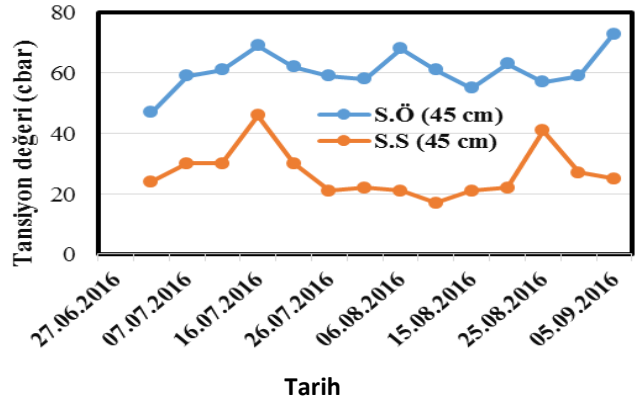
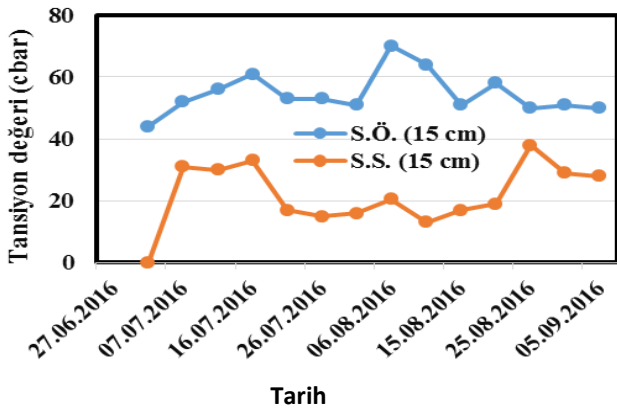
belirtmişlerdir. Muhtemelen bu kadar düşük tansiyon değeri toprak bünyesinin hafif bünyeli olması ile ilişkili olabilir. Kang ve ark.(2012), Çin' in Kuzey Batı Bölgesi'nde yürüttükleri çalışmada, pamuk bitkisinin sulama zamanını toprak matrik potansiyelinin beş farklı koşuldaki (-10 kPa, -20 kPa, -30 kPa, -40 kPa ve -50 kPa) duruma göre

belirlemişlerdir. Çalışma sonucunda, topraktan alınabilir su miktarı arttıkça, daha düşük negatif değerlerde, kütlü pamuk verimi ve koza sayısının arttığını, koza kütlü ağırlığının ise su dozlarına karşı olan tepkisinin düzensiz olduğunu ortaya koymuşlardır.



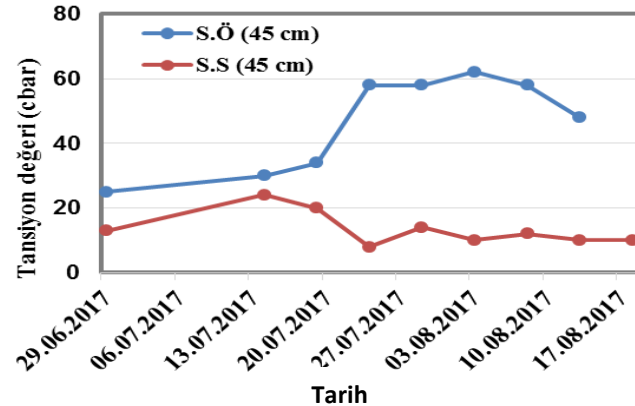
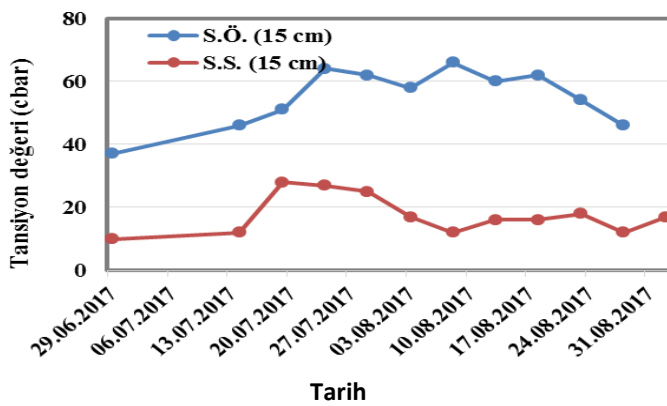
Şekil 3. Yüzeysel damla sulama sisteminde, (I1K2 (Yüzeysel damla), I=1.0xETc uygulaması) toprağın 15 ve 45 cm derinliğindeki topraktaki sulama öncesi ve sonrası tansiyon değerleri (2016)

Figure 3. The tension values in the soil depths of 15 and 45 cm before and after irrigation at the surface drip irrigation (I1K2 (Surface drip), I=1.0xETc treatment) (2016)(SÖ: Before irrigation, SS: After irrigation)



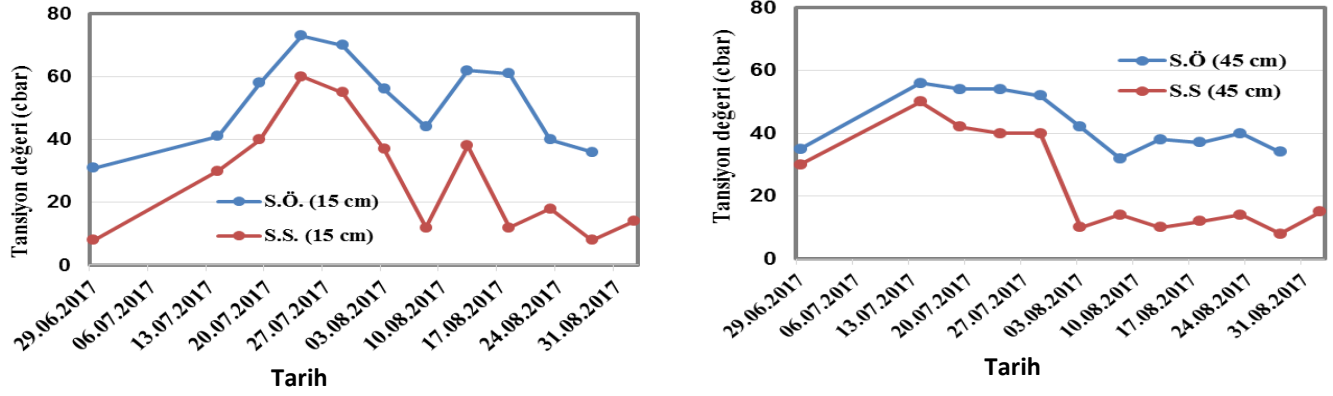
Şekil 4. Yüzeysel damla (40 cm) sulama sisteminde, (I3K2(Yüzeysel damla 40 cm), I=1.0xETc) toprağın 15 ve 45 cm derinliğindeki sulama öncesi ve sonrası tansiyon değerleri (2016)

Figure 4. The tension values in the soil depths of 15 and 45 cm before and after irrigation at subsurface drip irrigation (I3K2 (Subsurface drip, 40 cm), I=1.0xETc) (2016). (SÖ: Before irrigation, SS: After irrigation)



Şekil 5. Yüzeysel damla sulama sisteminde, (I1K2, Yüzeysel damla, I=1.0xETc) toprağın 15 ve 45 cm derinliğindeki topraktaki sulama öncesi ve sonrası tansiyon değerleri (2017)

Figure 5. The tension values in the soil depths of 15 and 45 cm before and after irrigation at surface drip irrigation (I1K2, Surface drip, I=1.0xETc) (2017)(SÖ: Before irrigation, SS: After irrigation)



Şekil 6. Yüzeyaltı damla sulama sisteminde, (I3K2 (Yüzeyaltı damla, 40 cm, I=1.0xETc) toprağın 15 ve 45 cm derinliğindeki sulama öncesi ve sonrası tansiyon değerleri (2017)

Figure 6. The tension values in the soil depths of 15 and 45 cm before and after irrigation at subsurface drip irrigation (I3K2 (Subsurface drip), 40 cm, I=1.0xETc) (2017) (SÖ: Before irrigation, SS: After irrigation).

Sonuç olarak, Marsh (1966) tansiyometrelerin 0-80 cb arasında sağlıklı sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Şener (1985), bitkilerin sulanmasında, toprak su içeriğinin toprak su potansiyeli ile daha çok uyum gösterdiğini belirtmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Su, toprakta toprak katı partikülleri tarafından yüzey tansiyon kuvveti tarafından tutulur. Tansiyon ise, toprakta tutulan suyun bitkilerin kullanımı amacıyla topraktan ayırma/koparmak için gerekli iş gücünün yani enerjinin bir ölçütüdür. Böylece, bir toprakta tutulan suyun miktarı ve bunun bitkilere yararlılığı toprak tipine bağlı olarak değişir. Bitkilerin sulama zamanının tespiti için belirtilen bu toprak tansiyon değerinin bilinmesi özellikle doğrudan sulama zamanını tespitinde kullanılan bir yoldur. Toprak tansiyon değerleri ise tansiyometre aygıtı ile kolayca ölçülebilir ve takip edilebilir.

Denemede yer alan YD ve YAD sulama uygulamalarında, toprakta sulama öncesi toprak nem düzeyleri hemen hemen benzer olmuştur. Bunun en önemli nedeni, toprak çatlayan, ağır kil bünyeli ve kompaktlaşma (sıkışan) özelliği göstermektedir. Böylece, toprağın ilk 0-60 cm toprak katmanını tarla kapasitesine getirdikten sonra (sulama başlangıcı), sıkışma ve su moleküllerinin kil mineralleri tarafından oldukça yüksek tansiyonda (enerji) ile tutunması bunda önemli rol oynamaktadır. Öte yandan, toprak

nem ölçümleri toprak nem sensörleri FDR (Decagon) ile yapılmıştır. Ancak, deneme yeri toprakları ağır kil bünyeli (% 65'den fazla kil), sıkışan ve çatlayan özellik göstermesinden dolayı nem sensörleri sağlıklı çalışmamıştır.

Sulama öncesi, toprak su tansiyon değerleri, yüzey damla sulama için, tansiyometre 15 cm derinliğe yerleştirilirse 55 cb, 45 cm derinliğe yerleştirilirse 47 cb sulama zamanı için eşik değer olarak belirlenmiştir. Yüzeyaltı damla sulamada ise bu değerler, tansiyometre 15 cm derinliğe yerleştirilirse, 52 cb, 45 cm derinliğe yerleştirilirse 45 cb olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, hem yüzey hem de yüzeyaltı damla sulamada, elverişli kapasitenin yaklaşık % 40 azaldığı durumda sulama yapılması gerektiği tespit edilmiştir.

Ekler

Bu makalede yer alan veriler, TÜBİTAK 1150600 No'lu araştırma projesi Sonuç Raporu'nun bir bölümünden elde edilmiştir. Belirtilen projenin finansal desteğinin (bütçesi) tamamı TÜBİTAK tarafından sağlanmıştır. Bu nedenle kurumsal olarak TÜBİTAK'a teşekkür ederiz. Ayrıca, bu makalenin "Materyal ve Yöntem" bölümünün bir kısmı, ilgili proje verilerinden üretilen farklı makale veya yayın(lar)'ın yalnız "Materyal ve Yöntem" bölümlerinin bir kısmı ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, belirtilen TÜBİTAK projesi

nedeniyle Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü (DÜBAP) de ek destek sağlamıştır. Bu nedenle DÜBAP'a da ayrıca teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Allen, R.G., Pereira L.S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Irrigation and Drainage Paper 56. Crop evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements. Rome: United Nations Food and Agriculture Organization.
- Alveraz-Reyna, V.P. (1991). Growth and development of tree cotton cultivars of contrasting plant types differentially irrigated through a drip irrigation system. Abstract of thesis, New Mexico State University, USA.
- Ayars, J.E., Phene, C.J., Hutmacherc, R.B., Davisa, K.R., Schonemana, R.A., Vaila, S.S., & Meadd, R.M. (1999). Subsurface drip irrigation of row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. *Agricultural Water Management*, 42 (1999): 1-27.
- Ayars, J.E., Schoneman, R.A., Soppe, R.W., & Mead, R.M. (1998). Irrigating cotton in the presence of shallow ground water, drainage in the 21st century: Food production and the environment., Proc. Seventh Int. Drainage Symposium (pp. 82-89). Orlando, FL: ASAE.
- Çetin, Ö. (1997). Harran Ovası koşullarında tansiyometrelerin pamuk sulama zamanının saptanmasında kullanılması. 6. Ulusal Kültürteknik Kongresi 1997 (pp. 324-332). Kirazlıyayla, Bursa.
- Çetin, Ö. (2003). Toprak-Su ilişkileri ve Toprak Suyu Ölçüm Yöntemleri. Eskişehir: T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Çetin, Ö., & Bilgel, L. (2002). Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. *Agricultural Water Management*, 54, 1-15.
- Çetin, Ö., Üzen, N., Temiz, M.G., & Sessiz, A. (2013). Güneş enerjisi kullanarak damla sulama ile sulanan pamukta fertigasyonda azotlu gübre yönetimi. Diyarbakır: Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü.
- Harem, E. (2010). Türkiye'de tescil edilen pamuk çeşitleri. Şanlıurfa: GAP Topraksu Kaynakları ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Kang, Y., Wang, R. Wan, S., Hu, W., Jiang, S., & Liu, S. (2012). Effects of different water levels on cotton growth and water use through drip irrigation in an arid region with saline ground water of Northwest. *Agricultural Water Management*, 109: 117– 126.
- Kara, C., & Gündüz, M. (1998). GAP Bölgesi Harran Ovası koşullarında kısıntılı sulama suyu uygulamasının pamuk verimine etkisinin saptanması. Ankara: Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Dairesi Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü.
- Karademir, Ç., Karademir, E., Doran, İ., & Altıkat, A. (2005). Diyarbakır ekolojik koşullarında farklı azot ve fosfor uygulamalarının pamukta verim ve lif teknolojik özelliklerine etkisi. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1), 55-61
- Keller, J., Bliesner, R.D. (1990). Sprinkler and trickle irrigation. New York: Chapman and Hall, 115 Fifth Avenue, NY 10003..
- Marsh, A.W. (1966). Tansiyometreler ve kullanışları hakkında bazı soru ve cevaplar. (Çeviri: O. Tekinel), *Ziraat Makineleri Dergisi*, 15.
- Martinez, J., & Reca, J. (2014). Water use efficiency of surface drip irrigation versus an alternative subsurface drip irrigation method. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering* 140, 10.
- Özer, M.S. (1992). Harran Ovası koşullarında pamuğun fosforlu gübre isteği. Şanlıurfa: Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
- Özer, S.M., & Dağdeviren, İ. (1986). Harran Ovası koşullarında pamuğun azotlu gübre isteği. Şanlıurfa: Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü.
- Smith, R.B., Oster, J.D., & Phene, C.J. (1991). Subsurface drip produced the highest net return in the Westlands study area. *Cal. Agric.* 45, 8-10.
- Şener, S. (1985). Menemen koşullarında tansiyometreler ve alçı bloklarının pamuk ve bağın sulama zamanının saptanmasında kullanılması. İzmir: Menemen Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü.
- Tari, A.F., Özbahçe, A., Kale, S. & Bahçeci, P. (2013). Farklı lateral aralığı ve sulama düzeyinin şekerpancarı verimine etkisi. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 25-34.