

Pamuk Bitkisinde Yüzey ve Yüzealtı Damla Sulamanın Toprak Sıcaklığı ve Toplam Kuru Madde (Biomass) Miktarına Etkisi

Öner ÇETİN*

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

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): oner_cetin@yahoo.com

Geliş tarihi (Received) : 04.11.2019

Kabul tarihi (Accepted): 03.01.2020

DOI:10.21657/topraksu.642197

Öz

Bu araştırma Güneydoğu Anadolu Bölgesi, Diyarbakır ilinde 2016-2017 yıllarında yapılmıştır. Araştırmada, yüzey (YD) ve yüzealtı damla (YAD) sulama ile sulanan pamukta farklı sulama suyu miktarlarının bitki kök bölgesi sıcaklık değişimi ile toprak üstü toplam kuru madde (biomass) miktarına etkisi araştırılmıştır. Deneme, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak, ana parseller I_1 :Yüzey damla, I_2 :Yüzealtı damla-30 cm ve I_3 :Yüzealtı damla-40 cm; alt parseller ise, FAO-56 Penman-Monteith (FAO-56 PM) yöntemine göre tahmin edilen referans bitki su tüketimine dayalı ve bundan yararlanarak, bitki Kc yaklaşımı ile farklı sulama suyu uygulamaları, K_1 :1.25xETc, K_2 :1.00xETc ve K_3 :0.75xETc'den oluşmuştur. Sulama aralığı 5 gündür. Lateralin 10 cm yakınında farklı derinliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinde, YAD sulamada YD sulamaya göre, sulama öncesinde 35 cm derinlikte 1.47 °C, 30 cm derinlikte 1.53 °C, 20 cm derinlikte 1.25 °C ve 10 cm derinlikte ise 0.69 °C daha yüksek olduğu ölçülmüştür. Bu durum, YD sulamada toprağın üst katmanlarının daha fazla ısıtılması nedeniyle buharlaşma sonucu ortamın serinlemesine bağlanabilir. Ayrıca, damlatıcıların 40 cm derinde olması bu derinlik ve daha aşağılarda su hareketi olduğu düşünülürse, üst katmanların daha serin bir ortam olduğundan sıcaklık değerlerinin de YAD sulamada daha yüksek olmasına neden olmuştur. Bu durum YAD sulamasında, bitki kök sistemi ile birlikte toprak üstü aksamının da daha iyi geliştiği görülmüştür. En yüksek ortalama kuru madde (biomass) miktarı (8.79 t ha⁻¹) ve lif veriminin (1865 kg ha⁻¹) 40 cm derinliğe yerleştirilen YAD sulama sisteminde, FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerinin 1.25 katının uygulandığı sulama suyu uygulamasından elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kuru madde (biomass), pamuk, toprak sıcaklığı, yüzey damla sulama, yüzealtı damla sulama

Effect of Surface and Subsurface Drip Irrigation on Soil Temperature and Total Biomass For Cotton Production

Abstract

This study was carried out to determine the effects of surface drip (SDI) and subsurface drip irrigation (SSDI) and different amount of irrigation water on soil temperature and biomass during 2016 and 2017 years in Diyarbakır Province of Southeast Anatolia Region in Turkey. The experimental design was split plots in randomized blocks with three replications. The main plots had SDI and SSDI with sub-plots in different rates of real-time crop evapotranspiration based on FAO-56 Penman-Monteith (FAO-56 PM) as different amount of irrigation water. The treatments: main plots: I_1 : SDI, I_2 : SSDI-30 cm, I_3 : SSDI-40 cm; Subplots: K_1 : I=ETc x 1.25, K_2 : I=ETc x 1.0 ve K_3 : I=ETcx0.75. Irrigation interval was 5 days. According to the temperature measurements before irrigation at 10 cm near of the lateral for different depths, the temperature was higher 1.47, 1.53, 1.25 and 0.69 °C at 35 cm, 30 cm, 20 cm and 10 cm of depths

for the SDI than those for SSDI, respectively. This results attributed that the upper layers of the soil are more wetted by the SDI than SSDI, thus this zone of soil occurred more cooler. In addition, considering the depth of 40 cm for SSDI and moving of some water to the down, upper layer could be cooler compared to the lower layers of soil. Thus, plant root development and biomass was higher under the SSDI conditions. The maximum biomass (8.79 t ha⁻¹) and lint yield (1865 kg ha⁻¹) was obtained from the treatment in which the SSDI with the depth of 40 cm and amount of irrigation applied under the the rate of 1.25 of crop evapotranspiration.

Keywords: Cotton, surface drip irrigation, subsurface drip irrigation, soil temperature, biomass

GİRİŞ

Pamuk tekstil için ham materyal sağlaması yanında, besin ve yağ sanayisi için de önemli bir bitkidir. Çünkü pamuk tohumlarında yaklaşık %17-26 yağ ve %19-30 arasında protein bulunmaktadır (Swern, 1982).

Ülkemizde yıllık yaklaşık 440 000 ha alanda, 2.2 milyon ton kütlü pamuk üretimi gerçekleştirilmektedir. Ortalama kütlü pamuk verimi ise yaklaşık 4510 kg ha⁻¹'dir. Dünya sıralamasında ise %4'lük üretim ile 9. sıradadır (Anonim, 2016). Pamuk ülkemizde Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yetiştirilmektedir. Bu bölgelerde iklim ve toprak özellikleri büyük farklılık gösterdiğinden, yetiştirilen pamuk sulama suyu ihtiyacı dolayısıyla pamuk sulama programları da bölgelere göre farklılık göstermektedir. Güneydoğu Anadolu Projesi'nin (GAP) etkisiyle büyük alanların sulamaya açılması, iklim ve toprak koşullarının da uygun olması nedeniyle Güneydoğu Anadolu Bölgesi ülke pamuk üretiminin %50'den fazlasını üretmektedir (Çetin ve Üzen, 2016).

Pamuk, sulanan diğer bitkilerle kıyaslandığında oldukça yüksek bitki su tüketimi nedeniyle fazla sulama suyu ihtiyacı olan bir bitkidir. Buna bağlı olarak iyi bir pamuk yetiştiriciliğinde, farklı sulama yöntemlerine göre pamuk sulama programlarının etkili bir şekilde uygulanması için bitki su tüketiminin karşılanması son derece önemlidir.

Ülkemizin farklı bölgelerinde yapılan araştırmalarda damla sulama karık sulamaya göre yaklaşık %30-40 arasında bir su tasarrufu sağlayabilmektedir. Ayrıca verim ve kalitede önemli artışlar sağlanmaktadır. Örneğin, Şanlıurfa ilinde pamuk bitkisinde yapılan araştırmaya göre, damla sulama karık sulamaya göre yaklaşık %30-43, yağmurlamaya göre ise %7-18 arasında sulama suyu tasarrufu sağlamıştır (Çetin, 1993). Bu sonuçlara göre pamukta damla sulama kullanılması durumunda maksimum verim için

600-700 mm (6000-7000 m³ ha⁻¹) sulama suyu yeterli olmaktadır. Sulama aralığı ise 5-7 gün arasında değişebilmektedir.

Damla sulama, yüzey damla (YD) ve yüzeyaltı damla (YAD) olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilmektedir. Yüzey altı damla sulamada lateraller toprak altına gömülü olduğu için, toprak yüzeyinden buharlaşma kayıpları yok denecek kadar azdır.

Toprak sıcaklığındaki değişimler bitki kök morfolojisinin bir fonksiyonu olarak, kök uzunluğunu, kuru madde miktarını ve kök dallanmasını doğrudan etkiler. Genellikle sıcaklık artışı, bitkinin optimum sıcaklık düzeyine kadar bitki kök gelişimini de artırır. Ayrıca, toprak sıcaklığı, bitki besin elementlerinin köklerce alımı ve besinlerin transformasyonu için en önemli regülatördür (Glinski ve Lipiec, 1990).

Öte yandan, toprak sıcaklığı, bitki kök gelişimi, bitkiden olan transpirasyonu doğrudan etkileyen önemli bir faktördür. Özellikle kurak ve sıcak bölgelerde, akşam üzeri serin havalarda yapılan sulamaların toprak yüzeyini serinleterek toprak yüzey sıcaklığını düşürdüğünü, böylece bitki gelişimi ve verimde olumlu yönde artışlar olduğu bildirilmiştir. Damla sulamada, gündüz sulamasında gece sulamasına göre, 10 cm toprak derinliğindeki toprak sıcaklığı daha düşük olmuştur. Bu durum toprak nem içeriği ile ilgilidir. Buna göre mısır bitkisinde, bitki boyunda % 2, verimde % 10 artış meydana gelmiştir (Dong vd., 2016).

Karık ve yağmurlama sulama gibi her seferinde fazla miktarlarda sulama suyu uygulamalarında, toprak yüzeyi serinleyeceği için bitki transpirasyonu düşer (Ali vd., 1996). Verim ve transpirasyon birbiri ile pozitif ilişkili olduğundan, bu durum verimde azalmalara neden olur. Ayrıca, bitki örtüsünün (kanopisinin) tam toprak yüzeyini örtmediği durumda, toprak ve bitki kanopisi

arasındaki enerji dengesinde toprak esas etkiye sahiptir. Gündüz, yüzey damlada toprak ısı akışı yüzeyaltı damla sulamaya göre daha fazladır. Bu muhtemelen damlaticılardan toprak yüzeyine çıkan suyun toprak yüzeyi ve suyun daha yüksek sıcaklığa sahip olmasıyla, yüzey damlada ısı konveksiyonu meydana gelir. Böylece topraktan olan buharlaşma için uygun enerji, YD'da daha düşüktür (Dehghanisanij ve Kosari, 2011). Ancak, 15 cm'den daha derinde olan YAD sulamalarda gün içinde farklı zamanlarda yapılan sulamaların sulama etkinliği açısından pek farkı olmamıştır (Adams ve Zeleke, 2016).

Öte yandan, bitki toprak üstü toplam kuru madde (biomass) miktarı ile bitki su tüketimi ve sulama suyu arasında önemli pozitif ilişkiler vardır. Pamukta yapraklarda ve gövdede kuru madde (biomass) birikimi, ekimden yaklaşık 2 ay sonrası artarken, üreme organlarında ise yaklaşık 85 gün sonra artmaktadır (Chen vd., 2017).

Bu araştırmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesi Diyarbakır ilinde, 2016-2017 yıllarında, pamukta farklı damla sulama sistemlerinde farklı sulama suyu uygulamalarının toprak sıcaklığı ile toplam kuru madde verimine etkisi incelenmiştir

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneme yeri 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.

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 nispi nem % 54 olup, aylık nispi nem ortalamaları Temmuz ve Ağustos aylarında % 20'lere kadar düşmekte olup, Aralık ve Ocak aylarında ise % 77 civarında olmaktadır.

Denemede kullanılan sulama sistemi ve sulama suyu özellikleri

Denemede YD ve YAD sulama sistemi kullanılmıştır. YD ve YAD sulamada lateral aralığı her iki pamuk bitki sırasını sulayacak şekilde, lateral aralığı 1.40 m olarak uygulanmıştır. Damlaticı lateral borular Ø16 PE olup, toprak bünyesi ve infiltrasyon hızı esas alınarak damlaticı aralığı 40 cm, damlaticı debisi ise 2.2 L h⁻¹ seçilip uygulanmıştır. Damla sulama sistemlerinin çalıştırılmasında enerji kaynağı olarak Güneş Enerjisinden (Fotovoltaik Güneş Panelleri) üretilen elektrik enerjisi kullanılmıştır. Sulama suyu pH'sı 8.0, elektriksel iletkenliği ise 0.62 dS m⁻¹ olup, sulama suyu açısından önemli sorunu yoktur.

Deneme yöntemi, konular ve parsel ölçüleri

Araştırmada Stonville-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 Penam-Monteith (FAO-56 PM) yöntemine göre tahmin edilen referans bitki su tüketimine dayalı, bitki Kc yaklaşımı ile de sulama suyu hesaplanmış ve kullanılmıştır. Deneme konuları Çizelge 1'de verilmiştir.

Deneme konularına göre parsel alanı: 4.2 x 8.0 m = 33.6 m² (Toplam 6 sıra ve her 2 sıraya 1 lateral). Bitki sıra aralığı 0.7 m olup, her bir lateral 2 bitki sırasındadır ve böylece lateral aralığı 1.40 m olmuştur.

Çizelge 1. Araştırmada uygulanan deneme konuları

Table 1. Experimental treatments in the study

Ana Konular (Damla sulama sistemleri)	Alt Konular (Sulama suyu)
I ₁ : Yüzey damla (YD)	K ₁ : FAO-56 PM'e göre hesaplanan su tüketiminin (ETc)'nin 1.25 katı sulama suyu olarak uygulamak
I ₂ : Yüzeyaltı damla, (YAD-30 cm)	K ₂ : ETc'nin 1.00 katını sulama suyu olarak uygulamak
I ₃ : Yüzeyaltı damla ((YAD-40 cm)	K ₃ : ETc'nin 0.75 katını sulama suyu olarak uygulamak

Sulama suyu miktarının hesaplanması

Sulama suyunun hesabında aşağıda verilen Eşitlik (1) ve (2) kullanılmıştır. Seçilen 5 gün sulama aralığındaki gerçek zamanlı FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen su tüketimi hesaplanmış ve seçilen sulama konusuna göre uygulama yapılmıştır (Allen vd., 1998).

$$ETc = Kc \times ETo \quad (1)$$

Eşitlikte;

ETc: Tahmin edilen bitki su tüketimi (mm),

Kc: Bitki katsayısı,

ETo: Referans bitki su tüketimi (çim) (mm)'dir.

FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketimi (ETc) hesaplandıktan sonra, sulama suyu hesabında ETc'ye bağlı olarak, aşağıda verilen Eşitlik 2 kullanılmıştır (Çetin ve Bilgel, 2002).

$$I = A \times ETc \times K \times P \quad (2)$$

Eşitlikte;

I: Uygulanacak sulama suyu miktarı (L)

A: Sulanacak parsel alanı (m²)

ETc: Tahmin edilen bitki su tüketimi (FAO-56 PM Yöntemine göre, deneme yeri iklim verileri kullanılmasıyla) (mm).

K: Deneme gereği esas alınan katsayılar veya yüzde oranlar

P: Örtü yüzdesi (%).

İlk 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).

Toprak sıcaklık ölçümleri

Toprak sıcaklıkları, toprak yüzeyinden ve toprağın farklı derinliklerinde orta tekerrürdeki YD ve YAD sulama sistemlerinde yapılmıştır. Ölçümler lateralin 10 cm uzağında 10, 20, 25, 30 ve 35 cm derinlikte yapılmıştır. Bu amaçla toprağa batırılabilen seyyar toprak sıcaklık termometresi kullanılmıştır. Ölçümler sulamadan 1 gün önce olmak üzere, saat 10.00'da yapılmıştır. Ölçümler her 15 günde bir, sıcaklık değişimini tespit etmek amacıyla devam etmiştir. YD ve YAD'da sulamanın olası toprak sıcaklığına ve bunun da kuru madde (biomas) üretimine olası etkisi irdelenmiştir (Colaizzi vd., 2004).

Toprak üstü toplam kuru madde (biomass) miktarının tespit edilmesi

Toprak üstü aksamın toplam kuru madde (biomass) miktarını tespit etmek için bitkinin olgunlaşma dönemi (fizyolojik olgunlaşma sonunda) her parseli temsil edecek sayıda (10 adet) bitki toprak üstünden kesilip alınarak yaş ağırlık olarak tartılmıştır. Aynı örneklerin yaprak, gövde (dallar) ve tüm bitki organları 0.5 mm boyutunda öğütülerek 65°C kurutulduktan sonra tekrar tartımları alınmıştır (Gardner vd., 1985; Bronson vd., 2003). Her parseldeki toplam bitki sayılarına ve daha sonra da birim alan (ha) bazında toplam kuru madde (biomass) miktarları hesaplanmıştır.

Diğer tarımsal işlemler

Denemede kullanılan pamuk tohumları çimlenmeyi kolaylaştırmak için 1 gün önceden suda bekletilerek ıslatılmıştır. Aynı gün akşam saatlerinde tohum ekimi (Stonville-468) yapılmıştır. Ekimler her 2 deneme yılında da, Mayıs ayı başında yapılmış olup, hasat ise Ekim ayı başında gerçekleştirilmiştir.

Gübrelemede, azotlu gübre 130 kg N ha⁻¹, fosforlu gübre 80 kg ha⁻¹ P₂O₅ olarak eşit dozlar halinde fertigasyonla uygulanmıştır (Özer ve Dağdeviren, 1986; Özer, 1992; Karademir vd., 2005). Fertigasyon her 2 sulamada bir (10 günde bir) uygulanmıştır (Çetin vd., 2013). Azotlu ve fosforlu gübrenin 1/5 oranları ekimle birlikte doğrudan toprağa, kalanı ise fertigasyon yöntemi ile ilk sulama ile başlayıp, koza olum dönemine kadar devam etmiştir. 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.

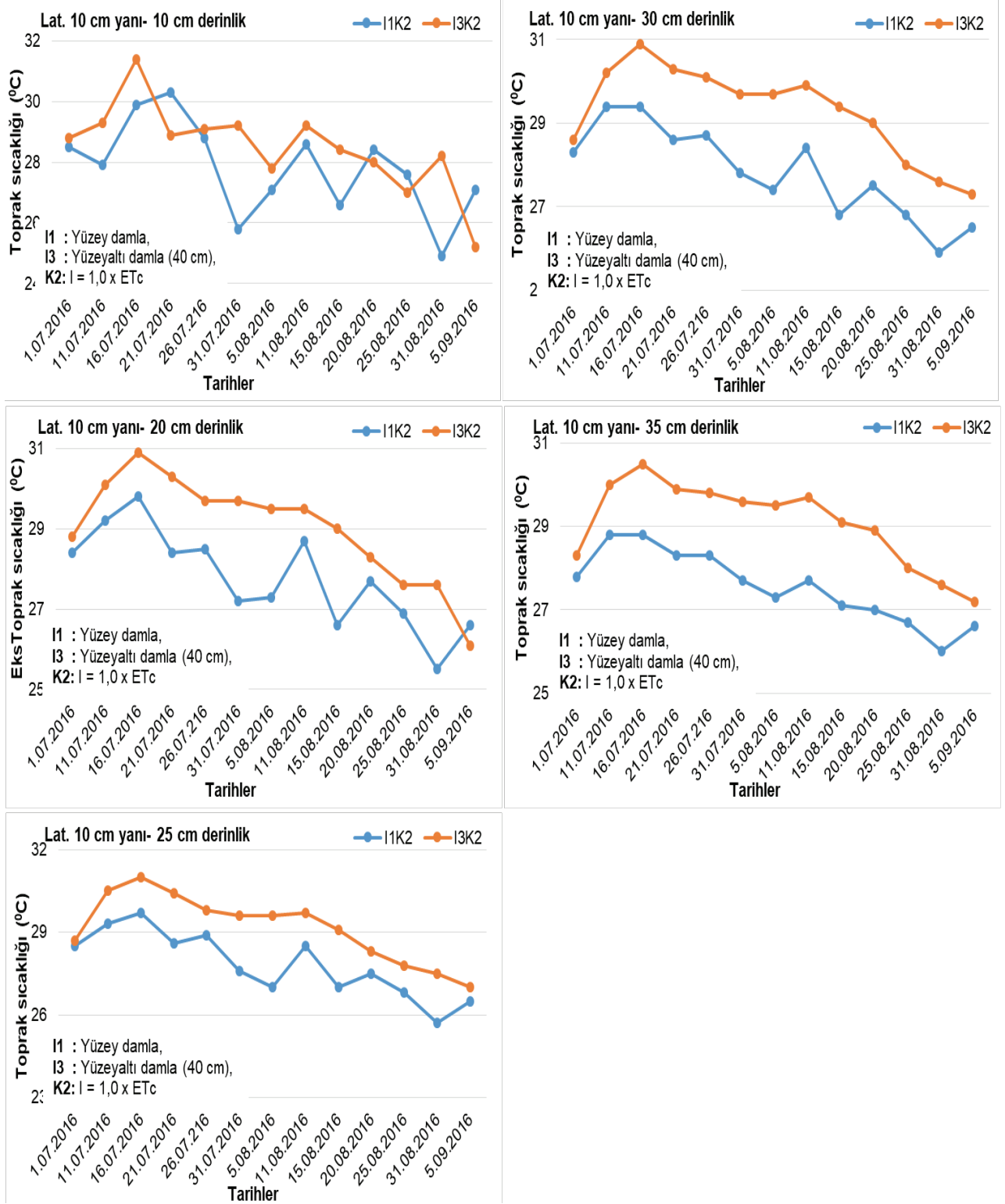
BULGULAR VE TARTIŞMA

Toprak sıcaklığı ölçüm sonuçları

Deneme yıllarına ait toprak sıcaklık ölçümleri, YD ve laterallerin 40 cm derinliğe yerleştirilen YAD sulama sisteminde, lateralin 10 cm uzağında ve farklı derinliklerinde yapılmıştır (Şekil 1 ve 2). Ölçümler belirtilen konumlarda hemen sulama öncesinde yapılmıştır. Buna göre, ölçümler FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen ETc değerinin tamamının sulama suyu olarak uygulandığı

($I = 1.0 \times ET_c$) uygulamalarda yapılmış olup, toprak sıcaklık okuma değerleri tarihleriyle birlikte grafikleştirilmiştir. Çünkü denemedeki bu uygulama,

bitkinin tükettiği kadar sulama suyu uygulamasına dayanmaktadır.



Şekil 1. Yüzeysel ve yüzeysel altı damla sulama sistemlerinde toprak derinliklerine göre lateralın 10 cm uzağında toprak sıcaklık değişimi (2016)

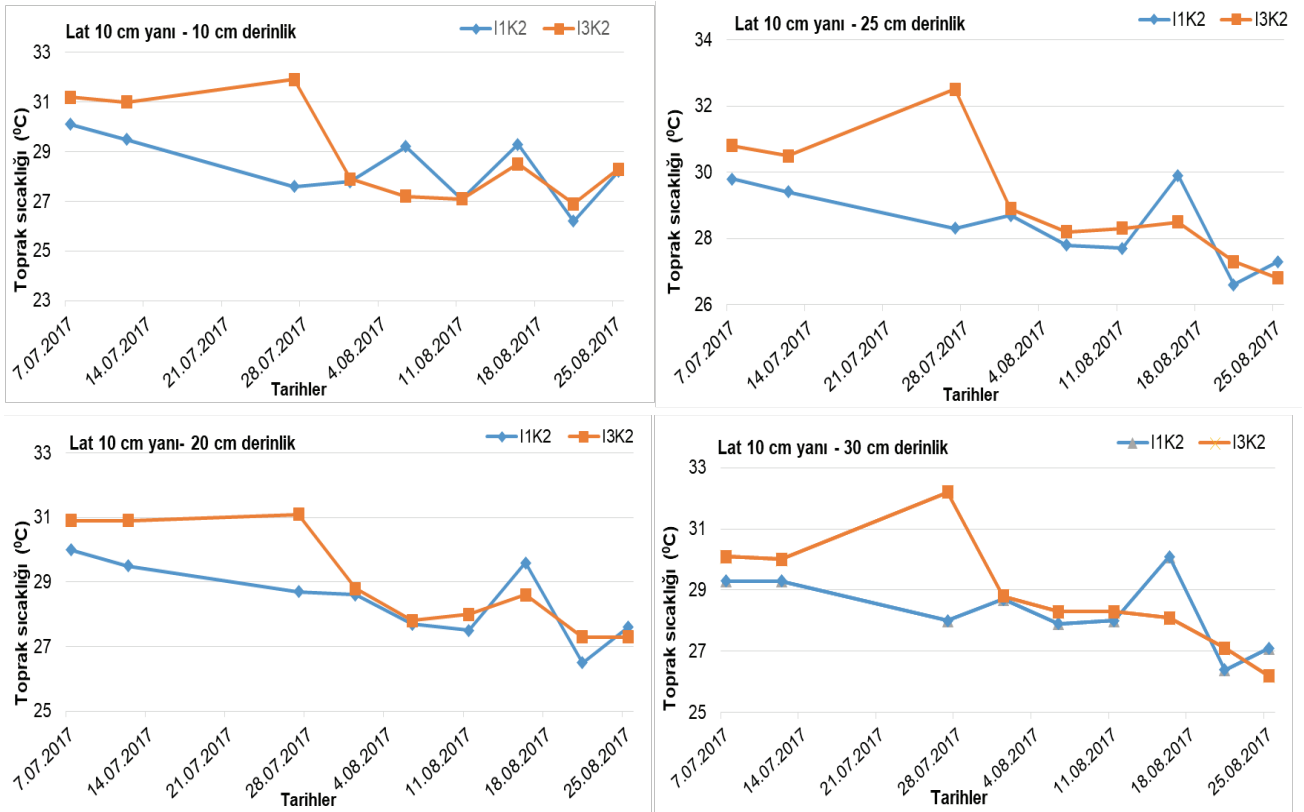
Figure 1. Temperature variation near 10 cm of the lateral under surface and subsurface drip irrigation systems according to different soil depths (2016)

Lateralin 10 cm yakınında farklı derinliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinde, YAD'da YD'ya göre, sulama öncesinde 35 cm derinlikte ortalama 1.47 °C, 30 cm derinlikte 1.53 °C, 20 cm derinlikte 1.25 °C ve 10 cm derinlikte ise 0.69 °C daha yüksek olduğu ölçülmüştür (Şekil 1 ve Şekil 2). Bu sonuçlar farklı sulama sistemlerinin, bu çalışmada olduğu gibi, yüzey ve yüzeyaltı damla sulamada toprak sıcaklıklarının farklı olduğunu göstermiştir. Öte yandan, önceden yapılan bir çalışmada ise, toprak katmanının 0-10 cm lik bölümünde farklı sulama uygulamaları ve farklı lokasyonlarda toprak sıcaklıkları arasında farklar olduğu belirtilmiştir. Malc kullanılan parsellerde beklenildiği üzere toprak sıcaklığı daha yüksek ölçülmüştür. Toprak sıcaklık değişiminin toprak düşey yönde malcsız uygulamalarda daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Toprak sıcaklığı mısır ekili alan ile çıplak toprakta ve domates yetiştirilen parsellere göre daha yüksek bulunmuştur (Li vd., 2017).

Bitkide transpirasyonun artması verimi artırdığı, azalması ise verimi düşürdüğü belirtilmektedir. YAD sulamada toprak sıcaklığı YD yöntemlerine

göre nispi olarak daha yüksek (sıcak) olduğu için verimin de daha yüksek olması beklenir. Yapılan bir çalışmada, Colaizzi vd. (2004), pamukta YAD'da toprak daha sıcak olduğu için diğer LEPA (düşük enerjili hassas sulama) ve yağmurlama sulama sistemlerinin kullanıldığı durumdan daha fazla verim elde etmişlerdir. Böylece daha serin toprak sıcaklığı bitki kök gelişimini azaltmaktadır. Buna göre, bu çalışma sonucu farklı damla sulama sistemlerine göre ölçülen toprak sıcaklıklarındaki farklılık ve özellikle YAD sulamada pamuk lif veriminin neden daha yüksek olduğu gerçeği ile örtüşmektedir. Çünkü pamuk lif verimi YAD sulamada, YD sulamaya göre önemli düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3).

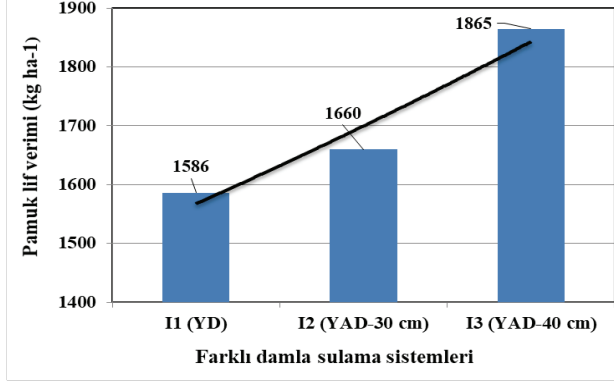
Toprak sıcaklığını sulama yöntemi ile büyük oranda farklılık gösterdiğini, toprak sıcaklığının 0-20 cm profilde 20-100 cm profil derinliğine göre daha büyük oranda (3-6 °C) değişim gösterdiği tespit edilmiştir. YD sulamada ise yüzey toprak hariç, toprak sıcaklığının exponential olarak azaldığı tespit edilmiştir (Lv vd., 2013). Öte yandan, mısır bitkisinde YD'da gece sulaması yapıldığında gündüz sulamasına



Şekil 2. Yüzey ve yüzeyaltı damla sulama sistemlerinde toprak derinliklerine göre lateralin 10 uzağında toprak sıcaklık değişimi (2017)
Figure 2. Temperature variation near 10 cm of the lateral under surface and subsurface drip irrigation systems according to different soil depths (2017)

göre toprak içi sıcaklığın 0.6 °C daha düşük olduğu, bu durumun ise verimde, bitki boy ve kök gelişimine olumlu yansıdığı belirtilmiştir (Dong vd., 2016).

Toplam kuru madde (biomas) sonuçları



Şekil 3. Farklı damla sulama sistemlerinin pamuk lif verimine etkisi (2 yıllık ortalama)

Figure 3. The effects of different drip irrigation systems on cotton lint yield (Average for 2 years)

Deneme yıllarına ve konularına göre elde edilen toprak üstü toplam kuru madde (biomas) miktarları Çizelge 2’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek kuru madde (biomas) miktarı her iki deneme yılında da, laterallerin 40 cm toprak derinliğine yerleştirildiği YAD sulama sistemi ile, FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerinin 1.25 katı sulama suyunun uygulandığı konudan (I₃K₁) elde edilmiştir. En düşük kuru madde (biomas) miktarı ise benzer şekilde her iki deneme yılında da, YD sulama sistemi ve FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerinin 0.75 katı sulama suyunun uygulandığı (en düşük sulama suyu düzeyi) konudan (I₁K₃) elde edilmiştir. Buna

göre, yüzey damla sulamadan yüzeyaltı damla sulamaya doğru pamuk lif veriminde önemli artış meydana gelmiştir (Şekil 3, Çizelge 2 ve 3). Benzer artış sulama suyunun artışı ile de olmuştur.

Deneme yılları arasında tüm konular bazında, toplam kuru madde (biomas) miktarları 2016 yılında 2017 yılına göre oldukça düşük düzeyde kalmıştır (Çizelge 2). Bunun nedenleri arasında, 2016 yılında daha yüksek sıcaklık ve toprakların yüksek kil içerikleri (% 65) de gözönüne alındığında, bitkilerin yetersiz çimlenme ve yetiştirme dönemi başında nispi olarak daha zayıf olması gösterilebilir.

Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, 2016 yılında uygulanan farklı sulama suyu miktarları kuru madde (biomas) miktarı üzerinde istatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde etkili olmuştur. Denemenin ikinci yılı olan 2017 yılında ise, hem farklı damla sulama sistemleri hem de sulama suyu miktarları istatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde ayrı ayrı kuru madde (biomas) üzerinde etkili olmuştur. Bu nedenle deneme yıllarına ait farklı damla sulama sistemi ve farklı sulama suyu miktarlarına karşılık elde edilen kuru madde (biomas) değerleri Çizelge 3’de ayrıca verilmiştir.

Buna göre, farklı damla sulama sistemleri içerisinde en yüksek ortalama kuru madde (biomas) miktarı (7.24 t ha⁻¹) 40 cm derinliğe yerleştirilen YAD sulama sisteminden elde edilirken, farklı sulama suyu uygulamalarında ise, FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerinin 1.25 katının uygulandığı sulama suyu uygulaması en yüksek biomas değerini (8.15 t ha⁻¹) vermiştir.

Çizelge 2. Pamukta deneme konularına göre toprak üstü aksamın toplam kuru madde miktarı (biomass)(t ha⁻¹)

Table 2. The amounts of total biomass of cotton according to the experimental treatments

Ana	Alt	2016		2017		Ortalama	
		Sulama suyu (mm)	Biomass (t ha ⁻¹)	Sulama suyu (mm)	Biomass (t ha ⁻¹)	Sulama suyu (mm)	toplam biomas (t ha ⁻¹)
I1	K ₁	606.2	4.36	675.9	10.59	641.1	7.48
	K ₂	458.1	4.44	517.6	8.97	487.9	6.71
	K ₃	310.2	3.68	303.1	4.83	306.7	4.26
I2	K ₁	604.6	5.37	676.0	11.00	640.3	8.19
	K ₂	540.2	5.68	522.6	7.00	531.4	6.34
	K ₃	337.8	3.08	364.1	4.50	351.0	3.79
I3	K ₁	661.5	6.00	685.8	11.58	673.7	8.79
	K ₂	543.9	5.18	558.7	9.33	551.3	7.26
	K ₃	363.2	4.28	375.6	7.08	369.4	5.68

Çizelge 3. Denemedeki ana ve alt konulara göre ayrı ayrı kuru madde (biomas) miktarları (t ha⁻¹).

Table 3. Amount of total biomass according to the main plots and sub-plots

Sulama sistemleri	2016	2017	Ort.	Farklı sulama suyu düzeyleri (mm)	2016	2017	Ort.
I ₁ (YD)	4.16b	8.13a	6.12	K1(651.7)	5.24a	11.06 a	8.15
I ₂ (YAD-30 cm)	4.71ab	7.50b	6.12	K2 (523.5)	5.10a	8.43 b	6.77
I ₃ (YAD-40 cm)	5.15a	9.33a	7.24	K3 (342.4)	3.68b	5.47 c	4.58

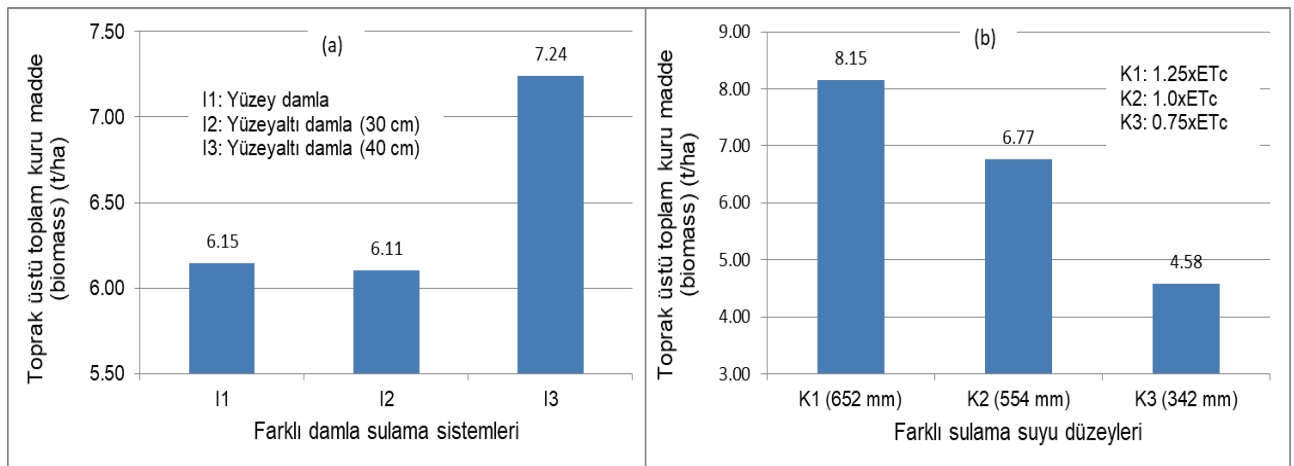
Ortalama değerler gözönüne alındığında, toprak üstü toplam kuru madde (biomas) değerleri, YAD sulama sisteminde ve sulama suyu miktarının artışına bağlı olarak artış göstermiştir (Çizelge 3, Şekil 4). Bu araştırma sonucu elde edilen biomas değerleri gözönüne alındığında, benzer şekilde, Ertek ve Kanber (2001), en yüksek kuru madde (biomas) miktarı, her iki deneme yılında da sulama suyunun en fazla uygulandığı konudan sırasıyla 7.80 ve 6.40 t ha⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise, iyi sulanmış pamuk, sulanmayan pamuk bitkisine göre kuru madde miktarında % 39 oranında artış olduğu bildirilmiştir (Chen vd., 2017). Yapılan bu araştırma sonucu ve belirtilen önceki çalışma sonuçlarına göre, kuru madde (biomas) miktarını en fazla sulama suyu etkilemekte ve artan sulama suyu kuru madde (biomas) miktarını da artırmaktadır.

Ayrıca denemede yer alan 3 farklı damla sulama sisteminde farklı sulama suyu uygulamalarına göre, sulama suyu kuru madde (biomas) arasında regresyon analizleri yapılmıştır. Analiz sonucunda, sulama suyu ile biomas arasında, YD'de $Y=1.48 + 0.0097 X$ ($R^2= 0.94^{**}$), YAD (30 cm)'de $Y= - 1.55$

+ 0.015 X ($R^2= 0.99^{**}$), ve YAD (40 cm)'de ise $Y= 1.87 + 0.01 X$ ($R^2= 0.98^{**}$), ile tanımlanan ve istatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde önemli doğrusal ilişki tespit edilmiştir (Şekil 5.).

Öte yandan, Phene and Ruskin (1995)'e göre, toprak içindeki nem dağılım boyutunun büyüklüğü, YAD sulamada (tam küresel) YD'ya göre (yarı küresel) daha büyüktür. Başka bir ifade ile, ıslatılan alan büyüdükçe, kök gelişimi için elverişli toprak hacmi de büyümektedir. Böylece su ve besinlerin absorpsiyonu için elverişlilik durumu her ne kadar yıkanma potansiyeli olsa da, YAD sulamada önemli düzeyde artmaktadır.

YAD sulamada, ıslatılan hacmin çoğu daha derinlerde meydana gelir, böylece kök sistemi genellikle yüzey damladan daha düşük sıcaklıkta ve sabit bir çevrenin fonksiyonudur. YAD sulamada toprak yüzeyi kuru kalır, böylece üst topraktan olan buharlaşma ihmal edilebilir durumdadır (Kalfountzos vd., 2007). Ancak bu durum bu denemede olduğu gibi, toprak bünyesi ve lateral derinliğine bağlı olarak önemli ölçüde değişmektedir. Çünkü, 30 cm derinlikteki YAD sulamada sulama sonlarına doğru toprak yüzeyinin

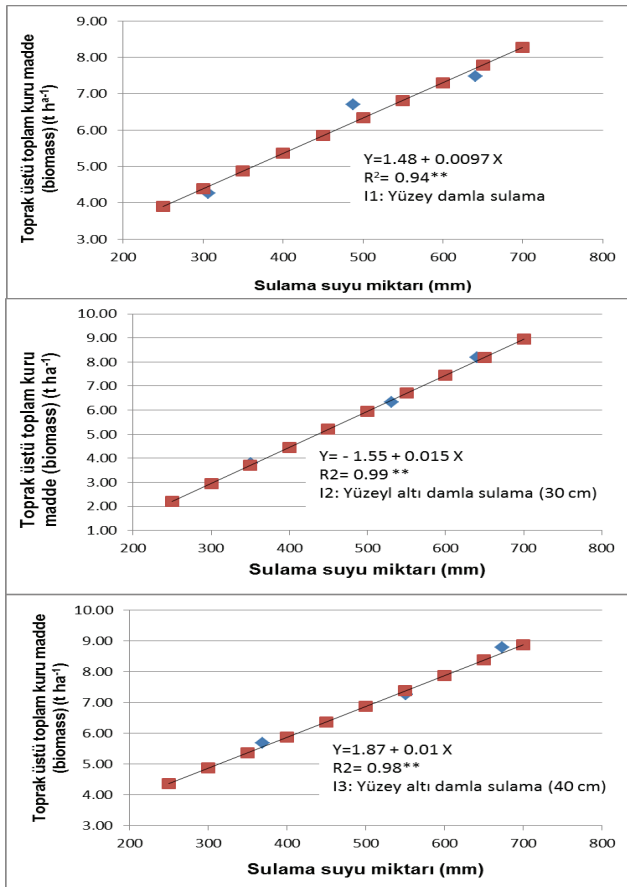


Şekil 4. Pamukta farklı damla sulama sistemleri (a) ve farklı sulama suyu (b) uygulamalarının toprak üstü toplam kuru madde (biomass) miktarına etkisi

Figure 4. The effect of different drip irrigation systems and different amount of irrigation water on total biomass of cotton

ıslak hale geldiği görülmüştür. Bu durum lateralın hem 30 cm derinlikte olması (toprak yüzeyine yakın) hem de toprak bünyesinin % 65'den fazla kil içermesi nedeniyle kapillariteye bağlanabilir. Aynı durum 40 cm derinlikte meydana gelmemiştir. Bu ise, 40 cm derinlikteki yüzeyaltı damlada neden daha yüksek toplam kuru madde (biomas) verimi elde edildiğini de açıklamaktadır. Buna göre YAD sulamada da sistem tasarımı ve işletilmesi mevcut toprak ve bitki koşulları gözönüne alınarak yapılmasının ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Buna göre, kurak ve yarı kurak bölgelerde pamuk verimi ile toplam kuru madde (biomass) miktarını etkileyen ve/veya belirleyen en önemli faktörün başında su gelmektedir (Patterson vd., 1978; Çetin ve Bilgel, 2002). Kuru madde (biomas) birikimi ile ilgili olarak, yetiştirme süresince bitkiler tarafından biriktirilen toplam kuru madde (biomas) fotosentez ve solunum aktivitesinin bir fonksiyonudur (Patterson vd., 1978).



Şekil 5. Farklı damla sulama sistemlerinde, sulama suyu pamuk toprak üstü kuru madde (biomass) ilişkisi

Figure 5. The relationship between different amount of irrigation water and total biomass of cotton on different drip irrigation systems

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma, pamukta farklı damla sulama sistemlerinde farklı sulama suyu uygulamalarının toprak sıcaklığı ile toplam kuru madde (biomas) verimine etkisi incelemek amacıyla Güneydoğu Anadolu Bölgesi Diyarbakır ilinde, 2016-2017 yıllarında yapılmıştır. Araştırma sonucuna göre, lateralın 10 cm yakınında farklı derinliklerde yapılan sıcaklık ölçümlerinde, yüzeyaltı damla sulamada yüzey damla sulamaya göre, sulama öncesinde 35 cm derinlikte 1.47 °C, 30 cm derinlikte 1.53 °C, 20 cm derinlikte 1.25 °C ve 10 cm derinlikte ise 0.69 °C daha yüksek olduğu ölçülmüştür.

Yüzeyaltı damla sulamada yüzey toprağı kuru olduğundan, topraktan olan buharlaşma çok sınırlı veya ihmal edilebilir düzeyde olduğu gözönüne alınabilir. Bu durum sistem tasarımı ve sulama yönetimi ile yakından ilgilidir. Bu denemede olduğu gibi, çoğu zaman 30 cm derinliğe yerleştirilen yüzeyaltı damla sulama uygulamasında, toprak yüzeyinin ıslak olduğu görülmüştür. Bu durumun kapillarite ile suyun toprak yüzeyine kadar çıktığı böylece buharlaşma kayıplarının 40 cm derinlikteki yüzeyaltı damla sulamaya göre nispi olarak daha yüksek olduğu söylenebilir. Halbuki, 40 cm derinliğe yerleştirilen yüzeyaltı damla sulamada ise bu durum genellikle meydana gelmemiş olup, dolayısıyla buharlaşma kayıpları da pek olmamıştır. Bu durum, toplam kuru maddenin neden 40 cm derinlikteki yüzeyaltı damla sulama en yüksek olduğunu da açıklamaktadır. Buna göre, 40 cm derinlikteki YAD sulamada sulama suyunun, YD ve diğer 30 cm derinlikteki YAD sulamaya göre daha etkin kullanıldığını göstermektedir.

Öte yandan, kuru madde (biomas) miktarını en fazla sulama suyu etkilemekte ve artan sulama suyu kuru madde (biomas) miktarını da artırmaktadır. Buna göre, farklı damla sulama sistemleri içerisinde en yüksek ortalama kuru madde (biomas) miktarı (8.79 ha⁻¹) 40 cm derinliğe yerleştirilen YAD sulama sisteminde ve FAO-56 PM yöntemine göre tahmin edilen bitki su tüketim değerinin 1.25 katının uygulandığı sulama suyu uygulamasından elde edilmiştir. Ancak, optimum koşullar (su tasarrufu ve en yüksek su verimliliği) göz önüne alındığında, 40 cm derinlikteki YAD sulama ile günlük gerçek su tüketimi kadar sulama suyunun uygulandığı (I=1.00xET_c) uygulama önerilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu makalede yer alan veriler, TÜBİTAK 1150600 No'lu araştırma projesi Sonuç Raporu'nun bir bölümünden elde edilmiştir. Bu nedenle, bu makalenin "Materyal ve Yöntem" bölümünün bir kısmı, ilgili proje verilerinden üretilen farklı makale veya yayın(lar)'ın yalnız "Materyal ve Yöntem" bölümlerinin yalnız bir kısmı ile benzerlik göstermektedir. Belirtilen projenin finansal desteğinin (bütçesi) tamamı TÜBİTAK tarafından sağlanmıştır. Bu nedenle kurumsal olarak TÜBİTAK'a teşekkür ederim. Arazi çalışmalarında katkı sunan Doç. Dr. Neşe Üzen, Hilal Altunten ve Bayram Önen'e teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Adams WR, Zeleke KT (2016). Diurnal effects of on efficiency of drip irrigation. *Irrigation Science* 35: 141-157, Doi: 10.1007/s00271-016-0529-1.
- Ali IA, Kafkafi U, Yamaguchi I, Sugimoto Y, Inanaga S (1996). Transpiration drop after sudden decrease in root temperature. *International Evapotranspiration and Irrigation Scheduling Conference*. San Antonio, Texas, USA, November 3-6, 1996.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. United Nations Food and Agriculture Organization, Irrigation and Drainage Paper 56, Rome.
- Anonim (2016). *Bitkisel üretim istatistikleri*. Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr, Erişim tarihi: 15.06.2016.
- Bronson KF, Chua TT, Booker JD, Keeling JW, Lascano RJ (2003). In-season nitrogen status sensing in irrigated cotton: II. Leaf nitrogen and biomass. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67:1439–1448. Chen Z, Ma H, Xia J, Hou F, Shi X, Hao X, Hafeez A, Han H, Luo H (2017). Optimal pre-plant irrigation and fertilization can improve biomass accumulation by maintaining the root and leaf productive capacity of cotton crop. *Scientific Reports*, Volume 7, Article number: 17168, doi:10.1038/s41598-017-17428-5.
- Colaizzi PD, Evett SR, Howell TA (2004). Comparison of SDI, LEPA and spray irrigation performance for cotton in the North Texas High Plains". *CD-ROM. Irrigation Association Annual Meeting*, 14-16 Nov. Tampa, FL. USA.
- Çetin Ö (1993). GAP'ta sulama sistemleri ve su Tasarrufu. *ToprakSu Dergisi*, 1: 23-24.
- Çetin Ö, Bilgel L (2002). Effects of Different Irrigation Methods on Shedding and Yield of Cotton. *Agric. Waste Manage*, Volume 54 (1), 1-15.
- Çetin Ö, Üzen N (2016). Pamuk sulaması. *Çiftçi ve Köy Dünyası*. TZOB Dergisi, Ağustos, 2016, 38-41.
- Çetin Ö, Üzen N, Temiz MG, Sessiz A (2013). Güneş enerjisi kullanarak damla sulama ile sulanan pamukta fertigasyonda azotlu gübre yönetimi. *Dicle Üni. Bilimsel Araştırmalar Koordinatörlüğü (Proje No: ZF-10-166) Desteklenen Araştırma Sonuç Raporu*, Diyarbakır.
- Dehghanisanij H, Kosari H (2011). Evapotranspiration partitioning in surface and subsurface drip irrigation systems, *Evapotranspiration-from measurements to agricultural and environmental applications*, G. Gerosa (ed.) ISBN:978-953-307-512-9.
- Dong X, Xu W, Zhang Y, Leskovar DI (2016). Effects of irrigation timing on root zone soil temperature root growth and grain yield and chemical composition in corn. *Agronomy*, 6:34, 1-10, doi:10.3390.
- Ertek A, Kanber R (2001). Damla yöntemiyle sulanan pamukta farklı sulama programlarının bitki gelişmesine etkileri. *Türk J Agric For* 25 (2001) 415-425.
- Gardner FP, Pears RB, Mitchel RL (1985). *Physiology of crop plants*. Iowa State University Press. Iowa, USA, 327.
- Glinski J, Lipiec J (1990). *Soil condition and plant roots*. CRC Press Boca Baton Fla.
- Harem E (2010). Türkiye'de tescil edilen pamuk çeşitleri. *TAGEM, GAP Toprak-Su Kaynakları ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü*, Yayın No: 165, Şanlıurfa.
- Kalfountzos D, Alexiou I, Kotsopoulos S, Vyrlas P (2007). Effect of subsurface drip irrigation on cotton plantations. *Water Resour Manage* 21:1341–1351, DOI 10.1007/s11269-006-9085-4.
- 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 Fak. Dergisi*, 2005, 22(1), 55-61.
- Keller J, Bliessner RD (1990). *Sprinkle and trickle irrigation*. Chapman and Hall, 115 Fifth Avenue, New York, NY 10003.
- Li X, Simunek J, Shia H, Yana J, Panga Z, Gong X (2017). Spatial distribution of soil water, soil temperature, and plant roots in a drip-irrigated intercropping field with plastic mulch *Europ. J. Agronomy* 83: 47–56.
- Lv G, Hu W, Kang Y, Liu B, Li L, JO S (2013). Root water uptake model considering soil temperature. *Journal of Hydrologic Engineering* 18(4): 394-400.
- Özer MS (1992). Harran Ovası koşullarında pamuğun fosforlu gübre isteği. *Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 71, Rapor Seri No: R-47, Şanlıurfa*.
- Özer SM, Dağdeviren İ (1986). Harran Ovası koşullarında pamuğun azotlu gübre isteği. *Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları, Yayın No:25, Rapor Serisi No:17, Şanlıurfa*.
- Patterson LL, Buxton DR, Briggs RE (1978). Fruiting in cotton as affected by controlled boll set. *Agron. J.* 70:118-122.
- Phene CJ, Ruskin R (1995). Potential of subsurface drip irrigation for management of nitrate in wastewater. In: Lamm FR (ed) *Microirrigation for a changing world: conserving resources/preserving the environment*. Proceedings of the 5th international microirrigation congress, April 2–6. Orlando, Florida, pp 155–167, American Society of Agricultural Engineers.
- Swern D (1982). *Bailey's industrial oil and fat products*. A Wiley Interscience Publication, Vol. 2, 1-69. USA.