



Araştırma Makalesi/Research Article

Aydın Ovası Koşullarında İnfrared Termometre Tekniği ile Pamukta Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI) ve Sulama Zamanının Belirlenmesi

Erdoğan Erten¹ Necdet Dağdelen^{2,*}

^{1,2}Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Aydın

*Sorumlu yazar: ndagdelen@adu.edu.tr

¹<https://orcid.org/0000-0001-8460-5792>, ²<https://orcid.org/0000-0002-7116-3718>

Geliş Tarihi: 11.02.2020

Kabul Tarihi: 06.05.2020

Öz

Bu çalışma 2018 yılında, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazilerinde yürütülmüştür. Deneme, Aydın koşullarında kütlü pamuk veriminin tahmininde bitki su stres indeksinin (CWSI) belirlenmesi amacıyla kurulmuştur. Çalışmada, beş farklı sulama düzeyi (S₁: %100, S₂: %75, S₃: %50, S₄: %25 ve S₅: %0 düzeyleri) incelenmiştir. Sulamalara; S₁ konusunda 120 cm'lik toprak profilindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %40'ı tüketildiğinde başlanmıştır. Diğer konulara (S₂; S₃; S₄ ve S₅) verilecek sulama suyu miktarları, S₁ konusuna verilen suyun sırasıyla %75, %50, %25 ve %0'ı oranında uygulanmıştır. En yüksek verim ve toplam bitki su tüketimi tam sulama yapılan %100 konusundan elde edilmiştir. Anılan konudan sırasıyla 598.5 kg da⁻¹ kütlü verimi ve 801 mm su tüketimi elde edilmiştir. Çalışmada beş sulama düzeyi için CWSI değerlerinin hesaplanmasında, bitki taç sıcaklığı, buhar basıncı açığı ve hava sıcaklığı kullanılmıştır. CWSI değerleri arttıkça; topraktaki nem açığı artmış fakat pamuk kütlü verimleri azalmıştır. Çalışma sonucunda, sulama zamanının belirlenebilmesi amacıyla bitki su stres indeksinin kullanılabilceği saptanmıştır. En yüksek pamuk veriminin sağlandığı S₁ tam sulama konusundan sulama öncesi ortalama CWSI= 0,22 değeri elde edilmiştir. Çalışmada pamuk kütlü verimi ile ortalama CWSI değerleri arasında ikinci dereceden önemli “Y = -2161,8 CWSI² + 1007,5 CWSI +511,76” eşitliği bulunmuş ve bunun Aydın koşullarında pamuk verim tahmininde kullanılabilceği belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pamuk, damla sulama, bitki su stres indeksi (CWSI)

Determination of Crop Water Stress Index and Irrigation Scheduling of Cotton by Using Infrared Thermometer Techniques in Aydın Plain Conditions

Abstract

This study has been conducted during the year of 2018, in the fields of the Research and Application Farm of Faculty of Agriculture at Aydın Adnan Menderes University. The research was established in Aydın conditions to determine the crop water stress index (CWSI) in estimation of the cotton yield. In the study, five different irrigation levels (100, 75, 50, 25 and 0%) were investigated. Irrigation was applied when ~40% of available soil moisture was consumed in the 1.20 m root zone at S₁ treatment during the irrigation periods. In treatments, S₂; S₃; S₄ and S₅ irrigations were applied at the rates of 75, 50, 25 and 0 % of S₁ treatment on the same day, respectively. The highest yield and total water use were obtained from 100% treatment to full irrigation. The cotton yield and water use obtained from this treatment were found to be 598.5 kg da⁻¹ and 801 mm, respectively. In the study, measurements of canopy (T_c), ambient air (T_a) temperatures and vapor pressure deficit (VPD) were used to calculate CWSI values for five irrigation levels. As the CWSI values increased, the soil water deficit increased, but the cotton yields decreased. As a result of the study, it was determined that the crop water stress index can be used to determine the irrigation time. The seasonal average CWSI = 0.22 value before irrigation was obtained from S₁ full irrigation treatment with the highest cotton yield. In the study, the second order polynomial “Y = -2161.8 CWSI² + 1007.5 CWSI +511.76” equation was found between cotton yield and average CWSI values. It is stated that this equation can be used in cotton yield estimation under Aydın conditions.

Keywords: Cotton, drip irrigation, crop water stress index (CWSI)

Giriş

Küresel iklim değişikliği beraber yeraltı su kaynaklarının azalması, enerji tüketiminin artması, endüstride ve insan kullanımında suyun artması gibi meydana gelen sonuçlar tarımsal üretimde kullanılan su miktarını da olumsuz etkilemektedir. Kuraklığın getirdiği sonuçlar ile Türkiye’de bu durumdan en fazla etkilenecek bölgeler içerisinde Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi bulunmaktadır



(Türkeş, 2008). Bu nedenle ileriki yıllarda ülkemizde oluşabilecek kuraklıktan pamuk üretimi ilk sırada etkilenecektir.

Pamuğun hangi şartlarda yetiştirildiğine bakılmaksızın, sulamaların programlanmasıyla ilgili iki temel sorunun mutlaka cevaplanması gerekir: a) Sulamaya ne zaman başlanmalı? ve b) Ne kadar su uygulanmalı? Sulama programlarının oluşturulmasında kullanılan yöntemler genel olarak toprak, iklim ve bitki esas alınarak yapılmaktadır. Bitkiyi esas alan sulama programları (fizyolojik teknikler) bitki bünyesindeki suyun dolaylı veya doğrudan ölçülmesine dayanmakta ve kullanımı son yıllarda giderek artış göstermiş ve önem kazanmıştır. Sulama programlamasında diğer önemli bir konu da birim suyun etkin kullanıldığı yöntemlerin tercih edilmesidir. Ülkemizde son yıllarda, sulanan tarım alanlarının genişletilmesi ve mevcut su kaynaklarının daha rasyonel kullanımı daha fazla önem kazanmaya başlamıştır. Bu sebeple de su kullanım etkinliğini artıran basınçlı sulama sistemleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Aydın ve ark., 2019). Özellikle damla sulama yöntemi, diğer yöntemlere kıyasla birim suyun araziye eşit olarak dağılımını sağlaması nedeniyle kullanımı son yıllarda giderek artmıştır (Çamoğlu ve ark., 2018). Bitkilerin atmosferik ve toprak koşullarına verdiği tepki dikkate alınırca sulama programlarının bitki esasına dayandırılmasının daha faydalı olacağı düşüncesi son yıllarda geçerlilik kazanmıştır. Yetiştirilen bitkilerin kendi sahip olduğu su miktarı sulamanın yapılma zamanlamasıyla ilgili olarak topraktaki nem içeriği ve yetiştirilme ortamına göre daha belirleyici olmaktadır. Dolayısıyla da sulamayla ilgili programların hazırlanmasında bitkinin sahip olduğu su miktarını belirlemek önem teşkil etmektedir (Reginato, 1983). Bitkinin su stresini ölçmek amacıyla çeşitli parametrelerin kullanılmasıyla nicelik bakımından suyla ilgili ölçüm yapılabileceğini araştırmalar ortaya koymuştur. Son yıllarda kullanılan bu parametreler bitki tacı ve hava sıcaklığı farkı ile havadaki buhar basıncı açığıyla ilgilidir. (Jackson ve ark., 1981). Kullanılan bu tekniklerin arasında en önemlilerinden biri de infrared termometre tekniğidir. Bitki örtüsünün yüzey sıcaklığının doğrudan ölçülmesine dayalı bu teknik ile bitkiye dokunulmaksızın daha hızlı ve doğru ölçüm yapma imkânı sağlar. Kullanılan teknikte çok çeşitli infrared termometreler kullanılabilir. Bu termometreler genelde 7-18 mikrometre dalga boyuna, 30°'lik görüş açısına ve farklı emissivite değerlerine (0,95-0,98) sahiptir. Yaprak sıcaklığı ölçümü yapılırken, infrared termometre kullanımı mesafe/hedef çapı oranı dikkate alınarak görüş alanına yalnızca yaprağın girmesine özen gösterilmelidir. Infrared termometre tekniğinin diğer toprak neminin izlenmesine dayalı sulama zamanı planlaması tekniklerine göre en büyük üstünlüğü, anlık sonuçlar alınması ve bu sonuçların değerlendirilerek sulama zamanına karar verilmesidir. Ancak bitki su stresi indeksi (CWSI) değerlerinin anlık elde edilebilmesi için farklı iklim ve bitki çeşitlerinde araştırma yapan ya da üniversitelerin ilgili bilim dalları tarafından daha önce yapılan çalışmalarda elde edilmiş alt ve üst baz değerlerine ihtiyaç vardır (Erdem ve Erdem, 2010).Pamuğun yağ sanayisi, tekstil sanayisi ve endüstri alanlarında kullanılmasıyla insanlara geniş ölçüde iş alanı sağlamaktadır. Uluslararası Pamuk İstişare Komitesi (ICAC) verilerine göre, dünya genelinde yaklaşık 32,1 milyon ha alanda pamuk yetiştirildiği ve yetiştirilen pamuktan yaklaşık olarak 24,4 milyon ton lif üretildiği görülmektedir. Türkiye genelinde 462 bin ha ile pamuk alanı ekilmesiyle dünya sıralamasında 9'uncu olarak yer almaktadır. Türkiye İstatistik Kurumunun açıkladığı verilerine göre 2017/18 sezonunda ülkemizde kütlü pamuk üretiminin 2450 ton olduğu, bu miktara göre ise 882 bin ton lif pamuk üretiminin yapılmasıyla ülkemizin dünya sıralamasında ikinci olduğu görülmektedir. TÜİK verilerine göre, ülkemizde 2017 yılında üretilen pamuğun %56'sı Güneydoğu Anadolu, %22'si Ege, %18'si Çukurova ve %1'i Antalya bölgelerinde üretilmektedir (Anonim, 2018a).Türkiye'de pamuğun ekim alanının azalmasıyla başlıca pamuk ithal eden ülkeler arasına girmiştir. Yaklaşık olarak her yıl 700-850 bin ton pamuk ithal edilmesiyle ülkemizde görülen dalgalanmalarla yüksek miktarda döviz kaybı oluşmaktadır. Ortaya çıkan bu durumun giderilmesi için pamuk ekimi ülkemiz koşullarında teşvik edilmeli; özellikle damla sulama uygulamaları kullanılmalı ve buna bağlı sulama programları bölge şartlarına göre yaygınlaştırılmalıdır. Sonuçta, su kaynaklarının etkili biçimde kullanılması gereklidir ve günümüzde etkili yöntemlerin seçilmesi bu yöntemlerin yüksek hassasiyette anlık sonuçlar vermesi bakımından kullanılması önemlidir. Bu amaçla sulama zamanı planlanmasında infrared termometre tekniğinin kullanılmasının özendirilmesi gerekir.

Bu çalışmada, Aydın Ovası koşullarında yaygın ekimi yapılan pamuk bitkisinde ölçülen infrared termometre değerlerini kullanarak bitki su stres indeksinin (CWSI) belirlenmesi ve bu indeksin sulama programlaması ve verim tahmininde kullanım olanakları araştırılmıştır.



Materyal ve Yöntem

Çalışma, Aydın ili sınırlarında merkezin 18 km güneyinde, Koçarlı ilçesinin 7 km doğusunda yer alan Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yapılmıştır. Denizden yüksekliği yaklaşık 56 m olan araştırma alanı 37°51' kuzey enlemi ile 27°51' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Anonim, 1995). Aydın Ovasında yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçen Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Çizelge 1'de deneme alanı içerisinde bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla farklı noktalardan alınan toprak bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerine ait analiz sonuçları verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma alanına ait bazı toprak fiziksel özellikleri

Profil Derinliği (cm)	Bünye dağılımı (%)			Bünye sınıfı	Hacim ağırlık (g cm^{-3})	Tarla kapasitesi		Solma noktası		Kullanılabilir su tutma kapasitesi	
	Kum	Kil	Silt			(%) [*]	(mm)	(%) [*]	(mm)	(%)	(mm)
0-30	58.4	13.6	28.0	Kumlu-Tınlı	1.35	23.1	111.5	10.1	40.9	13.0	52.6
30-60	56.4	13.6	30.0	Kumlu-Tınlı	1.45	22.9	99.6	9.4	40.8	13.5	58.8
60-90	68.2	13.6	19.2	Kumlu-Tınlı	1.52	18.4	83.9	7.3	33.2	11.1	50.6
90-120	49.7	17.5	32.0	Kumlu-Tınlı	1.50	20.3	91.3	7.2	32.3	13.1	59.0

*: Kuru ağırlık yüzdesi

Çizelge 1 incelendiğinde araştırma alanı toprakları bünye açısından orta bünyelidir. Deneme alanı topraklarının 30 cm'lik katmanlara göre hacim ağırlık değerleri 1.35-1.52 g cm^{-3} arasında değişmiştir. Ayrıca 0-120 cm profil derinliğine sahip olan toprağın kullanılabilir su miktarı 221 mm olarak belirlenmiştir (Aksoy ve ark., 1998). Yürütülen çalışmada 3 tekerrürlü tesadüf blokları deneme deseni uygulanmıştır. Her bir parsel 14 m² (5 x 2,8 m) olacak şekilde toplamda her blokta 5 parsel oluşturulmuştur. Bir parsel içerisinde bulunan bitkilerin sıra aralıkları 0,70 m ve sıra üzerleri 0,20 m olup toplamda bir parsel içerisinde 6 sıra oluşturulmuştur. Bloklar arasında yanıl sızmaları önlemek amacıyla 3 m ve yine parsel aralarına da 3 m boşluk bırakılmıştır. Araştırma materyali olarak yüksek verim potansiyeline sahip Gloria pamuk çeşidi kullanılmıştır. Pamuk ekimi 20 Nisan 2018 tarihinde havalı mibzer yardımıyla 70 cm aralıklı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk çapalamanın hemen ardından seyreltme yapılmıştır. İkinci çapalama ise tekleme ile birlikte yapılarak bir sırada 40 bitki olacak şekilde sıra üzeri 20 cm bırakılmıştır. Denemede ayrıca ekim sırasında 40 kg da⁻¹ NPK (15-15-15) gübresi, ikinci çapalama ile beraber ise 25 kg da⁻¹ %33'lük amonyum nitrat gübresi toprağın 5 cm derinliğine gübre mibzeri yardımıyla uygulanmıştır. Denemede, Thrips (*Thripstabaci L.*) kırmızı örümcek (*Tetranychus urticae*) ve yaprak bitine (*Aphisgossypii*) karşı ilaçlama yapılmış; ilk ilaçlama 13.07.2018 tarihinde, yine aynı zararlılara karşı her sulama öncesi olmak üzere toplam sekiz kez ilaçlama yapılarak mücadele sağlanmıştır. Deneme alanında kullanılan sulama suyu Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Araştırma Uygulama Çiftliğinde bulunan kuyu tarafından sağlanmıştır. Çalışmada kullanılan sulama suyunun kalite analiz raporuna göre C₃S₁ sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. Araştırmada damla sulama sistemi kullanılmıştır. Kullanılacak olan sulama suyu, deneme alanına dalgıç pompa vasıtasıyla kuyudan alınıp 63 mm dış çaplı PE mandallı boru yardımıyla çalışma alanına ulaştırılmıştır. Her bir parselde 16 mm dış çapa sahip polietilen (PE) lateral borular sıraya tek lateral olacak şekilde tertip edilmiştir. Lateral olarak 20 cm damlatıcı aralığına ve 2 L h⁻¹ debiye sahip içten geçik damlatıcıların bulunduğu damla sulama boruları kullanılmıştır. Sulamanın kontrollü bir şekilde yapılabilmesi amacıyla her bir lateral hattının başına 16 mm dış çaplı vanalar konulmuştur. Sulama konuları etkili kök derinliğinde (1.2 m) eksilen suyun %100 (S₁), %75 (S₂), %50 (S₃), %25 (S₄), ve %0 (S₅)'inin yeniden uygulanması şeklinde oluşturulmuştur. Toprak nem düzeyleri 1.2 m'lik derinlikte gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Sulamalar; S₁ konusunda 1.2 m'lik toprak profilindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %40'ı tüketildiğinde başlanmış ve diğer konulara verilecek sulama suyu miktarları S₁ konusu göz önüne alınarak belirlenmiştir. Araştırmada mevsimlik su tüketimini belirlemek için, Kanber (1977) tarafından geliştirilen ve Eşitlik 1'de verilen su bütçesi yöntemi uygulanmıştır.

$$ET = I + P + Cp - Dp \pm Rf \pm \Delta S \quad (1)$$



Eşitlikte; ET: Bitki su tüketimi (mm), I: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm), P: Deneme süresince düşen yağış miktarı (mm), C_p: Kılcal yükselişe kök bölgesine giren su miktarı (mm), D_p: Sulama ve yağıştan sonra meydana gelen derine sızma kayıpları (mm), R_f: Deneme parsellerine giren veya çıkan yüzey akış miktarı (mm), ΔS: Ölçülen dönem için toprak nem içeriğinde oluşan değişim (mm) değerlerini göstermektedir. Deneme alanında taban suyu bulunmadığı için kılcal hareketle bitki kök bölgesine su girişi olmadığı varsayılacak ve yüzey akışa müsaade edilmediği için C_p ve R_f değerleri ihmal edilmiştir. İnfrared termometre ölçümleri, sulama konularından sulama sezonu boyunca haftanın beş günü her parselin dört köşesinden el tipi infrared termometre (Raynger ST60 model Raytek Corporation, Santa Cruz, CA) kullanılarak yapılmıştır. İnfrared termometre yatayla yaklaşık 45°'lik açı yapacak şekilde kullanılmış ve her bir parselde okunan değerlerin ortalaması o parselin bitki taç sıcaklığı olarak belirlenmiştir. İnfrared termometre ölçümlerine, konulara göre bitki örtü yüzdesi % 80-85'e geldiğinde başlanmıştır. Ölçümler infrared termometre tekniğinin gereği olarak havanın tamamen açık olduğu veya bulutların güneşi engellemediği koşullarda her gün 11.00-14.00 saatleri arasında günde dört kez gerçekleştirilmiştir. Ölçümlere tüm konularda, 11 Temmuz 2018 tarihinde başlanmış ve 13 Ağustos 2018 tarihinde son verilmiştir. Ayrıca, bitki yüzeyine ilişkin sıcaklık ölçümlerinin yapıldığı saatte, buhar basıncı açığının saptanması amacıyla, her bir ölçümün başında ve sonunda ıslak ve kuru termometre sıcaklıkları sapan tipi psikrometre aleti ile ölçülmüştür. Her ölçüm zamanı için doymuş (ed) ve gerçek (ea) buhar basıncı değerleri ölçüm sonrasında elde edilen veriler ışığında hazırlanmış, bu değerlere bağlı olarak buhar basıncı açığı (VPD) değeri belirlenmiştir. Bundan sonra ise deneysel yaklaşım olarak adlandırılan yöntem yardımıyla bitki su stresi indeksi (CWSI) belirlenmiştir (Idso ve ark. 1981). Idso ve ark. (1981)'e göre; alt baz hattı, tam sulanan konuda Temmuz ve Ağustos aylarında yapılan ölçümlerden belirlenen T_c-T_a ve VPD değerlerinin doğrusal regresyonuyla; üst baz hattı ise susuz konudan alınan ölçümlerden belirlenen verilerden yararlanarak temel grafik elde edilmiştir. Bitki su stresi indeksi değerleri ise elde edilen bu temel grafikten faydalanılarak belirlenmiştir. Deneysel yaklaşım yönteminde CWSI Eşitlik 2 yardımıyla belirlenmiştir;

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_a) - LL]}{UL - LL} \quad (2)$$

Eşitlikte; T_c: Bitki örtüsünün sıcaklığı (°C), T_a: Hava sıcaklığı (°C), LL: Bitkide su stresinin alt sınırı, UL: Bitkilerin tamamen stres altında olduğu üst sınırdır. Deneme parsellerinde pamuk hasadı 10 Ekim tarihinde yapılmıştır. Hasat zamanı geldiğinde kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra her parselde ortada bulunan iki sıradaki bitkiler el ile hasat edilmiş, tartıldıktan sonra her bir parselde ait kütlü verimi hesaplanmıştır. Sulama konularındaki farklılıkların belirlenmesi için ise elde edilen kütlü verimlerine varyans analizleri yapılarak, analiz sonuçlarında elde edilen farklı gruplar %5 önem düzeyinde LSD testine tabi tutulmuştur. Açıkgoz ve ark. (1994) tarafından geliştirilen TARİST bilgisayar programı, varyans analizleri ve LSD testlerinin uygulanmasında kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Deneme yılına (2018) ilişkin iklim verileri Çizelge 2'de verilmiştir.

Aydın ilinde uzun yıllar sıcaklık ortalaması 17.7°C'dir. Uzun yıllar ortalama sıcaklık değeri çalışmanın yürütüldüğü yıla ait sıcaklık ile yakınlık göstermektedir. Uzun yıllar ortalama yağış miktarı 645.1 mm'dir. Oransal nem değerleri göz önüne alındığında Aydın ilinin yıllık ortalaması %61.3; çalışmanın yürütüldüğü 2018 yılında %63.6 olduğu görülmüştür (Çizelge 2). 2018 yılına ait buharlaşma değerleri göz önüne alındığında. Buharlaşmanın en yüksek 255.1 mm olarak Temmuz ayına ait olduğu görülmektedir (Anonim, 2018b). Geneli itibarıyla iklimsel veriler göz önüne alındığında bitkinin gelişim döneminde. Bitkinin su ihtiyacını artıracak etmenlerin varlığı ve yağışların düzensizliği deneme alanı için sulamanın gerekliliğini zorunlu hale getirmektedir.



Çizelge 2. Deneme alanına ilişkin 2018 yılı iklim verileri

Aylar	Ort. sıcaklık (°C)	Ort. max. sıcaklık (°C)	Ort. min. sıcaklık (°C)	Ort. bağıl nem (%)	Toplam yağış (mm)	Ort. güneş. Süresi (saat)	Toplam buh. (mm)
Ocak	8.6	13.9	5.1	74.7	119.2	3.7	33.7
Şubat	12.3	17.4	8.9	74.7	112.2	3	36.1
Mart	15.1	21	10.6	65	68.8	4.7	66.3
Nisan	19.8	28.5	13.2	56.6	8.6	8.8	133.3
Mayıs	23.2	31.7	17.1	57.1	71	8.2	173.3
Haziran	25.8	33.4	19.7	57.1	28.5	7.8	194.6
Temmuz	29.2	37.4	22.3	49.4	5.8	9.2	255.1
Ağustos	28.5	36.9	22.6	56.4	16.3	8.4	210.4
Eylül	25.3	33.9	19.1	55.2	32.9	8	168.8
Ekim	19.2	27.1	14	66.1	16.7	6.9	85
Kasım	14.5	21	10.4	70.4	132.7	4.2	49.8
Aralık	8.4	13.1	5.4	81.1	98.2	3.1	21
Ortalama	19.1	26.2	14.0	63.6	710.9	6.3	1427.1

2018 yılına ait buharlaşma değerleri göz önüne alındığında. Buharlaşmanın en yüksek 255.1 mm olarak Temmuz ayına ait olduğu görülmektedir (Anonim, 2018b). Geneli itibariyle iklimsel veriler göz önüne alındığında bitkinin gelişim döneminde. Bitkinin su ihtiyacını artıracak etmenlerin varlığı ve yağışların düzensizliği deneme alanı için sulamanın gerekliliğini zorunlu hale getirmektedir. 2018 yılında. Gelişme dönemi boyunca deneme parsellerine verilen toplam sulama suyu miktarlarına bağlı olarak; mevsimlik bitki su tüketimi değerleri ve kütlü verim değerlerinde meydana gelen farklılıklar Çizelge 3’de verilmiştir. Deneme parsellerine. ilk sulama faydalı suyun %40’ı tüketildiğinde uygulanmış ve bu dönem 11 Temmuz olarak belirlenmiştir. Pamuk ekimi 20 Nisan 2018 tarihinde toprak ekim nemini kaybetmeden yapılmış ve sağlıklı bir çıkış elde edilmiştir. Çimlenme ve çıkış döneminden sonra. İlk sulamaya kadar Mayıs ve Haziran ayında toplam 99.5 mm yağış düşmüş ve bu dönemde tamamlayıcı bir sulamaya ihtiyaç duyulmamıştır. Son sulama ise 7 Eylül tarihinde yapılmış ve sezon boyunca toplam 7 sulama yapılmıştır. Deneme süresince sulama yapılan konulara verilen su miktarları 154 – 616 mm arasında değişiklik göstermiştir. En yüksek sulama suyu miktarı %100 düzeyinde sulama suyu alan S₁ konusuna uygulanmıştır. Denemeden en yüksek mevsimlik bitki su tüketimi değeri gelişme mevsimi boyunca herhangi bir su kısıtı yapılmayan S₁ konusundan 801 mm olarak elde edilmiştir. Farklı bölgelerde ve farklı sulama yöntemi kullanılarak oluşturulan programlara göre yürütülen araştırmalarda belirlenen bitki su tüketimi değerleri farklılık göstermiştir (Yazar ve ark., 2002; Ertek ve Kanber, 2003; Ibragimov ve ark., 2007; Dağdelen ve ark., 2009; Başal ve ark., 2009; Sobrinho ve ark., 2015).

Deneme parsellerinde pamuk hasadı 10 Ekim tarihinde yapılmıştır. Ortalamalar göz önüne alındığında kütlü verimlerinde 168.5 – 598.5 kg da⁻¹ arasında farklılıklar görülmüştür (Çizelge 3). Her bir parselde ait pamuk kütlü verim değerleri incelendiğinde. en yüksek kütlü verim değeri mevsimlik bitki su tüketim miktarının en fazla olduğu. yani herhangi bir su kısıtının söz konusu olmadığı S₁ konusunda elde edilmiştir. Buna karşılık. kütlü veriminin en düşük olduğu konu ise yağışa dayalı. Yani hiç sulama yapılmayan konudan (S₅) elde edilmiştir.

Çalışmada farklı sulama konularında ortaya çıkan kütlü verim değerlerinin irdelenmesi amacıyla varyans analizi yapılmış ve p<0.01 seviyesinde sulama düzeyleri önemli bulunmuştur. Araştırma sonuçları incelendiğinde. pamuk verim değerleri ile ilgili elde edilen sonuçların farklı sulama programları ile ilgili yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlarla benzerlik gösterdiği ortaya çıkmıştır (Yazar ve ark., 2002; Başal ve ark., 2009; Dağdelen ve ark., 2009; Cave, 2013; Akçay ve Dağdelen, 2017; Tunalı ve ark., 2019).

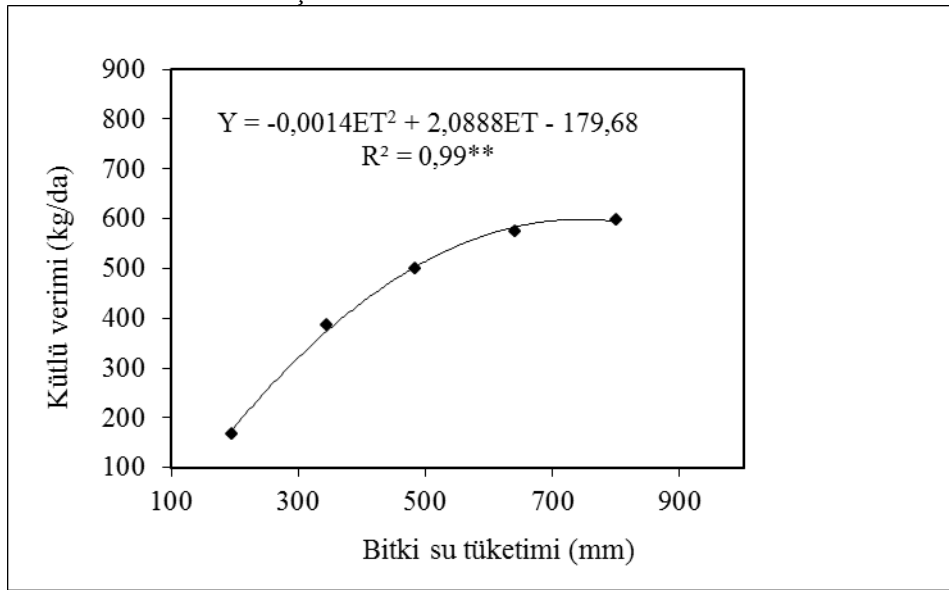
Çizelge 3. Deneme parsellerine verilen toplam sulama suyu miktarları, mevsimlik bitki su tüketimi değerleri ile kütlü pamuk verimi değerleri

Konular	Uygulanan sulama suyu (mm)	Mevsimlik bitki su tüketimi (mm)	Kütlü pamuk verimi (kg da ⁻¹)
S ₁	616	801	598.5a**1
S ₂	462	642	575.0b
S ₃	308	483	499.4c
S ₄	154	344	385.6d
S ₅	-	195	168.5e

**P< 0.01, ¹LSD testine göre % 5 düzeyinde oluşan gruplar farklı harfler ile verilmiştir.

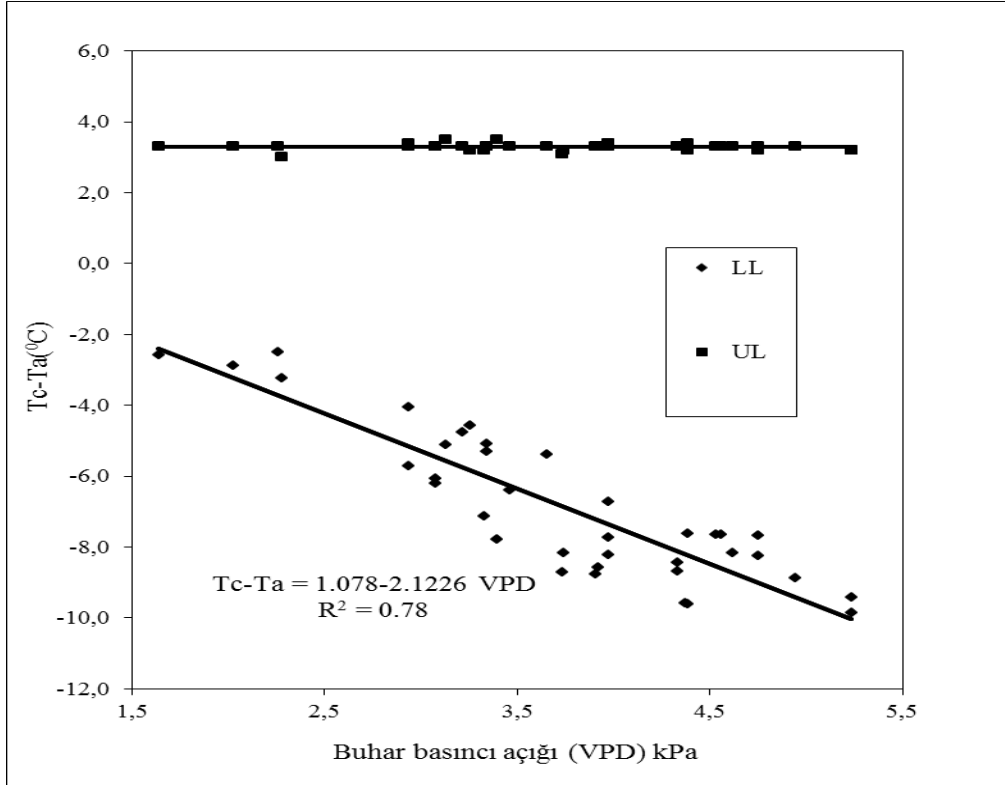
Her bir denemede konusunda elde edilen su tüketim değerleri ile pamuk kütlü verimi arasındaki ilişkiyi tanımlamak amacıyla kullanılan su-verim fonksiyonu Şekil 1’de verilmiştir. Aşağıdaki şekilden de görüleceği gibi, bitki su tüketimi-kütlü verim değerleri arasında istatistiksel açıdan ikinci derecede önemli (polinomial) ($p<0.01$) bir ilişki bulunmuştur. Pamuk bitkisi ile yürütülen çalışmalar arasında, Yazar ve ark. (2002); Dağdelen ve ark. (2009); Dağdelen ve ark. (2019) ve Tunalı ve ark. (2019)’da benzer sonuçlara varmışlardır.

Şekil 2’den izleneceği gibi pamuk bitkisi için Aydın koşullarında üst baz çizgisinin değeri yaklaşık 3.3°C ’lik bir $T_c - T_a$ farkı olarak belirlenmiştir. Bu değer, Arizona koşullarında Pinter ve Reginato (1982) tarafından 2.9°C , Reginato (1983) tarafından 3.1°C olarak belirlenmiştir. Üst baz çizgisi genellikle, alt baz çizgisinin arakesiti ve hava sıcaklığına bağlı olarak $3-4^{\circ}\text{C}$ arasında değişim göstermektedir (Howell ve ark., 1984). Daha önce yapılan birçok araştırmaya (Reginato, 1983; Jackson, 1982; Idso, 1982) benzer şekilde ortaya çıkan alt baz çizgisi denklemi, bu çalışmada $T_c - T_a = 1.078 - 2.1226 \text{ VPD}$ olarak bulunmuştur.

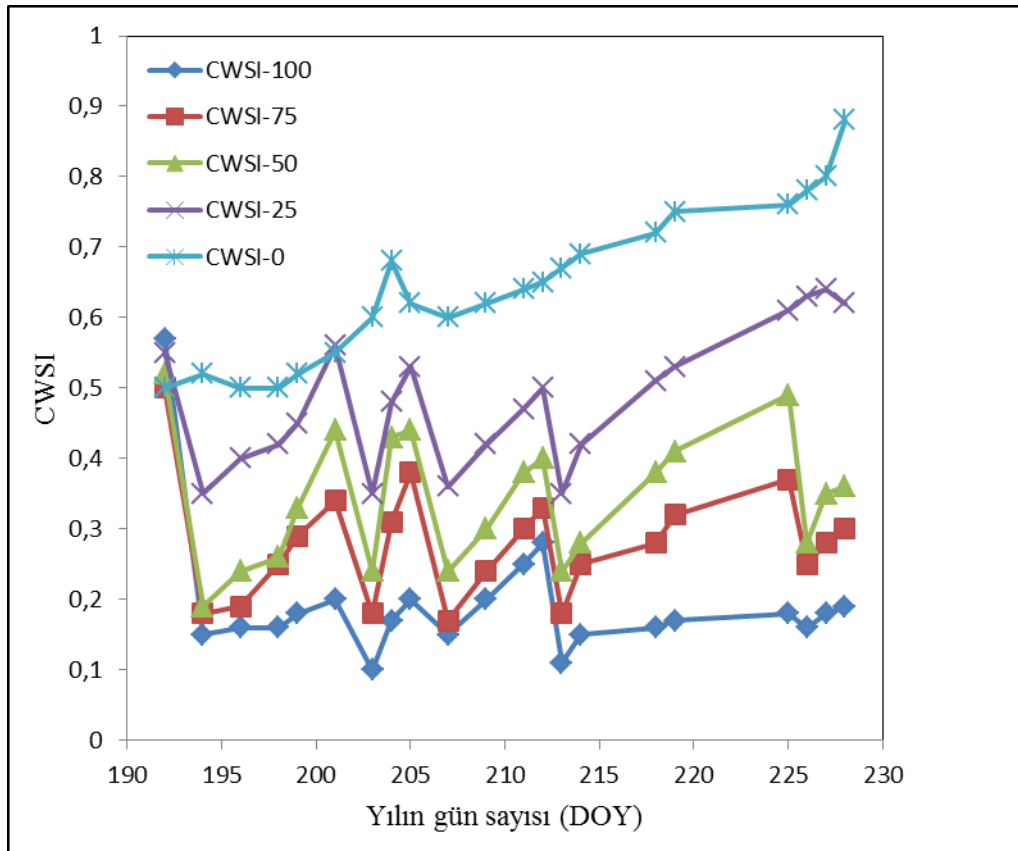


Şekil 1. Bitki su tüketimi-verim ilişkisi

Aradaki ufak farklılıklar bitki cinsine bağlı olarak, aynı bitkinin farklı çeşitleri ile farklı gelişme dönemleri nedeniyle ortaya çıkabilmektedir. Ödemiş ve Baştuğ (1996), Antalya koşullarında pamuk bitkisi için üst baz çizgisini yaklaşık 3.9°C ’lik bir $T_c - T_a$ farkı olarak hesaplamışlar ve aynı araştırmacılar alt baz çizgisinin denklemini de $T_c - T_a = 0.257 - 0.413 \text{ VPD}$ olarak belirlemişlerdir. Deneme konularında infrared termometre ölçümlerinden elde edilen değerler ile bitki su stresi indeksi değerinin, sulamanın yapılmadığı konuda en yüksek, tam sulamanın yapıldığı S_1 sulama konusunda ise en düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 3). Genel olarak su kısıtının fazla olduğu konularda CWSI değerlerinin daha fazla olduğu görülmüştür. Bu konuda yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, Toprak nemindeki azalmaya bağlı olarak CWSI değerlerinde bir artış gözlenmiştir (Reginato ve Howell, 1985). Denemede CWSI değerleri irdelendiğinde sulamadan sonra yapılan ölçümlerin sulama öncesine oranla daha düşük olduğu ortaya çıkmıştır. Şekil 3’teki veriler incelendiğinde, DOY 205’den önce, S_1 , S_2 , S_3 ve S_4 konularında CWSI değerleri sırayla 0.2; 0.38; 0.44 ve 0.53 değerlerine ulaşmış, fakat sulama sonrası S_1 , S_2 , S_3 ve S_4 konularındaki CWSI değerleri sırasıyla 0.15; 0.17; 0.24 ve 0.36 değerlerine düşmüştür. Denemede tüm üretim sezonu boyunca ortalama CWSI değerleri S_1 sulama konusunda 0.38; S_2 sulama konusunda 0.40; S_3 sulama konusunda 0.44; S_4 sulama konusunda 0.58 ve S_5 sulama konusunda ise 0.69 olarak belirlenmiştir. Sulama yapılan dönemlerde kullanılabilir su miktarlarındaki azalma, CWSI değerlerinin artmasına sebep olmuştur.

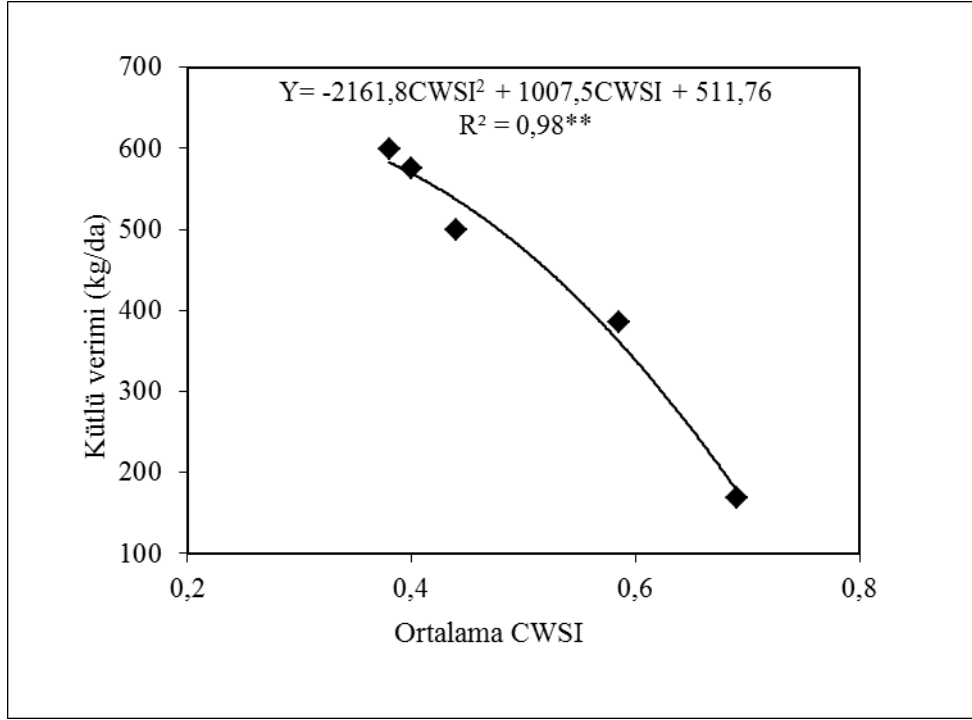


Şekil 2. Maksimum ve minimum stres koşullarında taç-hava sıcaklığı farkı (Tc-Ta) ve buhar basıncı açığı (VPD) ilişkisi



Şekil 3. Farklı sulama düzeylerindeki pamuk bitkisinde infrared termometre ölçümleriyle hesaplanan CWSI değerlerinin zamana göre değişimi

Şekil 4'te pamukta farklı sulama konularındaki kütlü verimleri ve ortalama CWSI değerleri arasındaki ilişki verilmiştir. Ortalama CWSI ile kütlü verim değerleri arasındaki ilişki istatistiksel açıdan ikinci derecede önemli (polinomial) ($p < 0.01$) bulunmuştur.



Şekil 4. Farklı sulama düzeylerindeki pamuk bitkisinin kütlü verimi ile ortalama CWSI ilişkisi

Tüm sulama konuları birlikte irdelendiğinde, sulama zamanına karar vermede en yüksek pamuk kütlü veriminin ortaya çıktığı S_1 konusunda sulamadan önce meydana gelen sezon boyu ortalama 0.22'lik CWSI değerinin ölçüt olarak alınabileceğini söylemek mümkündür. Ancak su kaynaklarının kısıtlı olduğu koşulda, S_1 konusuna göre stres indeksinin fazla olmasına karşılık, verimin daha fazla olması nedeniyle de S_2 konusunun önerilebileceği görülmektedir. Bu koşulda daha az su kullanılarak (%25 tasarruf) ikinci en yüksek pamuk verimi sağlayan sezon boyu sulama öncesi ortalama CWSI=0.36 olarak saptanan S_2 deneme konusu önerilebilir. Howell ve ark. (1984), pamukta sulama öncesi CWSI değerlerinin 0.30-0.50 arasında değiştiğini vurgulamışlardır. Kaçar (2007) tarafından Çukurova koşullarında yürütülen çalışmada, CWSI=0.30 değerine dek en yüksek kütlü miktarı elde edildiğini anılan değerden sonra, kütlü miktarı ile bitki su stres indeksi arasında azalan-doğrusal bir ilişki olduğu saptamıştır. Bu durumda pamuk bitkisi için Aşağı Seyhan Ovası sulanır koşullarında su stresi eşik değerinin 0.30 alınabileceğini belirtmektedir. Diğer taraftan Kırnak ve ark. (2005) tarafından Harran ovası koşullarında bu değer 0.21 olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde Antalya koşullarında yürütülen bir başka çalışmada ise, farklı sulama konularında CWSI'de meydana gelen değişim incelenmiş ve pamuk bitkisi için sulama zamanına karar vermede 0.45'lik CWSI değerinin bir ölçüt olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (Ödemiş ve Baştuğ, 1996).

Sonuç ve Öneriler

Büyük Menderes Havzasında, Aydın koşullarında 2018 yılında yürütülen bu çalışma sonucunda elde edilen bulgular ve öneriler aşağıda belirtilmiştir.

Araştırmada damla sulama yöntemi uygulanmış ve farklı 5 su düzeyi kullanılmıştır. Yetiştirme mevsimi içerisinde konulara toplam 7 sulama uygulaması yapılmıştır.

Araştırmada sulama suyu seviyelerindeki değişim pamuk kütlü verimi üzerine önemli düzeyde etki etmiştir. Ortalama değerler incelendiğinde kütlü verimleri $168.5-598.5 \text{ kg da}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir. Denemenin yapıldığı yılda en yüksek verim kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40'ı tüketildiğinde sulama yapılan S_1 konusundan ortalama 598.5 kg da^{-1} olarak elde edilmiştir. Araştırmada farklı seviyelerde su uygulanan konularda elde edilen sulama suyu miktarları 154-616



mm arasında değişiklik göstermiştir. Mevsimlik bitki su tüketimi değerleri irdelendiğinde, bu değerlerin 195-801 mm arasında farklılık gösterdiği. En yüksek değer ise S₁ konusundan elde edildiği ortaya çıkmıştır.

Çalışmada sulama suyu, bitki su tüketimi ve ortalama CWSI değerleri ile pamuk kütlü verimi arasındaki ilişkiler istatistiksel açıdan ikinci derecede önemli (polinomial) ($p < 0.01$) olarak bulunmuştur. Farklı sulama düzeyleri beraber incelendiğinde, kütlü veriminin en yüksek olduğu S₁ konusunda, sulamalardan önce elde edilen sezonluk ortalama 0.22'lik CWSI değerinin, sulama zamanına karar vermede baz alınabileceği söylenebilir. Ancak su kaynaklarının kısıtlı olduğu koşulda, S₁ konusundan biraz daha fazla strese uğramasına rağmen verimin anılan konudan sonra (S₁) daha yüksek olması da S₂ konusunun önerilebileceğini göstermektedir. Bu koşulda daha az su kullanılarak (%25 tasarruf) ikinci en yüksek pamuk verimi sağlayan ve sezonluk sulama öncesi ortalama CWSI=0.36 olarak saptanan S₂ deneme konusu önerilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Bu çalışmanın yürütülmesinde, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi (ZRF-18019 nolu proje) tarafından verilen destek için teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Açıkgoz, N., Aktaş, M.E., Mokhammad, A.F., Özcan, K., 1994. Tarist an agrostatistical package programme for personel computer. E.Ü.Z.F. Tarla Bitkileri Kongresi. 264 – 267. 25 – 29 Nisan 1994. İzmir, Turkey.
- Akçay, S., Dağdelen, N., 2017. Water productivity and fiber quality parameters of deficit irrigated cotton in a semi-arid environment. *Fresenius Environmental Bulletin*. 26(11): 6500-6507.
- Aksoy, E., Aydın, G., Seferoğlu, S., 1998. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi arazi topraklarının önemli karakteristikleri ve sınıflandırılması. Ege Bölgesi 1. Tarım Kongresi. Cilt. 2. 469-477. Aydın.
- Anonim, 1995. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Aydın İl Müdürlüğü Çalışma Raporu. Aydın.
- Anonim, 2018a. T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü 2017 Yılı Pamuk Raporu.
- Anonim, 2018b. Aydın İli Tarım Master Planı. Aydın Tarım İl Müdürlüğü. Aydın.
- Aydın, B., Öztürk, O., Özkan, E., Özer, S., Çebi, Ü., 2019. Damla sulama desteklemelerinin üreticiler tarafından değerlendirilmesi: Edirne İli Örneği. *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 7(1): 57–67.
- Başal, H., Dağdelen, N., Ünay, A., Yılmaz, E., 2009. Effects of deficit drip irrigation ratios on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield and fiber quality. *J. Agron. Crop Sci.* 195(1): 19-29.
- Cave, J., 2013. Cotton lint yield, fiber quality and water-use efficiency as influenced by cultivar and irrigation level. Texas Tech University, Master of Sciences. pp 192. USA.
- Çamoğlu, G., Demirel, K., Genç, L., Eroğlu, İ., Boran, A., 2018. Damla sulama sistemlerinin CAD tabanlı bir program ile değerlendirilmesi: Kumkale. *Çanakkale Örneği. ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 6(1): 61-70.
- Dağdelen, N., Başal, H., Yılmaz, E., Gürbüz, T., Akçay, S., 2009. Different drip irrigation regimes affect cotton yield water use efficiency and fiber quality in western Turkey. *Agric. Water Manag.* 96: 111-120.
- Dağdelen, N., Gürbüz, T., Tunalı, S.P., 2019. Aydın Ovası koşullarında farklı pamuk çeşitlerinde damla sulama yöntemiyle oluşturulan su stresinin su-verim ilişkileri üzerine etkileri. *Derim*. 36(1): 64-72.
- Erdem, T., Erdem, Y., 2010. Sulama zamanı planlanmasında bitkiye dayalı ölçüm tekniklerinden: İnfrared termometre tekniği. *Tarla Sera Dergisi*. 2: 65-69.
- Ertek, A., Kanber, R., 2003. Effects of different irrigation programs on the lint out-turn of cotton under drip irrigation. *KSU J. Science and Engineering*. 6: 106-116.
- Howell, T.A., Hatfield, J.L., Yamada, H., Davis, K.R., 1984. Evaluation of cotton canopy temperature to detect crop water stress. *Trans. ASAE*. 27: 84-88.
- Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter, P.J., Reginato, R.J., Hatfield, J.L., 1981. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agric. Meteorol.* 24: 45-55.
- Idso, S.B., 1982. Non-water stressed baselines: a key to monitoring and interpreting plant water stress. *Agric. Meteorol.* 27: 59-77.
- Ibragimov, N., Evett, S.R., Esanbekov, Y., Kamilov, B.S., Mirzaev, L., Lamers, J., 2007. Water use efficiency of irrigated cotton in Uzbekistan under drip and furrow irrigation. *Agric. Water Manag.* 90: 112-120.
- Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J., Pinter, P.J., Jr., 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resour. Res.* 17: 1133-1138.
- Jackson, R.D., 1982. Canopy Temperature and Crop Water Stress. *Advances in Irrigation*. Edited by Daniel Hillel Academic Press: 1. 43-85. New York - London.
- Kaçar, M.M., 2007. Farklı su ve gübre sistemlerinin pamuk bitkisinde su stres indeksinin değişiminin incelenmesi. *Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*. Adana.



- Kanber, R.. 1977. Çukurova koşullarında bazı toprak serilerinin değişik kullanılabilir nem düzeylerinde yapılan sulamaların pamuğun verim ve su tüketimine etkisi üzerinde bir lizimetre araştırması. (Doktora Tezi). Köyişleri ve Kooperatifler Bakanlığı. Toprak Su Genel Md. Yayın No:78. Rapor Yayın No: 33. Tarsus. s.169.
- Kırnak, H., Çopur, O., Doğan, E., 2005. Pamukta bitki su stresi indeksi (CWSI) ile generatif ve lif teknolojik özellikler arasındaki ilişkinin değerlendirilmesi. GAP IV. Tarım Kongresi Bildirileri.1164-1169. Şanlıurfa.
- Ödemiş, B., Baştuğ, R., 1996. İnfrared termometre tekniği kullanılarak pamukta bitki su stresinin değerlendirilmesi ve sulamaların programlanması. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 23(1): 31-37.
- Pinter, P.J., Jr., Reginato, R.J., 1982. A thermal infrared technique for monitoring cotton water stress and scheduling irrigations. Trans. ASAE. 25: 1651-1655.
- Reginato, R.J., 1983. Field quantification of crop water stress. Trans. ASAE. 26(3): 772-775/781.
- Reginato, R.J., Howell, J., 1985. Irrigation scheduling using crop indicators. Journal of and Drainage Engineering ASCE. 111(2): 125-133. Paper No: 19798.
- Sobrinho, F., Guerra, H., Araujo, W., Pereira, J., Zonta, J., Bezerra, J., 2015. Fiber quality of upland cotton under different irrigation depths. Revista Brasileira de Engenharia Agricola e Ambiental. 19(11): 1057-1063.
- Tunalı, S.P., Gürbüz, T., Akçay, S., Dağdelen, N., 2019. Aydın koşullarında pamuk çeşitlerinde su stresinin verim ve verim bileşenleri ile lif kalite özellikleri üzerine etkileri. ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. 7(1): 161–168.
- Türkeş, M., 2008. Gözlenen iklim değişiklikleri ve kuraklık: Nedenleri ve geleceği. Toplum ve Hekim. 23: 97-107.
- Yazar, A., Sezen, S.M., Sesveren, S., 2002. LEPA and trickle irrigation of cotton in the Southeast Anatolia Project (GAP) Area in Turkey. Agricultural Water Management. 54(3): 189-203.