Soya fasulyesinde taç örtüsü sıcaklığı ve bitki su stresi indeksi (CWSI) değerlerinin çeşitlere bağlı olarak değişiminin irdelenmesi

Begüm TEKELİOĞLU[1] Dursun BÜYÜKTAŞ[1]* Köksal AYDİNŞAKİR[2] Nazmi DİNÇ[2]
Ruhi BAŞTUĞ[1] Cihan KARACA[1]

[1)] Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi, [(2)] Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü,
***Sorumlu yazar:** dbuyuktas@akdeniz.edu.tr

Özet

Mevcut su kaynaklarının etkin bir biçimde kullanılabilmesi için toprağa, bitkiye veya meteorolojik koşullara bağlı olarak sulama programlamasında bitkiyi temel alan yöntemler yaygın bir şekilde kullanım alanı bulmaktadır. İnfrared termometreler de bitki taç örtüsü sıcaklığını ölçerek bitkiye dayalı sulama programlamasında kullanılan gelişmiş aletlerdendir. Soya, insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahip olup tohumları % 40-45 protein, % 18-24 yağ ve % 26 civarında karbonhidrat içermektedir.

Bu çalışmada, Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü (BATEM) tarafından geliştirilen ATAEM-7 ve özel sektör tarafından geliştirilen SA-88 soya çeşitlerinin taç örtüsü sıcaklıkları (T_c) ile hava sıcaklıkları (T_a) arasındaki farklar (T_c-T_a) ve bitki su stresi indeksi (CWSI) değerlerinin çeşitlere bağlı olarak değişimlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Araştırma, Antalya Alanya karayolu üzerinde, Antalya ilinin 20 km doğusunda bulunan BATEM Arazisinde 2015 yılında yürütülmüştür. Araştırma, 6 farklı sulama konusunun, 2 farklı bitki çeşidinde 3 tekerrürlü denendiği tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre düzenlenmiştir. Parseller Class A pan kabındaki yığışımlı buharlaşma miktarı 25±5 mm olduğunda damla sulama ile sulanmış ve farklı pan katsayıları (K_{pc}=0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00 ve 1.25) kullanılarak sulama konuları oluşturulmuştur.

Çalışmanın birinci yıl sonuçlarına göre, T_c-T_a farkının, SA-88 ile karşılaştırıldığında, mutlak değer olarak ATAEM-7 çeşidinde 1-3 ^{0}C daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, söz konusu farkın sulama suyu miktarı azaldıkça daha da arttığı izlenmiştir. CWSI değerlerinin ise SA-88 çeşidinde daha yüksek seyrettiği belirlenmiştir. Elde edilen birinci yıl sonuçları, ATAEM-7 çeşidinin kurak koşullara daha iyi adapte olabileceğine ilişkin ilk bulguları sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: soya, bitki su stresi, bitki taç örtüsü sıcaklığı, damla sulama

Investigation of canopy temperature and crop water stress index (cwsi) of soybean depending on cultivars.

Abstract

In order to use current water resources efficiently, plant based irrigation scheduling method among soil, climate and plant based methods is used widely. Infrared thermometers are well developed equipments to measure canopy temperatures for plant based irrigation scheduling. Soybean, which contains 40-45% protein, 18-24% fat and 26% carbohydrate, is important for both animal and human nutrition.

The aim of this study is to investigate the variations of canopy temperature (T_c), canopy-air temperature difference (T_c-T_a) and crop water stress index (CWSI) in ATAEM-7 and SA-88 cultivars registered officially by Batı Akdeniz Agricultural Research Institute (BATEM) and private sector, respectively.

The study is conducted in BATEM Field located 20 km in the east of Antalya in the year of 2015. The study is formed in randomized complete block design to include two cultivars and six different irrigation treatments in three replications. Plots were irrigated when the cumulative evaporation in Class A pan is 25±5 mm using drip irrigation system based on the pan coefficient (k_{pc}) of 0, 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, ve 1.25.

According to the results obtained in the first year, T_c-T_a differential in SA-88 was found to be greater as many as 1-3 ^{0}C than that of the ATAEM-7. Additionally, the differential is increased as the amount of the irrigation water decreased. It was concluded that ATAEM-7 variety is more tolerant to water stress compared to SA-88.

Key words: Soybean, crop water stress, canopy temperature, drip irrigation

Giriş

Baklagiller familyasından, dikine boylanabilen, yetişme şartlarına bağlı olarak uzunluğu 1-1.5 m arasında değişebilen, çok dallı, az çok sarılıcı otsu, kazık köklü yazlık bir baklagil bitkisi olan soya, köklerinde toprağın serbest azotunu bağlayabilen *Rhizobium Japonicum* bakterisi bulunması sebebiyle hem kendi besin ihtiyacını karşılamakta hem de toprağı bir sonraki ürün ekimi için hazır hale getirerek tarımsal açıdan büyük fayda sağlamakta ve ülkemizde hem ana ürün hem de ikinci ürün olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır. Hem insan hem hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahip soya tohumları % 40-45 protein, % 18-24 yağ ve % 26 civarında karbonhidrat içermektedir.

1960'lı yılların başında 24 milyon ha alanda ekilen ve yaklaşık 24 milyon ton olan dünya soya üretimi, azalan enerji kaynaklarına alternatif olabilecek biyodizel üretiminin arttırılması sonucu, 2014 yılında ekim alanı olarak 118 milyon ha'a, üretim olarak ise 308 milyon tona ulaşmıştır (FAOSTAT, 2016). Ülkemizde ise ilk defa 1930'lu yıllarda Karadeniz Bölgesinde üretimine başlanan soya, 1960'lı yılların başında 20 bin ha alanda ekilerek 50 bin ton üretilirken 2015 yılında ekim alanı 36 bin hektara ve üretim ise 161 bin tona ulaşmış durumdadır (TÜİK, 2016).

Tüm dünyada, sulama için ayrılan su miktarındaki azalma ve çevresel kaygılar birim sudan en yüksek faydaya ulaşmayı zorunlu kılmaktadır. Ülkemizin de içinde bulunduğu kurak ve yarı-kurak bölgelerde bitki gelişimini ve verimi sınırlayan en önemli etmen su olarak değerlendirilmektedir. Su kullanımının optimizasyonunu sağlayan kavramlardan biri de sulama programlamasıdır. Sulama zamanının ve uygulanacak su miktarının belirlenmesi olarak tanımlanan sulama programlaması su kullanım randımanını da etkiler.

Genel olarak sulama programlaması tekniklerini toprağı, meteorolojik verileri ve bitkiyi esas alan teknikler olmak üzere üç sınıfa ayırmak olasıdır. Toprağı ve meteorolojik verileri esas alan sulama programları her ne kadar güncelliğini koruyor olsa da son yıllarda bitkilerdeki su azlığına bağlı olarak ortaya çıkan belirtilere dayalı sulama programlaması yöntemleri giderek önem kazanmaktadır. Bitkiyi temel alan ölçümlerden yararlanmak yoluyla bitki su stresini niceliksel olarak ifade etmek ve bu değerleri, sulama zamanının belirlenmesi amacıyla kullanmak olanaklıdır.

Bitki tacı sıcaklık ölçümlerinden yararlanılarak su durumu konusunda oldukça yararlı bilgiler elde etmek olasıdır. Bitki yüzey sıcaklığı doğrudan onun transpirasyon hızı ile ilgilidir. Benzer atmosferik koşullarda, sağlıklı olarak büyüyen, su eksikliği hissetmeyen bitki, sağlıksız bitkiden daha serindir. Çünkü sağlıklı bitki durumunda yaprak yüzeyinde terleme nedeniyle serinleme daha fazladır (Yazar, 1993).

İnfrared termometreler bitki taç örtüsü sıcaklığının bitkiyi tahrip etmeden uzaktan algılanmasını sağlayan ve günümüzde kullanımları gittikçe yaygınlaşan hızlı ve güvenilir aletlerdir. İnfrared termometre aleti kullanılarak ölçülen taç örtüsü sıcaklığından yararlanılarak belirlenen bitki su stresi indeksi yardımıyla bitkinin strese girip girmediği ve sulama zamanı belirlenebilmektedir. Bitki taç örtüsü sıcaklığı ve bu sıcaklık ile hava sıcaklığı arasındaki farkın buhar basıncı eksikliğine bağlı olarak değişiminden elde edilen bitki su stresi indeksi bitkinin türüne, çeşidine, gelişme dönemine ve çevre koşullarına bağlı olmakta, ayrıca rüzgar hızından, net radyasyondan ve bitki tacından da etkilendiği belirtilmektedir (Gardner ve ark, 1992). İnfrared termometrelerle kolaylıkla ölçülebilen bitki taç örtüsü sıcaklığının çeşitlere bağlı olarak değişiminin, söz konusu sıcaklığın, hangi çeşitlerin kuraklığa daha dayanıklı olup olmadığının belirlenmesi konusunda bir ön kriter olarak kullanılıp kullanılamayacağı çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmıştır.

Mamnouie ve ark. (2006) bitki su gereksiniminin farklı düzeylerde (%0, %25, %50, %75, %100) karşılandığı altı arpa çeşidinde, bitki su gereksiniminin tamamının karşılandığı konudaki yüksek taç örtüsü sıcaklığının, su stresi uygulanan konularda elde edilen daha yüksek verim ve 1000 dane ağırlığı ile kıyaslanmasının hangi arpa çeşidinin tarla veya laboratuar koşullarında kuraklığa daha dayanıklı olduğunun belirlenmesinde bir kriter olarak kullanılabileceğini ileri sürmüştür. Öte yandan, Rees ve ark. (1993), ekmeklik buğdayda, hava ve taç örtüsü sıcaklıkları arasındaki farkın dane verimiyle önemli düzeyde ilişkili olduğunu, buğdayda sulamanın potansiyel etkilerinin belirlenmesinde infrared termometre tekniğinin potansiyel bir ön inceleme tekniği olabileceğini, ancak melezleme seviyesinde güvenle kullanımı için ek çalışmaların yapılması gerektiğini bildirmişlerdir. Buna karşın, Guendouz ve ark (2012), durum buğdayında taç örtüsü sıcaklığı etkinliğinin, yarı-kurak iklim koşullarında kuraklığa toleransın belirlenmesinde su stresinin olduğu ve olmadığı koşullarda bir gösterge olarak kullanılabilirliğini belirlemek için yürüttükleri çalışmada taç örtüsü sıcaklığının kuraklığa karşı toleranslı bitki melezlemesinde önemli bir seçim kriteri olarak kullanılabileceğini göstermişlerdir. Ancak, Pandey ve ark. (2013) tarafından yürütülen bir çalışmada ise, iki buğday çeşidinin, eşit düzeyde ekimden 21 gün sonra sadece bir defa sulanması durumunda, bitki taç örtüsü sıcaklıkları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı gösterilmiştir. Patil ve ark (2014), soyada farklı çeşitlerin ve ekim tarihlerinin etkilerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, bütün çeşitlerde ve tüm ekim tarihlerinde çıkıştan hasada kadar bitki gelişim dönemlerine bağlı olarak taç örtüsü

sıcaklıklarının arttığını, çeşitler arasında ortalama 1.4 ^{0}C ve ekim tarihleri arasında ise ortalama 1.1 ^{0}C fark olduğunu belirlemişlerdir. Ndiso ve ark (2016) kuraklık stresinin onbir börülce çeşidinin bitki taç örtüsü sıcaklığı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmalarında, su stresi olmayan konularla çiçeklenme döneminde su stresine maruz bırakılan konular arasında 0.5 ile 4.4 ^{o}C arasında farklılıklar olduğunu bildirmişlerdir.

Buğday, arpa, börülce ve soyada yapılan ve yukarıda özetlenen çalışmalardan da anlaşılabileceği üzere, bitki taç örtüsü sıcaklığının, kuraklığa dayanıklı çeşitlerin seçiminde kullanımı konusunda ortak bir görüş oluşmadığı görülmektedir. Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, bitki taç örtüsü sıcaklığı (T_c), bitki taç örtüsü sıcaklığı-hava sıcaklığı farkı (T_c-T_a) ve bitki su stresi indeksi (CWSI) gibi bitkiye özgü parametrelerin, BATEM tarafından ATAEM-7 ve özel sektör tarafından geliştirilen SA-88 soya çeşitlerinden hangisinin kuraklığa daha dayanıklı olabileceğinin saptanmasında, bir ön inceleme aracı olarak kullanılıp kullanılamayacağının belirlenmesidir.

Materyal ve Metot

Deneme Antalya Alanya karayolu üzerinde, Antalya ilinin 20 km doğusunda bulunan Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde (BATEM) yürütülmüştür. Deneme yeri 36^o 52' kuzey enlemi ve 30^{o}50' doğu boylamında yer almakta olup deniz düzeyinden ortalama yüksekliği 15 m'dir.

Deneme alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de ve uzun yıllık aylık ortalama iklimsel parametrelere ilişkin değerler ile denemenin yürütüldüğü yılda kaydedilen iklimsel parametreler Çizelge 2'de verilmiştir.

Araştırma, 6 farklı sulama konusunun (K_{pc1}=0 (susuz konu); K_{pc2}=0.25; K_{pc3}=0.50; K_{pc4}=0.75 K_{pc5}=1.00; K_{pc6}=1.25), BATEM tarafından geliştirilen ATAEM-7 ve özel sektör tarafından geliştirilen SA-88 soya çeşitlerinin 3 tekerrürlü denendiği tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre düzenlenmiştir. Sulamalar Class A pan kabındaki yığışımlı buharlaşma miktarı 25±5 mm olduğu zaman yapılmıştır. Sulama suyu, deneme alanında daha önceden açılmış olan tuzluluğu 0.56 dS/m ve pH'sı 7.7 olan derin kuyudan sağlanmıştır.

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	Bünye	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})	pH	EC (dS m^{-1})	Organik Madde (%)	$CaCO_3$ (%)
0-30	CL	24.0	12.8	1.35	8.0	0.18	1.7	29.9
30-60	CL	23.5	12.8	1.30	8.1	0.13	0.8	32.1
60-90	L	21.6	11.3	1.32	8.1	0.16	0.7	33.7

Soya tohumları 15 Mayıs 2015 tarihinde sıra arası 70 ve sıra üzeri 10 cm olacak şekilde 5 cm derinliğe ekilmiştir. Parsellerin uzunluğu 30 m olup her bir parselde 4 sıra soya bitkisi bulunmaktadır. Bitkiler, her bir sırada bir lateral olacak şekilde damla sulama sistemi ile sulanmıştır. Lateraller, 20 cm aralıklı 2 L h^{-1} sabit debili içten geçik (in-line) damlatıcılara sahip ϕ16 PE borulardan oluşmaktadır.

Çizelge 2. Deneme alanında uzun yıllık ve denemenin yürütüldüğü yılda (2015) kaydedilen aylık ortalama iklimsel veriler

Yıl	Aylar	Sıcaklık (^{o}C)	Yağış (mm)	Buharlaşma (mm)	Rüzgar Hızı (m sn^{-1})	Oransal Nem (%)
1954-2013	Mayıs	20.5	31.8	142.7	2.0	65
	Haziran	25.4	7.9	176.9	1.9	59
	Temmuz	28.4	3.0	195.3	1.9	56
	Ağustos	28.2	2.4	172.2	1.7	60
	Eylül	24.7	13.7	133.6	1.8	60
	Ekim	20.0	78.8	96.0	1.8	60
2015	Mayıs	21.1	43.0	120.9	2.1	62
	Haziran	26.5	5.0	126.0	1.9	65
	Temmuz	28.0	0.0	164.3	1.7	62
	Ağustos	28.6	0.0	155.0	1.7	62
	Eylül	25.4	33.3	123.0	1.5	68
	Ekim	21.0	97.0	102.3	1.4	59

Yığışımlı buharlaşma miktarları pan katsayısı ve ıslatılan alan oranı ile çarpılmak suretiyle düzeltilerek, uygulanacak sulama suyu miktarı belirlenmiştir. Islatılan alan oranı (P değeri) %100 alınmıştır. Deneme süresince kök bölgesinde toprak nemindeki değişim sulamalardan önce yapılan gravimetrik örneklemelerle izlenmiştir. Verilecek sulama suyu miktarını hesaplamada aşağıdaki ilişkiden yararlanılmıştır:

$$I = A.\ E_p\ .\ K_{pc}\ .\ P \qquad (1)$$

Eşitlikte, A, parsel alanı (m^2); K_{pc}, pan katsayısı; P, ıslatılan alan oranı (%); I, parsele uygulanan sulama suyu (lt); E_p, sulama aralığındaki birikimli Class A Pan buharlaşması miktarını (mm) ifade etmektedir.

Oransal nem, barometrik basınç, solar radyasyon ve çiğlenme noktası sıcaklığı gibi iklimsel parametreler deneme alanının yakınında (yaklaşık 250 m uzaklıkta) kurulu bulunan TİGEM Meteoroloji İstasyonundan alınmıştır. Buhar basıncı açığı, ölçülen hava sıcaklığı değerindeki doygun buhar basıncı ile çiğlenme noktası sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı farkından hesaplanmıştır (Allen ve ark. 1998). Bitki taç örtüsü sıcaklıkları elde taşınabilir bir infrared termometre ile (Spectrum Technologies Inc.) ölçülmüştür.

Bitki su stres indeksinin hesaplanmasında deneysel yaklaşım olarak da bilinen Idso yöntemi (Idso ve ark., 1981) kullanılmıştır. Bunun için önce stresli (susuz konu) ve stressiz (K_{pc5}=1.00 konusu) koşullarda bitki taç örtüsü ve hava sıcaklığı farkı (T_c-T_a) ve buhar basıncı açığı (VPD) ilişkisini gösteren temel grafik elde edilmiş olup bu grafikte alt sınır çizgisinin belirlenmesi amacıyla tam sulanan (stressiz) konuda, sulamalardan bir gün sonra sabah 09:00' den başlanarak birer saat arayla 18:00'a kadar (K_{pc5}=1.00) ölçümler alınmıştır. Elde edilen günlük ölçümlerden hesaplanan T_c-T_a ve VPD değerleri, karşılıklı olarak grafiklenerek alt sınır çizgisi oluşturulmuştur. Üst sınır çizgisinin belirlenmesinde ise günün en sıcak zamanında (11:00-14:00) susuz konudan farklı günlerde saat başı alınan ölçümler kullanılmıştır. Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI) değerini belirlemede aşağıdaki ilişkiden (Idso ve ark.,1981) yararlanılmıştır:

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_l]}{[(T_c - T_a)_u - (T_c - T_a)_l]} \qquad (2)$$

Eşitlikte, $(Tc\text{-}Ta)_l$ alt baz çizgisini $(Tc\text{-}Ta)_u$ ise üst baz çizgisini göstermektedir. Doygun buhar basıncı, gerçek buhar basıncı ve buhar basıncı açığının hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikler (Allen ve ark., 1998) kullanılmıştır:

$$e_s = 0{,}6108 * exp[17.27T/(T + 237{,}3)] \qquad (3)$$

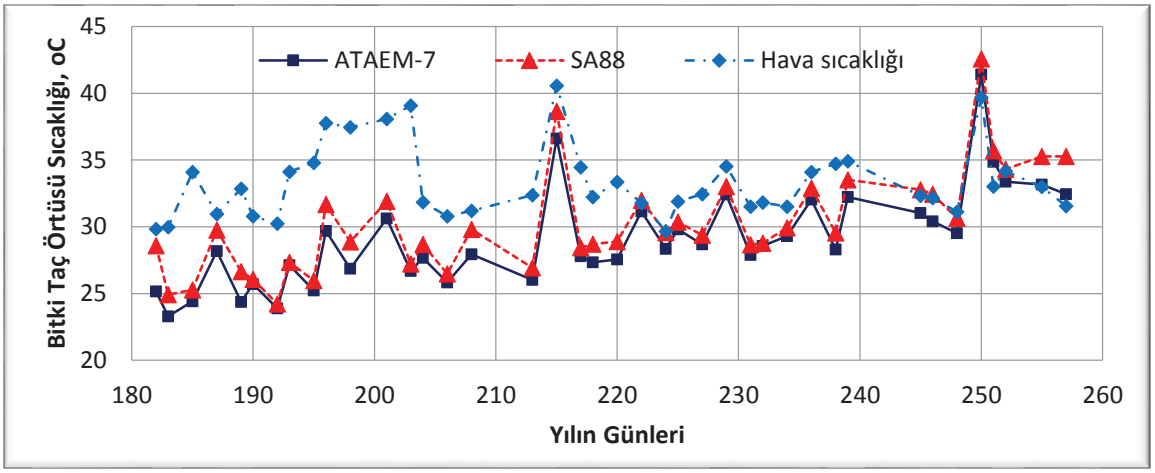
$$e_a = e_s * (RH/100) \qquad (4)$$

$$VPD = e_s - e_a \qquad (5)$$

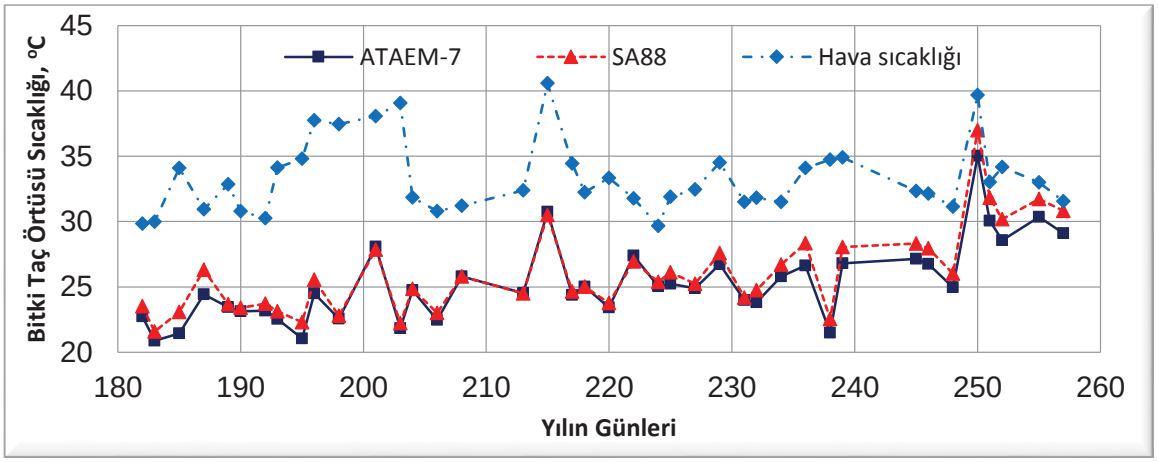
Eşitliklerde; e_s, doygun buhar basıncını (kPa); e_a, gerçek buhar basıncını (kPa); T, ortalama hava sıcaklığını (^{0}C); RH, havanın bağıl nemini (%) ve VPD, buhar basıncı açığını (kPa) ifade etmektir.

Bulgular ve Tartışma

Çeşitlere bağlı olarak bitki taç örtüsü sıcaklığının zamanla değişimi K_{pc2}=0.25 konusunda Şekil 1'de K_{pc5}=1.00 konusunda ise Şekil 2'de verilmiştir. Yetiştirme dönemi boyunca kısıntılı sulama konusunda (Kpc_2=0.25) SA-88 çeşidinin taç örtüsü sıcaklığı sürekli olarak ATAEM-7 çeşidinden daha yüksek seyretmiş olup bu farklılık 180-210 günler arasında daha da belirginleşmiştir (Şekil 1). Bu farklılıkların 3 ^{o}C'a kadar çıktığı belirlenmiş, sezon boyunca ölçülen ortalama taç örtüsü sıcaklıkları arasındaki fark ise 1.22 ^{o}C olmuştur. Anılan sıcaklıklar tam sulama konusunda (Kpc_5=1.00) ise birbirine çok yakın olarak ölçülmüş, bitki taç örtüsü sıcaklıkları arasındaki ortalama fark 0.76 ^{o}C olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Bir başka deyişle, SA-88 çeşidinin ortalama taç örtüsü sıcaklığı tam sulama konusunda bile ATAEM-7 çeşidinden 0.76 ^{o}C daha yüksek olarak ölçülmüştür. Patil ve ark (2014), farklı soya çeşitleri ve ekim tarihlerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, taç örtüsü sıcaklıklarının çeşitler arasında ortalama 1.4 ^{0}C farklılık olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen 1.22 ^{o}C sıcaklık farkı literatürde soya için verilen değerlerle uyum içerisindedir.

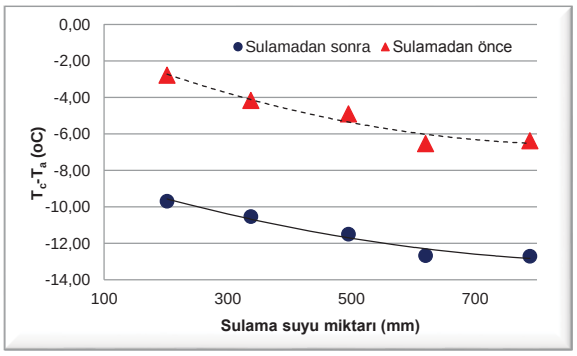


Şekil 1. Bitki taç örtüsü sıcaklıklarının çeşitlere bağlı olarak değişimi (Kpc_2=0.25).

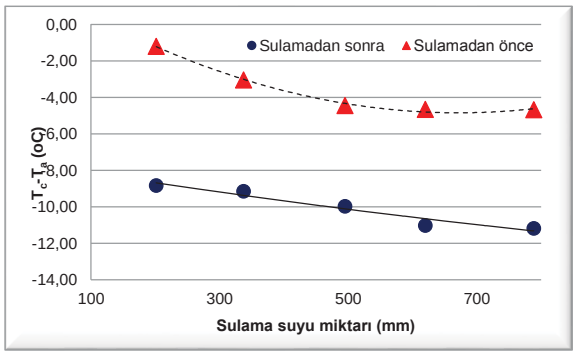


Şekil 2. Bitki taç örtüsü sıcaklıklarının çeşitlere bağlı olarak değişimi (Kpc_5=1.00).

Sulamadan önce ve sonra bitki taç örtüsü ile hava sıcaklıkları arasındaki farklar (T_c-T_a) ATAEM-7 çeşidi için Şekil 3'te ve SA-88 çeşidi için Şekil 4'te verilmektedir. ATAEM-7 çeşidinde (T_c-T_a) sıcaklık farkı Kpc_2=0.25 konusunda -2.77 ve Kpc_5=1.00 konusunda -6.53 ^oC iken söz konusu farklar SA-88 konusunda sırasıyla -1.19 ve -4.65 ^oC olarak ölçülmüştür. Sulamadan sonra ATAEM-7 çeşidinde Kpc_2=0.25 konusunda sıcaklık farkı -9.68, Kpc_5=1.00 konusunda ise -12.68 ^oC'ye düşerken, anılan değerler SA-88 çeşidinde ise sırasıyla -8.83 ve -11.03 ^oC'e düşmüştür. (T_c-T_a) farkı mutlak değer olarak arttıkça bitki daha sağlıklı olduğundan, ATAEM-7 çeşidinin SA-88 ile karşılaştırıldığında hem su kısıtı hem de tam sulama koşullarında suya daha iyi tepki verdiği görülmektedir.

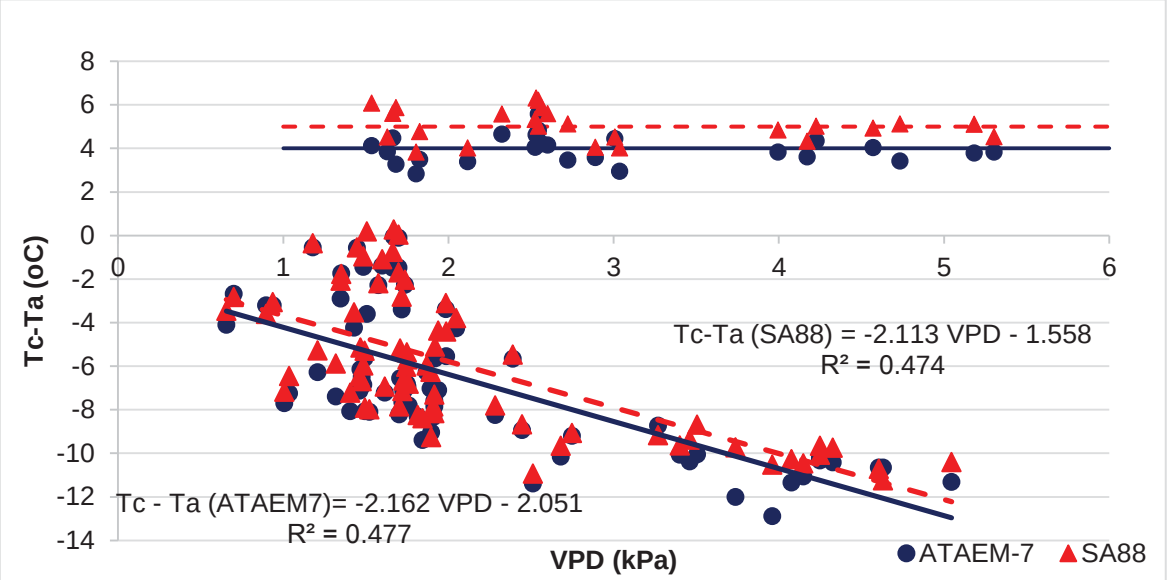


Şekil 3. ATAEM çeşidinde sulamadan önce sulamadan sonra (T_c-T_a) farkları.

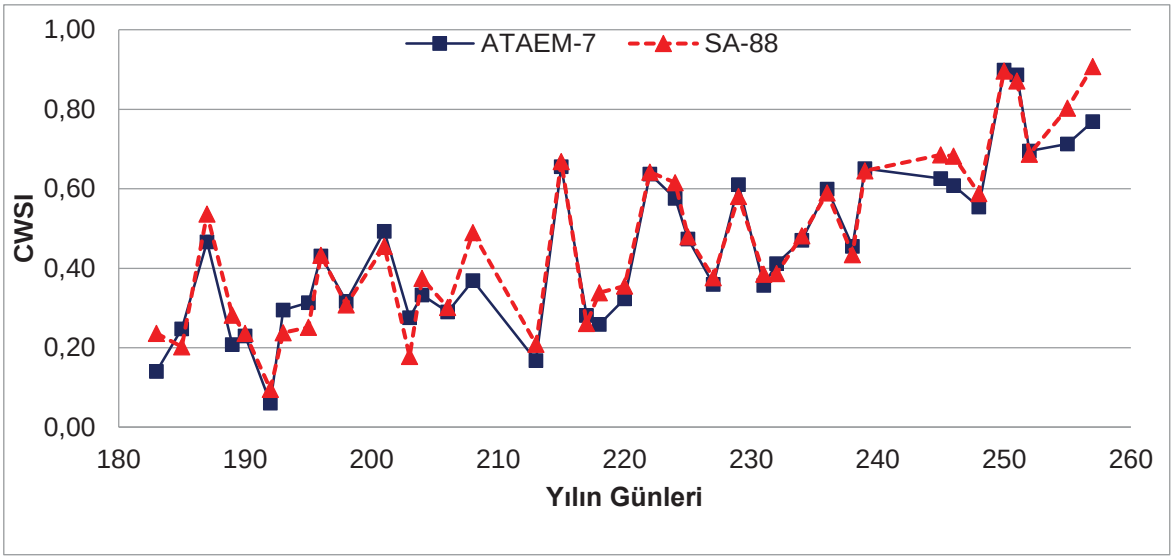


Şekil 4. SA-88 çeşidinde sulamadan önce sulamadan sonra (T_c-T_a) farkları.

ATAEM-7 ve SA-88 çeşitleri için elde edilen alt ve üst baz çizgileri Şekil 5'te verilmiştir. Üst baz çizgisi ATAEM-7 çeşidi için 4 ^{o}C SA-88 için ise 5 ^{o}C olarak belirlenmiştir. Alt baz çizgisi ise ATAEM-7 için T_c-T_a = -2.051 – 2.162 VPD ve SA-88 çeşidi için Tc-Ta = -1.558 – 2.113 VPD olarak belirlenmiştir. Her iki çeşitte de eğimler birbirine çok yakın çıkmıştır. Soyada, Nielsen (1990) alt baz çizgisi için T_c-T_a = 2.51 – 2.02xVPD eşitliğini verirken Payero ve Irmak (2006) ise üst baz çizgisi ile ilgili T_c-T_a = 2.77 ^{o}C ve alt baz çizgisi için T_c-T_a = 1.87 – 1.95xVPD eşitliğini önermektedir. Eşitlikler arasındaki farklar çeşitlerin yanında, denemelerin yürütüldüğü yerin iklimsel koşullarına bağlı olarak değişebilmektedir.

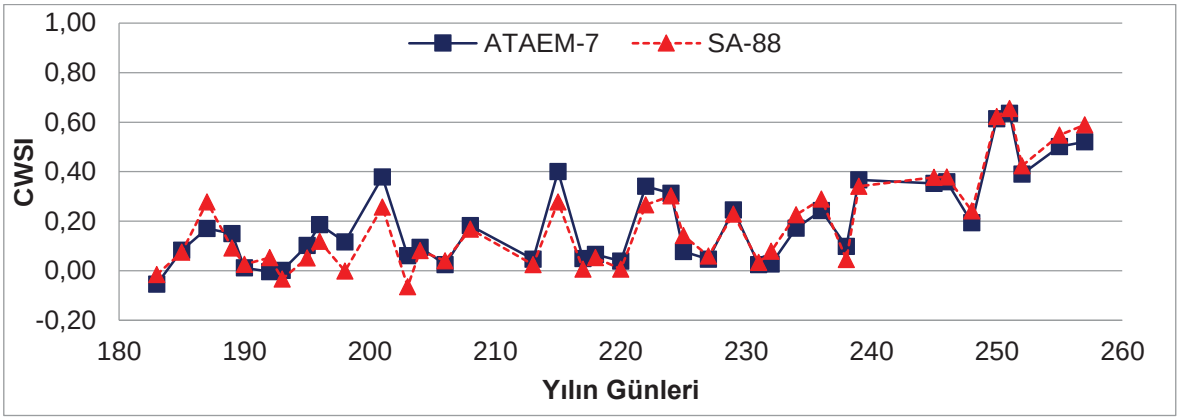


Şekil 5. ATAEM-7 ve SA-88 çeşitleri için belirlenen alt ve üst baz çizgileri.



Şekil 6. Bitki su stresi indeksinin (CWSI) Kpc_2=0.25 konusunda zamanla değişimi.

Çeşitlere bağlı olarak hesaplanan bitki su stresi indeksi (CWSI) değerlerinin zamanla değişimi su stresine maruz Kpc_2=0.25 konusunda Şekil 6'da, tam sulanan Kpc_5=1.00 konusunda ise Şekil 7'de verilmiştir. Su stresine maruz konuda CWSI değeri sürekli her iki çeşitte de artarken tam sulanan konuda söz konusu indeks nispeten stabil kalmıştır. Su stresine maruz konuda ATAEM-7 çeşidine ait ortalama CWSI değeri 0.45 olarak bulunurken SA-88 çeşidi için 0.47 olarak belirlenmiştir. Tam sulanan konuda ise söz konusu değerler ATAEM-7 ve SA-88 için, sırasıyla, 0.20 ve 0.19 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 7. Bitki su stresi indeksinin (CWSI) Kpc_5=1.00 konusunda zamanla değişimi.

Çeşitlere bağlı olarak uygulanan sulama suyu miktarı ile taç örtüsü sıcaklığı, CWSI ve verim değerleri Çizelge 3'te özetlenmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere, bitki taç örtü sıcaklığı veya CWSI arttıkça her iki çeşitte de verimde azalma meydana gelmektedir. Çeşitler karşılaştırıldığında ise, yüksek taç örtüsü sıcaklığına bağlı olarak SA-88 çeşidinin veriminin diğer çeşide göre daha az olduğu görülmektedir.

Çizelge 3. Uygulanan sulama suyu ile bitki taç örtü sıcaklığı, CWSI ve verim ilişkisi.

Konular	Sulama suyu miktarı	ATAEM-7 Ortalama Tc	SA-88 Ortalama Tc	ATAEM-7 Ortalama CWSI	SA-88 Ortalama CWSI	ATAEM-7 Verim	SA-88 Verim
	mm	°C	°C			kg/da	kg/da
Kpc_1=0.00	55	31.23	32.46	0.59	0.61	191.80	107.70
Kpc_2=0.25	202	29.07	30.29	0.45	0.47	282.60	244.00
Kpc_3=0.50	338	27.66	28.91	0.35	0.38	357.40	270.50
Kpc_4=0.75	495	26.77	27.33	0.26	0.27	394.30	303.70
Kpc_5=1.00	620	25.26	26.02	0.20	0.19	408.40	482.40
Kpc_6=1.25	789	25.29	25.97	0.20	0.19	500.10	517.30

Sonuç

1. Bitki taç örtüsü sıcaklığının ölçülmesinde kullanılan infrared termometreler arazi çalışmalarında bitki çeşitlerinin kuraklığa olan dayanıklılığını ayırt etmede bir ön eleme aracı olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.
2. İnfrared termometre aletlerinin fiyatlarının da son yıllarda düşmesi bu aletleri kuraklığa dayanıklı çeşitlerin tarla koşullarında belirlenmesinde hızlı ve ucuz bir araç olarak kullanımını yaygınlaştırabilir.
3. Bu çalışmada, sıcaklık farklarının su stresi koşullarında denemenin ilk zamanlarında daha belirgin olması, söz konusu ön eleme tekniğinin kullanılarak kuraklığa dayanıklı çeşitlerin denemenin ilk aşamalarında belirlenebileceğini göstermektedir. Böylece, kuraklığa dayanıklı olmayan çeşitlerin denemenin ilk zamanlarında elenerek iş gücünden tasarruf sağlanabilecektir.
4. Çalışmada kullanılan çeşitlerden ATAEM-7 çeşidinin kuraklığa daha dayanıklı olduğu görülmektedir. Ancak, kuraklığa dayanıklı olup olmadığının belirlenmesi konusunda, çeşitler arasında kaç derece sıcaklık farkının olması gerektiği konusunda çalışmaların devam ettirilmesi gerekir.

Kaynaklar

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Simith, M. 1998. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56.

FAOSTAT. 2016. Crops Productions. http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E. Date of Access: 26.04.2016.

Gardner , B.R., Nielsen, D.C. and Shock, C.C. 1992. Infrared Thermometry and Crop Water Stress Index I. History, Theory and Baselines. J. of Production Agriculture, 5 (4): 462-466.

Guendouz, A., Guessoum, S., Maamri, K., Benidir, M. and Hafsi, M. 2012. Canopy Temperature Efficiency as Indicators for Drought Tolerance in Durum Wheat (Triticum Durum Desf.) in Semi Arid Conditions, 1:23-38.

Idso, SB., Reginato, R.J., Jackson, RD., Pinter, P.J. 1981. Measuring Yield-Reducing Plant Water Potential Depression in Wheat by Infrared Thermometry. Irrig.Sci., 2: 205-212.

Mamnouie, E., Ghazvini, R.F., Esfahany, M. and Nakhoda, B. 2006. The Effects of Water Deficit on Crop Yield and the Physiological Characteristics of Barley (Hordeum vulgare L.) Varieties, 8:211-219.

Ndiso, J.B., Chemining'wa, G.N., Olubayo, F.M. and Saha, H.M. 2016. Effect of Drought Stress on Canopy Temperature, Growth and Yield Performance of Cowpea Varieties, 9(3): 1-12.

Nielsen, D.C. 1990. Scheduling irrigation for soybeans with the crop water stress index (CWSI). Field Crops Res. 23:103-116.

Pandey, B.P., Basnet, K.B., Bhatta, M.R., Sah, S.K., Thapa, R.B. and Kandel, T.P. 2013. Effect of Row Spacing and Direction of Sowing on Yield and Yield Attributing Characters of Wheat Cultivated in Western Chitwan, Nepal, 4(7):309-316.

Patil, S.R., Jadhav, M.G. and Jadhav, J.D. 2014. Impact of Sowing Windows and Varieties on Canopy Temperature (CT), Stress Degree Days (SDD) in Soybean, 9(2):342-348.

Payero J, Irmak S. 2006. Variable upper and lower crop water stress index baselines for corn and soybean. Irrigation Science, 25(1): 21-32.

Rees, D., Sayre, K., Acevedo, E., Nava Sanchez, T., Lu, Z., Zeiger, E. and Limon. A. 1993. Canopy Temperatures of Wheat: Relationship with Yield and Potential as a Technique for Early Generation Selection. Wheat Special Report No. 10. Mexico, D.F.: CIMMYT.

TÜİK. 2016. Bitkisel Üretim İstatistikleri. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001. Erişim Tarihi: 26.04.2016.

Yazar, A., 1993. Infrared Termometre ile Bitki Su Stresinin ölçülmesi. Sulama teknolojisinde Yeni gelişmeler semineri. 13-24 Eylül 1993. Tarsus.