Anadolu Tarım Bilim. Derg., 2011,26(1):57-62
Anadolu J Agr Sci, 2011,26(1):57-62

Araştırma
Research

ŞEKER PANCARI SULAMA ZAMANI BELİRLENMESİNDE BİTKİ SU STRES İNDEKSİNİN KULLANILMA OLANAKLARI

Eyüp Selim KÖKSAL[1] Yusuf Ersoy YILDIRIM[2]

[1]Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Kurupelit - Samsun
[2]Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Dışkapı - Ankara
e-mail: eselimk@yahoo.com, eselim@omu.edu.tr

Geliş Tarihi: 07.07.2010 Kabul Tarihi:27.01.2011

ÖZET: Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanılmasında sulama suyu yönetimi büyük öneme sahiptir. Diğer yandan suyun tarlada uygulanması sulama suyu yönetiminde başarıyı belirleyici bir unsurdur. Gerektiği zamanda yeterli miktarda sulama temel yaklaşım olarak kabul edilebilir. Bu nedenle sulamaya karar vermede destek araçları giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmada son yıllarda teknolojik gelişmeler sayesinde öne çıkan bitki su stres indeksinin (CWSI), ülkemizde sulama suyunun çok yoğun bir biçimde uygulandığı şeker pancarı bitkisinde kullanılma olanakları araştırılmıştır. Bu amaçla yedi farklı sulama konusundan oluşan şeker pancarı denemesi Ankara koşullarında ağır bünyeli toprakta, 2004 ve 2005 yıllarında yürütülmüştür. Her bir deneme konusunda yetişme dönemi boyunca bitki örtü sıcaklığı izlenmiştir. Eş zamanlı olarak hava sıcaklığı ve buhar basıncı açığına (VPD) ilişkin iklim elemanları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda şeker pancarı bitkisine ilişkin CWSI hesabında kullanılan alt baz ve üst baz hatları deneysel olarak tespit edilmiştir. Buna göre hesaplanan CWSI değerleri konular arasındaki sulama suyu farklılığını ortaya koymuştur. Sonuç olarak CWSI' nin şeker pancarı sulama suyu yönetiminde etkili bir biçimde kullanılabileceği değerlendirilmiştir.
Anahtar Sözcükler: Şeker pancarı, Sulama programlama, CWSI.

USING CROP WATER STRESS INDEX FOR DETERMINATION OF SUGAR BEET IRRIGATION TIME

ABSTRACT: Irrigation water management is one of the most important steps of sustainable use of water resources. On the other hand, field application of water is a critical component which affects the achievement of irrigation water management. The fundamental principal is application of irrigation at correct time and enough amounts. Because of this, decision tools for irrigation have become very important. In this study, the use of crop water stress index (CWSI), which have very popular in recent years as a result of technological developments, was investigated for irrigation timing in sugar beet cultivation, which is very intensively irrigated crop in Turkey. For this purpose, field trials consisting of seven different irrigation treatments were applied under Ankara climatic and heavy soil conditions during the growing seasons of 2004 and 2005. Crop canopy temperature was monitored for each irrigation treatments separately. Air temperature and components of vapor pressure deficit (VPD) were measured, simultaneously. Lower and upper limits of basic graphic, which is necessary for CWSI calculation, were determined for sugar beet. CWSI values calculated using these lines determined the difference among irrigation applications. As a result, it was shown that CWSI could be used for management of sugar beet irrigation water effectively.
Keywords: Sugar beet, Irrigation scheduling, CWSI.

1. GİRİŞ

Şeker pancarı ülkemizde ve dünyada şeker üretiminde önemli bitkilerdendir. Bunun yanı sıra sulama suyu gereksinimi birçok bitkiye göre daha fazladır. Bitki deseninde şeker pancarı yüksek oranda bulunan bölgelerde doğru zamanda yeterli miktarda sulama suyu uygulanması, su kaynaklarının korunarak kullanımı ve sulamanın olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması bakımından büyük öneme sahiptir. Örneğin ülkemizde şeker pancarının yoğun bir biçimde yetiştirildiği Konya ve Kayseri çevrelerinde yeraltı ve yer üstü su kaynaklarının aşırı kullanılmasından kaynaklanan önemli çevresel sorunların ortaya çıktığı bilinmektedir.

Sulama suyu yönetiminde iki önemli aşamadan söz edilmektedir. İlki su kaynağının alana getirilmesi ve bitki kök bölgesine uygulanmasında kullanılan sulama sistemlerinin doğru bir biçimde planlanmış ve tesis edilmiş olmasıdır. İkinci adım ise söz konusu sistemlerin doğru bir biçimde işletilmesidir. Sulama sistemlerinin işletilmesinde sulanan bitkilerin ne zaman ne kadar suya gereksinim duyduklarının gerçek zamanlı olarak saptanmasında çeşitli yöntemlerden bahsedilebilir. Bu amaçla kullanılan başlıca yöntemlerin temel dayanakları arasında toprak su kapsamının izlenmesi, bitkilerde meydana gelen belirtilerin gözlenmesi ve iklim parametrelerinin ölçülmesi sayılabilir.

Toprak su içeriğine göre sulama yönetimi, kısıtlayıcı bir etmen olmadığı sürece, hassas sonuçlar verebilmektedir. Ancak toprak suyunun izlenmesi, zaman alıcı pahalı olmasının yanında noktasal bir temsil özelliği taşımaktadır. Meteorolojik verilere dayalı sulama programlaması bitki koşullarını tahmin etmekten öteye geçememektedir. Özellikle sulama sistemlerinin planlanması aşamasında kullanılan bu tarz yöntemler, gerçek zamanlı sulama suyu yönetiminde bitki ve/veya toprak koşullarına ilişkin bazı ölçümlerle desteklenmelidir.

Bitkilere ne zaman ne kadar sulama suyu uygulanacağı, bitki izlemeye dayalı yöntemler kullanılarak bitkide su stresinin neden olduğu fizyolojik belirtiler denetlenerek belirlenebilir. Ayrıca

bu yöntemler bitkinin topraktaki sudan yararlanmasını kısıtlayan etmenlerin değerlendirilmesine ve daha geniş alanlarda daha kısa sürede ve yüksek duyarlılık düzeyleri ile sulama zamanı planlamasına olanak vermektedir. Böylelikle su kullanım randımanları arttırılarak mevcut su kaynakları ile daha fazla alan sulanarak bitkisel üretimde kalite ve verim yükseltilebilir (Kodal 2004).

Uzaktan algılama teknikleri, gerek el radyometreleri ile tarla düzeyinde, gerekse farklı araçlar kullanılarak havadan bitkilerin gelişme durumlarının izlenmesine olanak tanımaktadır. Yüzey enerji dengesi bileşenlerinin bir bölümü uzaktan algılama ile tespit edilebilmektedir. Özellikle yüzey sıcaklığının uzaktan algılamayla ölçülmesi, yüzey enerji dengesine dayalı bitki ve bulunduğu topraktan meydana gelen buharlaşmanın zamansal ve mekansal olarak belirlenmesini sağlamaktadır (Brown and Rosenberg 1973, Stone and Horton 1974, Hatfield et al. 1984, Seguin et al. 1994). Ayrıca, yapılan araştırmalara göre bitki katsayı (kc) ile spektral vejetasyon indeksleri arasında önemli istatistiksel ilişkiler bulunmaktadır (Fitzgerald et al. 2003, Hunsaker et al. 2003a, Hunsaker et al. 2003b).

Bitkinin içerisinde bulunduğu su stresi düzeyinin tespit edilmesi için uzaktan algılanmış verilere dayalı çeşitli su stresi ve vejetasyon indeksleri geliştirilmiştir (Jackson et al. 1977, Idso et al. 1990, Moran et al. 1994, Alves and Pereira 2000, Jackson et al. 1980, Kustas and Daughtry 1990, Penuelas et al. 1994, Kimura et al. 2004). Bu sayede, sulama zamanı ve sulama suyu ihtiyacı uzaktan algılamaya dayalı olarak tespit edilebilmektedir. Günümüzde bu amaçla yapılmış çalışmalarda geliştirilen yöntemler, modeller ve indekslerin farklı iklim ve toprak özelliklerine sahip bölgeler için arazi denemeleriyle test edilmesi ve geliştirilmesine gereksinim bulunmaktadır.

Bu çalışma ile amaçlanan Ankara koşullarında şeker pancarının sulama zamanının belirlenmesinde, bitki örtü sıcaklığına dayanan bitki su stres indeksinin (CWSI) kullanılma olanaklarının araştırılmasıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma Ankara koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada kullanılan Leila çeşit şeker pancarı çift toleranslıdır. Ülkemizde en yaygın görülen Cerrospora ve rhizomonia hastalıklarının her ikisine de dayanıklıdır. Çalışmada bitki yüzey sıcaklığı İnfrared termometre, toprak su içeriği nötron probe ve iklim verileri çalışma alanına yaklaşık 500 m uzaklıktaki otomatik meteoroloji istasyonunda ve kapalı bir siper içerisinde deneme parsellerinin yanında ölçülmüştür.

Araştırma, Toprak ve Su Kaynakları Ankara Araştırma Enstitüsü deneme arazisinde 2004 ve 2005 yıllarında yürütülmüştür. Araştırma yerinin denizden yüksekliği 924,3 m, enlem derecesi 39°53'N ve boylam derecesi 32°45'E'dir. Orta Anadolu Bölgesinde yer alan Ankara ili karasal bir iklime sahiptir. Yazlar sıcak ve kurak kışlar yağışlıdır. Enstitünün 40 yıllık meteorolojik verilerine göre Ankara ilinin yıllık toplam ortalama yağış miktarı 383,7 mm, yıllık ortalama sıcaklığı ise 11,4 °C'dir. Uzun yıllık verilere göre en yüksek sıcaklık 40,3 °C ile Temmuz, en düşük sıcaklık –20,5 °C ile Şubat ayında ölçülmüştür. Uzun yıllık ortalamalara göre buharlaşma 1314,3 mm, nispi nem ise % 62'dir (Anonim 2005). Araştırma alanına ilişkin toprak bünye sınıfları, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası analizleri, Enstitüsü Laboratuvarında yapılmıştır. Araştırma alanında 90 cm toprak derinliğindeki her 30 cm'lik katmanda toprak bünye sınıfı killi-tındır. Hacim ağırlığı değerleri 1,08 – 1,24 g/cm^3 arasında değişmektedir. Deneme alanında 90 cm toprak derinliğinin toplam kullanılabilir su tutma kapasitesi 112,12 mm olarak belirlenmiştir.

Bitki örtü sıcaklığı ölçümlerinde kullanılan Everest Model 100.3 ZL İnfrared Termometre 8-14 μm spektral bant aralığına ve 4 derece görüş açısına sahiptir. Ölçüm sırasında güneşin geliş açısındaki farklılıklar ve gölgelemenin elemine edilmesi için ölçümler, solar azimut açısı 0, 90, 180 ve 270 dereceden toplam 4 yönde yapılmıştır. Her yönde 3 defa ölçüm alınmıştır. Cihazlar örtüye yaklaşık 60^0 zenith açısı ile tutulmuştur ve görüş alanlarında sadece bitki bulunacak yükseklik ve yatay uzaklıkta konumlandırılmıştır. Ölçümler deneme konularına göre sulama suyu uygulaması başladıktan sonra, haftada en az 2 gün, yerel saat ile 13:00 – 14:00 arasında yapılmıştır. Bulutlu günlerde ölçüm yapılmamıştır.

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlı olarak, 2004 ve 2005 yıllarında yürütülmüştür. Şeker pancarı parselleri tava sulama yöntemi ile sulanmıştır ve sulama suyunun eş dağılımı için deneme parselleri tesviye edilmiştir. Kazı miktarının azalması amacı ile deneme blokları araziye eş yükseltilere paralel bir biçimde yerleştirilmiştir.

Leila şeker pancarı çeşidine ait tohumlar 29 Nisan 2004 ve 14 Nisan 2005 tarihlerinde sıra arası 45 cm, sıra üzeri 22,5 cm olarak elle ocaklara ekilmiştir. Deneme hasadı 25 Ekim 2004 ve 24 Ekim 2005 tarihlerinde yapılmıştır. Sulama suyu miktarı blok başlarında su sayacı ile ölçülmüştür ve sayaç ile parsel arasında su kaybı engellenmiştir. Tüm konulara bitkiler 15 cm boya ulaşana kadar eşit miktarda sulama suyu uygulanmıştır. Deneme konuları yedi farklı sulama suyu seviyesinden oluşmuştur. Altı konuya 12 günde bir toprak su içeriğini tarla kapasitesine taşıyacak su miktarı ve buna dayanan su kısıtları uygulanmıştır. Bir konuya (S7) elverişli toprak su içeriğinin yarısı tükendiğinde, tarla kapasitesinden eksilen su kadar sulama suyu uygulanmıştır (Çizelge 1).

Bitki su stres indeksi belirlenmesinde deneysel yaklaşım olarak bilinen yöntemden yararlanılmıştır (Idso et al. 1981). Bu amaçla su stresi oluşturulmayan S7 konusuna ilişkin ölçümler ile belirlenen bitki örtü sıcaklığı hava sıcaklığı farkı (Tc-Ta) ve buhar basıncı

açığı (VPD) değerlerinin doğrusal regresyonu ile alt baz hattı (LL), su uygulanmayan S6 konusundan alınan ölçümlerden yararlanılarak üst baz hattı (UL) belirlenerek temel grafik elde edilmiştir. CWSI değerleri anılan grafikten yararlanılarak eşitlik (1) ile belirlenmiştir. Eşitlik (1)'de, LL hesaplamanın yapıldığı Tc ve VPD'ye ilişkin temel grafikteki alt limit değeri, UL üst limit değeridir.

$$CWSI=[(Tc-Ta) - (LL)] / [(UL) - (LL)] \quad (1)$$

Çizelge 1. Deneme konuları ve sulama suyu uygulamaları

Deneme Konusu	Sulama Suyu Uygulaması
S1	12 günde 1 defa, 0–90 cm derinliğindeki mevcut nemi TK'ya tamamlayacak miktarda sulama suyu uygulanması
S2	S1 konusuna verilen sulama suyunun % 75'inin uygulanması
S3	S1 konusuna verilen sulama suyunun % 50'sinin uygulanması
S4	S1 konusuna verilen sulama suyunun % 25'inin uygulanması
S5	S1 konusuna verilen sulama suyunun % 10'unun uygulanması
S6	Susuz*
S7	0–90 cm derinliğindeki elverişli nemin % 50'si tüketildiğinde TK'ya tamamlayacak miktarda sulama suyu uygulanması.

*Şeker pancarı yaklaşık 15cm boya ulaşana kadar sulama suyu uygulanmıştır. Parsel ölçüleri ekimde 4,5 m X 10 m = 45 m^2, hasatta 3,5 m X 5 m = 17,5 m^2

Tarımsal meteorolojik rasatlarına uygun bir siper deneme parsellerinin bulunduğu alana 1,5 m yüksekliğe yerleştirilmiştir. Hava sıcaklığı denemin ilk yılında termometre, ikinci yılında termografla ölçülmüştür. VPD hesabında kullanılmak üzere denemenin ilk yılında vantilatörlü psikrometre ile ıslak termometre sıcaklık ölçümü, ikinci yılında hidrograf ile nispi nem (RH) ölçümü yapılmıştır. VPD (kPa) hesabında yararlanılan Eşitlik (2)'de es doygun buhar basıncı (kPa), ea gerçek buhar basıncıdır (kPa). Söz konus parametrelere ilişkin hesaplamalar Ward and Elliot (1995) ve Allen et al. (1998)' da verilen yöntemlere dayanmaktadır.

$$VPD = es - ea \quad (2)$$

3. BULGULAR

Toprak su düzeyleri 3 deneme bloğunun 2'sinde tüm parsellerde, S7 konusunda haftada 2 defa ve diğer tüm konularda her sulama öncesinde, nötron probe aleti ile izlenmiştir. Toprakta (0-90 cm derinlik) elverişli nemin % 50'sinin tükendiği su düzeyi (234,0 mm) stres hattı olarak kabul edilirse, S1 konusu her sulamadan önce bu su düzeyinin altına düşmüş ve her sulama ile tarla kapasitesine (TK) ulaşmıştır (Şekil 1). S2 konusu ise her sulamadan önce elverişli nemin % 50'sinin tükendiği su düzeyinin altında bir neme sahip olmuş ve her sulamadan sonra bu su düzeyinin biraz üzerine yükselmiştir. S7 konusuna, sulama programı gereği toprak su düzeyi bu hatta düştüğünde TK'ya yükselecek kadar sulama suyu uygulanmıştır.

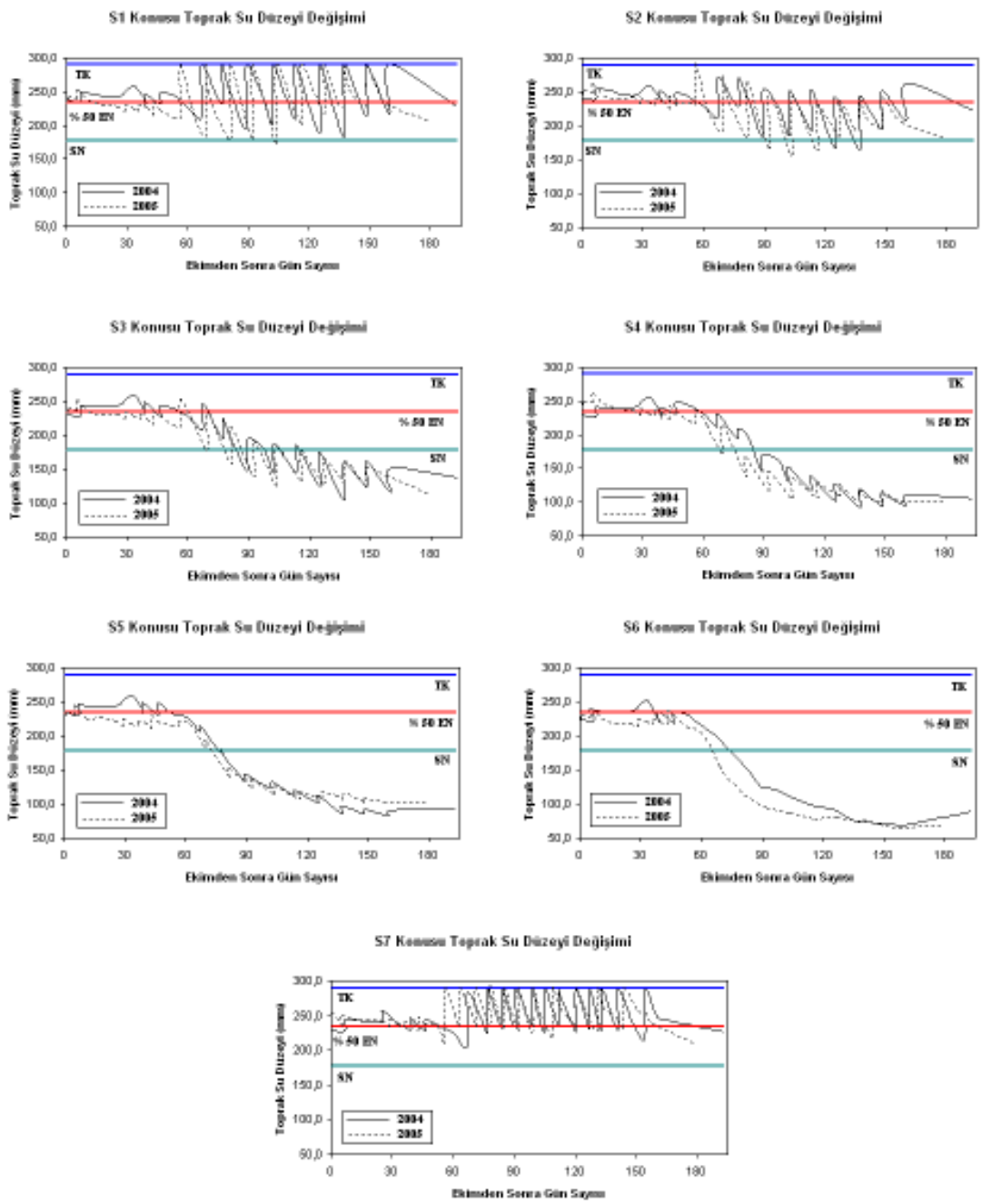
Ekimin ardından, deneme alanı topraklarının ağır bünyeye sahip olması nedeni ile bitki çıkışlarında sorun oluşmaması için tüm parsellere 2004 ve 2005 yıllarında sırası ile 65,0 mm ve 80,0 mm (beş seferde uygulanmıştır) sulama suyu yağmurlama sulama yöntemi kullanılarak uygulanmıştır. Konulara göre sulama suyu uygulamasına (tava sulama yöntemiyle) 24 Haziran 2004 ve 20 Haziran 2005 tarihlerinde başlanmıştır.

Yetişme dönemi boyunca 2004 yılında S1, S2, S3, S4, S5 ve S6 deneme konularına sulama düzeylerine göre 14 (9+5) adet sulamayla sırası ile toplam 865,0 mm, 665,0 mm, 464,0 mm, 265,0 mm, 146,0 mm ve 65,0 mm, 2005 yılında S1, S2, S3, S4, S5 ve S6 deneme konularına sulama düzeylerine göre 13 (9+4) adet sulamayla sırası ile toplam 837,0 mm, 647,0 mm, 460,0 mm, 269,0 mm, 157,0 mm ve 80,0 mm sulama suyu uygulanmıştır. S7 konusuna 2004 yılında 16 (11+5) adet sulama ile 731,0 mm, 2005 yılında 16 (12+4) sulama ile 809,0 mm sulama suyu uygulanmıştır. 2004 yılı yetişme döneminde toplam 83,0 mm, 2005 yılı yetişme döneminde toplam 215,0 mm yağış gerçekleşmiştir.

Bitki örtü sıcaklıkları Temmuz ve Ağustos aylarında haftada en az iki defa, Eylül ayında belli aralıklarla ölçülmüştür. Bulutlu günlerde ölçüm yapılmamıştır. Tc-Ta ve CWSI değerlerinin daha iyi yorumlanabilmesi için denemenin yürütüldüğü yetişme dönemleri boyunca ölçülen hava sıcaklığı ve hesaplanan VPD değerlerinin değişimleri Şekil 2'de verilmiştir.

Tc-Ta mevsim içerisindeki seyrinde hava sıcaklığından, VPD'den ve sulama uygulamalarından etkilenmiştir (Şekil 3). En yüksek Tc-Ta S6, en düşük Tc-Ta S7 ve S1 konularında gerçekleşmiştir. Genel olarak Tc-Ta değerleri en düşük -12,0 °C ile en yüksek 5,0 °C arasında değişmektedir. Pozitif Tc-Ta değerleri S4, S5 ve S6 konularında, negatif Tc-Ta değerleri ise S1, S2, S3 ve S7 konularında elde edilmiştir. Bunun nedeni, konular arasında sulama suyuna dayalı bir biçimde gerçekleşen transpirasyon farklılıklarıdır. Bilindiği gibi, potansiyel düzeyde transpirasyon gerçekleştirebilen bir bitkiye ilişkin Tc-Ta değeri negatiftir ve traspirasyon miktarı potansiyelin altına düştükçe Tc-Ta yükselir ve su stresine göre pozitif değerlere çıkabilmektedir.

Tc-Ta ve VPD değerleri, CWSI hesabında kullanılmak üzere ilişkilendirilmiştir (Şekil 4). S7 konusundan elde edilen bulgular ile Alt Baz Hattı, susuz S6 konusundan elde edilen bulgular ile

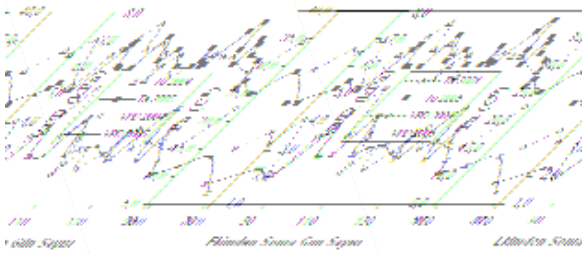


Şekil 1. Şeker pancarı deneme konuları toprak su düzeyi değişimleri.
TK: tarla kapasitesi; SN: solma noktası; %50 EN: Elverişli nemin % 50'si düzeylerini ifade etmektedir.

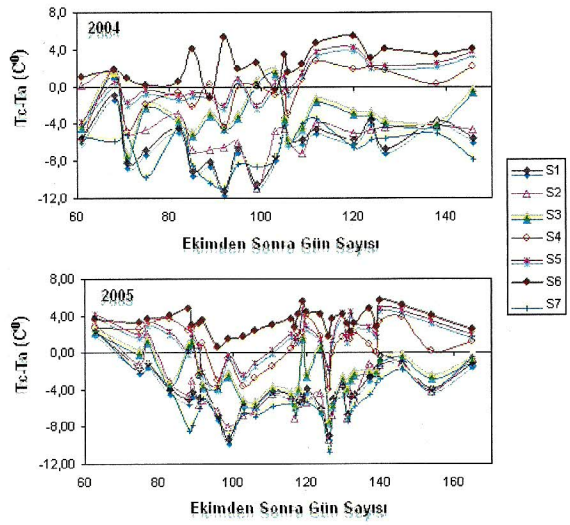
transpirasyonun hemen hiç gerçekleşmediği Üst Baz Hattı elde edilmiştir.

Alt baz hattı için yapılanregresyon analizi ile 2004 yılında korelasyon katsayısı (r) 0,82 ve regresyon denklemi "Tc-Ta=-2,17 VPD + 0,95", 2005 yılında korelasyon katsayısı (r) 0,87 ve regresyon denklemi "Tc-Ta=-2,75 VPD + 3,17 bulunmuştur. Üst baz hattı için Tc-Ta değeri 2004 yılı için 3,20 °C ve 2005 yılı için 3,47 °C olarak tespit edilmiştir. CWSI bu alt ve üst baz hatlarına göre hesaplanmıştır.

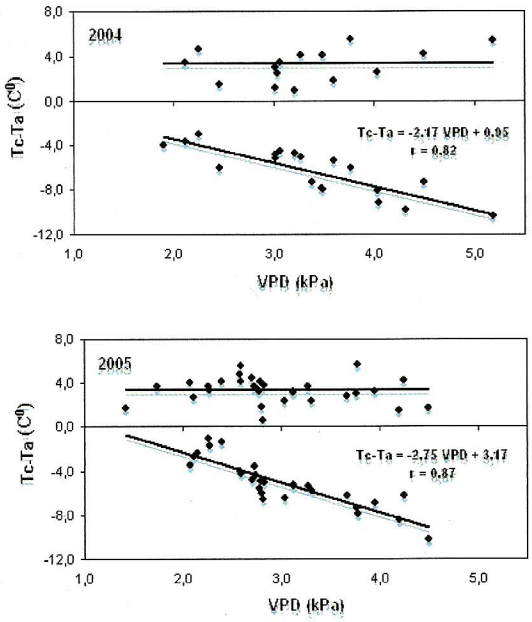
Hesaplama yöntemi gereği Tc-Ta'ya dayalı bir biçimde hesaplanan CWSI değerleri, konular arasındaki su uygulama farklılıklarını görsel bir biçimde ortaya koymaktadır (Şekil 5). Metodoloji mevcut Tc-Ta ve VPD değerinin alt baz ve üst bazdan farklarının oranına dayanmaktadır. Bu nedenle, bu sınırların belirlenmesinde kullanılan S6 ve S7 konularına ilişkin CWSI değerleri bazı günlerde sıfırdan küçük ve birden büyük gerçekleşmiştir.



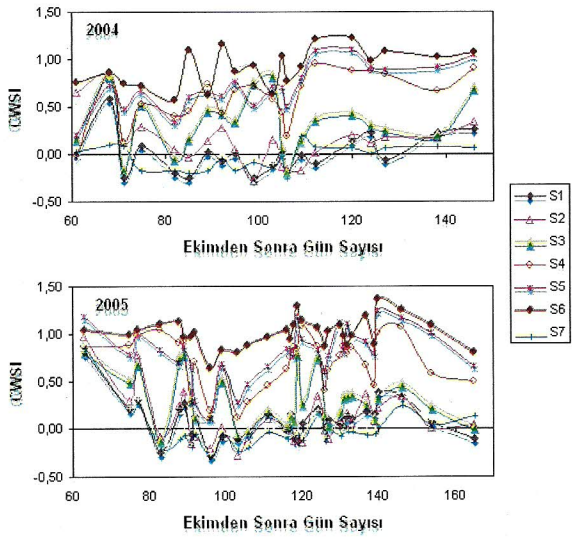
Şekil 2. Yetişme dönemi içerisinde hava sıcaklığı (Ta) ve buhar basıncı açığı (VPD) değişimi



Şekil 3. Yetişme dönemi boyunca Tc-Ta değişimi



Şekil 4. CWSI hesaplamada kullanılan temel grafikler



Şekil 5. Yetişme dönemi boyunca CWSI değişimi

Ayrıca Tc-Ta farklılıklarının negatif değerlerinin küçük, pozitif değerlerinin büyük CWSI değerlerine dönüştüğü görülmektedir.

Yuan et al. (2004) ve Howell et al. (1986)'da yer verilen araştırma sonuçlarına göre, buğdayda başaklanmadan önce ve sonra CWSI su stresinin tespitinde oldukça etkilidir. Alderfasi and Nielsen (2001) CWSI'nin buğdayda bitki su düzeyinin izlenmesinde ve sulama zamanı planlamasında etkili olduğunu belirtmektedir. Olufayo et al. (1996) sorgumda, Sepaskhah and Kashefipour (1994) ıhlamur ağaçlarında, Kayam ve Beyazgül (2001) ve Howell et al. (1984) pamukta, Nielsen (1990) soya fasulyesinde, Nielsen and Anderson (1989) ve Orta ve ark., (2001) ayçiçeğinde, Kırnak ve Gencoğlan (2001) ve Yazar et al., (1999) mısırda, CWSI' nin sulama zamanı kestiriminde kullanılabileceğini bildirmektedir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bitki kök bölgesinde yeteri kadar su bulunması, bitkinin potansiyel düzeyde terleme yapmasına olanak tanımaktadır. Aksi durumda bitki potansiyelin altında terleme gerçekleştirmekte ve özellikle Ta ve VPD gibi iklim parametrelerindeki artışa karşı kendisini koruyamamaktadır. Bunun sonucunda, bitki yüzey sıcaklığında artış gerçekleşmektedir. Bu araştırma ile elde edilen sonuçlara göre, şeker pancarı suya duyarlı bir bitkidir ve yeteri kadar sulandığında tam örtü oluşması bu bitkinin yüzey sıcaklığının ölçülmesinde önemli bir avantajdır. Buna göre şeker pancarı sulama suyu yönetiminde infrared termometre ve uyduların termal bantlarının kullanımı uygundur. Bu tür araçların kullanımında, bu çalışma ile elde edilen CWSI eşik değerleri öneme sahiptir. Şeker pancarı yetiştiriciliğinde CWSI'nin belirlenmesi için ihtiyaç duyulan ölçümler hava sıcaklığı, nispi nem ve bitki örtü sıcaklığı olarak sayılabilir. Ölçülen bu veriler, bu çalışmada elde edilen alt baz ve üst baz hatları ile bir arada kullanılarak CWSI belirlenebilir. CWSI genel olarak 0 ve 1,0 değerleri arasında değişim gösterebilir. Bu çalışmada önerilen deneysel verilerden üretilmiş alt ve üst baz hatlarının kullanılması durumunda, CWSI değerleri aşırı su koşullarında 0'dan daha küçük ve fazlasıyla kurak bir dönem için 1,0'den daha yüksek bulunabilir. Sonuç olarak CWSI şeker pancarının sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabilir.

5. TEŞEKKÜR

Bu makale, Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM danışmanlığında tamamlanan doktora tezinden üretilmiştir. Çalışma Toprak ve Su Kaynakları Ankara Araştırma Enstitüsü tarafından desteklenmiştir. Çalışmanın organize edilmesinde katkılarından dolayı Dr. Haluk ÜSTÜN, Dr. Adem İLBEYİ ve Dr. Suat AKGÜL' e, arazi işlerinin yürütülmesinde yardımcı olan tüm Enstitü personeline teşekkürlerimi sunarım.

6. KAYNAKLAR

Alderfasi, A.A. and Nielsen, D.C. 2001. Use of crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in whet. Agricultural Water Management, 47:69–75.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration, FAO, 56, Rome.

Alves, I. and Pereira, L.S. 2000. Non-water-stressed baselines for irrigation scheduling with infrared thermometers: A new approach. Irrigation Science, 19:101-106.

Anonim. 2005. Toprak ve Su Kaynakları Ankara Araştırma Enstitüsü Meteorolojik Veriler 2005. Ankara.

Brown, K.W. and Rosenberg, N.J. 1973. A resistance model to predict evapotranspiration and its application to a sugar beet field. Agronomy J., 65(3):341-347.

Fitzgerald, G.J., Hunsaker, D.J., Barnes, E.M., Clarke, T.R., Lesch, S.M., Roth, R. and Pinter Jr,P.J. 2003. Estimating Cotton Crop Water Use From Multispectral Aerial Imagery. In Irrigation Associations Exposition and Technical Conference, San Diego, Ca, Nov. 18-20. PP.138-148.

Hatfield, J.L., Reginato, R.J. and Idso, S.B. 1984. Evaluation of canopy temperature-evapotranspiration models over various crops. Agriculural and Forest Meteorology, 32:41-53.

Howell, T.A., Hatfield, J.L., Yamada, H. and Davis, K.R. 1984. Evaluation of cotton canopy temperature to detect crop water stress. Transact. ASAE.Pp:84-88.

Howell, T.A., Musick, J.T. and Tolk, J.A. 1986. Canopy temperature of irrigated winter wheat. Transact. ASAE. Pp:1692-1698.

Hunsaker, D.J., Pinter Jr, P.J., Fitzgerald, G.J., Clarke, T.R., Kimball, B.A. and Barnes, E.M. 2003b. Tracking Spatial and Temporal Cotton Dt Patterns With A Normalized Difference Vegetation Index. Irrigation Associations Exposition and Technical Conference Proceedings. Pp. 126-137.

Hunsaker, D.J., Pinter, Jr. P.J., Barnes E. M. and Kimball, B.A. 2003a. Estimating cotton evapotranspiration crop coefficients with a multispectral vegetation index. Irrig. Sci.22: 95-104.

Idso, S.B., Pinter, Jr., P.J. and Reginato, R.J. 1990. Non-water stressed baselines: the importance of site selection for air temperature and air vapour pressure deficit measurements. Agricultural and Forest Meteorologh, 53:73-80.

Jackson, R. D., Pinter, Jr.P.J., Reginato, R.J. and Idso, S.B. 1980. Hand - held radiometry. A set of notes developed for use at the workshop on hand-held radiometry. Phoenix, Ariz., February 25 –26, 1980.

Jackson, R.D., Reginato, R.J. and Idso, S.B. 1977. Wheat canopy temperature: A practical tool for evaluating water requirements, Water Resources Research, 13(3):651-656.

Kayam, Y. ve Beyazgül, M. 2001. Infrared termometre tekniğinin pamuk sulamasında kullanılma olanakları. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 2000. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Şube Müdürlüğü, yayın No: 117. 312-326, Ankara.

Kırnak, H. ve Gencoğlan, C. 2001. Bitki su stresi indeksi (CWSI) tekniğinin ikinci ürün mısır bitkisinin sulamasında kullanımı. HR.Ü.Z.F. Dergisi. 5(3-4):67-75.

Kimura, R., Okada, S., Miura, H. and Kamichika, M. 2004. Relationships among the leaf area index, moisture availability, and spectral reflectance in an upland rice field. Agricultural Water Management, 69:83-100.

Kodal, S., 2004. Sulama ve Bilgisayar Destekli Sulama Zaman Planlaması. GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, GAP Sulama Sistemlerinin İşletme Bakım ve Yönetimi (GAP-İBY) Projesi, Şanlıurfa.

Kustas, W.P. and Daughtry, C.S.T., 1990. Estimation of the soil heat flux/net radiation ratio from spectral data. Agricultural and Forest Meteorology. 49:205-223.

Moran, M.S., Clarke, T.R., Inoue, Y. and Vidal, A. 1994. Estimating crop water deficit using the relation between surface – air temperature and spectral vegetation index. Remote Sens. Environ., 49:246-263.

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

Nielsen, D.C. and Anderson, R.L. 1989. Infrared thermometry to measure single leaf temperatures for quantification of water stress in sunflower. Agronomy Journal. 81:840-842.

Olufayo, A., Baldy, C. and Ruelle, P. 1996. Sorghum yield, water use and canopy temperatures under different levels of irrigation. Agricultural Water Management. 30:77-90.

Orta, A.H., Erdem, T. ve Erdem, Y. 2001. İnfrared termometre tekniği ile ayçiçeğinde bitki su stresi indeksi (CWSI) ve sulama zamanının belirlenmesi. Birinci ulusal sulama kongresi bildirileri., s. 145-153, 8-11 Kasım 2001, Antalya.

Penuelas, J., Gamon, J.A., Fredeen, A.L., Merino, J. and Field, C.B. 1994. Reflectance Indices Associated with physiological changes in nitrogen-and water – limited sunflower leaves. Remote Sens. Environ., 48:135-146.

Seguin, B., Courault, D. and Guerif, M. 1994. Surface temperature and evapotranspiration: Application of local scale methods to regional scales using satellite data. Remote Sens. Environ., 49:287-295.

Sepaskhah, A.R. and Kashefipour, S.M. 1994. Relationships between leaf water potential, CWSI, yield and fruit quality of sweet lime under drip irrigation. Agricultural Water Management. 25:13-22.

Stone, L.R. and Horton M.L. 1974. Estimating Evapotranspiration using canopy temperatures: Field evaluation, Agronomy J., 66:450-454.

Ward, A.D. and Elliot, W.J. 1995. Environmental Hydrology. CRC Press, 462, USA.

Yazar, A., Howell, T.A., Dusek, D.A. and Copeland, S. 1999. Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn, Irrigation Science, 18:171-180.

Yuan, G., Luo, Y., Sun, X. and Tang, D. 2004. Evaluation of a crop water stress index for detecting water stress in winter wheat in the North China Plain. Agricultural Water Management, 64:29-40.