

TOPRAK SUYU POTANSİYELİ VE BİTKİ SU STRESİ İNDEKSİ (CWSI)
DEĞERLERİNİN MISIR SULAMASINDA KULLANILMASI

Ruhi BAŞTUĞ

Suat IRMAK

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya.

Özet : Bu çalışmada, bitki su stresinin izlenmesinde toprak-
taki ve bitkideki ölçümlere dayanan iki teknikten yararlanı-
larak belirlenen toprak suyu potansiyeli (ψ) ve bitki su
stresi indeksi (CWSI) değerlerinin, mısır bitkisinin sulama
zamanının saptanması ve sulamaya ilişkin bazı pratik sonuçla-
ra ulaşılmasında kullanılabilirlikleri Antalya koşullarında
araştırılmıştır.

Farklı sulama konularında toprak nemi nötronmetre yöntemi ile
izlenmiştir. ψ değerlerinin ölçülmesinde bir termokapl psik-
rometre kullanılmıştır. CWSI değerleri ise, elde taşınabilir
bir infrared termometre ile ölçülen bitki taç sıcaklığı de-
ğerlerinden yararlanılarak belirlenmiştir.

ψ ve CWSI'nin bitki su stresinin değerlendirilmesinde kulla-
nılabileceği, $\psi = -9$ bar ve CWSI = 0.39 değerlerinin mısır bit-
kisinin sulama zamanına karar vermede ölçüt olarak alınabi-
leceği, mevsimlik ortalama CWSI değerlerinden yararlanılarak
mısır dane veriminin tahmin edilebileceği sonucuna ulaşılmış-
tır. Ayrıca, ψ ve CWSI arasında belirlenen regresyon denkle-
minden yararlanılarak bir teknikle ölçülen stres düzeyinin
diğerine dönüştürülebileceği saptanmıştır.

Utilization of Soil Water Potential and Crop Water Stress
Index (CWSI) Values in Maize Irrigation

Abstract: This experiment was conducted to investigate the
utilization possibility of soil water potential (ψ) and crop
water stress index (CWSI) values, which can be determined
from the two of crop water stress monitoring techniques based
on soil and plant measurements, for determining of irrigation
time and for obtaining some practical results about irriga-
tion of maize under Antalya conditions.

Soil water contents for different irrigation treatments were
measured with a neutron moisture meter. The ψ value measure-
ments were made with the thermocouple psychrometry technique.
Canopy temperature measurements, for determining the CWSI

values were obtained by using a portable hand-held infrared thermometer.

The results have shown that Ψ and CWSI can be used for quantifying crop water stress. It was found that $\Psi = -9$ bars and CWSI = 0.39 values can be taken as criteria for deciding irrigation time. Average CWSI values of maize under varying soil water regimes were negatively correlated with grain yield. It was also demonstrated that the regression between Ψ and CWSI values, allowed direct comparison of stress levels from one technique to the other.

Giriş

Toprağın nem içeriğine dayalı sulama programlaması yöntemleri içinde çeşitli teknikler yardımıyla toprak suyu potansiyelinin belirlenmesi geniş ölçüde kullanılmaktadır. Öte yandan bitkiyi esas alan ölçümlerden yararlanmak yoluyla bitki su stresini niceliksel olarak ifade etmek ve bu değerleri sulama programlamasında kullanmak olasıdır.

Toprak suyunun matrik ve osmotik potansiyelinin toplamı olarak ifade edilen toprak suyu potansiyeli (Ψ), suyun bitkilerce kullanılabilirliği ve taşınım yönünün belirlenmesi açısından önem taşır (1).

Ψ , en duyarlı biçimde, toprak ile dengeye gelmiş atmosferin buhar fazının su potansiyeli ölçülerek belirlenir. Bu amaçla, buhar fazının oransal nemi ile toprağın su potansiyeli arasındaki ilişkiden yararlanılarak termokapl psikrometreler kullanılır (1). Termokapl psikrometre ve Ψ ölçümüne ilişkin esaslar çeşitli araştırmacılarca ortaya konmuştur(1,2,3).

Phene ve ark.(4), toprak matrik potansiyelini yerinde ve anında ölçmek için önerdikleri toprak matrik potansiyeli algılayıcısı (SMPS) yönteminin, sulama programlaması ve sulama sistemlerinin otomatik kontrolunda kullanımına ilişkin esasları vermişlerdir.

Ehrler (5)'in yaprak sıcaklıklarının, bitki su stresinin bir göstergesi olabileceğini, ardından da Ehrler ve ark.(6)'nın bitki taç sıcaklığı ile bitki su potansiyeli arasındaki yakın ilişkiyi ortaya koyması ile bitki su stresinin izlenmesi çalışmalarında infrared termometrelerin kullanımı üzerinde çok sayıda çalışma yürütülmüştür (7-13).

Bitki su stresini niceliksel olarak ifade etmek için ileri sürülen bitki su stresi indeksi, infrared termometrelerle ölçülebilen bitki taç sıcaklığı değerlerini gerektirir (7,8). CWSI'nin belirlenmesinde Idso ve ark.(7)'nin deneysel yaklaşımı, atmosferin buhar basıncı açığı (VPD) ile bitki taçı-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) arasındaki ilişkiyi esas alır. Anılan ilişki, stres çekmeyen bitki için alt baz çizgisi, maksimum düzeyde stres çeken bitki için üst baz çizgisi geliştirilerek grafiksel biçimde elde edilir. Tarla koşullarında ölçülen bitki taçı, ıslak ve kuru termometre sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak CWSI hesaplanır (14).

Çeşitli bitkilerde, CWSI'nin sulama zamanının belirlenmesi ve verimin tahmin edilmesinde kullanılabilecek bir indeks olduğunu ortaya koyan çok sayıda çalışma yapılmıştır (10,14-19).

Ψ 'nin psikrometrik yolla belirlenmesinin duyarlı bir yöntem olmasına karşın, fazla zaman gerektirmesi ve çevresel değişimden etkilenmesi nedenleriyle tarla koşullarında kullanıma pek uygun olmadığını ileri süren Sojka ve ark.(20), hidrolik yaprak presi, basınç odacığı ve CWSI yöntemlerini karşılaştırmışlardır.

Bu çalışmada, bitki su stresinin izlenmesinde sırasıyla topraktaki ve bitkideki ölçümleri esas alan termokapl psikrometre ve infrared termometre tekniklerinden yararlanılarak belirlenen toprak suyu potansiyeli (Ψ) ve bitki su stresi indeksi (CWSI) değerlerinin, mısır bitkisinin sulama zamanının saptanması ve sulamaya ilişkin bazı pratik sonuçlara ulaşılmasında kullanılabilişliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Metot

Çalışma, Antalya'da bulunan Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisindeki siltli killi tın bünyeli toprakta, 1995 yılının Haziran-Eylül ayları arasında yürütülmüştür. Bölgede kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak geçen tipik Akdeniz iklimi egemendir.

Mısır (*Zea Mays* L. cv.Ant-Bey) bitkisi, ikinci ürün olarak sıra aralığı 70 cm, sıra üzeri 20 cm olacak biçimde 7-8 cm derinliğe havalı mibzerle 26 Haziran'da ekilmiştir. Tüm deneme alanına iki kez 20 kg/da amonyum nitrat gübresi verilmiş ve sulama konularına başlamadan önce 0-90 cm toprak profilini tarla kapasitesine çıkaracak miktarda su uygulanmıştır.

Deneme, tesadüf blokları desenine göre üç yinelenmeli olarak düzenlenmiştir. Çalışmada 4.9 x 7 m boyutlu parseller oluşturulmuştur. Bloklar arasında 2.5 m, parseller arasında 2.1 m boşluk bırakılmış ve parseller seddelerle çevrilmiştir. Mısır koçanları olgunlaştıktan sonra 20 Ekim'de hasat edilmiş ve hasat değerleri parsellerin ortasındaki 9.24 m² alandan sağlanan ve % 17 nem içerene dek kurutulan mısırlardan elde edilmiştir.

Araştırmada S1, S2, S3 ve S4 olmak üzere 4 farklı sulama konusu ele alınmıştır. Toprak profilinin 90 cm profil derinliğinde kullanılabilir suyun S1, S2 ve S3 konularında sırasıyla % 25'i, % 50'si, % 75'i tüketildiği zaman profili tarla kapasitesine getirecek düzeyde sulama suyu uygulanmıştır. S4 ise susuz konuyu oluşturmuştur. Toprağın nem içeriği 30 cm'lik katmanlar halinde nötronmetre aletiyle (Troxler Model 4300 Depth Moisture Gauge) periyodik olarak izlenmiştir. Deneme parselleri göllendirmeli karık yöntemiyle sulanmıştır. Gerekli su bir sayaçtan geçirilerek delikli boru sistemiyle karıklara eşit dağılacak biçimde uygulanmıştır.

Toprak suyu potansiyeli (ψ) ölçümlerinde çiglenme noktası yöntemine göre (2), sıra üzerindeki iki bitki aralığının ortasında, 45 cm derinlikten burğu ile alınan toprak örneklerinde bir termokapl psikrometre (Wescor Model C-52 Sample Chamber) aleti, çıktı değerlerinin mikrovolt (μv) cinsinden elde edilmesinde ise bir mikrovoltmetre (Wescor Model HR-33T Dew Point Microvoltmeter) kullanılmıştır. Ölçümler, sulanan konularda 27 Temmuz-13 Ekim tarihleri arasında haftada 2-3 kez, sulanmayan konuda ise 31 Temmuz-31 Ağustos tarihleri arasında haftada 1-2 kez yapılmıştır.

Bitki taç sıcaklığı ölçümleri için emisivitesi 0.98 olan ve 15° lik FOV ile çalıştırılan elde taşınabilir bir infrared termometre (Everest Interscience Inc., Model 610B Infrared Ag Multimeter) aleti kullanılmıştır. Ölçümler 26 Temmuz-28 Ağustos tarihleri arasında haftada üç gün 11:00, 12:00 ve 13:00 saatlerinde gerçekleştirilmiştir. Her defasında parselin doğu ve güney yönünden olmak üzere iki ölçüm alınmış ve ortalamaları kullanılmıştır. Islak ve kuru termometre, rüzgar hızı ve diğer meteorolojik veriler deneme alanında bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan anlık değerler olarak alınmış ve elde edilen değerlerden yararlanılarak buhar basıncı açığı (VPD) hesaplanmıştır. Ölçümlerde infrared termometre aleti yatayla 30-40° açı yapacak biçimde tutulmuş ve bitki boyu arttığında bir merdivenden yararlanılmıştır.

Bitki su stres indeksi (CWSI)'nin belirlenmesinde deneysel yaklaşım (7) kullanılmıştır. Bu amaçla, en çok su alan konuda 2. sulamadan 2 gün sonra 10:00-16:00 saatleri arasında, saatte bir alınan ölçümlerden hesaplanan Tc-Ta ve VPD değerlerinden yararlanılarak alt baz çizgisi; susuz konuda haftada bir gün 11:00-12:00 ve 13:00 saatlerinde alınan ölçümlerden yararlanılarak da üst baz çizgisi elde edilmiş ve CWSI hesaplamasında kullanılacak temel grafik oluşturulmuştur.

Deneme parsellerinde ayrıca çıkıştan 15 gün sonra başlayarak 2 ay süre ile, seçilmiş gözlem bitkilerinde bitki boyu ve örtü yüzdesi ölçümleri yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Sulama Suyu-Verim

Sulama konularına başlamadan önce tüm konulara eş düzeyde (68 mm) uygulanan ön sulama suyu dışında S1 konusunda 6, S2 konusunda 4, S3 konusunda 2 kez sulama yapılmıştır. S4 konusuna ise ön sulama dışında sulama suyu uygulanmamıştır. Konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarları, mevsimlik su tüketimi ve elde edilen mısır dane verimi ortalamaları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deneme Konularına Uygulanan Sulama Suyu Miktarları, Mevsimlik Su Tüketimi ve Elde Edilen Mısır Dane Verimi Ortalamaları.

Konu	Uyg.Sul. Suyu Mik. (mm)*	Mevsimlik Su Tük. (mm)	Mısır Dane Verimi (kg/da)
S1	252	354	533.3 b**
S2	327	404	605.8 a
S3	234	305	457.0 c
S4	0	138	74.0 d

(*) Ön sulama suyu eklenmemiştir.

(**) Aynı harf grubuna ilişkin değerler Duncan testinde %1 düzeyinde birbirinden farklıdır.

Tablo 1'den görüleceği gibi her sulama konusundan elde edilen mısır dane verimi istatistiksel açıdan farklı bir grup oluşturmuştur. Susuz konudan oldukça düşük bir verim elde edilmiştir. En yüksek verim en fazla sulama suyu alan S2

konusunda sağlanmıştır. Öte yandan taç örtüsü gelişiminin S1, S2 ve S3 konularında yaklaşık 218. S4 konusunda ise 234. takvim gününde %100'e ulaştığı, bitki boyunun ise sulama konularına bağlı olarak 145-229 cm arasında değiştiği belirlenmiştir.

Benzer çalışmalarda, mısıra uygulanan sulama suyu miktarları 162-232 mm (21) ve 90-606 mm (22) arasında değişmiştir. Mısırın mevsimlik su gereksiniminin 400 mm olduğu (23), su tüketiminin 300-840 mm arasında değiştiği (24), kullanılabilir suyun % 50'si tüketildiğinde yapılan sulamalarla en yüksek verimin alınacağı (21,24) gösterilmiştir.

Buna göre, verim ve su tüketimine ilişkin sonuçların önceki çalışmalarla uyumlu olduğu, mısırın topraktaki kullanılabilir nemin %50'si tüketildiğinde sulanması gerektiği söylenebilir.

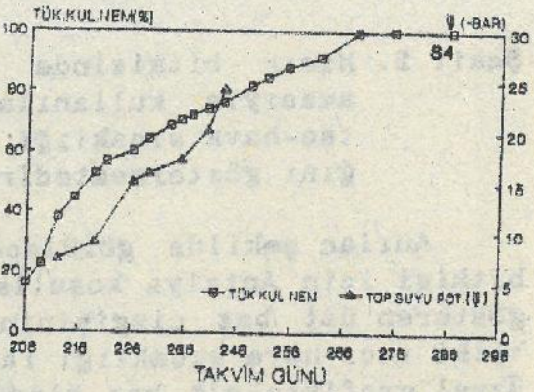
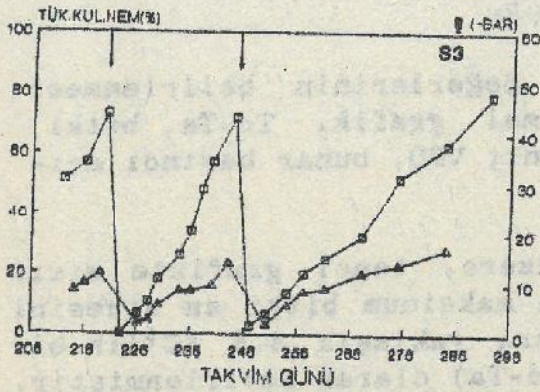
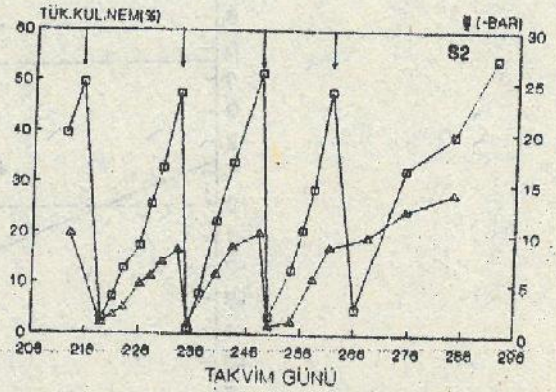
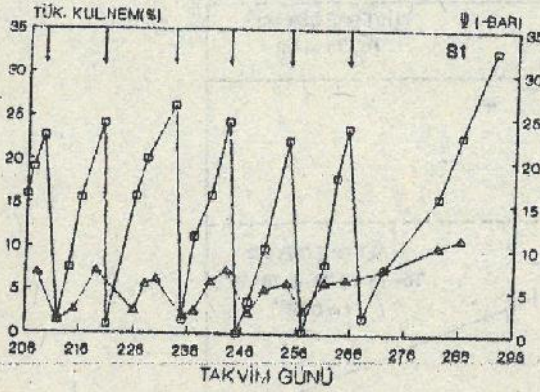
Toprak Suyu Potansiyeli(ψ)

Araştırma konularında ölçülen ψ değerlerinin mevsim boyunca değişimi, topraktan tüketilen kullanılabilir nem değerlerine karşılık grafiklenerek Şekil 1'de verilmiştir.

Anılan şeklin incelenmesinden ψ değerlerinin, topraktan tüketilen nem arttıkça (topraktaki nem azaldıkça) azaldığı (negatif değer olarak arttığı) anlaşılmaktadır. Ölçüm periyodu süresince ψ değerleri, sulanan S1, S2, S3 konularında -1.00 ile -16.84 sulanmayan S4 konusunda ise -7.1 ile -24.21 bar arasında değişmiştir. Sulanan konularda ψ değerleri genel olarak sulamalara bağlı bir değişim göstermiştir.

Mevsimlik ortalama ψ değerleri S1, S2, S3 ve S4 konularında sırasıyla -4.90, -6.23, -8.35 ve -15.52 bar olarak saptanmıştır. Sulanan S1,S2,S3 konularında sulama zamanındaki ortalama ψ değerleri ise sırasıyla -6.17, -8.9 ve -13.1 bar olarak belirlenmiştir.

Glatzel (25), termokapl psikrometre ile ölçtüğü ψ değerlerinin -2 ile -10 bar arasında, Pelaez ve Boo (26) ise 0 ile -45 bar arasında değiştiğini saptamışlardır. Öte yandan damla sulama yöntemiyle sık sulanan lizimetrelerde SMPS ile ölçülen toprak matrik potansiyelinin -0.2 ile -4.1 bar arasında değiştiği belirlenmiştir (4).

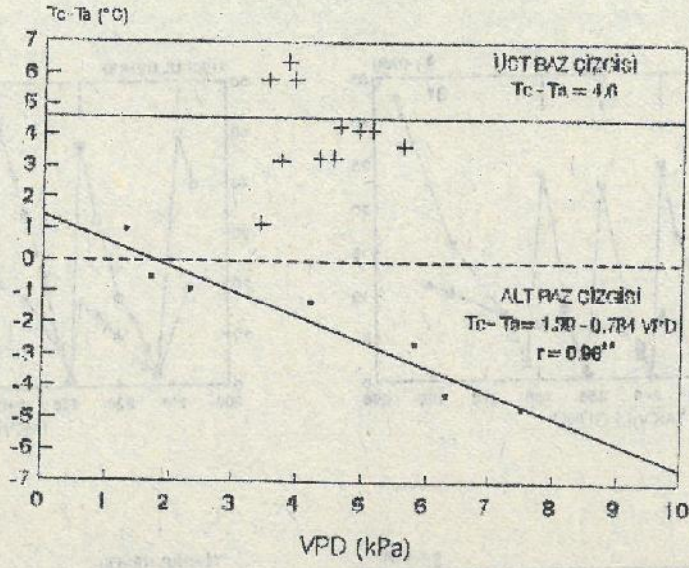


Şekil 1. Sulama konularında mevsim boyunca toprak suyu potansiyeli (Ψ) ve topraktan tüketilen kullanılabilir nem (%) değerlerinin değişimi (oklar sulama zamanlarını göstermektedir).

Uygulanan sulama yöntemi, ölçümde kullanılan ekipman ve ölçüm yöntemi ile ölçülen su potansiyeli unsuru dikkate alındığında bu çalışmada elde edilen değerlerin önceki çalışmalarla çelişmediği anlaşılır. Ayrıca, Ψ değerlerinin topraktaki su durumunu değerlendirmede, dolayısıyla da bitki su stresini izlemede yararlı olabileceği; en yüksek verimin alındığı S2 konusu dikkate alınarak, mısır bitkisinin Ψ yaklaşık -9 bar'a ulaştığında sulanmasının iyi bir verim almak açısından uygun olacağı sonucuna ulaşılabılır.

Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI)

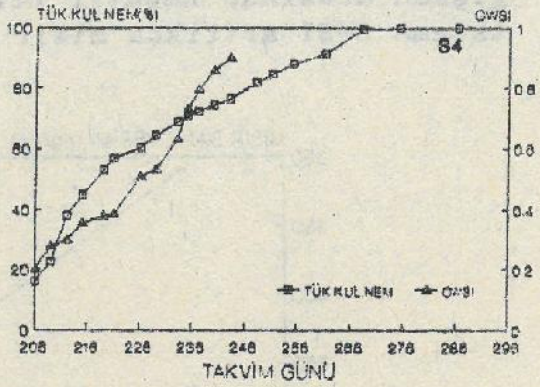
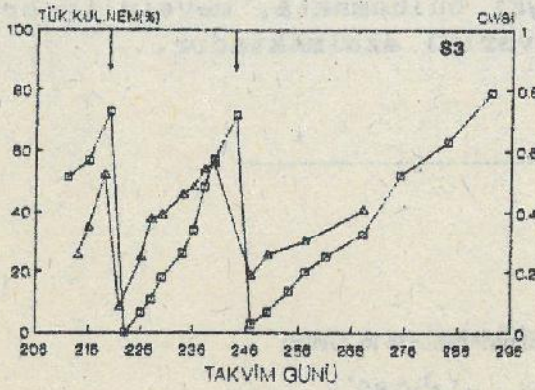
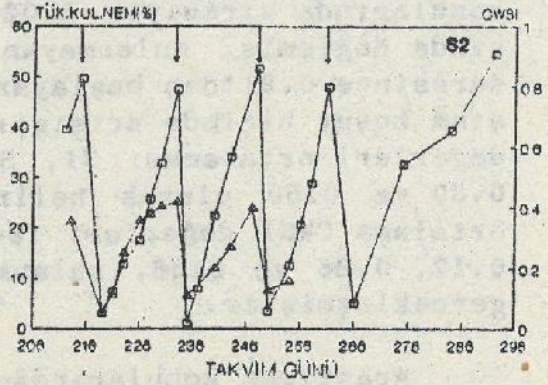
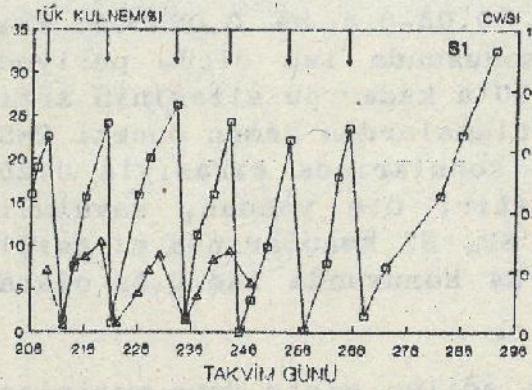
Çalışmada, CWSI değerlerinin belirlenmesi amacıyla elde edilen temel grafik Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Mısır bitkisinde CWSI değerlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan temel grafik. Tc-Ta, bitki taç-hava sıcaklığı farkını; VPD, buhar basıncı açığını göstermektedir.

Anılan şekilde görüleceği üzere, temel grafikte mısır bitkisi için Antalya koşullarında maksimum bitki su stresini gösteren üst baz çizgisinin değeri yaklaşık 4.6 °C'lik bir bitki taç-hava sıcaklığı farkı (Tc-Ta) olarak belirlenmiştir. Temel grafikte alt baz çizgisinin denklemi ise $Tc-Ta = 1.39 - 0.784 \text{ VPD}$ olarak saptanmıştır. Mısır bitkisinde üst baz çizgisi Colorado'da 3 °C (18), nemli koşullarda 3.5-5 °C arasında değişen (20) bir doğru olarak verilmiş, Nebraska'da aşırı strese uğrayan mısır bitkisinde yaprak sıcaklığının hava sıcaklığından 4.6 °C yüksek olduğu (27) bildirilmiştir. Diğer bir çalışmada ise üst baz çizgisinin, alt baz çizgisi ara kesitine ve hava sıcaklığına bağlı olarak genellikle 3-4 °C arasında değiştiği saptanmıştır (15). Çeşitli araştırmacılarca, alt baz çizgisi benzer denklemlerle ifade edilmiştir (18,20). Alt baz çizgisi bitki türü, çeşidi ve gelişme dönemine göre değişebilmektedir (11).

Araştırma konularında CWSI değerlerinin mevsim boyunca değişimi toplaktan tüketilen kullanılabilen nem değerlerine karşılık grafiklenerek Şekil 3'de verilmiştir.

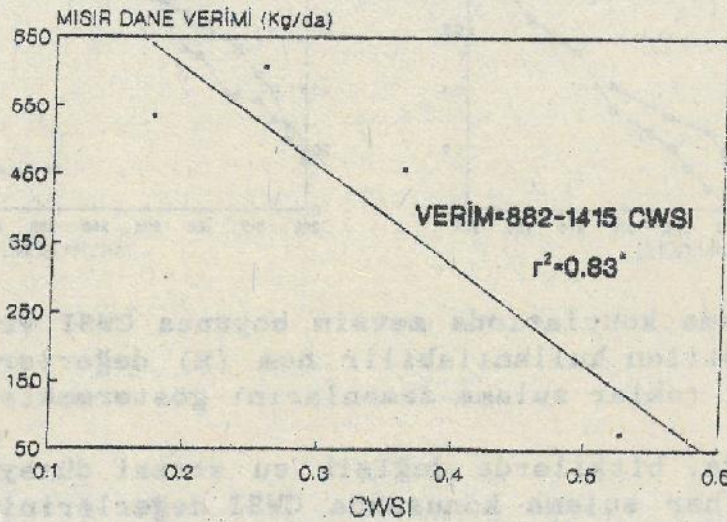


Şekil 3. Sulama konularında mevsim boyunca CWSI ve topraktan tüketilen kullanılabilir nem (%) değerlerinin değişimi (oklar sulama zamanlarını göstermektedir).

Çalışmada, bitkilerde değişik su stresi düzeyleri yaratıldığından, her sulama konusunda CWSI değerlerinin değişimi farklı olmuştur. Şekil 3'ün incelenmesinden CWSI değerlerinin, topraktan tüketilen nem arttıkça (toprakta nem azaldıkça) arttığı, sulanan konularda sulamalar öncesinde maksimum değerlerine ulaştığı, sulamalardan sonra ise minimum değerlerine düştüğü görülmektedir. Önceki çalışmalarda da CWSI değerlerinin toprak nem miktarındaki azalmaya bağlı olarak arttığı saptanmıştır (10,14,18,28). Öte yandan şekil 3'den sulanan konularda, sulamalardan sonraki en düşük CWSI değerlerinin ortalama olarak üç gün sonra ölçüldüğü görülmektedir. Bu durum, strese uğrayan bitkilerde kılcal köklerin yeniden gelişmesi ve bitkinin turgor kazanarak eski durumuna dönmesinin zaman alacağını belirten (29) ve bu sürenin stresin düzeyine göre bir kaç günden 5-6 güne kadar değiştiğini bildiren (8) araştırmacıların bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Ölçüm periyodunda CWSI değerleri, sulanan S1, S2 ve S3 konularında sırasıyla 0.02-0.29, 0.05-0.4 ve 0.08-0.56 arasında değişmiş, sulanmayan S4 konusunda ise ölçüm periyodu süresince 0.21'den başlayarak 0.90'a kadar su stresinin artışına koşut biçimde artmıştır. Sulamalardan hemen önceki CWSI değerleri ortalaması S1, S2, S3 konularında sırasıyla 0.25, 0.39 ve 0.50 olarak belirlenmiştir. Öte yandan, mevsimlik ortalama CWSI değerleri ise S1, S2, S3 konularında sırasıyla 0.17, 0.26 ve 0.36, sulanmayan S4 konusunda ise 0.53 olarak gerçekleşmiştir.

Araştırma konularından elde edilen mısır dane verimleri ile mevsimlik ortalama CWSI değerleri arasındaki ilişki Şekil 4'de gösterilmiştir. Anılan şekilden görüldüğü gibi iki değişken arasında negatif bir ilişki bulunmakta, mevsimlik ortalama CWSI arttıkça mısır dane verimi azalmaktadır.



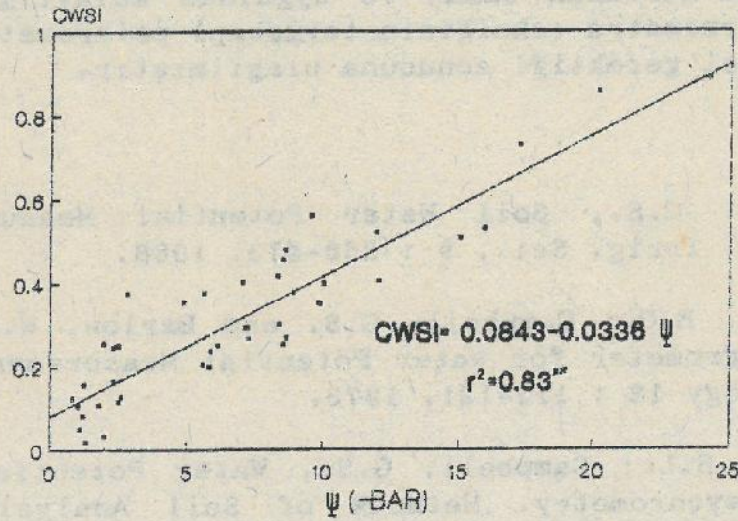
Şekil 4. Mevsimlik ortalama CWSI ile mısır dane verimi ilişkisi.

Bu bölümde elde edilen sonuçlara göre, CWSI değerlerinin mısır bitkisinde su stresinin iyi bir göstergesi olabileceği, en yüksek verimin elde edildiği S2 konusu dikkate alınarak, anılan değer 0.39'a ulaşması durumunda sulamaya karar verilebileceği, öte yandan mevsimlik ortalama CWSI değerlerinden yararlanılarak mevsim sonunda elde edilecek mısır dane veriminin tahmin edilebileceği söylenebilir. Nielsen ve Gardner (18), mısır bitkisinde CWSI'nin bitki su stresini izleme ve değerlendirmede iyi bir kriter olduğunu vurgulamışlar, en yüksek verimi gerçekleştiren CWSI değerleri ortalaması 0.30 olan

iki konudan almışlardır. Howell ve ark.(15) ise pamuk bitkisinde CWSI'nin sulamalardan önceki değerlerinin 0.30-0.50 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Diğer bazı araştırmacılar da benzer sonuçlara ulaşmışlardır (14, 16, 30, 31). Reginato (14), Reginato ve Howe (28), verim ile CWSI arasında doğrusal ilişkiler elde etmişlerdir.

Ψ ile CWSI ilişkisi

Deneme konularında ölçülen Ψ ve CWSI değerleri ilişkisi Şekil 5'de verilmiştir. Anılan şeklin incelenmesinden, Ψ değerlerinin azalması (negatif değer olarak artışı) ile CWSI değerlerinin doğrusal olarak arttığı ve ilişkinin $CWSI = 0.0843 - 0.0336 \Psi$ biçiminde bir regresyon denklemiyle ifade edilebileceği görülmektedir. Buradan, mısır bitkisinde CWSI'nin topraktaki nem koşullarını da iyi bir biçimde yansıtabildiği bunun da CWSI değerlerine dayalı sulama programlamasının güvenilirliğini kanıtladığı sonucuna ulaşılabilir. Öte yandan, Şekil 5'de verilen regresyon ilişkisi kullanılarak, bir tek-



Şekil 5. Mısır bitkisinde toprak suyu potansiyeli (Ψ) ile bitki su stresi indeksi (CWSI) ilişkisi.

nikle ölçülen bitki su stresi düzeyini diğerine dönüştürmek ve doğrudan karşılaştırma yapmak mümkündür. Örneğin Ψ yaklaşık -9 bar'a ulaşıncı sulama öneriliyorsa, bu değere karşılık gelen CWSI değeri yaklaşık 0.40 olacaktır. Benzer ilişkiler, CWSI bağımsız değişken alınarak pamuk ve buğday (14,17), CWSI bağımlı değişken alınarak pamuk bitkisinde (32) yaprak suyu potansiyeli ile CWSI arasında belirlenmiştir.

Sonuçlar

Çalışmada, mısır bitkisi için CWSI değerlerinin belirlenmesinde kullanılacak temel grafiğin üst baz çizgisi 4.6 °C'lik bir bitki tacı-hava sıcaklığı farkı, alt baz çizgisi ise $T_c - T_a = 1.39 - 0.784 \text{ VPD}$ denklemi ile ifade edilebilen bir doğru olarak saptanmıştır.

Farklı sulama konularındaki Ψ ve CWSI değerlerinin değişimi incelenerek, $\Psi = -9$ bar ve CWSI = 0.39 değerlerinin mısır bitkisinde sulama zamanına karar vermek için birer ölçüt olarak alınabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Ψ ve CWSI değerleri arasındaki regresyon denkleminde yararlanılarak bir teknikle ölçülen bitki stres düzeyinin diğerine dönüştürülebileceği belirlenmiştir. Ayrıca, mısır bitkisinde mevsimlik ortalama CWSI değerleri ile dane verimi arasında istatistiksel açıdan önemli doğrusal bir ilişki elde edilmiştir.

Her iki tekniğin de bitki su stresinin izlenmesi ve sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabileceği, ancak tarla koşullarında harcanan zaman ve uygulama kolaylığı açısından infrared termometre tekniğinin termokapl psikrometre tekniğine yeğlenmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kaynaklar

1. Campbell, G.S., Soil Water Potential Measurement: An Overview. *Irrig. Sci.*, 9 : 265-273, 1988.
2. Campbell, E.C.; Campbell, G.S. and Barlow, W.K., A Dew-point Hygrometer for Water Potential Measurement. *Agric. Meteorology* 12 : 113-121, 1973.
3. Rawlins, S.L.; Campbell, G.S., Water Potential: Thermocouple Psychrometry, *Methods of Soil Analysis, Part 1 Physical and Mineralogical Methods*. Amer. Soc. of Agron.-Soil Sci. Soc. of Amer., Agron. Monog. No. 9 (2nd Ed.), p. 597-618, 1986.
4. Phene, C.J.; Allee, C.P., and Pierro, J.D., Soil Matrix Potential Sensor Measurements in Real-Time Irrigation Scheduling. *Agric. Water Manag.*, 16 : 173-185, 1989.
5. Ehrler, W.L., Cotton Leaf Temperatures as Related to Soil Water Depletion and Meteorological Factors. *Agron. J.* 65:404-409, 1973.

6. Ehrlter, W.L.; Idso, S.B.; Jackson, R.D. and Reginato, R.J., Wheat Canopy Temperature: Relation to Plant Water Potential. *Agron. J.*, 70:251-256, 1978.
7. Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter, P.J., Jr., Normalizing the Stress Degree-Day Parameter for Environmental Variability. *Agric. Meteorol.*, 24 : 45-55, 1981.
8. Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J., Pinter, P.J., Jr., Canopy Temperature as Crop Water Stress Indicator. *Water Resour. Res.*, 17: 1133-1138, 1981.
9. Idso, S.B.; Reginato, R.J.; Jackson, R.D.; Pinter, P.J. Jr., Measuring Yield-Reducing Plant Water Potential Depression in Wheat by Infrared Thermometry. *Irrig.Sci.*, 2 : 205-212, 1981.
10. Pinter, P.J., Jr., Reginato, R.J., A Thermal Infrared Technique for Monitoring Cotton Water Stress and Scheduling Irrigations. *Trans. ASAE*, 25 : 1661-1665, 1982.
11. Idso, S.B., Non-Water Stressed Baselines: A key to Monitoring and Interpreting Plant Water Stress. *Agric. Meteorol.*, 27 : 59-77, 1982.
12. Idso, S.B., Pinter, P.J., Jr., Reginato, R.J., Non Water Stressed Baselines: The Importance of Site Selection for Air Temperature and Air Vapour Pressure Deficit Measurements. *Agric. and Forest Meteorol.*, 53 : 73-80, 1990.
13. Singh, C.B.; Sandhu, B.S.; Khera, K.L., Irrigation and Leaf Foliage Effects on Radiation and Canopy Temperature Regimes of Maize in Monsoonal Tropical Area., *Ann. Agric. Res.*, 12 : 219-224, 1991.
14. Reginato, R.J., Field Quantification of Crop Water Stress. *Trans. ASAE*, 26 : 772-776/781, 1983.
15. Howell, T.A., Hatfield, J.L., Yamada, H., Evaluation of Cotton Canopy Temperature to Detect Crop Water Stress. *Trans. ASAE*, 27:84-88, 1984.
16. Tubailah, A.S., Sammis, T.W., Lugg, D.G., Utilization of Thermal Infrared Thermometry for Detection of Water Stress in Spring Barley. *Agric. Water Manag.*, 12:75-85, 1986.

17. Howell, T.A., Musick, J.T., Tolk, J.A., Canopy Temperature of Irrigated Winter Wheat. Trans. ASAE, 29:1692-1698/1706 1986.
18. Nielsen, D.G., Gardner, B.R., Scheduling Irrigations for Corn Wheat the Crop Water Stress Index(CWSI). Apply. Agr. Res., 2 : 295-300, 1987.
19. Yazar, A., Utilization of Infrared Thermometry Technique for Assessing Crop Water Stress and Irrigation Scheduling for Soybean. Doğa Tr. J. of Agriculture and Forestry, 14 : 517-533, 1990.
20. Sojka, R.E.; Sadler, E.J.; Camp, C.R.; Arnold, F.B., A Comparison of Pressure Chamber, Leaf-Press, and Canopy Temperature for four Species Under Humid Conditions. Environ. and Exper. Botany, 30 : 75-83, 1990.
21. Morey, R.V.; Gilley, R.J., Bergsrud, F.G.; Dirkzwager, L.R., Yield Response of Corn Related to Soil Moisture. Trans. ASAE, 23 : 1166-1170, 1980.
22. Kanber, R., Yazar, A., Eylem, M., Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra Yetiştirilen İkinci Ürün Mısırın Su-Verim İlişkisi. K.H.G.M., Tarsus Ar. Ens. Md. Yay. Gen. Yay. No : 173 ; Rap. Ser. No : 108, 1990.
23. Musick, J.T.; Dusek, D.A., Irrigated Corn Yield Response to Water. Trans. ASAE, 23 : 92-103, 1980.
24. Doorenbos, J., and Kassam, A.H., Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper. No : 33, Rome, 1979.
25. Glatzel, G., Root Distribution and Soil Water Depletion in an Oak-Hornbeam Stand(*Quercus Petraea*, *Q. Robur*, *Carpinus Betulus*) and a Spruce Thicket(*Picea Abies*). Root Ecology and Its Practical Application. Int. Symp. Bundesanstalt Gumpenstein, A-8952 Irdning, 577-584, 1983.
26. Pelaez, D., V., and, Boo, R., M., Plant water Potential for Shrubs in Argentina. Jour. of Range Management, 40:6-9, 1987.
27. Gardner, B.R., Blad, B.L., Garrity, D.P., Watts, D.G., Relationships Between Crop Temperature, Grain Yield, Evapotranspiration, and Phenological Development in Two

Hybrids of Moisture Stressed Sorghum. *Irrig.Sci.*, 2 : 213-224, 1981.

28. Reginato, R.J.; Howe, J., Irrigation Scheduling Using Crop Indicators. *J. Irrig. and Drain. Eng.*, 111:125-133, 1985.
29. Hsiao, T.C., Plant Responses to Water Stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 24 : 519-570, 1973.
30. Pinter, P.J., Jr., Reginato, R.J., A Thermal Infrared Technique for Monitoring Cotton Water Stress and Scheduling Irrigations. *Trans. ASAE*, 25 : 1651-1655, 1982.
31. Nielsen, D.C., Scheduling Irrigations for Soybeans with the Crop Water stress Index (CWSI). *Field Crops Res.*, 23 : 103-106, 1990.
32. Jackson, S.H., Relationships Between Normalized Leaf Water Potential and Crop Water Stress Index Values for Acala Cotton. *Agric. Water Manag.*, 20 : 109-118, 1991.