

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

T784/1-1

INFRARED TERMOMETRE TEKNİĞİNİN. PAMUK BITKİSİNDE SU STRESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE SULAMA ZAMANININ BELİRLENMESİNDE
KULLANILMASI

Berkant ÖDEMİŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

1995

T.C.

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNFRARED TERMOMETRE TEKNİĞİNİN, PAMUK BITKİSİNDE SU STRESİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE SULAMA ZAMANININ BELİRLENMESİNDE
KULLANILMASI

Berkant ÖDEMİŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA BÖLÜMÜ

Bu tez...../...../1995 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından
.....(.....) not takdir edilerek oybirliği/oyçokluğu ile kabul
edilmiştir.

Doç. Dr. Ruhi BAŞTUĞ.....
(Danışman)

Prof. Dr. Feridun HAKGÖREN.....

Yard. Doç. Dr. Osman YALDIZ.....

ÖZ

INFRARED TERMOMETRE TEKNİĞİNİN, PAMUK BITKİSİNDE SU
STRESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SULAMA ZAMANININ
BELİRLENMESİNDE KULLANILMASI

Berkant ÖDEMİŞ

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Haziran 1995, 92 Sayfa

Bu çalışmada, pamuk bitkisinde sulama zamanının belirlenmesi amacıyla kullanılacak bitki su stres indeksi (CWSI) değerinin Antalya koşullarında belirlenmesi amaçlanmıştır. Bitki su stres indeksinin hesaplanması için gerekli olan bitkiye özgü "su stressiz baz çizgisi" ve "su stresli baz çizgisi" tarla koşullarında yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Baz çizgilerinin oluşturulmasında "deneysel yöntem" kullanılmıştır. Tarla çalışması 1994 yılında pamuk bitkisinin büyüme periyodunda ve Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde yürütülmüştür.

Çalışmanın sonuçlarına göre, Antalya koşullarında sulamaların, topraktaki kullanılabilir suyun %50'si tüketildiğinde veya CWSI değeri 0.45'e ulaştığında yapılması gerektiği belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELER : Sulama programlaması, bitki su stres indeksi, taç örtüsü sıcaklığı, infrared termometre, yaprak sıcaklığı

JÜRİ: Doç. Dr. Ruhi BAŞTUĞ
Prof. Dr. Feridun HARGÖREN
Yard. Doç. Dr. Osman YALDIZ

ABSTRACT

UTILIZATION OF INFRARED THERMOMETER TECHNIQUE FOR ASSESING CROP WATER STRESS AND DETERMINING OF IRRIGATION TIME FOR COTTON

Berkant ÖDEMiŞ

M. Sc. Thesis. Agriculture Structures and Irrigation
Department

June 1995. 92 pages

This study was carried out to identify crop water stress index which can be used for determining of irrigation for cotton crop under Antalya conditions. Because of this index depends upon the crop's specific " non- water stressed baseline" and " water stressed baseline". first, these baselines were created by the measurements in the field condition. To create the baselines "the empirical method" was used. The field study was conducted during cotton growth period of 1994 at the Akdeniz Agricultural Research Institute.

The results of this study indicated that the irrigations must be applied when 50% percent of available soil moisture content was utilized by the plant or when the CWSI value was reached to 0.45 for cotton crops in Antalya condition.

KEY WORDS: Irrigation scheduling, crop water
stress index, canopy temperature,
infrared thermometer, leaf temperature

COMITTEE: Assoc. Prof. Dr. Ruhi BAŞTUĞ
Prof. Dr. Feridun HAKGÖREN
Asst Prof. Dr. Osman YALDIZ

ÖNSÖZ

Sulama programlaması, sulanan birim alandan alınan ürünü arttırmak ve birim sudan maksimum düzeyde ürünü elde etmek amacına ulaşmada gittikçe artan bir önem kazanmaktadır. Uygun bir sulama programlaması, bitkinin "ne zaman" sulanacağına ve bitkiye "ne miktarda su" verilmesi gerektiğine yöre koşullarını gözönüne alarak yanıt verebilmelidir.

Tarımsal bitkilerin sulama zamanlarının belirlenmesinde bitki su stres indeksi değerinin belirlenmesi yöntemi son yıllarda bir çok araştırmaya konu olmuştur. Söz konusu yöntemin diğerlerine oranla bir çok üstün yönü vardır.

Bu çalışmada, Antalya koşullarında pamuk bitkisinin sulama zamanının saptanmasında bitki su stres indeksi değerlerinden yararlanma olanaklarının irdelenmesi ve en yüksek verim için sulamalarda kriter olarak alınacak CWSI değerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Yüksek Lisans çalışmam süresince her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli hocam Sayın Doç. Dr. Ruhi BAŞTUĞ'a sonsuz şükranlarımı sunarım.

Çalışmalarım süresince yardımlarını esirgemeyen Hocam Sayın Prof. Dr. Feridun HAKGÖREN'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca çalışmalarımda kullanılan materyalin sağlanmasında yardımcı olan Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürü Sayın Hikmet ORUÇOĞLU ile Uzman Önal İNAN'a ve Zir. Yük. Müh. Mustafa ÇETİNKAYA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMASI.....	3
2.1. Yaprak, Taç örtüsü ve Hava Sıcaklığı İlişkisi.....	3
2.2. Infrared (IR) Termometre.....	6
2.2.1. Aletin tanıtımı.....	6
2.2.2. Çalışma ilkeleri.....	7
2.2.3. Kalibrasyon.....	8
2.2.4. Kullanımı ve örnekleme yöntemi.....	9
2.2.5. Taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı ve etki eden etmenler.....	11
2.3. Bitkideki Su Azalışının Bir Göstergesi Olarak Çeşitli Stres İndeksleri.....	14
2.4. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)'nin Belirlenmesi.....	15
2.4.1. Idso yöntemi (deneysel yaklaşım).....	15
2.4.2. Jackson yöntemi (enerji dengesi yaklaşımı).....	17
3. MATERYAL ve METOD.....	26
3.1. Materyal.....	26
3.1.1. Araştırma yeri.....	26
3.1.2. İklim özellikleri.....	26
3.1.3. Sulama suyunun sağlanması.....	29
3.1.4. Kullanılan pamuk çeşidinin özellikleri.....	29
3.1.5. Infrared termometre ve anemometre aletlerinin özellikleri.....	30
3.2. Metod.....	31
3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analiz yöntemleri.....	31

3.2.2.	Sulama suyunun analiz yöntemleri ve sınıflandırılması.....	32
3.2.3.	Denemenin düzenlenmesi.....	32
3.2.3.1.	Deneme deseni ve parsel boyutları.....	32
3.2.3.2.	Deneme konuları.....	33
3.2.4.	Sulama zamanının belirlenmesi.....	33
3.2.5.	Sulama suyu miktarının hesabı.....	33
3.2.6.	Sulama yöntemi.....	33
3.2.7.	Bitki su stres indeksinin belirlenmesi.....	35
3.2.8.	Tarımsal işlemler.....	36
3.2.9.	Vegetatif gelişmeye ilişkin özelliklerin belirlenmesi.....	37
a.	Örtü miktarı.....	37
b.	Bitki boyu.....	37
3.2.10.	Generatif gelişmeye ilişkin özellikleri belirlenmesi.....	37
4.	BULGULAR.....	39
4.1.	Deneme Alanı Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Sulama Suyu Kalitesine İlişkin Sonuçlar.....	39
4.2.	Uygulanan Sulama Suyu Miktarı.....	42
4.3.	Verim Sonuçları.....	43
4.3.1.	Sulama suyu-verim ilişkisi.....	45
4.4.	Bitki Su Stres İndeksi (CWSI) Sonuçları.....	46
4.4.1.	Temel grafiğe ilişkin ölçüm sonuçları.....	46
4.5.	Bitki Su Stres İndeksi (CWSI) Değerleri.....	47
4.6.	Bitki Su Stres İndeksi (CWSI) ve Verim Arasındaki İlişki.....	52
4.7.	Infrared Termometre ile ölçülen Çeşitli İklimsel Değişkenlerin Günlük ve Mevsimlik Değişimleri ile Birbirleri Arasındaki İlişkilerin İrdelenmesi.....	53
4.8.	Vegetatif Gelişmeye İlişkin Sonuçlar.....	58
4.8.1.	Örtü yüzdesi.....	58
4.8.2.	Bitki boyu.....	58
4.9.	Generatif Gelişmeye İlişkin Sonuçlar.....	59

5. TARTIŞMA ve SONUC	62
6. ÖZET.....	66
7. SUMMARY	68
8. KAYNAKLAR	70
9. EKLER.....	79
ÖZGEÇMİŞ.....	92

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.	Denemenin yapıldığı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinin planı.....	27
Şekil 3.2.	Infrared termometre aletinin genel görünümü...	30
Şekil 3.3.	Infrared termometre ölçümlerinin alınması.....	31
Şekil 3.4.	Deneme deseni ve parsellerin konumu.....	34
Şekil 3.5.	Sulama suyunun parsellere uygulanması.....	35
Şekil 4.1.	Yetiştirme periyodu boyunca topraktaki nem değişimi	43
Şekil 4.2.	Tüm konulara yetiştirme periyodu boyunca verilen sulama suyu ile verim arasındaki ilişki.....	46
Şekil 4.3.	Stresli ve stressiz koşullarda pamuk bitkisinin taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı (T_c-T_a) ve buhar basıncı açığı (VPD) ilişkisi (Temel grafik).....	47
Şekil 4.4.	Grafiksel yöntemle bitki su stresinin belirlenmesine ilişkin örnek.....	48
Şekil 4.5.	Deneme süresince konular arasındaki CWSI değerlerinin değişimi	48
Şekil 4.6.	S1 konusunda mevsim boyunca CWSI ve toprak nemi (mm) değerlerinin değişimi.....	49
Şekil 4.7.	S2 konusunda mevsim boyunca CWSI ve toprak nemi (mm) değerlerinin değişimi.....	50

Şekil 4.8.	S3 konusunda mevsim boyunca CWSI ve toprak nemi (mm) değerlerinin değişimi.....	51
Şekil 4.9.	S4 konusunda (susuz konu) mevsim boyunca CWSI ve toprak nemi (mm) değerlerinin değişimi.....	51
Şekil 4.10.	Deneme konularında mevsimlik ortalama CWSI değerleri ile verim arasındaki ilişki.....	53
Şekil 4.11.	Gün boyunca bitki yüzey sıcaklığı (IR) ve solar radyasyonda (SR) görülen değişim (12 Eylül 1994).....	54
Şekil 4.12	Solar radyasyonun (SR) bitkinin taç örtüsü-hava sıcaklığı farkına (T_c-T_a) etkisi (12 Eylül 1994).....	55
Şekil 4.13.	Deneme süresince solar radyasyonda (SR) görülen değişim.....	55
Şekil 4.14.	S1 konusunda sulamadan birkaç gün sonra ölçülen T_c-T_a ve VPD arasındaki ilişki (16 Eylül 1994).....	56
Şekil 4.15.	Kuru termometre sıcaklığı (DB) ile taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı (T_c-T_a) arasındaki ilişki (16 Eylül 1994).....	57
Şekil 4.16.	Oransal nem (RH) ve kuru termometre sıcaklığı (DB) arasındaki ilişki (16 Eylül 1994).....	57
Şekil 4.17.	Deneme konularında bitki örtü yüzdesi gelişimi.....	58
Şekil 4.18.	Deneme konularında bitki boy gelişimi.....	59

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	Araştırma alanına ilişkin uzun yıllık ortalama iklimsel veriler.....	28
Çizelge 3.2.	Deneme süresince Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonundan elde edilen iklimsel veriler.....	29
Çizelge 4.1.	Toprak örneklerinin fiziksel analiz sonuçları.....	39
Çizelge 4.2.	Toprak örneklerinin kimyasal analiz sonuçları.....	40
Çizelge 4.3.	Denemede kullanılan sulama suyuna ilişkin analiz sonuçları.....	41
Çizelge 4.4.	Mevsim boyunca uygulanan sulama suyu miktarları.....	42
Çizelge 4.5.	Deneme konularından elde edilen kütlü verimi değerleri (kg/da).....	44
Çizelge 4.6.	Deneme konularından elde edilen kütlü verimi değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	45
Çizelge 4.7.	Deneme konularından elde edilen kütlü verimi ortalamalarının Duncan yöntemi göre karşılaştırılması.....	45
Çizelge 4.8.	Deneme konularında mevsimlik ortalama CWSI ve verim değerleri.....	52

Çizelge 4.9.	Pamukta lif kalite özellikleri ile agronomik özelliklere ilişkin değerler.....	60
Çizelge 4.10.	Generatif özelliklere ilişkin varyans analiz tablosu.....	61

1. GİRİŞ

Bitki gelişimi ve yüksek ürün eldesi için suyun önemi tartışılmaz değerdedir. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bitki gelişimi ve ürün miktarını sınırlayan en önemli etmen sudur.

Büyüme mevsimi içerisinde, olağan gelişme için yeterli suyun tam olarak karşılanmadığı bölgelerde iyi verim sağlanabilmesi için eksik suyun sulama yoluyla karşılanması gerekir (Kanber 1977).

Sulama doğal yağış dağılımındaki yetersizliğe ve düzensizliğe bağlı olarak geliştirilmiş bir tarımsal uygulamadır. Sulamada temel amaç, bitkinin yetişme devresinde ihtiyaç duyduğu suyun yağışlarla karşılanmayan kısmının bitki kök bölgesine en randımanlı biçimde depolanmasıdır. Sulamaların bu amaca ulaşabilmesi, sulama zamanının ve sulama suyu miktarının iyi belirlenmesi ile mümkündür.

Günümüzde bitki büyümesinin bitki dokularındaki su dengesi ile ilişkili olduğu geniş şekilde kabul edilmektedir. Toprakta kullanılabilir suyun azalışına bağlı olarak bitkide fizyolojik oluşumlar bozulmakta ve giderek verim düşmektedir. Bu nedenle sulama zamanının saptanmasında toprak suyu eksilişinden çok bitki-su eksikliğinden yararlanılması önerilmektedir (Tekinel ve Kanber 1979).

Bu nedenle topraktaki su eksilişine bağlı olarak bitkide görülen olumsuzlukları ve verim azalışını önlemek için bitki gelişme periyodu boyunca uygun bir sulama programlaması gereklidir. Herhangi bir yöre için geliştirilen uygun sulama programlaması, kaliteli ve maksimum düzeyde verim için bitkinin "ne zaman ve ne miktarda" sulanması gerektiği sorusunu yanıtlamalıdır.

Etkin sulama programlaması, sulama uygulamalarının yapıldığı alanlardaki üretimin arttırılması için verilen

kararlarda özellikle önemlidir (Geiser vd 1982).

Sulama programlamasında kullanılan teknikler genellikle toprağı, iklimi ve bitkiyi baz alan yaklaşımlar olmak üzere üç sınıfta değerlendirilir (Jackson 1991).

Toprağı baz alan teknikler içerisinde gravimetrik örnekleme, tansiyometreler, alçı blokları, nötronmetre yöntemi sayılabilir. İklimi baz alan teknikler hava sıcaklığı, radyasyon, rüzgar hızı v.b birçok meteorolojik verilerin ölçülmesini gerektirir. Bitkiyi baz alan teknikler ise bitki yaprakları, yaprak sapları v.b bitki parçaları üzerinde yapılan ölçümlere dayanır.

Toprak nem içeriğine ve iklimsel verilere dayanarak yapılan sulama programlamaları her ne kadar güncelliğini koruyorsa da son yıllarda bitkideki su azlığına bağlı olarak ortaya çıkan belirtilere dayanan sulama programlama yöntemleri giderek önem kazanmaktadır.

Bunlar içerisinde infrared termometre tekniğı ile ilişkili son 10 yılda birçok çalışma yapılmıştır. Bitkideki su eksikliği sonucunda ortaya çıkan stresin izlenmesi yoluyla sulama zamanının saptanmasında kullanılan yöntemin, diğer yöntemlere oranla birçok üstünlükleri vardır.

Bu çalışmada bitkiyi esas alan ölçümlerden yararlanarak bitki su stresini niceliksel olarak ifade eden bitki su stres indeksi (CWSI)'nin açıklanması ve sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabilirliğinin saptanması amaçlanmıştır. Çalışma, Antalya bölgesinde yetiştirilen pamuk bitkisi üzerinde tarla denemesi biçiminde yürütülmüştür.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMASI

2.1. Yaprak, Taç Örtüsü ve Hava Sıcaklığı İlişkisi

Jackson (1982), yaprak sıcaklığı ölçümüne ait ilk araştırmaların 1843 yılında Remaux tarafından yapıldığını bildirmiştir. Remaux, birkaç yaprağı birbirinin üstüne koyarak civalı termometrenin üstüne sarmıştır.

Bartholic vd. pamuk bitkisinde en çok ve en az su stresi çeken parsellere ilişkin yaprak sıcaklıkları arasındaki farkın 6°C 'a yakın olduğunu bildirmişlerdir (Abdul-Jabbar vd 1985).

Ehrler (1973), pamuk üzerinde yaptığı çalışma sonucu yaprak-hava sıcaklık farkı ile havanın buhar basıncı kaybı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu bulmuş, yaprak-hava sıcaklık farkını kullanarak pamuk bitkisi için sulama programı geliştirmiştir.

Hatfield'in (1983) bildirdiğine göre; Wiegand ve Namken, siperli termokabl ile bitki yüksekliğindeki hava sıcaklığını ve infrared termometre ile pamuk yaprak sıcaklıklarını ölçmüşlerdir. Bu ölçüm sonucuna göre güneşlenmede değişiklikler olduğu zaman sıcaklığın dengeye ulaşması için 30-45 saniyeye gerek olduğunu belirterek güneşlenmenin artması ile yaprak sıcaklıklarının doğrusal olarak arttığını ve yaprakların nisbi turgor artışı ile doğrusal olarak azaldığını bulmuşlardır. Güneşlenmenin artması ile yaprak-hava sıcaklığı artmış (nemli uygulamalar için 3.5°C ile $+6^{\circ}\text{C}$ arasında) fakat her sulama uygulamasında yaprak-hava sıcaklığı farkı, farklı olmuştur. Araştırmacılar yaprak sıcaklıklarının, radyasyon değeri ölçümleri ile aynı zamanda olması gerektiğini ve yaprak sıcaklığı ölçümlerini yapmak için günün en iyi zamanının öğleden önce olduğu sonucuna varmışlardır.

Jackson (1982) tarafından bildirildiğine göre, Stevenson ve Show; soyanın kenar kısmındaki yapraklarının yatay durum-

daki üst yapraklardan daha soğuk olduğunu saptamışlardır. Her iki durumda da yaprak sıcaklıklarının hava sıcaklığından 4°C daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Smith vd (1988). yaptıkları bir çalışmada iyi sulanan parsel ile 40 gün susuz bırakılan parsellerdeki yaprak sıcaklıklarını ölçmüşlerdir. Araştırmacılar iyi sulanan parseldeki yaprak sıcaklıklarının sulanmayan parselde oranda sabah 8:00'de 0.2°C, öğleden sonra 16:00'da 3.7°C daha serin olduğunu saptamışlardır.

Sıcaklık ölçümlerinin yapraklardan taç örtüsüne yönelmesi bitki yüzeyinden yansıyan termal radyasyonu ölçen aletlerin gelişmesi ile mümkün olmuştur.

Taç örtüsü sıcaklığı bitki su stresinin bir indeksi olup genellikle stomaların kapanmasına bağlı olarak ortaya çıkan bitki yüzey sıcaklığı değişimlerini temel alır. Bitkilerde fizyolojik işlemler solma görülmeden önce etkilenir ve farklı bitki türlerinde solma olayı farklı stres düzeylerinde meydana gelebilir (Hsiao 1973).

Su stresinin belirlenmesinde taç örtüsü sıcaklığının kullanımı; iyi sulama koşullarında hava sıcaklığından daha az sıcaklığa sahip yaprakların, transpirasyon süresince su kaybederek serin kaldıkları ilkesine dayanır. Toprakta su sınırlı olduğunda transpirasyon azalır ve yaprak sıcaklığı artar. Transpirasyon büyük oranda azalır veya durma noktasına gelirse yaprak sıcaklıkları, yaprak tarafından absorbe edilen radyasyondan dolayı hava sıcaklığından daha büyük olur (Throssel vd 1987).

Bitki strese girdiğinde (stomalarını kapattığında) stomatal iletkenlik ısı akısındaki değişkenlik, transpirasyon ve evaporasyonun soğutma etkisi azalır ve yapraklar stressiz bitkilere oranla daha sıcak olur. Bu kavram bitki su durumunun belirlenmesinde taç örtüsü sıcaklığı ölçümlerinin kullanımının temelini oluşturmaktadır (Stockle ve Dugas 1992).

Bitki ta örtüsü sıcaklığı çevredeki etmenlerden etkilenir. Genellikle ta örtüsü sıcaklığındaki artış sabah saatlerindeki hava sıcaklığı artışından ve günün ilerleyen saatlerindeki nisbi hava sıcaklığından daha düşüktür. Geiser vd (1982) tarafından bildirildiğine göre: Gardner tarafından, mısır, Rosenberg ve Blad tarafından, yonca bitkisinde yapılan araştırmalar sabahın erken saatlerindeki ta örtüsü sıcaklığının hava sıcaklığının altında olduğunu göstermiştir.

Singh vd (1991). mısır bitkisinde dane veriminin ve bitki stresinin tahmini için ta örtüsü sıcaklığının umut verici bir indeks olduğunu bildirmişlerdir.

Geiser vd (1982) tarafından bildirildiğine göre: Ehrler ve Van Bavel, ta örtüsü sıcaklığının, yaprak tarafından emilen enerjiye, hava ve ta örtüsü arasındaki buhar basıncına, rüzgar tarafından etkilenen evaporatif soğutma miktarına ve hissedilir ısı değişikliğine bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Inoue (1991). mısır bitkisinde stresli ve stressiz konular arasındaki maksimum ta (yüzey) sıcaklık farkının 4.2°C'den daha az, buğday da ise 3.1°C'den daha az olmadığını saptamışlardır.

Fuchs vd (1967). güneşe maruz sıra bitkilerinin gölge-lenmiş bitkilere oranla 1-3°C daha sıcak olduğunu bildirmişlerdir.

Toprak ve iklimsel koşullara tepki gösteren bitkiye ilişkin bazı parametrelerin sulama zamanının saptanmasında bir kriter olarak kullanılması, diğerlerine göre zaman ve iç gücü açısından üstün bir yaklaşım olarak kabul edilmiştir (Jackson 1982).

Sulama programlamasında sulama zamanının saptanabilmesi için bitkiyi baz alan infrared termometre teknikleri, yaprak-hava sıcaklığı farkı veya ta örtüsü-hava sıcaklığı farkı ilişkilerinden yararlanır.

Genel olarak bitkiler ta örtüsü-hava sıcaklığı farkının sıfır veya negatif olduğu durumlarda yeterli suya sahipken, ta örtüsü-hava sıcaklığı farkı sıfırdan büyük olduğunda stres çekmektedirler. Bundan dolayı ta örtüsü sıcaklığı-hava sıcaklığı farkları ile buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ilişkiden elde edilen bitki su stres indeksi (CWSI) sulama zamanının bir göstergesi olarak değerlendirilir (Jackson vd 1977).

2.2. Infrared (IR) Termometre

2.2.1. Aletin tanıtımı

Jackson (1982)'nin bildirdiğine göre; Monteith ve Szeicz ile Tanner bitki sıcaklıklarını ölçmek için infrared (IR) termometreyi kullanan ilk araştırmacılarıdır.

IR termometreler bitki yaprak yüzey sıcaklıklarının llmesi için kullanılan, hızlı güvenilir aletlerdir. Aletin tarlanın görünüşüne ve boyutlarına bağlı olarak belirli bir bölgeyi hedef alması, kalibrasyonunun kolayca yapılabilir olması kullanımını kolaylaştıran özelliklerdendir. Belirli bir alanı taraması nedeniyle aletin tarlanın durumunu temsil etme özelliği yüksektir (Hatfield 1990, Geiser vd 1982)

Infrared termometre aleti ile llen bitki yüzey sıcaklığı değerlerinden yararlanılarak belirlenen bitki su stres indeksi yardımıyla bitkinin strese girip girmediği belirlenebilmektedir (Baştuğ 1993).

Son yıllarda geliştirilen infrared termometre aletlerine buhar basıncı açığı, hava sıcaklığı, solar radyasyon gibi değişik parametreleri ölçen sensörler ile digital gösterim, elde taşınabilirlik, llen parametreleri belleğe kaydetme, teorik bitki su stres indeksini hesaplama gibi özellikler de eklenmiştir.

2.2.2. Çalışma ilkeleri

Infrared termometreler, dedektörüne odaklanan yüzeyin yaydığı enerjiyi (radvasyonu) ölçen aletlerdir. Bu radyasyonun sıcaklıkla ilişkisi aşağıda verilen Stefan-Boltzman Yasası ile ifade edilir.

$$E = \epsilon \sigma T^4 \dots \dots \dots (1)$$

Burada,

- E : Yüzeyden vansıyan radyasyon (Wm^{-2})
- ϵ : Yüzeydeki elektromanyetik radyasyon (emissivite)
- σ : Stephan-Boltzman sabiti ($5.68 \times 10^{-8} Wm^{-2} K^{-4}$)
- T : Kelvin cinsinden mutlak sıcaklıktır.

IR termometrelerin çoğu belirli dalga boylarında (8-14 μm dalga bantlı) enerjiyi algılayacak filtrelerle donatılmıştır. Ancak su buharının kuvvetli absorpsiyon bandından kaçınmak için 10.5-12.5 μm dalga bandı daha çok kullanılmaktadır.

Emissivite, ışığın yayınım etkinliği faktörü olarak düşünülebilir. Biyolojik nesnelere 10.5 ile 12.5 μm dalga boyları için emissiviteler 0.9 ile 0.99 oranında değişir. Birçok bitkinin bu dalga boyları arasındaki emissivitesi 0.97 ile 0.99 arasında değişir (Hatfield 1990).

Jackson'nın (1982) bildirdiğine göre Lorenz; infrared termometrede hedef olarak alınan mesafenin uzaklığı 154 metrenin altında bulunduğu durumlarda (8-14 μm dalga boyları için) su buharının yüzey sıcaklığına etkisinin ihmal edilebileceğini bildirmiştir.

Infrared termometre dedektörüne gelen enerji miktarı aletin görüş alanı açısına (FOV), bağlıdır. FOV, bir konide tepe açısı, dedektör ise tepe nokta olarak düşünülebilir. Geniş FOV geniş bir alanı, dar FOV ise küçük bir alanı görür. Bitki stresi çalışmalarında kullanılan infrared termometrelerin FOV'leri 4-15° arasındadır. Küçük görüş açısı ile nok-

tasal ölçümler yapılabilir. Örneğin 1°'lik FOV ile meyve veya çiçek yüzeyi sıcaklığı ölçülebilir (Yazar 1993).

Görüş alanı, yarıçapı aşağıdaki ilişki ile verilen bir dairedir (O'Toole ve Real 1984),

$$r = f * \tan \frac{FOV}{2} \quad (2)$$

İlişkide:

r : dairenin yarıçapı

f : Görüş alanının aletten olan uzaklığı

FOV: Görüş alanı açısıdır.

Infrared termometrenin cisimden olan uzaklığı ölçülen yüzey sıcaklığını etkilememekte ancak görüş alanının büyüklüğünü etkilemektedir. Hedefe dik olarak tutulan 4°'lik görüş açılı bir infrared termometrenin gördüğü alan, uzaklığın bir fonksiyonu olarak artar. Yüzey tarafından yayılan ve infrared termometre ile algılanan enerji atmosfer tarafından etkilenmez. Çünkü atmosfer infrared termometrenin dalga bandında hemen hemen tümüyle geçirgendir (Yazar 1993).

Infrared termometrenin azimut açısı (güneyle yapılan açı) 0° ile 110° arasında değiştiğinde taç örtüsü sıcaklığının azaldığı, 110°'den daha büyük açılarda arttığı saptanmıştır. 0° ile 110° arasındaki farka bağlı olarak taç örtüsü sıcaklığında meydana gelen bu azalmanın bitkinin vegetatif gelişim aşamasında çok belirgin olduğu saptanmıştır (Nielsen vd 1984).

2.2.3. Kalibrasyon

Bir infrared termometrenin stabilitesini kontrol etmek için önerilen yöntem, arazide yapılan ölçümlerin öncesinde ve sonrasında elde edilen değerler ile üretici firma tarafından verilen siyah cisim standardı değerlerini karşılaştırmaktır. IR termometrede bir stabilite sorunu varsa veya hava koşulla-

rına duvarlı ise söz konusu kıyaslama bu hatayı ortaya çıkarır (Yazar 1993). Bu durumda aletin kalibrasyonu gerekir.

Infrared termometrenin kalibrasyonu çevre sıcaklığının nisbeten sabit olduğu ve hedef alınan yerin sıcaklığının 0°C ile 50°C arasında değiştiği ortamda en iyi şekilde yapılır. Kalibrasyon için kullanılan siyah cisim standardı ince metal (tercihen bakır) silindirden yapılabilir. Silindirin iç yüzeyi mat siyaha boyanmalı ve dış yüzeyine kalibrasyonu yapılmış sıcaklık sensörleri yerleştirilmelidir. IR termometre ile iç yüzey sıcaklığı ölçülmekte ve okunan değerler, sıcaklık sensörünün gösterdiği değerler ile kıyaslanarak kalibrasyon yapılmaktadır. Tüm IR termometrelerin günlük kontrolü ve yılda bir kez de kalibrasyonunun yapılması gerekmektedir (Hatfield 1990).

Sadler ve Van Bavel (1982), IR termometrelerin kalibrasyonu için basit bir yöntem geliştirmişlerdir. Araştırmacılar siyah plakaların üzerindeki oyukların sıcaklıklarının 5° ile 50° arasında değiştiği değerlerde termokapıllarla ve IR termometreler ile anlık ölçüm yaparak IR termometre değerlerini termokapıl değerlerine karşı düzeltmek suretiyle kalibrasyon yapmışlardır.

Myhre vd (1988), IR termometrenin yüzey sıcaklığının kalibre edilmesinde: merkuri termometresi, termokapıl ile cıvalı termometre aletlerini kullanmışlardır. Kalibrasyon işleminde 0.6°C'deki buz kütesinin sıcaklığı ve 48.6°C'deki suyun sıcaklığı baz alınmıştır.

Wanjura ve Upchurch (1991), tarlada ve fabrikada yapılan kalibrasyonlar arasındaki sıcaklık farklılığının 2°C'den daha az olması gerektiğini belirtmişlerdir.

2.2.4. Kullanımı ve örnekleme yöntemi

IR termometre ölçümlerinden sağlıklı ve güvenilir veriler almak için aletin görüş alanı açısının ve ölçümü yapılan

yüzeve yönledirme açısının (vatayla yapılan açı) belirlenmesi gerekir. Anılan açılara dikkat edilerek aletin, çevredeki diğer bitkilerin toprağın ve gökyüzünün yaydığı enerjiyi algılamaması sağlanmalıdır.

Aletin kullanımında dikkat edilecek bir diğer özellikte sıcaklığı algılamadaki tepki sınırlamasıdır. Eğer yüzey sıcaklığı 0.5 saniyeden daha kısa zamanda değişiyorsa, alet bu değişime hemen yanıt verememektedir. Bir diğer sorun ise ölçüm hızıdır. Infrared termometre ile yüzey sıcaklığı birbirinden farklı bölgelerde hızlı bir ölçüm yapmak istenirse ölçümlerde hatalar olabilir (Hatfield 1990). Örnekleme hızı azaltılması ya da okuma yapmak için IR termometre'nin sabit değer almasını beklemek suretiyle bu sorun önlenabilir.

IR termometre ile taç örtüsü sıcaklığının belirlenmesinde yapılan işlemlerin tutarlılığı, aletin eğiminin uygun olması, taç örtüsünün üst kısmında aletin konumu ve ölçümlerin öğleye yakın saatlerde ve güneşin gözleyicinin arkasında kaldığı zamanlarda yapılması, ölçümlerin yeterli sayıda tekrarlanması, su stresinin doğru biçimde saptanmasına yardımcı eder (Stockle ve Dugas 1992).

Wanjura ve Upchurch (1991), IR termometre'nin sabitleştirilmiş görüş alanı açısı ile ölçülen taç örtüsü sıcaklıklarında kısmi bulutluluk koşulları altında önemli farklılıklar olduğunu bildirmiştir. Yine aynı araştırmacının belirttiğine göre 30°'lik görüş alanı açısı ile ölçülen başaklanmış buğdayın taç örtüsü sıcaklıkları, başaklanmanın olmadığı taç örtüsünden 2°C daha yüksek bulunmuş ve ortaya çıkan sıcaklık farkı görüş alanının %40'ını kaplayan ve transpirasyon yapan buğday başaklarına bağlanmıştır.

Infrared termometre ile yapılan ölçümlerde taç örtüsü sıcaklığındaki değişikliklerin güneş ışınlarının geliş açısına bağlı olması nedeni ile okumaların çok tekerrürlü olması gerekir.

Hatfield vd (1984). bir tarlanın ortalama durumunu temsil edebilmek için sulanan alanda şansa bağlı olarak yapılacak 10 okumanın yeterli olacağını bildirmişlerdir.

Parsel bazında yapılan çalışmalarda güneşin direkt etkisini en az düzeye indirmek için 4 doğudan 4'de batıdan olmak üzere toplam 8 okumanın yeterli olacağı belirtilmiştir (Idso vd 1982, Smith vd 1986, Steiner vd 1985, Jackson 1982, Howel vd 1986, Jackson vd 1981).

2.2.5. Taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı ve etki eden etmenler

Taç örtüsü-hava sıcaklığı farklılığı, sözkonusu hava ve toprak-su koşullarında bitkinin birleşik tepkisini gösterir. Bu nedenle bu farklılık, tane veriminde, kullanılabilir toprak suyu eksikliğinde ve bitki su kullanımında önemli bir değişkendir (Choudhury vd 1986).

Infrared termometre tarafından ölçülen taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$). bitki yetiştirme periyodu boyunca günün değişik zamanlarına ve çevresel bir çok faktöre bağlı olarak değişir.

Nemli iklimlerde iyi sulanmış bitkilerde taç örtüsü sıcaklığının öğle vaktinde hava sıcaklığının biraz altında, kurak ve yarı kurak iklimlerde hava sıcaklığının biraz üstünde olduğu saptanmıştır (Reicosky vd 1985).

Genel olarak taç örtüsü sıcaklığı (T_c) ve hava sıcaklığı (T_a) farklılığı, taç örtüsü yaprak alanı ve bitkinin toprak yüzeyinde kapladığı alan arttıkça negatif değerler alır (Wanjura vd 1988).

Geiser vd (1982) tarafından bildirildiğine göre: Barthekeur, rüzgar tüneli kullanarak düşük düzeydeki radyasyon ve sıcaklığın rüzgar hızının artması ile yaprak sıcaklığının azaldığını belirlemiştir. Araştırma sonucuna göre en yüksek sıcaklık farklılığının, rüzgar hızının 0-200 cm/sn arasında

olduğu zaman meydana geldiği. 200 cm/sn'den daha yüksek rüzgar hızlarında yaprak sıcaklığının önemli derecede etkilenmediği belirtilmiştir.

Tamamen sulanmış vada stres altında bulunan bitkilerin taç örtüsü sıcaklıklarının, global radyasyondaki değişikliklerden etkilenmesi sonucu bir kaç dakika içerisinde 6°C'a kadar düzensiz bir şekilde yükseldiği saptanmıştır (Jensen vd 1990).

O'Toole ve Hatfield (1983) tarafından rüzgar hızı, $T_a - T_s$ 'nin ve dolayısıyla bitki su stres indeksi değerlerinin hatalı tahminine neden olan birinci faktör olarak belirlenmiştir.

Idso vd (1981). ıvi sulanmış kabak, yonca ve fasulye için buhar basıncı açığı (VPD) ve $T_a - T_s$ 'nin incelendiği parsellerde günün büyük bir kısmı boyunca bulutluluğa bağlı gölgelenmenin önemli bir etkisinin olmadığını saptamışlardır.

Jackson'ın (1982) bildirdiğine göre Okuyama: infrared termometre ile taç örtüsü sıcaklığını ölçtüğü bir çalışmada 0.2 m/sn ile 1 m/sn arasındaki rüzgar hızı ile $T_a - T_s$ farklılığının bir ilişkisi olmadığını bulmuştur. Ancak araştırmacılar diğer çalışmaların sonuçlarına göre rüzgarın taç örtüsü sıcaklığını etkilediğini fakat bunun düşük düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Mısra ve Gangwar (1987). taç örtüsü sıcaklığı, yaprak sıcaklığı ve difüzyon direncinin su uygulamasının azalması ile arttığını, yaprak su potansiveli ile transpirasyon hızının ise su uygulamasının artması ile arttığını belirtmişlerdir.

Walker ve Hatfield (1983). $T_a - T_s$ farkının doygunluk açığına ve net radyasyona duyarlı olduğunu belirtmişlerdir.

Taç örtüsü sıcaklığına, dolayısıyla taç örtüsü-hava sıcaklığı farklılığına, değişik sulama uygulamaları, güneş ışınlarının günün değişik saatlerine bağlı olarak değişimi, rüzgar ve bulutluluk koşullarının yanında bitkilerde görülen hastalıklar da etki etmektedir. Pinter vd (1979), orta düzeyde hastalıklı şeker pancarının yaprak sıcaklığının, sağlıklı bitkilere göre 2.6°C-3.6°C daha yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Çizgili pas hastalığının yaprak sıcaklığına olan etkisini incelemek üzere yapılan bir araştırmada, buğday bitkisinin ilk gelişimi sırasında yeşil aksam sıcaklığının, yaprakları spreyle korunmuş olan bitkinin yeşil aksam sıcaklığından 0.2°C-1°C arasında az olduğu görülmüştür. Bu etkinin bitki üzerindeki pas kabartılarından dolayı olabileceği belirtilmiştir (Smith vd 1986).

Infrarad termometre ile yüzey sıcaklığı ölçülürken havanın açık ve güneşli olması gerekir (O'Toole ve Real 1984, Nielsen 1990).

Scherer vd (1985), toprak tekstürünün bitki yüzey sıcaklığı ile hava sıcaklığı farklılığına etki etmediğini fakat (toprağın sıcak-kuru ve serin- ıslak olması nedeni ile) bitki gelişme dönemlerinin uzunluğuna etki ettiğini bildirmişlerdir.

Myhre ve Shih'e (1990) göre, infrared termometre ile bitkilerde ölçüm için optimum zaman, farklı toprak suyu değerleri arasında görülebilir bir fark yarattığı için taç örtüsü yüzeyi-hava sıcaklığı farkının maksimum olduğu zamandır.

Myhre ve Shih'in (1990) bildirdiklerine göre, Ehrler; ölçüm için en uygun zamanın yerel saatle 14:00 olduğunu, Blad: 13:00-15:00 olduğunu belirtmişlerdir. Baştuğ'a (1993) göre, stresin olabildiğince erken sezilebilmesini sağlamak için mümkünse ölçümler hergün alınmalıdır.

2.3. Bitkideki Su Azalışının Bir Göstergesi Olarak Çeşitli Stres İndeksleri

Genel olarak bitki su stresi, aşırı su eksikliğinin bitkide yol açtığı olumsuz etki olarak tanımlanabilir.

Reginato (1983), bitki su stresini bitkinin olağan yaşamsal fonksiyonlarını bozarak gelişimini olumsuz yönde etkileyen bir kavram olarak tanımlamış ve stresin, atmosferdeki buhar açığının bitkideki transpirasyon hızından fazla olması sonucu bitkinin topraktan yeterli suyu alamaması nedeni ile meydana geldiğini belirtmiştir.

Bitki, gelişim devreleri boyunca strese neden olan çevre değişkenleri karşısında korunmasızdır. Bitki su stresi, yaprak su potansiyelini, stoma direncini, transpirasyonu, net fotosentezi, taç örtüsü-hava sıcaklığı farkını ve değişik bitkisel süreçleri etkileyebilir (O'Toole vd 1984).

Bitkiyi esas alan ölçümlerden yararlanarak bitki su stresini niceliksel olarak ifade eden çeşitli indeksler geliştirilmiştir. Söz konusu indeksler sulama programlamasında kullanılabilir. Ancak, bu indekslerin uygulanabilirlikleri bölgesel testler ile ortaya konulmalıdır (Yazar 1990).

Bitki taç sıcaklığına dayalı stres indekslerini çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilen Stres-Derece-Gün (SDD) Kavramı, Sıcaklık Stresli Gün (TSD) indeksi, Taç sıcaklığı Değişkenliği (CTV) Kritik Nokta Modeli (CPM) ve Bitki Su Stres İndeksi (CWSI) biçiminde sıralamak mümkündür (Baştuğ 1994).

Anılan bitki su stres indeksleri içerisinde en yaygın kullanım alanı bulanı ve en güvenilir olanı Jackson vd (1981) tarafından enerji dengesi eşitliğinden yararlanılarak geliştirilen Bitki Su Stres indeksi (CWSI)'dir. Bitki su stres indeksi, çevresel faktörler nedeniyle bitki kök bölgesinde ve üst aksamında meydana gelen değişimin bir göstergesi olarak

tanımlanır (Reginato ve Howe 1985).

Bir çok araştırmacı bitki üst aksam sıcaklığının kullanılmasıyla elde edilen CWSI değerinin bitki stresinin iyi bir göstergesi olduğunu ve sulama programlarının hazırlanması ile ürünün önceden tahmin edilmesinde kullanılabileceğini belirtmişlerdir (Geiser vd 1982, Reginato 1983, Idso vd 1981, Abdul-jabbar 1985, Niemiera ve Goy 1990).

2.4. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)'nin Belirlenmesi

Bitki su stres indeksinin (CWSI) belirlenmesiyle bitki su stresinin niceliksel olarak ifade edilebilmesi için Idso vd (1981) ve Jackson vd (1981) tarafından ortaya konan iki yaklaşım bulunmaktadır. Her iki yaklaşımda da infrared termometre ile ölçülen bitki tacı sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki karşılaştırma hesaplama yönteminin esasını oluşturur.

2.4.1. Idso yöntemi (deneysel yaklaşım)

Idso vd (1981) tarafından geliştirilen deneysel yaklaşım gerçek T_c-T_a ile sulanan bitkideki T_c-T_a 'nın buhar basıncı açığı (VPD)'nin grafiksel olarak karşılaştırılması esasına dayanır. Bunun için, potansiyel transpirasyon koşullarındaki T_c-T_a ile buhar basıncı açığı arasındaki ilişkiden alt sınır, bitkide hiç transpirasyon olmadığı durumdaki T_c-T_a ile buhar basıncı açığı arasındaki ilişkiden ise üst sınır belirlenir.

Abdul-Jabbar vd (1985), temel grafiğin oluşturulmasında üst sınır çizgisinin (stresli baz çizgisi) elde edilmesi için ölçüm periyodu boyunca en yüksek sıcaklık farkının (T_c-T_a) 4°C olmasından dolayı üst sınırın 4°C alındığını belirlemişler ve bu sırada transpirasyonun olmadığını varsaymışlardır.

Alt sınır çizgisinin (stressiz baz çizgisi) oluşturulması için sulama sonrasında günlük (sabah ve öğle sonrası arasında) ölçümler alınır. Stres altındaki bitkiler stresten

çıkabilmek için sulamadan sonra birkaç günlük süreye ihtiyaç duyarlar. Çünkü bitki yapraklarının yeniden hidrasyonu zaman gerektirir. ayrıca daha önce kuru toprakta kalan kökler sulamadan sonra yeni kök sürgünleri yapmak zorundadırlar. Bu nedenlerden dolayı stresten çıkış belirli bir süre sonra gerçekleşir. Bu sürenin uzunluğuna stresin derecesi (şiddeti) bitki çeşidi, büyüme dönemi ve köklenme derinliği etki etmektedir. Sulama sonrasında bitkinin minimum stres düzeyine gelebilmesi için gerekli sürenin 5-6 gün olduğu bildirilmiştir (Jackson 1982).

Niemiera ve Goy (1990), alt sınırın oluşturulması için 8:00-15:00 saatleri arasında 30 dakika aralıklarla ölçüm almışlardır.

Hatfield'a (1990) göre alt sınır, VPD farkının sağlanması için iyi sulanmış bitkide bir günlük (T.-T.) gözlemlerinden elde edilir

Baştuğ (1993), temel grafiğin alt sınır çizgisini (minimum bitki stresi değerini) oluşturmak için sulamadan 3-5 gün sonra başlanarak iki gün boyunca yerel saatle 11:00'den 17:00'ye kadar 15 dakika aralıklarla taç sıcaklığı, hava sıcaklığı ve hava neminin ölçülmesi gerektiğini, bu durumda gün boyunca artacak olan buhar basıncı açığı ile alt sınır çizgisinin oluşturulabileceğini belirtmiştir.

Buhar basıncı açığı (VPD), havanın buharlaşma istemini göstermektedir. VPD'yi hesaplamak için hava sıcaklığına karşılık gelen doymuş buhar basıncı (SVP) değeri bulunur. Kilopaskal olarak ölçülen bu değer verilen sıcaklık ve %100 nemlilikte havanın buhar basıncı olup sıfır VPD değerini verir. Daha düşük nemlilikte VPD değeri aşağıdaki ilişki ile hesaplanabilir (Baştuğ 1993).

$$VPD = SVP - \left(\text{oransal nem} * \frac{SVP}{100} \right) \dots \dots \dots (3)$$

CWSI'yi hesaplamak için beklenen ve gerçek $(T_c - T_a)$ değerleri arasında üst sınır aşağıdaki şekilde göreceli olarak karşılaştırılır:

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_l]}{[(T_c - T_a)_u - (T_c - T_a)_l]} \dots\dots\dots(4)$$

Burada $(T_c - T_a)_l$; alt sınırı, $(T_c - T_a)_u$: üst sınırı göstermektedir.

Idso (1982), 26 çeşit bitki için alt sınır değerlerini geliştirmiş ve bu sınır değerlerinin bazı bitkilerin farklı fenolojik devreleri için farklı olduğunu ortaya koymuştur.

2.4.2. Jackson yöntemi (enerji dengesi yaklaşımı)

CWSI'nin belirlenmesinde kullanılan ikinci yöntem enerji dengesi denklemine dayanır. Jackson'ın (1982) bildirdiğine göre, bitki yüzeyinin enerji dengesi Monteith tarafından aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

$$R_n + G + H + LE = 0 \dots\dots\dots(5)$$

Burada;

- R_n : Net radyasyon ($W m^{-2}$)
- G : Toprak ısı akısı ($W m^{-2}$)
- H : Taç örtüsünden havaya doğru olan hissedilir ısı akısı ($W m^{-2}$)
- E : Buharlaştırma akısı ($kg m^{-2} s^{-1}$)
- L : Buharlaştırma enerjisi ($J kg^{-1}$)

Burada bütün terimler bitki yüzeyine doğru pozitif olarak kabul edilmiştir.

Hissedilir ısı akısı ve buharlaştırma ısı akısı aşağıdaki biçimde tanımlanabilir.

$$H = -q C_p (T_c - T_a) / r_a \dots \dots \dots (6)$$

$$LE = -q C_p (e c^* - e a) [\tau (r_a + r_c)]^{-1} \dots \dots \dots (7)$$

Burada:

- q : Havanın yoğunluğu (kg m⁻³)
- C_p : Sabit basınçta havanın özgül ısısı (J kg⁻¹ c⁻¹)
- T_c : Taç örtüsü sıcaklığı (°C)
- T_a : Hava sıcaklığı (°C)
- e c* : Taç örtüsü sıcaklığında doymuş buhar basıncı (kPa)
- e a : Gerçek buhar basıncı (kPa)
- r_a : Havanın direnci (s m⁻¹)
- r_c : Buhar taşınımına taç örtüsü direnci (s m⁻¹)
- τ : Psikrometrik sabite (kPa °C⁻¹)

$$\tau = p c_p L^{-1} \epsilon^{-1} \text{ olarak tanımlanır.}$$

Burada: p: barometrik basınç. ε: suyun molekül ağırlığının havanın molekül ağırlığına oranı olup 0.622 dir.

Yukarıdaki 5. 6. ve 7. denklemlerinin birleştirilmesinde G'nin ihmal edilebilir olduğu varsayılır ve Δ[(e c* - e a) / (T_c - T_a)] doymuş buhar basıncı-sıcaklık ilişkisinin eğimidir. Δ, aşağıdaki şekilde formüle edilebilir (Jackson vd 1988).

$$\Delta = 45.03 + 3.014 T + 0.05345 T^2 + 0.00224 T^3 \dots \dots \dots (8)$$

Burada T: Taç örtüsü ve hava sıcaklığı toplamının yarısıdır (°C)

Jackson vd (1981) bildirdiklerine göre Δ'nın değerlendirilmesinde T'nin belirlenmesi için bitkinin potansiyel hızda transpirasyon yapıp yapmamasına göre iki farklı yaklaşım kullanılır. Birinci yaklaşım olarak Δ, hava sıcaklığından değerlendirilir. İkinci yaklaşım olarak, sıcaklık farkı (T_c - T_a) büyük olduğunda (iyi sulanan, potansiyel hızda transpirasyon yapan bitkiler) değerlendirmek için (T_c + T_a)/2 daha iyi bir yaklaşım olmaktadır.

Jackson vd (1981). $T_c - T_a$ için aşağıda verilen ilişkiyi geliştirmişlerdir.

$$T_c - T_a = \frac{r_a R_n}{q C_p} * \frac{\tau(1+rc/ra)}{\Delta + \tau(1+rc/ra)} - \frac{e_a^* - e_a}{\Delta + \tau(1+rc/ra)} \quad (9)$$

O'Toole ve Real (1986), denklem (9)'un, deneysel yaklaşım ile belirlenen alt sınır çizgisi ile aynı olduğu belirlemişlerdir. Alt sınır için verilen eşitlik:

$$T_c - T_a = a - b \text{ VPD} \dots \dots \dots (10)$$

şeklinde ifade edilmiştir.

Burada $a(^{\circ}\text{C})$ ve $b(^{\circ}\text{C kPa}^{-1})$ doğrusal denklemde sırasıyla arakesit ve eğim değerleridir.

Eşitlik (10) ile verilen doğrusal ilişkinin farklı teorik tahminler için (R_n , r_a ve r_c sabit olması durumunda) en iyi yaklaşık değer olduğu belirlenmiştir. Gerçekte teorik kestirimler, e_a (gerçek buhar basıncı, kPa) sabit tutulup T_a (hava sıcaklığı) değiştirildiğinde iç bükey, T_a sabit tutulup e_a değiştirildiğinde dış bükey olmaktadır. Eşitlik (9)'da görüldüğü gibi taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı, net radyasyon hava sıcaklığı, buhar basıncı, barometrik basınç rüzgar hızı, atmosferik kararlılık ve r_c 'yi belirleyen bitkiye özgü etmenlere bağlıdır (O'Toole ve Real 1986).

Idso vd (1981) üst sınırın VPD'ye bağlı olmadığını belirtmiş transpirasyon yapmayan bitkide $T_c - T_a$ 'yı tahmin için aşağıda verilen eşitliği önermişlerdir.

$$T_c - T_a = a - b \text{ VPG} \dots \dots \dots (11)$$

Burada; a ve b , sırasıyla alt sınır çizgisinin ara kesit ve eğim değerleridir. VPG ise, sıfır taç örtüsü-buhar basıncı gradiyenti için gerekli negatif atmosferik buhar basıncı

gradiventi olup aşağıdaki şekilde formüle edilir.

$$VPG = e^* (T_a) - e^* (T_a + a)$$

Burada : e^* : İlgili sıcaklıkta dovgun buhar basıncı

a : Alt sınır çizgisinin ara kesit değeri

Bu yöntem kullanılarak belirlenen üst sınır yalnızca T_a ' ya bağlı olur.

$T_c - T_a$ 'nın üst sınırı eşitlik (9)' da r_c (taç örtüsü direnci)'nin sonsuz olması ile ($r_c \rightarrow \infty$ iken) belirlenebilir.

$$T_c - T_a = \frac{r_a R_n}{q C_p} \dots \dots \dots (12)$$

Alt sınır ise, r_c 'nin sifıra eşitlenmesi ile aşağıdaki şekilde bulunur;

$$T_c - T_a = \frac{r_a R_n}{q C_p} * \frac{\tau}{\Delta + \tau} - \frac{e a^* - e a}{\Delta + \tau} \dots \dots \dots (13)$$

Jackson'ın (1981) bildirdiğine göre Ehrler ve Van Bavel: suyun bitki tarafından kullanımı nedeni ile kuruyan toprağa uygun bir yöntemle yeterli miktarda su uygulanması durumunda taç örtüsü direncinin (r_c) muhtemel olarak sıfır olmayacağını belirtmişlerdir. Fakat potansiyel evapotranspirasyon durumunda, taç örtüsü direncinin (r_{cp}) olarak tanımlanabilen bir değeri vardır. r_{cp} değeri farklı bitkiler için farklı olur ve bitki çeşidi ile değişebilir.

Eşitlik 10'da $r_c = r_{cp}$ yazılırsa:

$$T_c - T_a = \frac{r_a R_n}{q C_p} - \frac{\tau^*}{\Delta + \tau^*} - \frac{e a^* - e a}{\Delta + \tau^*} \dots \dots \dots (14)$$

elde edilir. Burada.

$$r^* = (1 + r_{cp} / r_a) \dots\dots\dots(15)$$

dir. Yeterli su alan bitki, potansiyel hızda transpirasyon yapacaktır. Su kısıntılı olduğunda gerçek evapotranspirasyon potansiyel hızdaki evapotranspirasyonun altına düşecektir. Gerçek evapotranspirasyonun potansiyel evapotranspirasyona oranının ölçümü bitki su durumunun bir indeksi olur. Eşitlik 5 ve 7 birleştirilir ve LE için çözümlenirse taş ve aerodinamik dirençlere bağlı olarak evapotranspirasyonu veren aşağıdaki Penman-Monteith eşitliği elde edilir.

$$LE = \frac{R_n + q C_p (e_a^* - e_a) / r_a}{\Delta + \tau (1 + r_c / r_a)} \dots\dots\dots(16)$$

Gerçek evapotranspirasyonun potansiyel evapotranspirasyona oranı denklem 17'yi verir.

$$E / E_p = \frac{\Delta + \tau^*}{\Delta + \tau (1 + r_c / r_a)} \dots\dots\dots(17)$$

Bitki su ilişkileri çalışmalarında bitkideki su durumunun stressiz koşuldan stresli koşula doğru gittiği kabul edilir. Bu nedenle stres indeksi (CWSI) 0 'dan 1'e doğru değişir. Bitki su stres indeksi:

$$CWSI = 1 - E / E_p = \frac{\tau (1 + r_c / r_a) - \tau^*}{\Delta + \tau (1 + r_c / r_a)} \dots\dots\dots(18)$$

şeklinde tanımlanır (Jackson 1982).

CWSI veya E/E_p'nin hesaplanması için Denklem 13 veya 16'daki r_c/r_a oranına gerek duyulur. Denklem (9), yeniden düzenlenirse.

$$\frac{r_c}{r_a} = \frac{\tau r_a R_n / (q C_p) - (T_e - T_a) \Delta + \tau - (e a^* - e a)}{\tau [(T_e - T_a) - r_a R_n / (q C_p)]} \quad (19)$$

denklemini bulunur. Bu eşitlik r_c/r_a oranını net radyasyon, taç ve hava sıcaklıkları, buhar basıncı farkı ve hava direncinin bir fonksiyonu olarak tanımlamaktadır. CWSI'yı elde etmek için Denklem 19, Denklem 18'de yerine konulur.

Abdul-Jabbar'ın (1985) bildirdiğine göre Denklem 19'un parametrelerinden r_a 'nın hesaplanmasında rüzgar profil yöntemi, konvektif sıcaklık akışı yöntemi ve yaprak kenar kalınlığı yöntemi kullanılır. Söz konusu yöntemlere ilişkin denklemler sırasıyla aşağıdaki gibi verilir.

$$r_a = [\ln ((z - d) / z_o)]^2 / U * k^2 \dots \dots \dots (20)$$

$$r_a = \frac{q * C_p * (T_e - T_a)}{H} \dots \dots \dots (21)$$

$$r_a = \frac{0.004}{D} (L / U)^{1/2} \dots \dots \dots (22)$$

- Burada; U : Rüzgar hızı (m/sn)
z : 2 metre yükseklikte ölçülen rüzgar hızı (m/sn)
zo: Pürüzlülük uzunluğu
zo= 0.1*h (h: Bitki yüksekliği, m)
d : Yerdeğiştirme yüksekliği (m)
d= 0.66*h
H : Hissedilir ısı (W m⁻²)
L : Yaprak uzunluğu (m)
k : Von Karman sabiti (0.41)
D : Havadaki su buharının yayılım katsayısı (2.5*10⁵ m²/s)

Denklem 22'deki L parametresi 0.0025 m olarak alınır.

Ayrıca denklem 21'deki H parametresinin, Rn'nin (net radyasyonun) %87'sine yakın olduğu varsayılır. Çünkü toprak kuru olduğu zaman net radyasyonun %13'ünün toprakta ısı akısıyla gittiği hesaplanmıştır.

Yoncanın verim, evapotranspirasyon ve bitki su stres indeksi ilişkisini belirlemek amacı ile yapılan bir çalışmada hava direnci farklı yöntemlerle hesaplanmıştır. Araştırma sonucuna göre CWSI'nın hesaplanmasında kullanılan ra'ya en yakın değerin konvektif ısı taşınımı yöntemi olduğu belirlenmiştir (Abdul-Jabbar 1985).

O'Toole ve Hatfield (1983) çoklu regresyon tekniklerini kullanarak üst sınırı eşitlik 18'de verilen ilişkinin aksine rüzgar hızı ile doğrusal olarak ilişkilendirmişlerdir. Ayrıca anılan araştırmacıların sonuçları rüzgar hızında 7 kat değişmeye karşılık hava direncinin 3 kat arttığını göstermiştir.

Etkin hava direncini hesaplamada yeterli bir teorinin olmaması, bu faktörün kestirimi için deneysel verilere ve ampirik ilişkilere başvurulmasını gerektirmektedir. Yazar'ın (1993) bildirdiğine göre; Thom ve Oliver tarafından geliştirilen eşitlik aşağıdadır.

$$r_{av} = \frac{2 [\ln(z * f)]^2}{1 + 0.5 \sqrt{U}} \quad \dots \dots \dots (23)$$

Burada; r_{av}: Etkin hava direnci

z: Rüzgar hızının ölçüldüğü yükseklik

f: Taç geometrisini düzeltmek için bir bitki faktörü.

f'nin yaklaşık değerleri buğday sorgum ve mısır için 10, yonca için 8 ve fasulye için ise 12 dir. Bu faktörün yaprak büyüklüğe bağlı olarak arttığı bildirilmektedir.

Kararlı atmosfer koşulları için [(T_c-T_a)<0] düzeltilen ra,

$$r_a = \left\{ \frac{(z-d+z_0)}{z_0} / k \right\}^2 (1+15R_i) (1+5R_i)^{1/2} / U \dots (24)$$

Kararsız koşullar için $[(T_c - T_a) >]$ ise:

$$r_a = \left\{ \frac{(z-d+z_0)}{z_0} / k \right\}^2 \{1 - 15 R_i / [1 + C(-R_i)^{1/2}]\}^{-1} / U \dots (25)$$

eşitlikleri ile hesaplanabilir (Yazar 1993).

Burada; R_i : Richardson sayısıdır.

$$R_i = 9(T_a - T_c) (z-d) / (T_a U^2)$$

g : Yerçekimi ivmesi (m/sn^2)

U : Rüzgar hızı (m/sn)

C ise. $C = 75 k^2 [(z-d+z_0)]^{1/2} / \{\ln[(z-d+z_0)]\}^2$ dir.

Nötr koşullar için verilen r_a , $T_c - T_a$ pozitifse aşağıdaki eşitlik kullanılarak düzeltilebilir.

$$r_{ac} = r_a \left[1 - \frac{ng(z-d) (T_c - T_a)}{T * U^2} \right] \dots (26)$$

Burada; r_{ac} : Kararlılık için düzeltilmiş hava direnci (s/m)

T : Mutlak taç ve hava sıcaklığı ortalaması

n : Amprik bir sabit olup birçok tarla bitkisi için ,5 olarak alınmaktadır.

g : Yerçekimi ivmesi (m/sn^2)

Potansiyel taç direnci (r_{cp}). çoğu kez ampirik olarak bir alt sınırın belirlenmesi ile ve daha sonra eşitlik 9'un r_{cp} için çözümlenmesi ile hesaplanabilir. Jalali-Farahani vd (1986), r_{cp} 'nin bağımsız kestiriminin olası olduğunu belirtmişlerdir. Anılan araştırmacılar minimum stoma difüzyon direncinin (r_{sp}) çoğu tarla bitkileri için 150 ile 200 s/m oranında olduğunu belirtmişlerdir. Yazar'ın (1993) bildirdiğine göre; Szeicz vd tarafından önerilen taç direnci tanımı kullanılarak potansiyel taç direnci şu şekilde sezinlenebilir

$$r_{cp} = r_{sp} / LAI_{eff} \dots (27)$$

Burada: LAI_{eff} : Tacın etkin yaprak alanı indeksidir. İyi ışık girişimine sahip bitkilerin çoğu için $LAI_{eff}=LAI$ olur.

3. MATERİYAL ve METOD

3.1 Materyal

3.1.1. Araştırma yeri

Araştırma, Antalya'ya yaklaşık 20 km uzaklıkta bulunan Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde yapılmıştır. Doğusunda ve Güneyinde Aksu Çayı, batısında Tehneli Deresi, kuzeyinde ise Antalya-Alanya karayolu ile sınırlanmış olan Enstitüsü arazisi, yaklaşık 1850 dekar alanı kapsamaktadır.

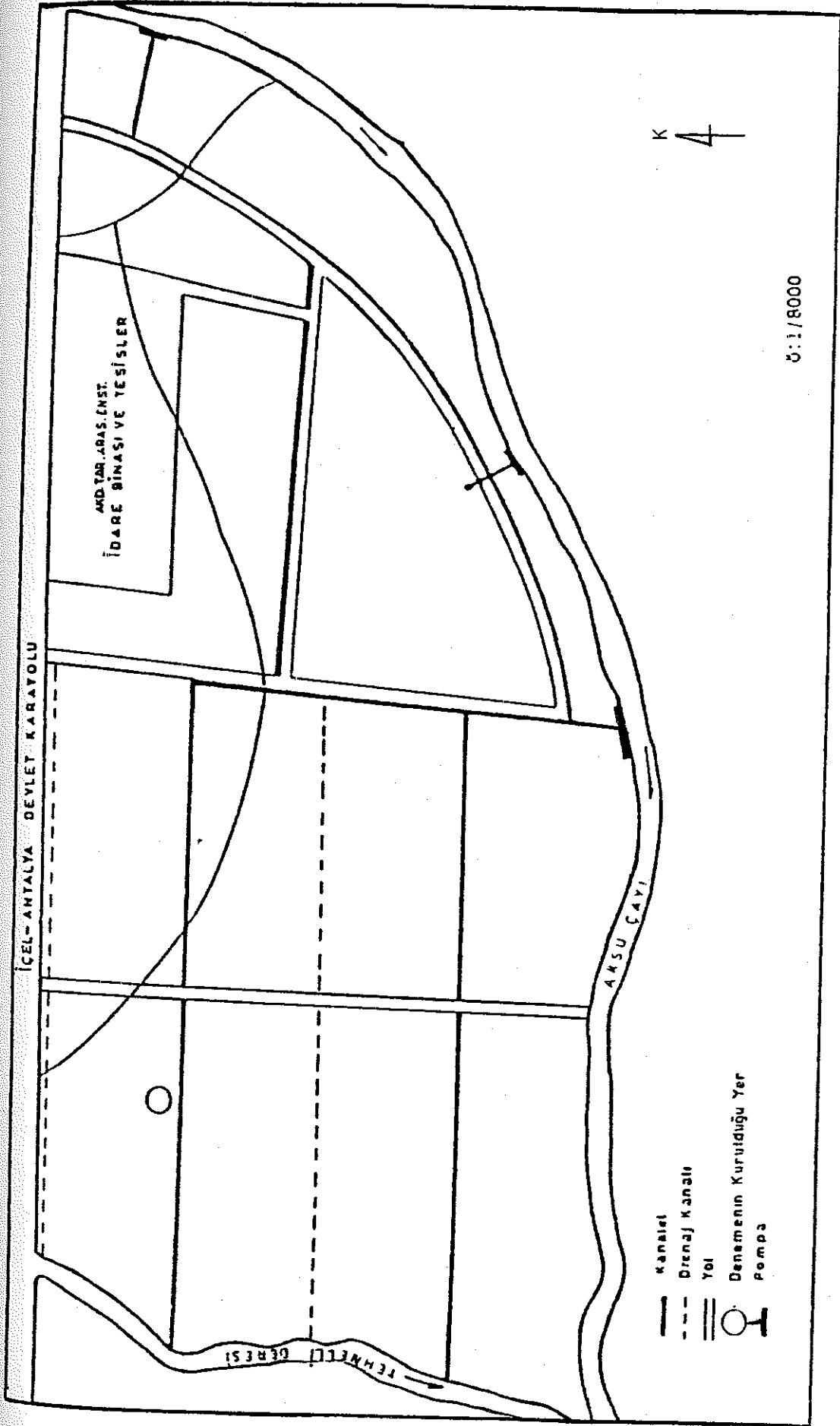
Araştırma alanı, Antalya Havzasında yer almaktadır. Havzanın ova kısmı, Qaterner zamanda oluşmuş konglomera, silt, kil ve çakıl depozitlerinden oluşmaktadır. Araştırma alanı toprakları alüviyal topraklar gurubuna girmektedir. Bu topraklar zonaliteye ve özel bitki örtüsüne sahip değildir (Topraksu 1970).

Deneme, Enstitü arazisinin batısında 1260 m²'lik bir alanda yürütülmüştür (Şekil 3.1). Denemenin kurulduğu yerin batısında soya diğer üç yönde ise pamuk üretim alanları bulunmaktadır.

3.1.2. İklim özellikleri

Araştırma alanında tipik Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Araştırma alanına yakın bulunan Antalya Meteoroloji istasyonundan alınan uzun yıllık ortalama iklimsel veriler Çizelge 3.1'de özetlenmiştir.

Ayrıca deneme süresince (Temmuz, Ağustos, Eylül) Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilen iklimsel veriler Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Denemenin yapıldığı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinin planı

Çizelge 3.1 Araştırma alanına ilişkin uzun yıllık ortalamaya ilişkin veriler

Meteorolojik Klamanlar	Rasat Yılı	A Y I L A R												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
Ort. Sic. (°C)	51	9.8	10.5	12.7	15.9	19.8	24.4	28.1	27.8	24.7	19.7	15.3	11.7	18.4
Ort. Yük. Sic. (°C)	40	14.9	15.5	17.7	21.0	24.4	30.0	33.5	31.6	30.7	26.3	22.0	16.8	23.9
Ort. Düş. Sic. (°C)	41	6.3	6.5	8.2	11.4	15.2	19.6	22.7	22.7	19.5	15.4	11.3	8.1	13.9
Ba. Yük. Sic. (°C)	51	23.9	25.9	27.7	32.8	38.0	40.9	44.7	44.6	40.6	38.7	32.7	23.6	44.7
Ba. Düş. Sic. (°C)	51	-3.4	-4.6	-0.9	3.3	6.7	11.5	15.0	13.6	10.3	6.4	0.7	-1.7	-4.6
Ort. Nisbi. Nem (%)	41	68.0	68.0	65.0	67.0	68.0	62.0	58.0	60.0	58.0	62.0	67.0	70.0	64.0
Ort. Açık Gün. Say.	51	5.8	5.2	6.3	6.5	7.2	15.0	21.8	23.3	20.4	12.2	8.4	6.0	138.1
Ort. Kap. Gün. Say.	51	10.3	8.4	7.4	5.4	3.2	0.6	0.0	0.0	0.4	3.2	5.5	9.2	53.5
Ort. Buutluluk (0-10)	41	5.9	5.7	5.3	4.8	4.4	2.6	1.4	1.3	1.7	3.7	4.8	5.8	4.0
Ort. Nuharişma (mm)	26	66.1	70.0	92.8	91.4	107.2	157.4	201.8	195.6	173.9	136.9	84.7	68.2	1445.8
Ort. Yağış (mm)	41	263.7	156.2	93.2	43.9	30.9	10.1	1.8	2.9	13.6	57.7	110.5	283.8	1068.2
Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)	40	3.5	3.6	3.5	3.1	2.7	2.9	2.9	2.8	3.2	3.0	3.0	3.3	3.1

Çizelge 3.2 Deneme süresince Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonundan elde edilen iklimsel veriler

İklim öğeleri	A y l a r		
	Temmuz	Ağustos	Eylül
Ort. Sıcaklık (°C)	26.5	27.1	24.8
Ort.Yük.Sıc.(°C)	35.1	37.1	35.2
Ort.Düş.Sıc.(°C)	18.3	18.3	16.3
Ort.Oran.Nem (%)	77.2	74.4	78.8
Ort.Yağış (mm)	32.5	45.0	0.0
Ort.Rz.Hızı(m/sn)	1.4	1.1	1.0

3.1.3. Sulama suyunun sağlanması

Sulama suyu, Aksu çayından pompajla Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü topraklarını sulayan kanalet sisteminden alınmıştır. Tersiyerlerden pompa ile alınan su parsel başlarına PVC borularla iletilmiştir.

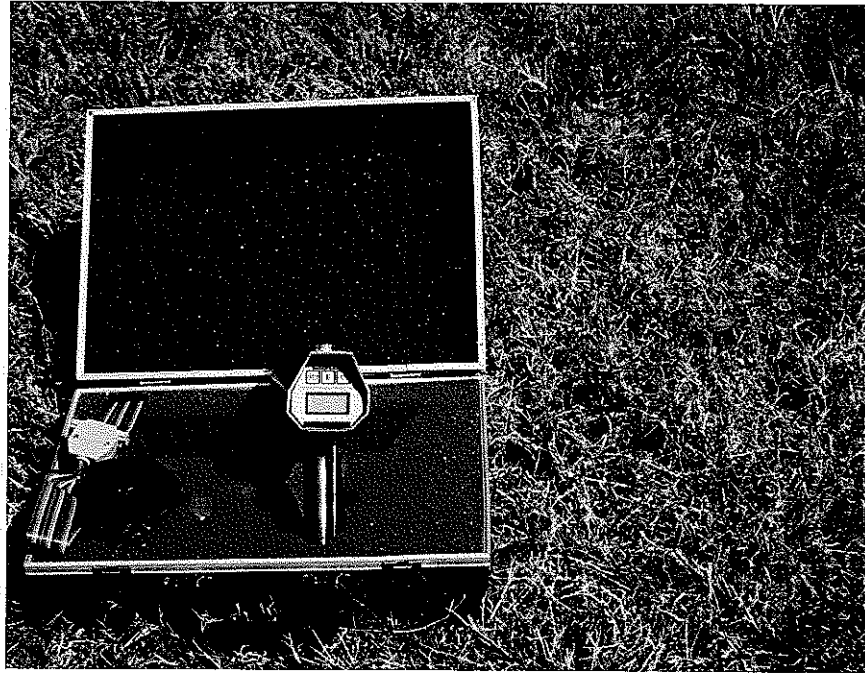
3.1.4. Kullanılan pamuk çeşidinin özellikleri

Denemede kullanılan Çukurova-1518 çeşidi 1963 yılında A.B.D 'den getirilen Caroline Queen-201 çeşidinden seleksiyon yolu ile elde edilmiştir. Açık bir bitki formuna sahip olan bu çeşidin ana sapı kuvvetli ve diktir. Yapraklanma ve yaprak genişliği normal ve derin yırtmaçlıdır. Sap ve yapraklar tüsüz olup parlaktır. Suya karşı duyarlıdır. Yaprakları

tüysüz olduğu için emici böceklere (Empoasca) karşı hassastır. Verim, teknolojik özellikler ve erkencilik açısından diğer çeşitlerden üstündür (Aydemir 1982, Inan vd 1990).

3.1.5. Infrared termometre ve anemometre aletlerinin özellikleri

Araştırmada kullanılan infrared termometre aleti (Everest Interscience Inc, Infrared Model 510 B Ag Multimeter) bir çok parametreyi ölçme yeteneğine sahip, gelişmiş bir alettir (Şekil 3.2). Alet; taç örtüsü sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$), kuru termometre sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$), taç örtüsü-hava sıcaklığı farkını ($^{\circ}\text{C}$), oransal nemi (%), buhar basıncı açığını (kPa), solar radyasyonu (Watt/m^2) ve ıslak termometre sıcaklığını ($^{\circ}\text{C}$) ölçebilmektedir. Ayrıca, belleğine kaydedilen alt sınır çizgisi eğim ve ara kesit değerlerinden CWSI'yi hesaplayabilmektedir. Aletin tarla bakış açısı (FOV) 15° olup isteğe bağlı olarak 4° 'ye ayarlanabilmektedir. Alet 1 saniyeden daha az bir sürede sıcaklık değişimlerine tepki göstermekte ve istenirse tarlada ölçülen değerleri belleğine kaydedebilmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.2 Infrared termometre aletinin genel görünümü



Şekil 3.3 Infrared termometre ölçümlerinin alınması

Denemede rüzgar hızını ölçmek için elde taşınabilir bir anemometre kullanılmıştır. Anemometre skalası 4 farklı birimde (m/sn, km/sa, beaufort, knots) rüzgar hızını ölçebilmektedir.

3.2 Metod

3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analiz yöntemleri

Deneme alanı topraklarının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak amacıyla bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır.

Bozulmuş toprak örnekleri örnekleme noktalarının 0-30, 30-60, 60-90, 90-120 cm derinliklerindeki katmanlarından Hollanda tipi toprak burguları kullanılarak alınmıştır.

Toprakların hacim ağırlıklarının saptanması için U.S.S.L (1954)'e göre bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bu amaçla deneme alanında açılan profil çukurlarından yararlanılmıştır. Örnek alımında hacmi bilinen çelik silindirler kullanılmıştır.

Toprak bünyesi. Bouvoucos (1951) tarafından esasları verilen hidrometre yöntemi ile. hacim ağırlığı ise bozulmamış toprak örneklerinden Black (1965)'e göre belirlenmiştir. Tarla kapasitesi ve solma noktası basınçlı plaka aleti kullanılarak, bozulmuş toprak örneklerinin, sırasıyla 1/3 ve 15 atmosferde tuttıkları nem miktarının saptanmasıyla bulunmuştur.

Doyma yüzdesi, U.S.S.L. (1954). pH ise Jackson'a (1967) göre 1:2.5 oranında hazırlanan toprak su karışımında belirlenmiştir.

Elektriksel iletkenlik saturasyon ekstraktında kondüktivimetre cihazı ile (Rhoades 1982), kalsiyum karbonat Black (1965) tarafından verilen esaslara göre, kireç Scheibler Kalsimetresi ile (Çağlar 1949) belirlenmiştir. Organik madde ise, Black (1965)'in belirttiği Walkley-Black Yöntemine göre saptanmıştır.

3.2.2. Sulama suyunun analiz yöntemleri ve sınıflandırılması

Sulama suyu analizinde kullanılan su, tersiyer çıkış noktasından alınmış ve aynı gün analizi yapılmıştır. Suyun sulamaya uygunluk yönünden sınıfını belirlemek için U.S.S.L. (1954)'de verilen analiz yöntemleri ve sınıflandırma diyagramları kullanılmıştır.

3.2.3 Denemenin düzenlenmesi

Deneme Antalya koşullarında 1994 yılında kurulmuş ve aşağıda açıklandığı gibi düzenlenmiştir.

3.2.3.1 Deneme deseni ve parsel boyutları

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenmiş olup, üç yinelemeli olarak yürütülmüştür.

Çalışmada 5.6x9m boyutlarında parseller kullanılmıştır.

Blok aralarında 3 m boşluk bırakılmıştır. Parsellerin etrafı ise 50 cm genişliğinde seddelerle çevrilmiştir. Her parselde 8 bitki sırası yer almıştır. Blok aralarında ve parseller arasındaki seddelerde bulunan bitkiler normal gelişmeye bırakılmıştır (Şekil 3.4).

3.2.3.2. Deneme konuları

Çalışmada S1 (en çok sulanan konu), S2 (orta düzeyde sulanan konu), S3 (az sulanan konu) ve S4 (susuz konu) olmak üzere dört farklı sulama konusu ele alınmıştır.

3.2.4. Sulama zamanının belirlenmesi

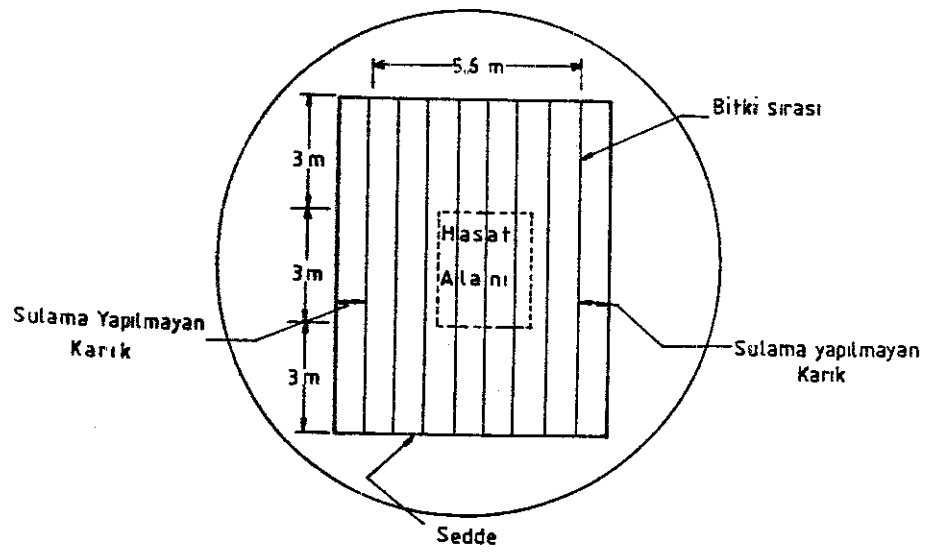
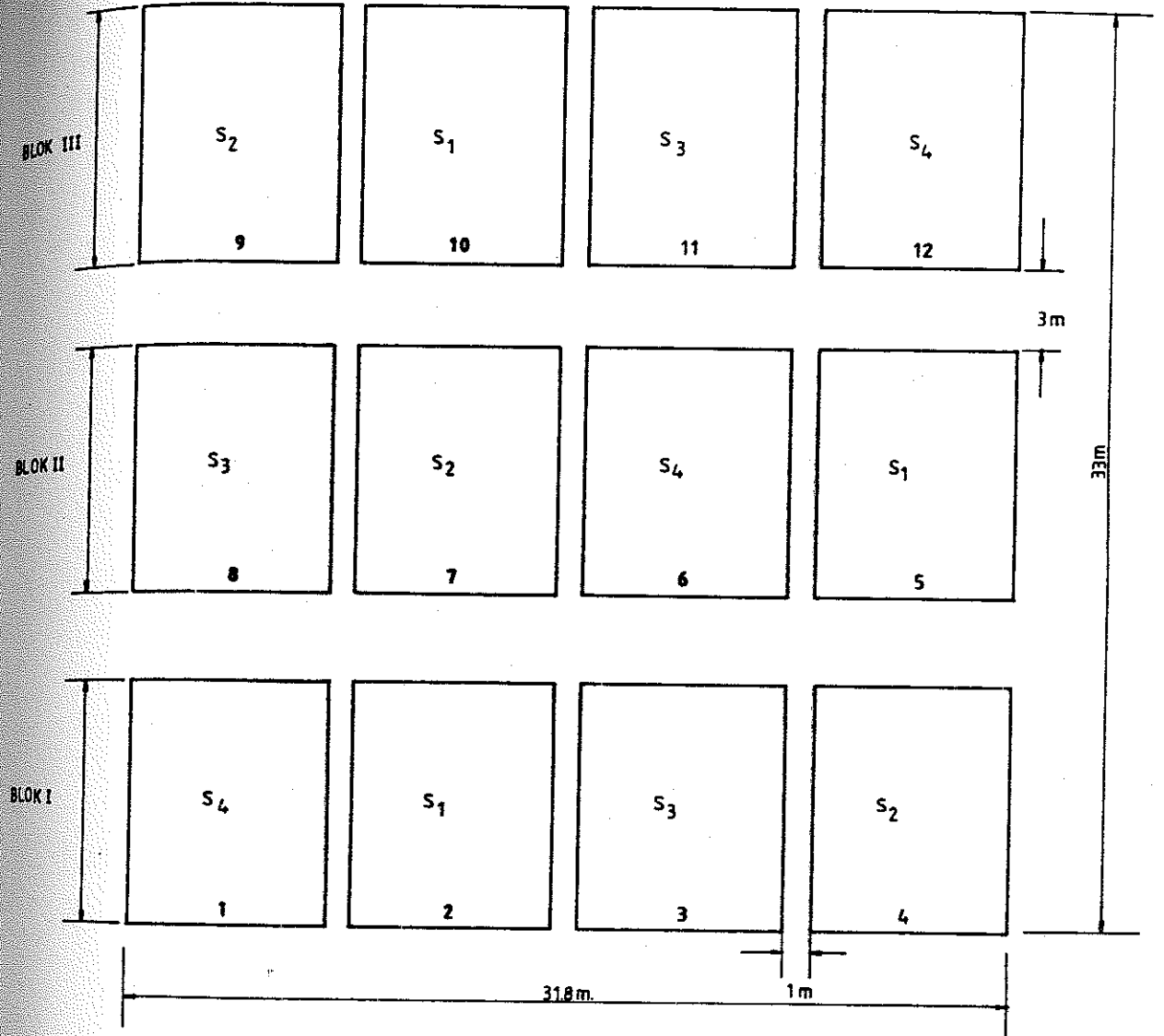
Denemede sulanan konularda sulama zamanı 90 cm profil derinliğindeki kullanılabilir suyun farklı tüketim düzeyleri esas alınarak belirlenmiştir. S1 konusunda kullanılabilir suyun %30'u, S2 konusunda %50'si, S3 konusunda %70'i tüketildiğinde sulama yapılmıştır. S4 konusunda ise deneme süresince sulama yapılmamıştır. Topraktaki su düzeyleri 0-30, 30-60, 60-90 cm derinliklerden alınan toprak örneklerinden gravimetrik olarak belirlenmiştir.

3.2.5. Sulama suyu miktarının hesabı

Sulanan konularda sulama zamanının geldiğine karar verildiğinde, her bir toprak katmanını tarla kapasitesine getirmek için gerekli miktar mm olarak belirlenmiş, buradan bir parselde uygulanacak su m³ olarak hesaplanmıştır. Sulamalar %10 koza açımında sona erdirilmiştir.

3.2.6. Sulama yöntemi

Deneme parselleri göllendirmeli karık yöntemi ile sulanmıştır. Sulama sırasında suyun parsel içinde eşdeğer dağılımını sağlamak için karıklara eşit miktarda su veren su dağıtım borusu kullanılmıştır. Tersiyerden pompa ile alınan su, PVC



Şekil 3.4. Deneme deseni ve parsellerin konumu

borularla parsel başına getirilmiş ve burada bir su sayacından geçirildikten sonra ölçülü olarak parsellere uygulanmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Sulama suyunun parsellere uygulanması

3.2.7. Bitki su stres indeksinin belirlenmesi

Pamuk bitkisinde bitki su stres indeksinin (CWSI) belirlenmesi için bitkinin yetiştirme periyodu içerisinde 8 Ağustos-30 Eylül tarihleri arasında haftanın üç günü infrared termometre ile bitki taç sıcaklığı ölçülmüştür. Ölçümler güneşin dik geldiği 11:00-11:20, 11:40-12:00, 12:40-13:00, 13:10-13:30, 13:40-14:00 saatleri arasında olmak üzere günde 5 defa her parselin batısından ve güneyinden alınmıştır.

Her ölçüm öncesinde anemometre ile rüzgar hızı belirlenmiştir. Hava sıcaklığı ve oransal nem değerleri Deneme Alanındaki Meteoroloji İstasyonundan saatlik değerler olarak alınmıştır. Elde edilen bu değerlerden doygun buhar basıncı (e_a) ile gerçek buhar basıncı (e_d) her ölçüm zamanı için hesaplanmış ve doygun buhar basıncı açığı (VPD) bulunmuştur.

Bitki su stres indeksinin hesaplanmasında Deneysel Yaklaşım olarak da bilinen Idso Yöntemi (Idso vd 1981) kullanılmıştır. Bunun için önce stresli ve stressiz koşullarda bitki taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı (T_c-T_a) ve buhar basıncı açığı (VPD) ilişkisini gösteren temel grafik elde edilmiştir. Anılan grafikte alt sınır hattının belirlenmesi amacıyla her sulamadan 2-3 gün sonra sabah saat 9:00'dan başlanarak, yarım saat arayla 15:30'a kadar ölçümler yapılmıştır. Elde edilen günlük ölçüm değerlerinden hesaplanan T_c-T_a ve VPD değerleri karşılıklı olarak grafiklenerek alt sınır hattı oluşturulmuştur.

Üst sınır hattının belirlenmesinde günün en sıcak zamanında alınan ölçümler kullanılmıştır. Bitki örtü yüzdesinin en geniş olduğu zamanlarda üç gün süreyle (243., 248., 250. günler) alınan ölçümlerden üst sınır hattı oluşturulmuştur.

Infrared termometre ile ölçümlerde aletin standart (15°) görüş alanı açısı (FOV) kullanılmıştır. Okumalar sırasında alet yatayla $30-40^\circ$ 'lik bir açı yapacak biçimde tutulmuş böylece aletin görüş alanı içerisine yalnızca bitki taç örtüsünün girmesi sağlanmıştır.

3.2.8. Tarımsal işlemler

Pamuğun ekimi, 24 Mayıs 1994'de yapılmıştır. Ekimde tohum miktarı dekara 5-6 kg üzerinden hesaplanmıştır. Ekim mibzerle yapılmış ve 80 cm sıra aralığı kullanılmıştır.

Pamuk toprak yüzeyine çıktığı zamandan başlayarak mevsim boyunca yabancı otlar geliştikçe çapa yapılmıştır.

Bitkiler ekimden 20 gün sonra sıra üzeri 10-13 cm olacak şekilde tekleme yapılarak, işlem tek aşamada tamamlanmıştır.

Deneme parsellerinin hepsine ekimden sonra dekara 40 kg düşecek şekilde N. P. K (15x15x15) gübresi uygulanmıştır.

Ekim sırasında ve ekimden hasada değin pamuk zararlılarına karşı ilaçlı savaşım sürdürülmüştür.

Deneme parsellerinin hasadı 17 Eylül-29 Eylül tarihleri arasında 1. el, 27 Ekim tarihinde ise 2. el derim yapılarak bitirilmiştir. Parsellerde kenar etkisini önlemek amacıyla parsel solundan 4 ve sağından 3 sıra, başlardan 3'er metre atılarak kalan alanda ($2.4 \times 3 = 7.2 \text{m}^2$) hasat yapılmıştır. Birinci el kütlü hasadı bitkiler üzerindeki elmaların yaklaşık yarısı açtığında, ikinci el hasat ise elmaların tamamı açtığında yapılmıştır.

3.2.9. Vegetatif gelişmeye ilişkin özelliklerin belirlenmesi

Gözlem bitkilerinde aşağıda belirtilen özellikler saptanmıştır.

a. Örtü miktarı

Çıkıştan 27 gün sonra başlayarak hasada kadar yaklaşık 10 gün ara ile bitkiler tarafından örtülen alan % olarak belirlenmiştir.

b. Bitki boyu

Gözlem bitkilerinde, bitki örtü miktarının belirlendiği günlerde bitki boyu saptanmıştır. Bitki boyu ana gövdenin kök boğazından büyüme noktasının ucuna kadar olan yüksekliğin cm olarak ölçülmesi ile bulunmuştur.

3.2.10. Generatif gelişmeye ilişkin özelliklerin belirlenmesi

Birinci el hasat işlemi yapılırken pamuğun agronomik ve lif kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla hasat edilen alandan örnekler alınmıştır. Bu örneklerden pamuğun ortalama çenet sayısı, tek koza ağırlığı (gr), kozaya kütlü (gr), çır-

çır randımanı(%). 100 tohum ağırlığı(gr). Lif indeksi. lif inceliği (dtex). üst yarı uzunluk (U.H.M). %50 lif uzunluğu. %2.5 lif uzunluğu. üniformite. mukavemet (gr/tex). esneme (inc) gibi generatif özellikleri belirlenmiştir. Söz konusu özelliklerin belirlenmesinde (High Volume Instruments) aletinden faydalanılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Deneme Alanı Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Sulama Suyu Kalitesine İlişkin Sonuçlar

Deneme alanı topraklarının fiziksel özellikleri incelendiğinde profil boyunca bünye sınıfının killi tın olduğu ve su tutma kapasitesinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Toprak örneklerinin fiziksel analiz sonuçları

Katman Derinliği	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Saturasyon (%)	Bünye			TK (%)	SN (%)	
			Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)			
0-30	1.74	40.8	28.2	38.1	33.7	K1111 Tın	23.5	12.5
30-60	1.71	45.1	26.2	39.9	33.8	K1111 Tın	26.5	13.0
60-90	1.60	48.7	36.2	27.8	36.0	K1111 Tın	29.9	10.1
90-120	1.64	45.9	60.1	13.9	26.0	K1111 Tın	28.0	7.3

Çizelge 4.1'den görüleceği gibi kil miktarları %26.0 ile %36.0, silt miktarları %13.9 ile %39.9 ve kum miktarları %26.0 ile %60.1 oranları arasında değişmektedir. Toprak örneklerinin alındığı profilde yaklaşık 120 cm'de taban suyuna rastlanmıştır. Büyüktaş'ın (1994) aynı bölgede yaptığı çalışmada 110 cm'de taban suyuna rastlanıldığı bildirilmektedir.

Toprakların kimyasal olarak incelenmesinde deneme alanı topraklarının kireç oranlarının %25.8 ile %30.9 arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 4.2). Bu oranda kireç bulunan topraklar aşırı kireçli sınıflamasına girmektedir (T.O.K.B 1988).

Deneme alanı toprakları organik madde yönünden incelendiğinde derinlere inildikçe organik madde miktarının düştüğü görülmektedir. Organik madde miktarları Çizelge 4.2'den görüleceği gibi %0.19 ile %1.60 arasında değişmektedir. Bu değerler sınıflandırmaya tabi tutulduğunda deneme alanı topraklarının organik madde yönünden humusca fakir olduğu söylenebilir (Thun vd 1955). Çizelge 4.2 incelendiğinde toprakların tuzluluğunun %0.01 ile %0.03 arasında değiştiği görülmektedir. Bu verilere göre deneme alanı topraklarında tuzluluk yönünden bir sorun bulunmamaktadır (Tüzüner 1990).

Çizelge 4.2 Toprak örneklerinin kimyasal analiz sonuçları

Katman Derinliği	pH (Sat. Ekst.)	Elektriksel İletkenlik (Sat. Ekst.) EC 25 °C, mmhos/cm	Tuzluluk (%)	Kireç (%)	Organik Madde (%)
0-30	7.58	0.619	0.02	25.77	1.60
30-60	7.53	0.743	0.03	26.51	0.96
60-90	7.86	0.337	0.01	28.57	0.45
90-120	7.86	0.297	0.01	30.92	0.19

Saturasyon ekstraktından ölçülen pH değerleri açısından deneme alanı topraklarının hafif alkali sınıfına girdiği görülmektedir (Ergene 1987).

Deneme alanında kullanılan sulama suyunun ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.3'de sunulmuştur. Çizelge'den de görüleceği gibi sulama suyunun sınıfı C₂S₂ sınıfından olup, toplam tuz yönünden: sulama yönünden sorun olmayan hafif bünyeli topraklarda tuza orta ve yüksek oranda dayanıklı bitkiler için, sodyum zararı yönünden ise: geçirgen topraklarda kullanılabilir özelliktedir (Kanber vd 1990).

Çizelge 4.3 Denemede kullanılan sulama suyuna ilişkin analiz sonuçları

Elekt. Geçir. µmhos/cm	pH	Katyonlar (me/lt)				Anyonlar(me/lt)				Sınıfı				
		Na	K	Ca	Mg	Top.	CO ₃	HCO ₃	Cl		SO ₄	Top.	%Na	SAR
417.41	6.85	8.78	2.81	0.78	1.39	13.76	-	3.0	0.5	10.26	13.76	63.8	8.42	C ₂ S _z

4.2. Uygulanan Sulama Suyu Miktarı

Gübrelemeden sonra deneme konularına eşit miktarda (17mm) olmak üzere bir ön sulama uygulanmıştır. Sulama konularının uygulanmasına daha sonra başlanmıştır. Pamuğun yetiştirme periyodu boyunca; S1 konusu 3 kez, S2 konusu 2 kez ve S3 konusu 1 kez sulanmıştır.

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve tarihleri Çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Mevsim boyunca uygulanan sulama suyu miktarları

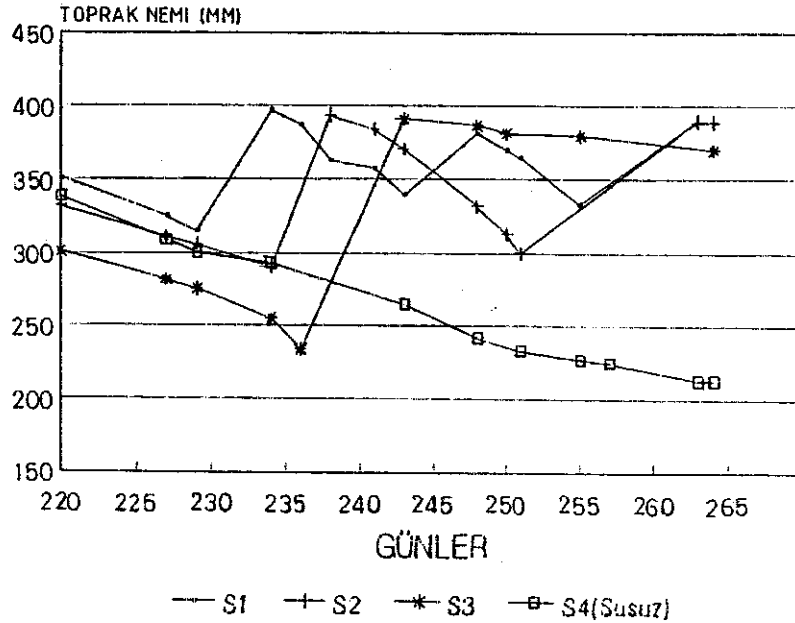
Konular	Sulama Uygulaması	Sulama Tarihi	Sulama Aralığı	Uygulanan Sul. Suyu
S1	1	18.8.94	-	87.0
	2	02.9.94	15	62.3
	3	14.9.94	12	68.7
			Toplam:	218.0 *
S2	1	23.8.94	-	111.4
	2	09.9.94	17	102.0
			Toplam:	213.4 *
S3	1	26.8.94	-	167.2
			Toplam:	167.2 *
S4	Susuz	-	-	0

* Ön sulama ve düşen yağış miktarı hariçtir.

Deneme süresince sulama uygulamaları dışında 31 Temmuz 1994'te 32.5 mm ve 1 Ağustos 1994'te 4.5mm olmak üzere toplam 37 mm yağmur yağmıştır.

Çizelge 4.4'den görüleceği gibi en çok su alan S1 konusuna yetiştirme dönemi boyunca 3 sulama yapılarak toplam 218.1 mm, S2 konusuna 2 sulama yapılarak toplam 213.4mm, S3 konusuna ise bir sulama yapılarak 167.2mm sulama suyu uygulanmıştır. Konulara göre sulama aralıkları çok sulanan konu (S1) için 12 ile 15 gün, orta düzeyde sulanan (S2) konusu için 17 gün olmuştur.

Sulanan konularda topraktaki su içeriği sulama uygulamalarına bağlı olarak her sulamadan sonra artmış, daha sonra ise azalmıştır. Sulanmayan S4 konusunda ise, topraktaki su içeriği sürekli biçimde azalan bir eğri göstermiş ve mevsim sonunda topraktaki nem yaklaşık 200 mm/90cm'e değin düşmüştür (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Yetiştirme periyodu boyunca topraktaki nem değişimi

4.3. Verim Sonuçları

Deneme konularından elde edilen kütlü miktarları Çizelge 4.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 4.5 Deneme konularından elde edilen kütlü verimi değerleri (kg/da)

Konu	Tekerrür	Top. Kütlü Mik. (Kg/da)	Ortalama Küt. Mik. (Kg/da)
S1	1	413.9	393.3
	2	393.8	
	3	372.2	
S2	1	475.0	413.8
	2	443.1	
	3	323.6	
S3	1	352.8	318.3
	2	304.9	
	3	297.2	
S4	1	176.4	200.7
	2	199.3	
	3	226.4	

Konulardan elde edilen kütlü verimi değerlerine uygulanan varyans analizi sonuçlarına göre konular arasındaki farklar istatistiksel yönden %1 önem düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.6). Duncan testi sonuçları ise Çizelge 4.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.6 Deneme konularından elde edilen kütlü verimi değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F-değeri	Olasılık
Tekerrür	2	2517.250	1.30	0.3390
Konu	3	28007.667	14.49**	0.0037
Hata	6	1932.917		

** %1 düzeyinde önemli

Duncan testi sonuçlarına göre S1, S2, S3 ve S4 konularından elde edilen kütlü verimi miktarları %1 düzeyine göre farklılık göstermiştir. En yüksek verim S2 konusundan alınmış, S1 konusu ise bir ara sınıf oluşturmuştur.

Çizelge 4.7. Deneme konularından elde edilen kütlü verimi ortalamalarının Duncan Yöntemine göre karşılaştırılması

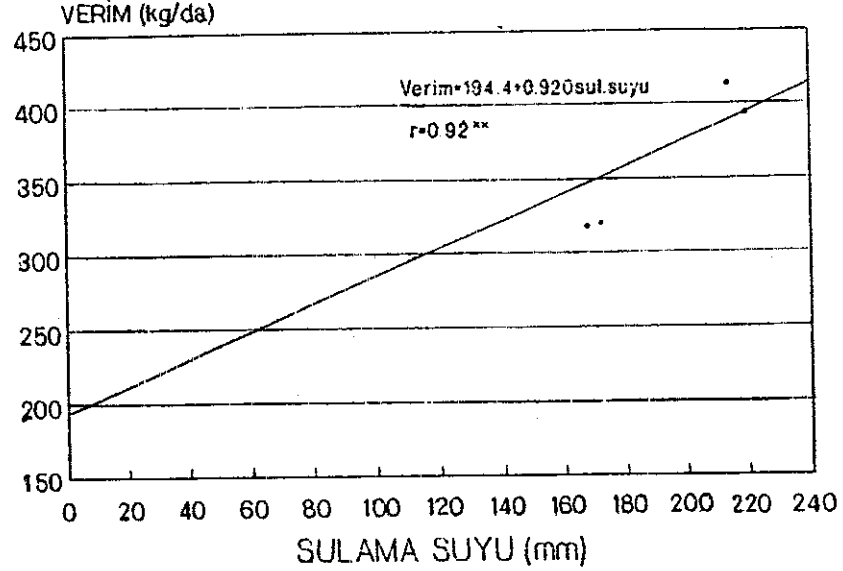
Konular	Ort.Küt.Ver.(kg/da)*	
S1	393.3	AB
S2	413.8	A
S3	318.3	B
S4	200.7	C

* Aynı harf grubuna ilişkin değerler %1 düzeyine göre farklı değildir

4.3.1 Sulama suyu-verim ilişkisi

Mevsim boyunca farklı düzeylerde su uygulanması nedeni ile sulanan her konudan elde edilen verim miktarları farklı olmuştur. Bu nedenle konulara uygulanan sulama suyu miktarı ile verim arasındaki ilişki incelenmiş ve söz konusu ilişkinin doğrusal bir denklemle ifade edilebileceği belirlenmiştir.

Belirlenen denkleme göre pamukta sulama suyu ile kütlü verimi arasında önemli doğrusal bir ilişki bulunmakta, bağımsız değişkenin üst sınırının aşılması kaydıyla kütlü verimi sulama ile artmaktadır (Şekil 4.2).

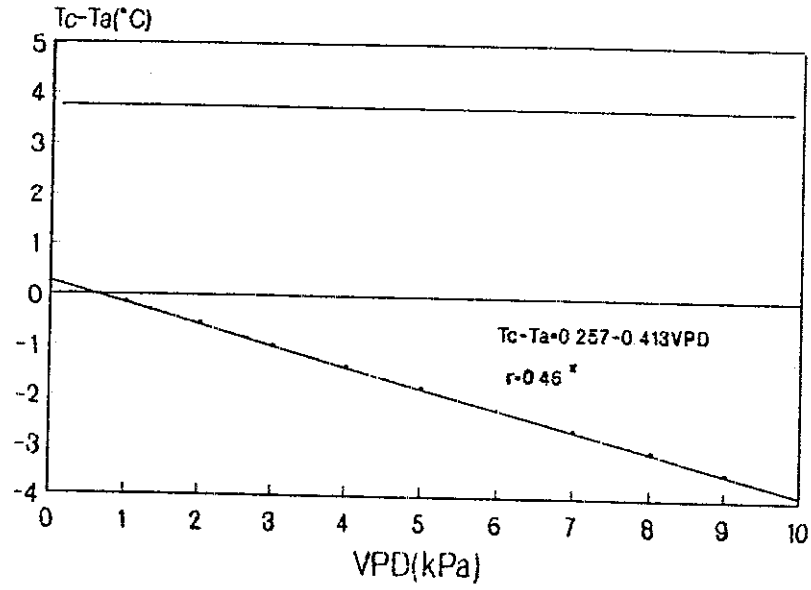


Şekil 4.2 Tüm konulara yetiştirme periyodu boyunca verilen sulama suyu ile verim arasındaki ilişki

4.4. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI) Sonuçları

4.4.1. Temel grafiğe ilişkin ölçüm sonuçları

Çalışmada, stresli ve stressiz koşullarda taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) ve buhar basıncı açığı (VPD) ilişkisini gösteren temel grafiğin alt ve üst sınır hatlarının oluşturulması için yapılan ölçümlerin sonuçları Ek Çizelge 1 ve Ek Çizelge 2'de verilmiş. anılan değerlerden yararlanılarak oluşturulan temel grafik ise Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Şekil 4.3'den görüleceği gibi pamuk bitkisi için üst sınır hattının değeri bitki taç örtüsü-hava sıcaklığı arasında, yaklaşık 3.9°C 'lik bir fark olarak belirlenmiştir. Elde edilen alt sınır hattının denklemi ise $T_c - T_a = 0.257 - 0.413 \text{ VPD}$ olarak belirlenmiştir.



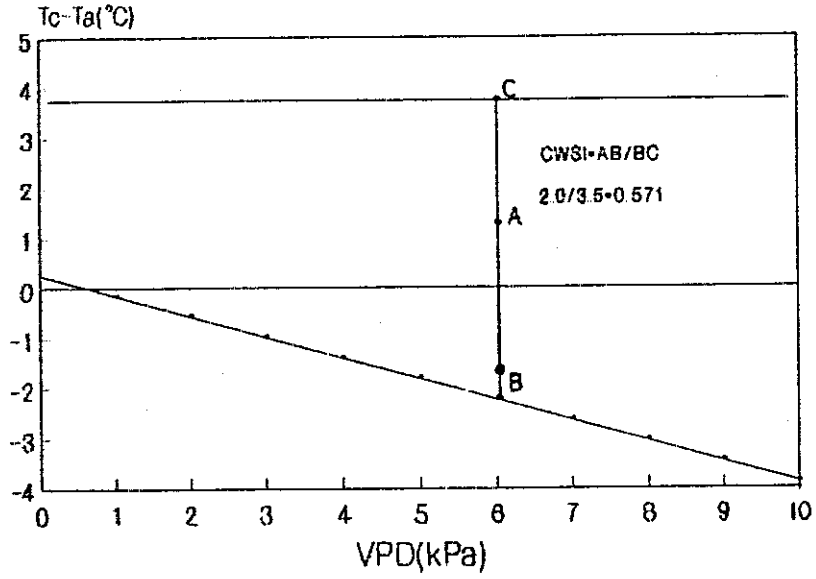
Şekil 4.3 Stresli ve stressiz koşullarda pamuk bitkisinin taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı (T_c-T_a) ve buhar basıncı açığı (VPD) ilişkisi (temel grafik)

4.5. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI) Değerleri

Çalışmada ele alınan farklı sulama konularında belirlenen bitki su stres indeksi değerleri Ek Çizelge 3'te verilmiştir. CWSI değerlerinin belirlenmesinde Şekil 4.3'de verilen temel grafikten yararlanılmıştır.

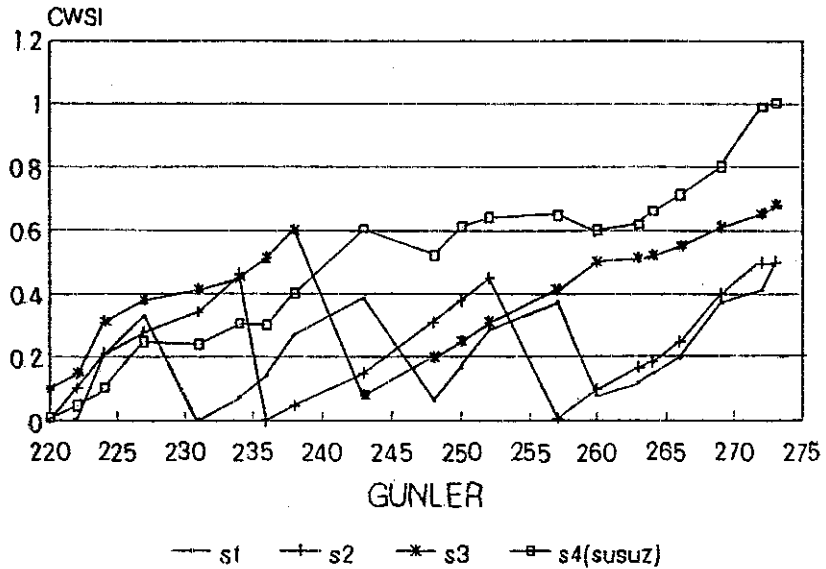
Grafiksel yöntemle CWSI değerinin hesaplanması aşağıda verilen bir örnekle açıklanmıştır.

CWSI'nın hesaplanmasına örnek: S3 konusunda 22 Ağustos 1994 günü saat 13:10 - 13:30 arasında T_c-T_a değeri 1.5°C (A noktası) ve VPD değeri 6 kPa olarak ölçülmüştür (Ek Çizelge 3). Bu durumda CWSI değeri $AB/BC = 2.0 / 3.5 = 0.571$ olmaktadır (Şekil 4.4).



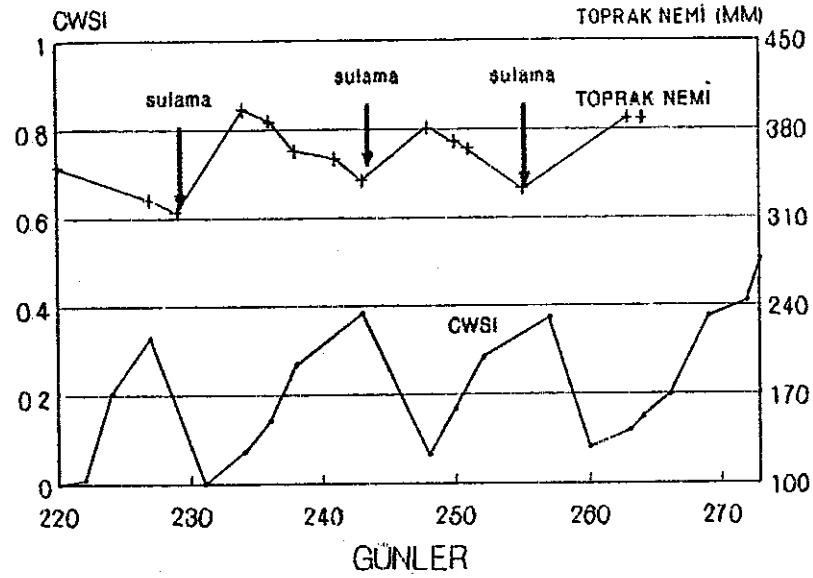
Şekil 4.4 Grafiksel yöntemle bitki su stresi indeksinin belirlenmesine ilişkin örnek

Deneme süresince, deneme konularında elde edilen ortalama bitki su stres indeksi değerlerinin değişimi Şekil 4.5'de grafiklenmiştir. Her konu için farklı elde edilen bitki su stres indeksi değerleri şekil'den de görüldüğü gibi sulanan konularda sulama zamanı yaklaştıkça artmış sulamalardan sonra ise tekrar yükselmeye başlamıştır.



Şekil 4.5 Deneme süresince konular arasındaki CWSI değerlerinin değişimi

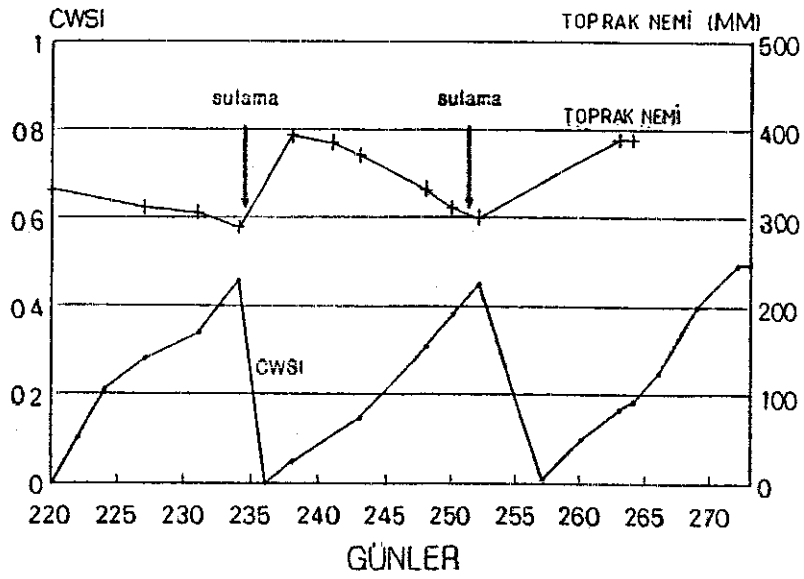
Yetiştirme periyodu boyunca en çok su alan (kullanılabilir suyun %30'u tüketildiğinde sulama yapılan) S1 konusunda yapılan 3 sulamada da yaklaşık aynı CWSI değerleri belirlenmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. S1 konusunda mevsim boyunca CWSI ve toprak nemi (mm) değerlerinin değişimi

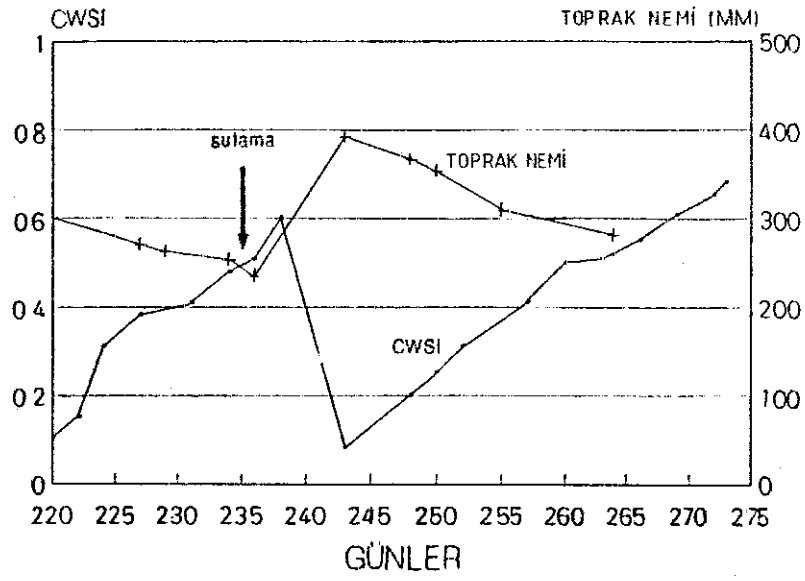
Şekil 4.6'dan da görüldüğü gibi S1 konusunda CWSI değeri yaklaşık olarak 0.3 ile 0.4 arasında değişmektedir. Şekil 4.6'da, sulamanın CWSI değerinin düşmeye başladığı zaman yapılmış gibi bir izlenim ediniliyor ise de bu, sulamaların CWSI değerinin en yüksek olduğu tarihten 2 gün sonra yapılmış olmasından kaynaklanmaktadır.

Orta düzeyde su alan (kullanılabilir suyun %50'si tüketildiği zaman sulama yapılan) S2 konusunda mevsim içerisinde yapılan 2 sulamada CWSI değeri yaklaşık 0.45 bulunmuştur (Şekil 4.7). Şekilden de görüldüğü gibi CWSI değeri 268. günde önceki sulama değerine kadar yükselmiş ise de elmaların yaklaşık %10'u açtığı için 3. sulama yapılmamıştır.



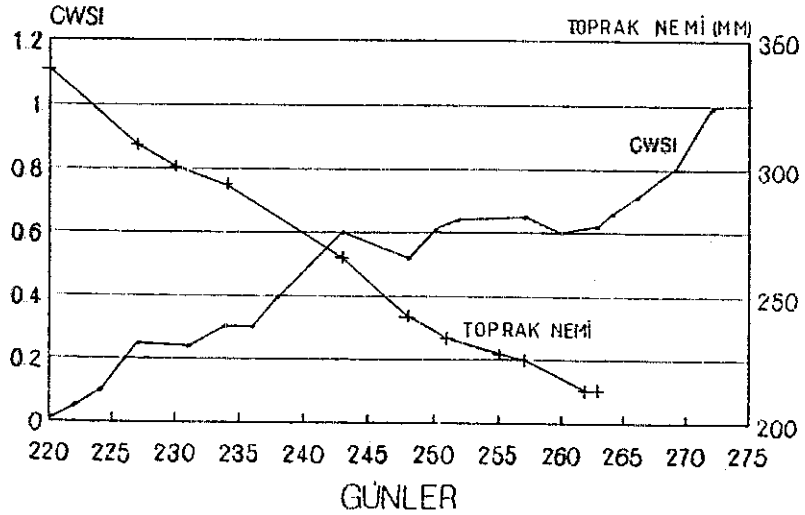
Şekil 4.7. S2 konusunda mevsim boyunca CWSI ve toprak nemi (mm) değerlerinin değişimi

Az su alan (kullanılabilir suyun %70'inin tüketildiği zaman) S3 konusunda sadece bir kez sulama yapılmış ve sulama sırasında CWSI değeri yaklaşık 0.6 olarak bulunmuştur (Şekil 4.8). Şekil 4.8'de görüldüğü gibi S3 konusunda bitki su stres indeksi değeri 266. günde tekrar 0.6 değerine ulaşmış ise de elmaların yoğun biçimde açılması nedeni ile ikinci bir sulama yapılmamıştır.



Şekil 4.8. S3 konusunda mevsim boyunca CWSI ve toprak nemi (mm) değerlerinin değişimi

Pamuğun yetiştirme periyodu boyunca hiç sulama yapılmayan S4 konusunda bitki su stres indeksi yaklaşık 1.0'e kadar yükselmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. S4 konusunda (susuz konu) mevsim boyunca CWSI ve toprak nemi (mm) değerlerinin değişimi

Şekil 4.6. 4.7 ve 4.8'den görüldüğü gibi mevsim boyunca topraktaki nem değişmelerine karşılık CWSI değeride değişmiştir. Genel olarak topraktaki nem değeri düştükçe CWSI değeri yükselmiş, ancak sulamadan sonra tekrar düşmüştür. Bu verilerden de anlaşılacağı üzere toprak nemi ile CWSI arasında ters bir ilişki bulunmaktadır. Buradan, CWSI değerinin toprak suyu ve dolayısı ile bitkinin su durumu ile ilgili bir gösterge olabileceği ve sulama programlaması amacıyla kullanılabilceği söylenebilir.

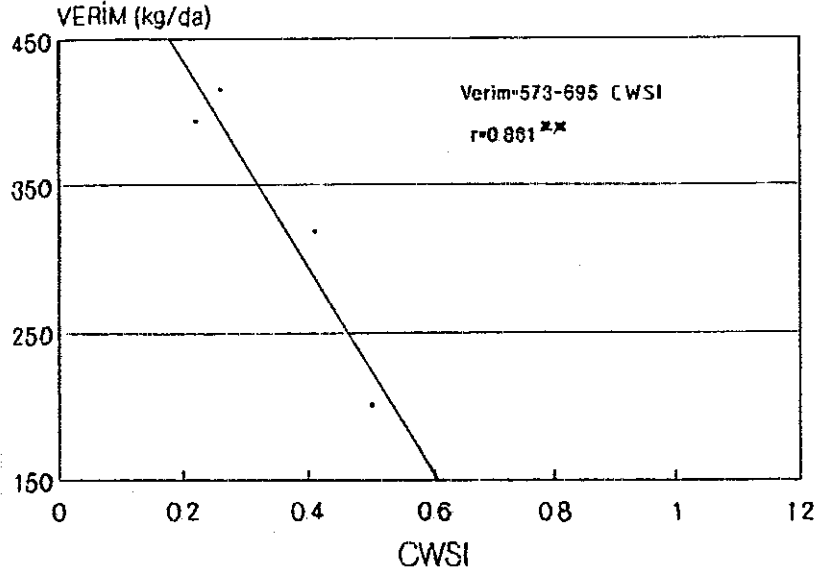
4.6. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI) ve Verim Arasındaki İlişki

Deneme konularının mevsimlik ortalama CWSI değerleri ile mevsim sonundaki verim değerleri Çizelge 4.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.8. Deneme konularında mevsimlik ortalama CWSI ve verim değerleri

Konu	Mevsimlik Ort. CWSI	Verim (kg/da)
S1	0.219	393.3
S2	0.258	413.8
S3	0.411	318.3
S4	0.503	200.7

Anılan değerler karşılıklı olarak grafiklendiğinde aralarında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.10). Konulara göre verim miktarları artan mevsimlik ortalama CWSI değerlerine karşılık azalmıştır. Buna göre CWSI değerinin pamuk bitkisinde verim tahmini amacıyla kullanılabilceği söylenebilir. Ayrıca sulamalar öncesi bitkideki su durumunun bir göstergesi olan CWSI değerinin pamuğun verimi üzerinde bu denli etkiye sahip olması pamuk bitkisinin suya karşı olan duyarlılığını göstermektedir.



Şekil 4.10 Deneme konularında mevsimlik ortalama CWSI değerleri ile verim arasındaki ilişki

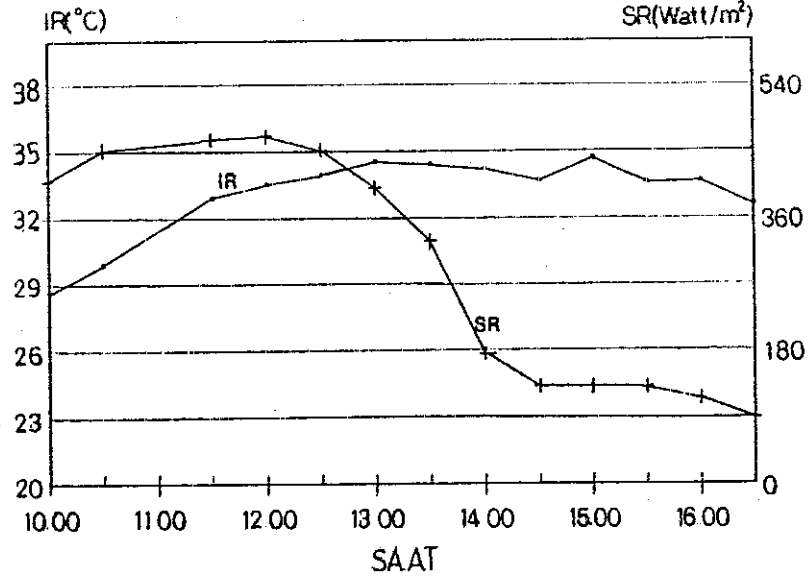
4.7. Infrared Termometre ile Ölçülen Çeşitli İklimsel Değişkenlerin Günlük ve Mevsimlik Değişimleri ile Birbirleri Arasındaki İlişkilerin İrdelenmesi

Bitki su stres indeksinin belirlenmesinde temel faktör olan taç örtüsü sıcaklığı bitkideki su eksikliğinin en önemli göstergelerinden biri olarak değerlendirilmelidir.

Deneme süresince en fazla sulanan S1 konusunda sulamadan bir kaç gün sonra bitki yüzey sıcaklığı (IR) ve solar radyasyondaki (SR) değişimi belirleyebilmek için 12 Eylül 1994 günü alınan ölçümlerde, bitki yüzey sıcaklığı ve solar radyasyonun sabah saatlerinden itibaren artmaya başladığı, IR'deki en fazla artışın saat 10:00 ile 12:30 arasında, SR'deki en fazla artışın ise saat 10:00 ile 12:00 arasında olduğu görülmüştür (Şekil 4.11).

Ancak bitki yüzey sıcaklığı (IR) en yüksek değerine güneş ışınlarının en dik geldiği saat 13:00'de ulaşmış daha sonra gittikçe azalmış ve saat 16:30'da yaklaşık 33°C'ye

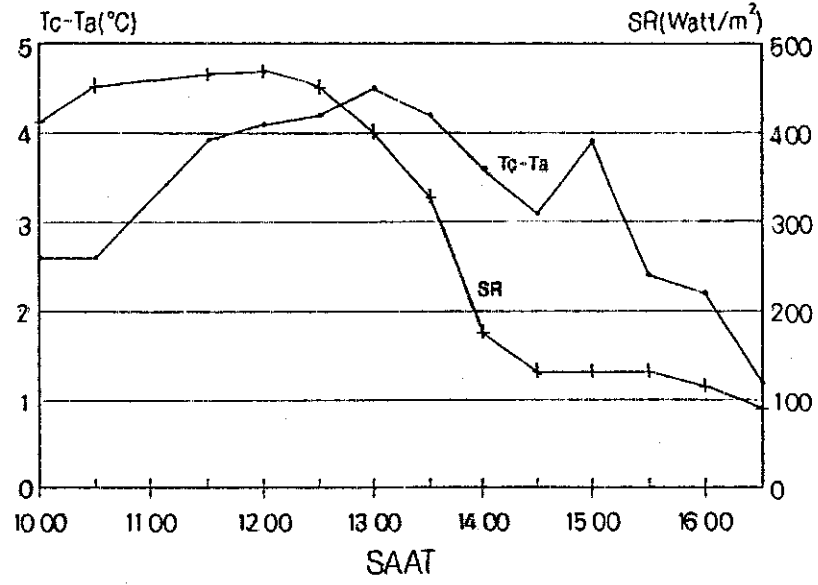
düşmüştür. Solar radyasyon değeri ise günün en yüksek değerine (470 Watt/m²) saat 12:00'de ulaşmış ve günün ilerleyen saatlarında 90 Watt/m²'ye kadar düşmüştür.



Şekil 4.11. Gün boyunca bitki yüzey sıcaklığı (IR) ve solar radyasyonda (SR) görülen değişim (12 Eylül 1994)

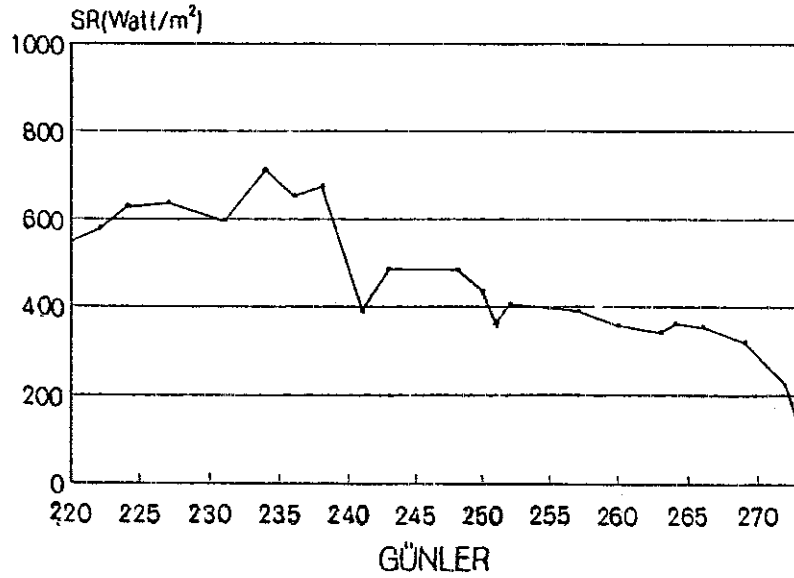
Sulamadan birkaç gün sonra SI konusunda tüm gün boyunca alınan ölçümlerde taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı en yüksek değerine artan solar radyasyonun etkisi ile saat 13:00'de ulaşmıştır. Solar radyasyon günün en yüksek değerine saat 12:00'de ulaşmasına karşın T_a-T_s farkı daha fazla yükselmemiş ve saat 13:00'den 16:30'a kadar azalan solar radyasyona bağlı olarak düşmüştür (Şekil 4.12).

Şekil 4.12'den görüldüğü üzere SR'nin saat 15:00'deki bir miktar yükselmesine karşılık T_a-T_s farkı artmış ve daha sonra azalmıştır.



Şekil 4.12 Solar radyasyonun (SR) bitkinin taç örtüsü-hava sıcaklığı farkına (T_c-T_a) etkisi (12 Eylül 1994)

Şekil 4.13'de mevsim boyunca günlük ortalama solar radyasyonun değişimi verilmiştir.

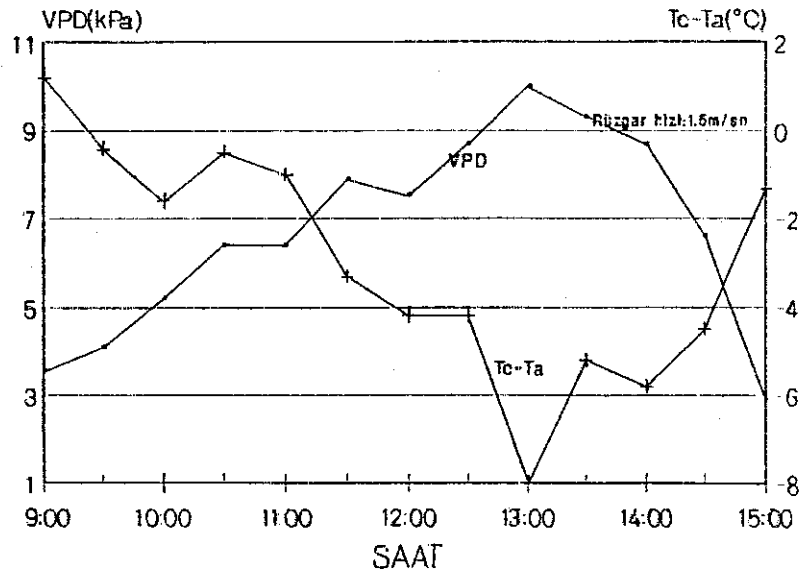


Şekil 4.13. Deneme süresince solar radyasyonda (SR) görülen değişim

Pamuğun yetiştirme periyodu boyunca yapılan ölçümlerde solar radyasyon en yüksek değerine 21 Ağustos tarihinde ulaşmış bu tarihten sonra bazı zamanlarda artmasına karşın genel anlamda azalma eğilimi göstermiştir. Ancak en büyük azalma Eylül ayı içerisinde olmuştur. Anılan şekilde görüldüğü gibi pamuğun yetiştirme periyodu boyunca (Mayıs-Eylül) solar radyasyonda görülen değişim bir gün içerisinde görülen değişime benzemektedir.

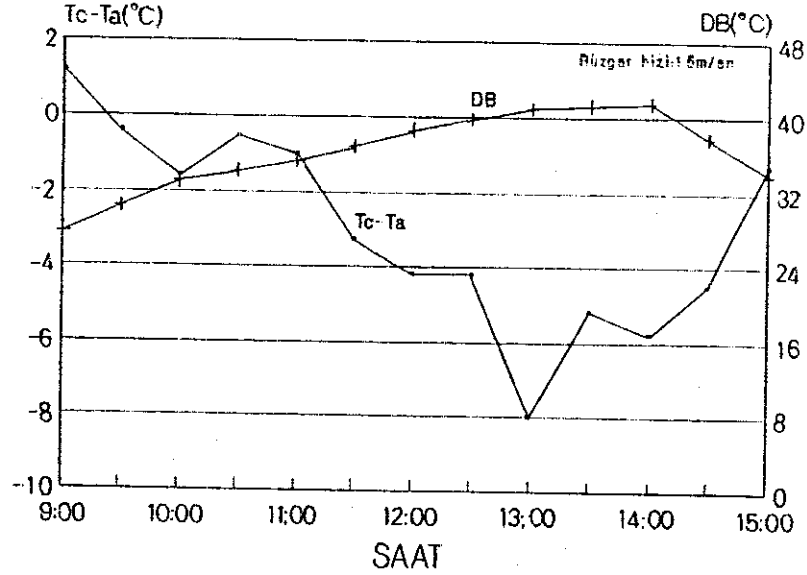
En fazla su alan S1 konusunda 7 Eylül 1994'de sulamadan 2 gün sonra gün boyunca yapılan ölçümlerde buhar basıncı açığı (VPD) ve taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) arasında görülen değişim Şekil 4.14'deki gibidir. Şekil incelendiğinde her iki değişkeninde birbiri ile ters bir ilişkiye sahip olduğu görülmektedir. VPD değerleri sabah saatlerinden itibaren artmaya başlamasına karşın $T_c - T_a$ değerleri azalmış ve saat 13:00'de VPD gün içerisinde en yüksek, $T_c - T_a$ en düşük değerine ulaşmıştır.

Avni durum kuru termometre sıcaklığı (DB) ile $T_c - T_a$ arasındaki ilişkide (Şekil 4.15) ve oransal nem (RH) ile DB arasındaki ilişkide (Şekil 4.16) görülmektedir.

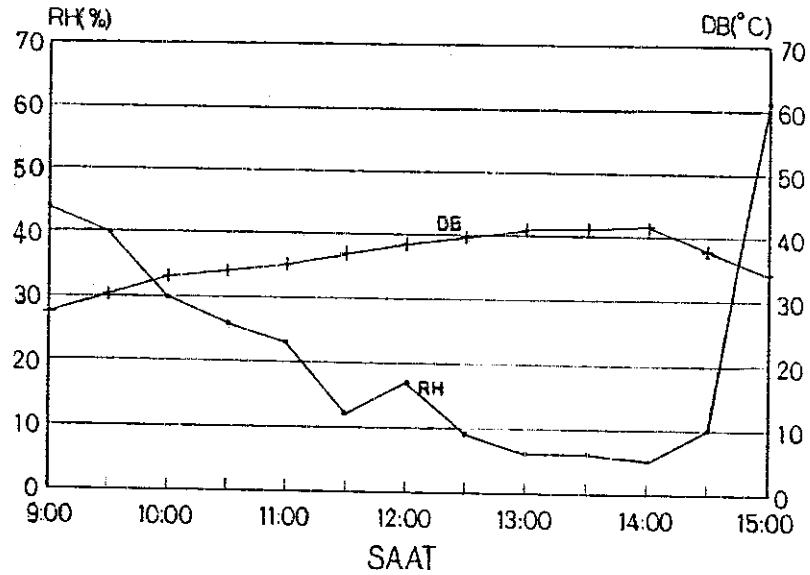


Şekil 4.14. S1 konusunda sulamadan bir kaç gün sonra ölçülen $T_c - T_a$ ve VPD arasındaki ilişki (16 Eylül 1994)

Oransal nem değeri saat 13:00-14:00 arasında en düşük düzeyine ulaşırken kuru termometre sıcaklığı aynı saatlerde en yüksek değerine ulaşmıştır.



Şekil 4.15 Kuru termometre sıcaklığı (DB) ile taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) arasındaki ilişki (16 Eylül 1994)



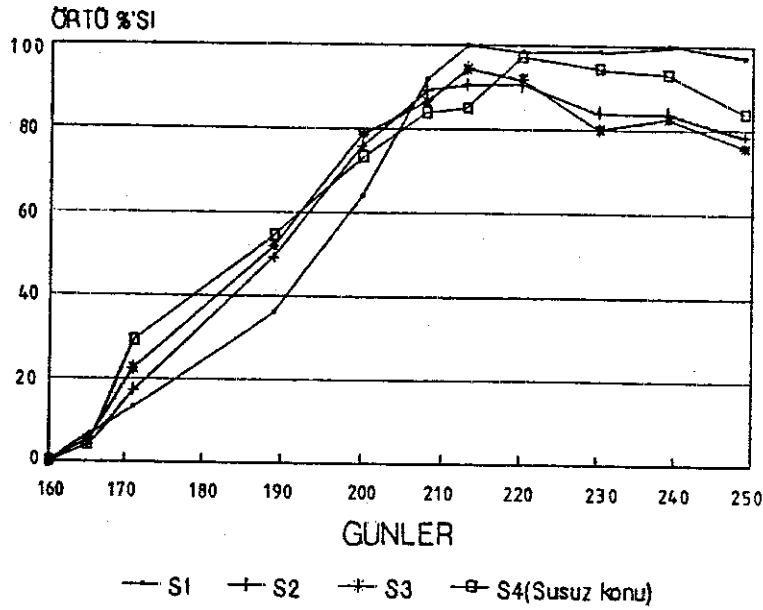
Şekil 4.16 Oransal nem (RH) ve kuru termometre sıcaklığı (DB) arasındaki ilişki (16 Eylül 1994)

4.8. Vegetatif Gelişmeye İlişkin Sonuçlar

4.8.1. Örtü yüzdesi

Araştırma konularında büyüme mevsimindeki örtü gelişimi sonuçları Şekil 4.17'de gösterilmiştir.

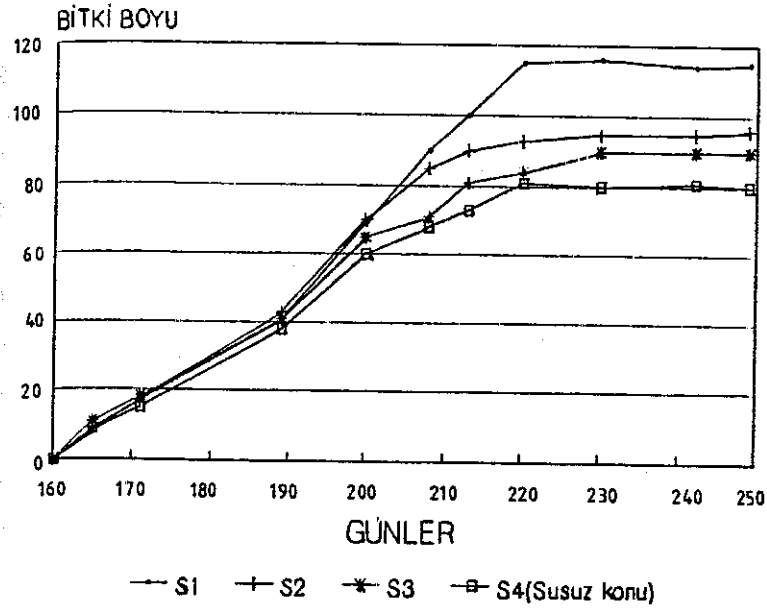
Şeklin incelenmesinden görüleceği gibi taç örtüsü gelişimi Temmuz-Ağustos ayına kadar hızlı bir gelişme göstermiştir. En fazla su alan S1 konusunda taç örtüsü gelişimi %100'e ulaşmış, diğer konularda ise yaklaşık % 90 'da kalmıştır. Taç örtüsü yüzdesinde S2, S3 ve S4 konularında 220. günden sonra azalma gözlenmesine karşın S1 konusunda ancak 240. günden sonra azalma gözlenmiştir.



Şekil 4.17 Deneme konularında bitki örtü yüzdesi gelişimi

4.8.2. Bitki boyu

Deneme konularından, bitki boy gelişimine ilişkin olarak elde edilen sonuçlar Şekil 4.18'de gösterilmiştir. Şekilden görüleceği üzere bitki boyu konulara göre 115 cm ile 80cm arasında değişmiştir. En fazla bitki boyu S1 konusunda, en az ise sulanmayan S4 konusunda gözlenmiştir.



Şekil 4.18 Deneme konularında bitki boy gelişimi

4.9. Generatif Gelişmeye İlişkin Sonuçlar

Birinci el hasat sırasında alınan pamuk örneklerinden belirlenen özellikler Çizelge 4.9'da verilmiştir. Bu amaçla pamuğun lif kalite özellikleri ile agronomik özelliklerinden elde edilen değerlerin sulanan 3 konu ile sulanmayan konuda farklılıklarını belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Elde edilen bu sonuçlara göre pamukta sulamanın lif kalite özellikleri ile agronomik özellikler üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir. Ancak sulanan konularda lif indeksi, lif inceliği ve mukavemet değerleri sulanmayan konuya göre ortalama olarak daha yüksektir.

Çizelge 4.9. Pamukta lif kalite özellikleri ile agronomik özelliklere ilişkin değerler

Kültür	Agronomik özellikler					Lif Kalite özellikleri							
	Ort. Çenet Sayısı	Tek Koza Ağırlığı (gr)	Kütlü/ Koza (gr)	Çiğirir Rand. (%)	100 Tohum Ağırlığı (gr)	Lif İndeksi	Lif İnce. (dtex)	U.H.M	Lif Uzun. %50 SL	lif Uzun. %2.5 SL	U.I.	Mukavemet (gr/tex)	Es-neme (inc)
31(1)	4.67	7.90	6.00	43.1	11.3	8.56	5.7	28.19	13.46	27.94	82.7	28.0	4.2
31(2)	4.70	6.60	5.11	42.0	10.1	8.84	4.0	29.46	14.22	29.21	85.4	24.5	4.3
31(3)	4.76	6.55	5.05	41.0	10.3	7.16	4.1	27.43	12.45	26.92	81.2	29.7	4.2
32(1)	4.67	7.89	6.62	43.9	10.5	8.22	5.2	27.94	12.19	27.43	82.4	22.2	4.1
32(2)	4.87	7.86	6.17	42.2	10.8	9.53	5.0	29.97	13.46	29.72	83.6	27.3	4.7
32(3)	4.56	7.05	5.23	43.5	11.1	8.53	4.8	28.19	12.95	27.94	84.0	26.7	4.7
33(1)	4.61	9.27	7.30	44.1	11.7	9.23	5.7	28.70	13.72	28.19	85.3	28.2	4.6
33(2)	4.87	6.90	4.94	42.6	9.50	7.05	4.0	27.18	12.95	27.18	82.5	24.2	4.6
33(3)	4.83	6.68	4.97	38.7	10.8	6.82	3.8	27.43	12.19	27.18	81.3	23.5	5.0
34(1)	4.67	7.09	5.31	42.1	9.5	6.91	4.0	28.70	13.46	28.45	84.6	24.7	4.2
34(2)	4.79	7.42	5.75	36.8	10.9	6.35	3.9	29.46	12.45	28.96	81.9	26.0	4.1
34(3)	4.50	6.07	4.59	42.1	10.1	7.34	3.3	27.94	12.95	27.94	83.2	23.0	4.1

Lif İndeksi : 100 tohumun üzerindeki lif ağırlığı

U.H.M. : Üst yarı uzunluk (Upper Half Mean)

Mukavemet : Lif dayanıklılığı

%50 SL : %50 ortalama uzunluk (Span Length)

%2.5 SL : % 2.5 ticari uzunluk

U.I. : Üniformite = (%50 SL / %2.5 SL)*100

Çizelge 4.10. Generatif özelliklere ilişkin varyans analiz tablosu

Kareler Ortalaması															
Lif Kalite Özellikleri										Agronomik Özellikler					
SD	Lif	Lif	U.H.M	Lif Uz.	Lif Uz.	U.I	Muka-	Es-	Verim	Ort.	Tek	KÜtlü/	Çırcır	100	
İndeksi	İnce.		%50 SL	%2.5 SL			vetet	neme		Çenet	Koza	Koza	Rand.	Tohum	
	(dtex)						(gr/tex)	(inc)		Sayısı	Ağ.(gr)	(gr)	(%)	Ağ.(gr)	
ORANA															
YAYISI	3	1.93	0.84	0.57	0.16	0.54	0.054	4.42	0.22	25105	0.005	0.46	0.38	4.16	0.22
BLOK	2	0.60	1.49	1.62	0.49	1.64	1.85	0.086	0.05	2041	0.026	2.12	1.84	6.56	0.18
MTA	6	0.90	0.23	0.63	0.52	0.57	3.14	7.8	0.04	2309	0.013	0.42	3.73	4.16	0.68

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Deneme süresince sulanmayan ve bu nedenle sürekli stres altında tutulan bitkiyi temsil eden üst sınır değeri 3.9°C olarak belirlenmiştir. Pinter vd (1983) pamuk bitkisinde üst sınırı 2.9°C, Abdul-Jabbar vd (1985) yoncada 4°C, Walker ve Hatfield (1983) fasulye bitkisinde 0°C, Yazar (1990) soyada 2.9°C olarak saptamışlardır. Bu değerlerden anlaşılacağı üzere farklı bölge koşullarında değişik türdeki bitkiler için üst sınır değerleri farklı olmaktadır. Ancak genel olarak 4°C'dir (Abdul-Jabbar vd 1985). Bu nedenle bu çalışmada elde edilen üst sınır değerinin anılan araştırmacılarca elde edilen değerlerle uyumlu olduğu söylenebilir.

Sulanan konularda sulama sonrası bitkinin maksimum oranda transpirasyon yaptığı varsayımına dayanılarak oluşturulan alt sınır değeri denklemi $T_c - T_a = 0.257 - 0.413 \text{ VPD}$ olan bir doğru olarak elde edilmiştir. Yapılan bir çok çalışmada alt sınır değeri benzer biçimde bulunmuştur. Idso (1982), 26 çeşit bitkinin alt sınır değerlerini belirlediği çalışmasında pamuk için alt sınır değerini benzer bir denklem ile ifade etmiştir. Howel vd (1986) kışlık buğdayda yaptıkları çalışmada alt sınır değerini başaklanma öncesi için $T_c - T_a = 1.08 - 2.09 \text{ VPD}$, ve başaklanma sonrası için $T_c - T_a = 1.54 - 1.29 \text{ VPD}$ olmak üzere iki farklı denklemle ifade etmişlerdir. Tubaileh vd (1986) ise yazlık arpada alt sınır doğrusunun denklemini başaklanma öncesi için $T_c - T_a = 1.30 - 1.70 \text{ VPD}$, başaklanma sonrası için $T_c - T_a = 1.24 - 0.97 \text{ VPD}$ olarak belirlemişlerdir.

Alt sınır değerleri bitkinin gelişme döneminde gösterdiği farklılık kadar aynı bitkinin farklı çeşitlerinde de farklılık göstermektedir. Howel vd (1986) tarafından kışlık buğdayın dört farklı çeşidinde alt sınır doğrusunun denklemleri TAM-105 çeşidinde $T_c - T_a = 0.925 - 1.976 \text{ VPD}$, TAM-108 çeşidinde $T_c - T_a = 0.496 - 1.640 \text{ VPD}$, Sturdy çeşidinde $T_c - T_a = 1.125 - 1.843 \text{ VPD}$, Scout çeşidinde $T_c - T_a = 0.840 - 1.812 \text{ VPD}$ olarak elde edilmiştir.

Deneme süresince üç farklı düzeyde sulama yapılan konularda, sulama düzeylerine bağlı olarak bitkilerde meydana gelen stres düzeylerinde değişiklikler saptanmıştır. S1 konusu için CWSI değeri 0.30 ile 0.40 arasında, S2 konusunda 0.45 ve S3 konusunda 0.60 olarak elde edilmiştir. Tüm konulardan elde edilen verim değerleri ile hesaplanan mevsimlik ortalama CWSI değerleri arasında oldukça yüksek bir korelasyon elde edilmiştir. Wanjura vd'nin (1990) yaptığı bir çalışmada pamuğun verimi ile stres düzeyi arasında oldukça yüksek bir korelasyon elde edilmiştir. Mevsimlik ortalama CWSI değerindeki artışa bağlı olarak verimde azalmanın ortaya çıkması, bitki su stresi indeksinin izlenmesi yoluyla verimin tahmin edileceğini göstermektedir. Öte yandan CWSI'nın topraktaki nem ile olan ilişkisi CWSI'nın sulama programlamasında kullanılabilme potansiyelini ortaya koymaktadır. Sulama konularında sulamaların topraktaki kullanılabilir suyun üç farklı tüketim düzeyine göre düzenlenmesine karşın beklenenden daha az sayıda sulama yapılması sulama mevsimi boyunca yüksek taban suyu varlığından dolayı toprağın kapilar beslenmesi ile açıklanabilir. Yüksek taban suyu varlığı topraktaki nemin uzun süre istenilen düzeye düşmemesine ve sulama zamanlarının geç gelmesine neden olmuştur. Ayrıca araştırmanın yürütüldüğü yerde drenaj kanallarının varlığına karşın, bunların etkin biçimde çalışmaması yüksek taban suyunun nedenlerinden biri olarak görülmüştür (Büyüktaş 1994).

Bu durum pamuğa uygulanan sulama suyu miktarlarının beklenenden az olmasına neden olmuştur. Deneme konularından en fazla su alan S1 konusuna yetiştirme mevsimi içerisinde toplam 218.0 mm, orta düzeyde su alan S2 konusuna toplam 213.4 mm, az su alan S3 konusuna 167.2 mm su uygulanmıştır. Benzer sulama konuları olan (kullanılabilir nemin %20, %40, %60 düzeylerinde sulama yapılan 3 farklı toprak serisinde) ve lizimetrede yapılan diğer bir çalışmada en yüksek verim kullanılabilir nemin %40'a düştüğü zaman sulama yapılan konudan elde edilmiştir (Kanber 1977). Tekinel ve Kanber'e (1989) göre, Mohamed vd: en uygun sulama programının kullanılabilir nemin yaklaşık %40'ı tüketildiğinde yapılan sulamalardan elde

edildiğini bildirmişlerdir

Denemeden elde edilen verim miktarlarına göre en fazla verim orta düzeyde su alan S2 konusunda (413.8 kg/da) gözlenmiştir. En fazla su alan S1 konusu ve en az su alan S3 konusunda ise sırasıyla 393.3 kg/da ve 318.3 kg/da olarak elde edilmiştir. Konular arasında elde edilen verim değerleri arasında istatistiksel analiz yapılmış ve konulara göre verim değerleri arasında %1 düzeyinde önemlilik bulunmuştur. Konulardan elde edilen verim değerleri ile sulama suyu (mm) arasında oldukça yüksek bir korelasyon ($r=0.92$) bulunmuştur. En yüksek verimin elde edildiği topraktaki kullanılabilir suyun %50'si tüketildiğinde sulanan S2 konusunda, sulamalar sırasında CWSI değerinin 0.45 olduğu belirlenmiştir.

Konular arasında mevsimlik ortalama CWSI değerleride belirlenmiştir. Buna göre en çok su alan S1 konusunda mevsimlik ortalama CWSI değeri 0.219, S2 konusunda 0.258, S3 konusunda 0.411, S4 konusunda 0.503 olarak elde edilmiştir. Mevsimlik ortalama CWSI ile verim değerleri arasında yüksek bir korelasyon elde edilmiştir ($r=0.861$). Fangmeier vd (1985) pamuk bitkisinde yaptıkları çalışmada benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

Denemede süresince çeşitli iklimsel değişkenlerin (solar radyasyon, buhar basıncı açığı, bitki yüzey sıcaklığı, kuru termometre sıcaklığı v.b.) birbirleri arasındaki ilişkilerde irdelenmiştir. Bitki yüzey sıcaklığı (IR) ile solar radyasyon arasında kuvvetli bir ilişki bulunmuştur. Solar radyasyon değeri en yüksek değerine 11:00-12:30 arasında ulaşmış bitki yüzey sıcaklığı ve taç örtüsü-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) değeri en yüksek değerine saat 13:00'de ulaşmıştır. Mevsim içerisinde en yüksek solar radyasyon değeri 21 Ağustos tarihinde elde edilmiş, bu tarihten sonra tedrici bir azalma gözlenmiştir. Kuru termometre sıcaklığına bağlı olarak $T_c - T_a$ farkı artmış, oransal nem değeri ise düşmüştür. Stegman ve Soderlund (1992) benzer iklimsel değişkenler ile benzer sonuçlara ulaşmışlardır.

pamuk bitkisinde sulanan konulara bağlı olarak örtü yüzdesi ve bitki bovu farklı elde edilmiştir. Örtü yüzdesinde en hızlı gelişme S1 konusunda (190-210. günler arasında) en yavaş gelişme ise S4 konusunda gözlenmiştir. Yetiştirme periyodu boyunca bitki bovu yükseklikleri konulara bağlı olarak farklılık göstermiş. en çok su alan S1 konusunda en yüksek en az su alan S4 konusunda en düşük olduğu görülmüştür. Bitki boyları yılın 210. gününden itibaren sabitleşmiş ve mevsim sonuna kadar aynı düzeyde devam etmiştir. Baştuğ (1987), pamuk bitkisinde yaptığı bir çalışmada, en yüksek bitki boyunun en fazla sulanan konuda elde edildiğini belirtmiştir. Çalışmada bitki bovu yükseklikleri sulanmayan konulara doğru azalmıştır.

Değişik sulama konularının pamuğun generatif özellikleri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Araştırma sonuçlarına göre, aşağıdaki öneriler sıralanabilir:

1. Antalva koşullarında pamuk bitkisinin, topraktaki kullanılabilir suyun %50'si tüketildiğinde sulanması gerektiği,

2. Pamuk bitkisinde sulamaya karar vermek için bitki su stres indeksinin (CWSI) kriter olarak kullanılabileceği ve bunun için en uygun değerin 0.45 olduğu.

3. Infrared termometre aletinin bölge koşullarında pamuk bitkisinin sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabileceği söylenebilir.

6. ÖZET

Antalya koşullarında pamuk bitkisinin sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabilecek bitki su stres indeksi değerini saptamak amacıyla 1994 yılında tarla çalışması yapılmıştır.

Çalışma farklı düzeylerde sulanan 4 konu kullanılarak 3 yinelemeli tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenmiş ve Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde yürütülmüştür. Araştırmada Çukurova- 1518 pamuk çeşidi kullanılmıştır. Pamuk bitkisinde 4 farklı sulama konusunda bitki su stres indeksi belirlenmiştir.

Pamuğun yetiştirme periyodu boyunca iklimsel değişkenlerin (rüzgar, solar radyasyon v.b) günlük ve mevsimlik olarak değişiminde belirlenmeye çalışılmıştır.

Deneme parselleri göllendirmeli karık yöntemiyle sulanmıştır. Sulamalar, 90 cm profil derinliğindeki kullanılabilir suyun S1 konusunda %30'u, S2'de %50'si ve S3'de %70'i tüketildiği zaman yapılmıştır. S4 konusunda sulama yapılmamıştır. Profildeki nem değişimleri gravimetrik yöntemle belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

1. Deneme konularına göre en yüksek verim topraktaki kullanılabilir suyun %50'si tüketildiğinde sulanan S2 konusundan elde edilmiştir.

2. Deneme sonucunda bitki su stres indeksinin hesaplanmasında kullanılan alt sınır hattının denklemi $y = 0.257 - 0.417 \text{VPD}$, üst sınır değeri ise 3.9°C olarak elde edilmiştir.

3. Bitki su stres indeksi baz alınarak yapılan sulama programlamasında sulamaların, bitki su stres indeksi değeri

0.45 değerine ulaştığı zaman yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

4. Elde edilen verim miktarları arasında istatistiksel analiz yapılmış ve konuların verim değerleri arasındaki farklar %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

5. Sulanan konularda sulama zamanındaki bitki su stres indeksi (CWSI) değerleri topraktaki kullanılabilir suyun %30'u tüketildiğinde sulanan konuda 0.30-0.40, %50'si tüketildiğinde sulanan konuda 0.45, %70'i tüketildiğinde sulanan konuda 0.60 olarak belirlenmiştir. Sulanmayan konuda bitki su stres indeksi sürekli artarak mevsim sonunda 1.0'e kadar yükselmiştir.

6. Mevsimlik ortalama CWSI değerleri S1 konusunda 0.219, S2 konusunda 0.258, S3 konusunda 0.411, S4 konusunda 0.503 olarak belirlenmiştir. Mevsimlik ortalama CWSI değerine bağlı olarak verimin tahmin edilebileceği saptanmıştır.

7. Bitkide sulama sonrası maksimum transpirasyonun ve taç örtüsü-hava sıcaklığı farkının solar radyasyonla önemli ölçüde ilişkili olduğu en yüksek taç örtüsü-hava sıcaklığı farkının solar radyasyonun en şiddetli olduğu öğle saatlerinde meydana geldiği belirlenmiştir.

8. Bitki boyu ve taç örtüsü yüzdeleri konulara göre farklılık göstermiş, en yüksek bitki boyu en çok sulama sıklığına sahip konuda olmuştur.

9. Mevsim sonunda elde edilen verim değerlerine göre pamukta sulama ile kütlü verimi arasında $\text{verim} = 194.4 + 0.920 \text{ sulama suyu}$ biçiminde ifade edilebilecek doğrusal bir ilişki elde edilmiştir.

10. Pamuğun çoğu generatif özelliklerinin sulamadan etkilenmediği saptanmıştır.

7. SUMMARY

A field study was conducted to determine crop water stress index (CWSI) which can be used in the determination of irrigation time of cotton crop grown under Antalya conditions in 1994.

The experiment was set up in completely randomized parcel design with three replications at four irrigation levels on a field of Akdeniz Agricultural Research Institute in the research. Cukurova 1518 cotton variety was used as plant material. The CWSI values were determined for 4 different irrigation levels.

The climatological variations during the cotton growth period (wind, solar radiation etc.) the crop were also determined daily and seasonal.

The experimental parcels were irrigated by the ponded furrow method. The irrigations were applied when 30%, 50% and 70% of available soil moisture were utilized by plants for S1, S2, and S3 irrigation levels respectively. There was no irrigation application in S4 level. The moisture variations in the profiles were determined by using gravimetric method.

The results can be summarized as follows:

1. The maximum yield was obtained in the level S2 irrigated when 50% of available soil moisture was utilized by the plant.
2. The equation of lower baseline used in calculations of CWSI was correlated as $y=0.257-0.417 \text{ VPD}$ and the upper baseline temperature was 3.9°C .
3. In the irrigation scheduling made by using CWSI, the irrigation must be applied when the CWSI is 0.45.

4. The statistical analysis were made between the yield values for different subjects and it was found that the yield values between subjects were significant at 1% level.
5. CWSI was found as 0.30-0.40, 0.45 and 0.60 when 30%, 50% and 70% of available soil moisture were utilized by plants, respectively. The CWSI raised to the 1.0 at the end of the season in non-irrigated plot.
6. The seasonal mean CWSI values were found as 0.219 in S1, 0.258 in S2, 0.440 in S3 and 0.503 in S4. It was also found that the yield could be estimated by using mean seasonal CWSI values.
7. The relationship between maximum transpiration and canopy-ambient air temperature difference with solar radiation after irrigation was in important level.
8. The crop heights and percentage of crop covers were different according to the irrigation levels, and the maximum crop height was in maximum irrigation frequency.
9. It was determined that the relationship between irrigation and yield obtained at the end of the season was linear. The equation of the relationship between irrigation water and yield was of the form; $\text{Yield} = 194.4 + 0.920 * \text{irrigation water}$.
10. Most of the generative characteristics of the cotton was not effected from irrigation.

B. KAYNAKLAR

- ABDUL-JABBAR, A.S., LUGG, D.G., SAMMIS, T.W., GAY, L.W. 1985. Relationships between crop water stress index and alfalfa yield and evapotranspiration. A.S.A.E. 28(2):454-461
- AYDEMİR, M. 1982. Pamuk ıslahı, yetiştirme tekniği ve lif özellikleri. Tarım ve Orman Bakanlığı. Pamuk İşleri Gn. Md. Nazilli Böl. Pamuk Ar. Enst. Yav. No:33. 382 say.
- BASTUĞ, R. 1987. Çukurova koşullarında pamuk bitkisinin su-üretim fonksiyonunun belirlenmesi üzerinde bir çalışma. Ç.Ü. Fen Bil. Enst. Kültürteknik A.B.D. Doktora Tezi. 119 sayfa.
- BASTUĞ, R. 1993. Bitkinin ateşi yükselirse!. TÜBİTAK Bilim Teknik Dergisi. 26(303):111-113
- BASTUĞ, R. 1994. Bitki su stresinin niceliksel ifade biçimleri ve sulama zamanının belirlenmesinde kullanılmaları. Ak.Ü. Zir. Fak. Derg. 7:114-128.
- BOYOKTAŞ, D. 1994. Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Topraklarının Sulama Yönünden Bazı Fiziksel ve Hidrolik Özellikleri üzerine Bir Araştırma. Ak.Üniv. Fen. Bil. Enst. Tar. Yap. ve Sul. A.B.D. Yüksek Lisans Tezi: 77 say
- BLACK, C.A. 1965. Methods of soil analysis, agron. A.S.A.E. 9(2):
- BOYUCOS, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of soil. Agronomy Journal. 43(9):434
- ÇAĞLAR, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları no:10.

- CHOUHDURY, B. J., REGINATO R. J. and IDSO, S. B. 1986. An analysis of infrared temperature observations over wheat and calculation of latent heat flux. Agriculture and Forest Meteorology. 37:75-88.
- CHURLER, W. L. 1973. Cotton leaf temperature as related to soil water depletion and meteorological factors. Agronomy Journal. 65:404-409.
- ERGENE, A. 1987. Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniv. Yay. No:635. Zir. Fak. Yay. No: 289: 370 say
- PANGMEIER, D. D., GARROT D. J. Jr. and HUSMAN, S. H. 1985. Water stress effects on trickle irrigated cotton. A.S.A.E. paper no :633. p:1-14
- FUCHS, M., KANEMASU, E. T., KERR, J. P., TANNER, C. B. 1967. Effect of viewing angle on canopy temperature measurements with infrared thermometers. Agronomy Journal. 59: 494-496.
- GEISER, K. M., SLACK, D. C., ALLRED, E. R., STANGE, K. W. 1982. Irrigation scheduling using crop canopy-air temperature difference. A.S.A.E. p:689-693
- HASIO, T. C. 1973. Plant responses to water stress. Plant Physiology. 24:519-570
- HATFIELD, J. L. 1983. Evapotranspiration obtained from remote sensing methods. Advances in irrigation. Vol (2):395-415.
- HATFIELD, J. L., REGINATO, R. J. and IDSO, S. B. 1984. Evaluation of canopy temperature- evapotranspiration models over various crops. Agriculture and Forest Meteorology. 32:41-53

- HATFIELD, J.I. 1990. Measuring plant water stress with infrared thermometer. Hortical Science. 25(2):1535-1538.
- HOWELL, T.A., MUSICK, J.T., TOLK, J.A. 1986. Canopy temperature of irrigated winter wheat. A.S.A.E. 29(6):1692-1698.
- IDSO, S.B., JACKSON, R.D., PINTER, P.J. JR., REGINATO, R.J. and HATFIELD, J.I. 1981. Normalizing the stress-degree-day parameter for enviromental variability. Agricultural Meteorology. 24:45-55.
- IDSO, S.B. 1982. Non-water-stressed baselines: A key to measuring and interpreting plant water stress. Agricltural Meteorology. 27:59-70.
- IDSO, S.B., and REGINATO, R.J., FARAH, S.M. 1982. Soil-and atmosphere-induced plant water stressin cotton as inferred from foliage temperatures. Water Resources Research. 18(4). pp:1143-1148.
- INAN, Ö., ÇETINKAYA, M., BEZİRGAN, A., GENÇKAL, C. 1990. Pamuk yetiştiriciliği, morfolojisi ve özellikleri. Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. 20 sayfa
- INOUE, Y. 1991. Remote and visualized sensing of physiological depression in crop plants with infrared thermal imagery. Jarq. 25(1):1-5
- JACKSON, M.L. 1967. Soil analysis. Adv. course. Dept. of soils Sci Univ. of Wisconsin. Madison. U.S.A
- 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):650-656
- JACKSON, R.D., IDSO, S.B., REGINATO, R.J. and PINTER, P.J. Jr. 1981. Canopy temperature as a crop water stress

- indicator Water Resources Research, 17(4):1133-1138.
- JACKSON, R.D. 1982. Canopy temperature and crop water stress. Advances in Irrigation Hillel D. (ed). Academic press 1:43-85
- JACKSON, R.D., KUSTAS, W.P. and CHOUDHURY, B.J. 1988. A reexamination of the crop water stress index. Irrigation Science, 9:309-317.
- JACKSON, S.H. 1991. Relationships between normalized leaf water potential and crop water stress index values for acala cotton. Agriculture Water Management, 20:109-118
- JALALI-FARAHANI, H.R., SLACK, D.C., MATTHIAS, A.D., KOPEC, D.M. 1986. Crop water stress parameters for turfgrass and their environmental dependability. A.S.A.E. Chicago. 35pp
- JENSEN, H.E., SVENDSEN, H., JENSEN, S.E., MOGENSEN, V.O. 1990. Canopy-air temperature of crops grown different irrigation regimes in a temperate humid climate. A.S.A.E. 11(3):181-188
- KANBER, R. 1977. Çukurova koşullarında bazı toprak nem serilerinin değişik kullanılabilir nem düzeylerinde yapılan sulamaların pamuğun verim ve su tüketimine etkileri üzerinde bir lizimetre araştırması. Topraksu Gen. Müd. Tarsus Böl. Topraksu Araş. Enst. Müd. Yay. Gen Yay. No:85. Rapor Yay. no:35 Doktora Tezi. 170 sayfa.
- KANBER, R., KIRDA, C., TEKINEL, O. 1990. Sulama suyu sorunları ve sulamada tuzluluk sorunları. Çuk. Üniv. Zir. Fak. no:100 pp: 280
- HISRA, R.D. and GANGWAR, K.S. 1987. Water relations in greengram under various irrigation schedules. Indian Journal of Agronomy, 32(2):165-166

- MYHRE, B.E., SHIH, S.F., SMAJSTRLA, A.G. and ZAZUETA, F.S. 1988. Calibration of an infrared thermometer. Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings, 47:99-102
- MYHRE, B.E., SHIH, S.F. 1990. Using infrared termometry to estimate soil water content for a sandy soil. A.S.A.E. 33 (5):1479-1486
- NIELSEN, D.C. 1990. Scheduling irrigations for soybeans with the crop water stress index (cws_i). Field Crops Research, 23:103-116
- NIELSEN, D.C., CLAWSON, K.L. and BLAD, B.L. 1984. Effect of solar azimuth and infrared thermometer view direction on measured soybean canopy temperature. Agronomy Journal, 76:607-610.
- NIEMIERA, A.X., GOY, M. 1990. Use of crop water stress index to schedule irrigation of freeway landscape plants. Hortical Science, 25(3):302-305.
- O'TOOLE, J.C. and HATFIELD, J.L. 1983. Effect of wind on the crop water stress index derived by infrared thermometry. Agronomy Journal, 75:811-817.
- O'TOOLE, J.C., TURNER, N.C., NAMUCO, O.P., DINGKUHN, M. and GOMEZ, K.A. 1984. Comparison of some crop water stress measurement methods. Crop Science, 24: 1121-1128
- O'TOOLE, J.C. and REAL, J. 1984. Canopy target dimension for infrared thermometry. Agronomy Journal, 76:863-865.
- O'TOOLE, J.C. and REAL, J.G. 1986. Estimation of aerodynamic and crop resistance from canopy temperature. Agronomy Journal, 78:305-310
- PINTER, P.J. Jr., STANGHELLINI, M.E., REGINATO, R.J., IDSO, S.B., JENKINS, A.D., and JACKSON, R.D. 1979. Remote detection of

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

biological stresses in plants with infrared thermometry. Science. vol. 205:585-587.

PINTER, P.J.Jr. FRY, K.E., GUINN, G., MAUNEY, J.R. 1983. Infrared thermometry: A remote sensing technique for predicting in yield in water-stressed cotton. Agricultural Water Management, 6:385-395.

REGINATO, R.J. 1983. Field quantification of crop water stress. A.S.A.E. 26(3):772-781.

REGINATO, R.J., and HOWE, J. 1985. Irrigation scheduling using crop indicators. Journal of irrigation and drainage engineering, Vol. 111(2): 125-133.

REICOSKY, D.C., SMITH, R.C.G. and MEYER, W.S. 1985. Foliage temperature as a means of detecting stress of cotton subjected to a short-term water-table gradient. Agriculture and Forest Meteorology, 35:193-203

RHOADES, J.D. 1982. Soluble salts. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Edited by A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney. 167-169. Wisconsin

SADLER, E.J. and VAN BAVEL, C.H.M. 1982. A simple method to calibrate an infrared thermometer. Agronomy Journal, 74:1096-1098.

SCHERER, T.F., FLIKKE, A.M., HANSEN, B.J. 1985. in-field evaluation of the resistance terms in the crop energy balance equation. A.S.A.E. Paper no:85-2515.

SINGH, C.B., SANDHU, B.S. and KHERA, K.L. 1991. Irrigation and leaf foliage effects in radiation and canopy temperature regimes of maize in monsoonal tropical area. Ann. Agric. Res. 12(3):219-224

- SMITH, R.C.G., HERITAGE, A.D., STAPPER, M. and BARRS, H.D. 1986. Effect of stripe rust (*puccinia striiformis* west.) and irrigation on the yield and foliage temperature of wheat. Field Crops Research, 14:39-51
- SMITH, R.C.G., BARRS, H.D., FISCHER, R.A. 1988. Inferring stomatal resistance of sparse crops from infrared measurement of foliage temperature. Agricultural and Forest Meteorology, 42:183-198.
- STEINER, J.L., SMITH, R.C.G., MEYER, W.S. and ADENEY, J.A. 1985. Water use, foliage temperature and yield of irrigated wheat in south-eastern Australia. Aust. J. Agric. Res. 36:1-11
- STEGMAN, E.C., SODERLUND, M. 1992. Irrigation scheduling of spring wheat using infrared thermometry. A.S.A.E. 35(1): 143-152.
- STOCKLE, C.O., DUGAS, W.A. 1992. Evaluating canopy temperature based indices for irrigation scheduling. Irrigation Science, 13:31-37.
- TEKİNEL, O., KANBER, R. 1979. Cukurova koşullarında kısıntılı su kullanma durumunda pamuğun su tüketimi ve verimi. Tarsus Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, genel yayın no: 98, rapor yayın no: 48, 40 sayfa
- TEKİNEL, O., KANBER, R. 1989. Pamuk sulamasının genel ilkeleri. Ç.Ü. Zir. Fak. no:18, 56 sayfa.
- THROSSELL, C.S., CARROW, R.N. and MILLIKEN, G.A. 1987. Canopy temperature based irrigation scheduling indices for kentucky bluegrass turf. Crop Science, 27:126-131.
- THUN, R., HERMANN, R. and KNICKMANN, E. 1955. Die untersuchung von boden. Neumann Verlag. Radel beul und Berlin, p:48

- T.O.K.B. (TARIM ORMAN ve KÖY İŞLERİ BAKANLIĞI). 1988. Yaprak ve Toprak Analiz Metotları. T.O.K.B. Zeytincilik Araştırma Enst. Bornova: 26 sayfa
- TOPRAKSU. 1970. Antalya Havzası Toprakları. K.I.B. Yay. No:145. Topraksu Gn. Md. Yay. No: 235. Ankara. 178 say
- TUBAILEH, A.Z., SAMMIS.T.W and LUGG.D.G. 1986. Utilization of thermal infrared thermometry for detection of water stress in spring barley. Agricultural Water Management. 12:75-85.
- TOZÜNER, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. T.O.K.I.B. Köy hiz. Gn. Md. Ankara: 375 say.
- U.S.S.L. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. (Ed. Richards.L.A). Agr. Hand Book. p:60.
- WALKER, G.K. and HATFIELD.J.L. 1983. Stress measurement using foliage temperatures. Agronomy Journal. 75:623-629.
- WANJURA, D.F., HATFIELD.J.L. and UPCHURCH.D.R. 1988. Stress index relationships with crop productivity. Paper no:swr 88-102). pp:19
- WANJURA, D.F., UPCHURCH.D.R., MAHAN.J.R. 1990. Evaluating decision criteria for irrigation scheduling of cotton. A.S.A.E. 33(2):512-518.
- WANJURA, D.F. and UPCHURCH.D.R. 1991. Infrared thermometer calibration and viewing method effects on canopy temperature measurement. Agriculture and Forest Meteorology. 55:309-321.
- YAZAR, A. 1990. Utilization of infrared thermometry technique for assessing crop water stress and irrigation scheduling for soybean. Doğa. Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi. 14:517-533.

YAZAR. A. 1993. Infrared termometre ile bitki su stresinin ölçülmesi. Sulama Teknolojisinde Yeni Gelişmeler Semineri:1-11. 13-24 Eylül Tarsus.

9. EKLER

Ek çizelge 1. Temel grafiğin alt sınır hattının belirlenmesi amacıyla 18.9.94 tarihinde yapılan ölçümlerden elde edilen değerler

Saat	$T_e - T_a$ (°C)	Oransal Nem (%)	Buh. Bas. Aç. (VPD.kPa)	Rüz. Hızı (m/sn)
9:30	-2.4	40	3.1	0.5
10:00	-1.1	30	5.3	1.5
10:30	-0.7	26	5.5	2.0
11:00	-0.2	23	3.1	3.0
11:30	-2.7	12	6.1	0.5
12:00	-2.7	17	6.4	0.0
12:30	-0.9	9	7.2	0.5
13:00	-2.7	6	7.0	0.5
13:30	-4.8	6	7.8	0.0
14:00	-3.2	5	7.8	3.0
14:30	-2.7	10	6.9	5.0
15:00	-1.5	61	2.2	3.0
15:30	-0.2	50	2.1	2.0
16:00	-0.5	65	1.9	1.0

Ek çizelge 2. Temel grafiğin üst sınır hattının belirlenmesi amacıyla yapılan ölçümlerden elde edilen değerler

Tarih	Ölçümlerin Alındığı saatler	T _e -T _a (°C)	Oran. Nem(%)	VPD (kPa)	Rüz. Hız. (m/sn)
31.8.94	11:00-11:20	4.2	35	5.1	0.0
	11:40-12:00	3.6	17	6.2	0.5
	12:40-13:00	4.1	22	6.4	0.0
	13:10-13:30	4.3	28	6.1	0.0
	13:40-14:00	3.9	25	6.7	0.0
5.9.94	11:00-11:20	4.0	44	3.8	0.5
	11:40-12:00	3.8	45	4.5	1.5
	12:40-13:00	3.6	47	3.9	2.0
	13:10-13:30	4.1	65	3.6	3.0
	13:40-14:00	4.0	59	2.8	3.0
7.9.94	11:00-11:20	3.8	36	4.5	0.0
	11:40-12:00	3.6	23	6.2	0.0
	12:40-13:00	3.8	28	6.0	0.5
	13:10-13:30	3.7	17	7.1	0.5
	13:40-14:00	3.8	31	6.0	0.5

Ek çizelge 3. Farklı sulama konularında ölçüm günlerinde belirlenen bitki su stres indeksi (CWSI) ve rüzgar hızı değerleri.

S1 Konusu

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI	Ort. rüzgar hızı
8.8.94	220	11:00-12:00	0.01	0.015	0.0
		12:30-13:30	0.02		0.0
10.8.94	222	11:00-11:20	0.00	0.014	-
		11:40-12:00	0.01		2.5
		12:40-13:00	0.01		-
		13:10-13:30	0.02		2.0
		13:40-14:00	0.03		
12.8.94	224	11:00-11:20	0.060	0.203	0.0
		11:40-12:00	0.100		0.0
		12:40-13:00	0.250		0.0
		13:10-13:30	0.305		0.0
		13:40-14:00	0.300		1.0
15.8.94	227	11:00-11:30	0.250	0.330	2.0
		11:40-12:00	0.300		2.0
		12:40-13:00	0.400		2.0
		13:10-13:30	0.300		3.0
		13:40-14:00	0.400		3.0
18.8.94	230				(Sulama)
22.8.94	234	11:00-11:20	0.010	0.073	2.5
		11:40-12:00	0.050		2.5
		12:40-13:00	0.105		2.5
		13:10-13:30	0.100		2.0
		13:40-14:00	0.100		2.0

Ek Çizelge 3 ün devamı

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI	Ort. rüzgar hızı
24.8.94	236	11:00-11:20	0.150	0.144	0.0
		11:40-12:00	0.100		0.5
		12:40-13:00	0.150		0.5
		13:10-13:30	0.176		0.5
26.8.94	238	11:00-11:20	0.200	0.269	0.5(Sulama)
		11:40-12:00	0.220		2.0
		12:40-13:00	0.350		2.0
		13:10-13:30	0.306		1.0
31.8.94	243	11:00-11:20	0.310	0.385	0.0
		11:40-12:00	0.370		0.0
		12:40-13:00	0.430		0.0
		13:10-13:30	0.480		0.0
		13:40-14:00	0.335		0.0
2.9.94	245				(Sulama)
5.9.94	248	11:00-11:20	0.040	0.066	0.5
		11:40-12:00	0.045		1.5
		12:40-13:00	0.070		2.0
		13:10-13:30	0.095		3.0
		13:40-14:00	0.080		3.0
7.9.94	250	11:00-11:20	0.120	0.170	0.0
		11:40-12:00	0.190		0.0
		12:40-13:00	0.250		0.5
		13:10-13:30	0.150		0.5
		13:40-14:00	0.140		0.5
9.9.94	252	11:00-11:20	0.230	0.285	0.5
		11:40-12:00	0.310		0.0
		12:40-13:00	0.290		1.0
		13:10-13:30	0.350		3.0
		13:40-14:00	0.245		2.0

Ek Çizelge 3'ün devamı

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI	Ort. rüzgar hızı
14.9.94	257	11:00-11:20	0.315		2.0
		11:40-12:00	0.420		2.0
		12:40-13:00	0.500	0.375	1.5
		13:10-13:30	0.400		0.5
		13:40-14:00	0.240		3.5
17.9.94	260	11:00-12:00	0.030		3.5
		12:40-13:00	0.070		3.0
		13:10-13:30	0.100	0.080	3.5
		13:40-14:00	0.120		3.0
20.9.94	263	12:40-13:00	0.100		3.0
		13:10-13:30	0.160	0.120	4.0
		13:40-14:00	0.100		3.0
21.9.94	264	11:40-12:00	0.115		0.0
		12:40-13:00	0.150		1.0
		13:10-13:30	0.200	0.150	1.0
		13:40-14:00	0.135		4.0
23.9.94	266	11:00-11:20	0.100		0.5
		11:40-12:00	0.250		0.0
		12:40-13:00	0.280	0.200	0.0
		13:10-13:30	0.200		0.5
		13:40-14:00	0.170		0.0
26.9.94	269	11:00-11:20	0.245		2.0
		11:40-12:00	0.380	0.375	1.5
		13:10-13:30	0.500		3.0
29.9.94	272	11:00-11:20	0.385		2.0
		11:40-12:00	0.410		3.0
		12:40-13:00	0.440	0.410	3.0
		13:10-13:30	0.550		2.5

Ek Çizelge 3'ün devamı

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI	Ort. rüzgar hızı
		13:40-13:40	0.345		3.0
30.9.94	273	12:40-13:00	0.540	0.500	2.0
		13:10-13:30	0.560		0.5

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI
8.8.94	220	11:00-12:00	0.040	0.05
		12:30-13:30	0.060	
10.8.94	222	11:00-11:20	0.050	0.103
		11:40-12:00	0.100	
		12:40-13:00	0.130	
		13:10-13:30	0.130	
		13:40-14:00	0.105	
12.8.94	224	11:00-11:20	0.120	0.210
		11:40-12:00	0.210	
		12:40-13:00	0.240	
		13:10-13:30	0.270	
		13:40-14:00	0.210	
15.8.94	227	11:00-11:30	0.190	0.280
		11:40-12:00	0.235	
		12:40-13:00	0.261	
		13:10-13:30	0.394	
		13:40-14:00	0.320	
19.8.94	231	11:00-11:20	0.185	0.340
		11:40-12:00	0.254	
		12:40-13:00	0.312	
		13:10-13:30	0.519	
		13:40-14:00	0.430	
22.8.94	234	11:00-11:20	0.170	0.460
		11:40-12:00	0.295	
		12:40-13:00	0.512	
		13:10-13:30	0.700	
		13:40-14:00	0.623	
23.8.94	235			

(Sulama)

Ek Çizelge 3'ün devamı

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI
26 8 94	238	11:00-11:20	0.015	
		11:40-12:00	0.050	
		12:40-13:00	0.060	0.050
		13:10-13:30	0.075	
31 9 94	243	11:00-11:20	0.100	
		11:40-12:00	0.120	
		12:40-13:00	0.215	0.150
		13:10-13:30	0.185	
		13:40-14:00	0.130	
5 9 94	248	11:00-11:20	0.115	
		11:40-12:00	0.220	
		12:40-13:00	0.300	0.310
		13:10-13:30	0.500	
		13:40-14:00	0.415	
7 9 94	250	11:00-11:20	0.190	
		11:40-12:00	0.315	
		12:40-13:00	0.300	0.380
		13:10-13:30	0.500	
		13:40-14:00	0.495	
9 9 94	252	11:00-11:20	0.215	
		11:40-12:00	0.440	
		12:40-13:00	0.609	0.450 (Sulama)
		13:10-13:30	0.500	
		13:40-14:00	0.486	
14 9 94	257	11:00-11:20	0.000	
		11:40-12:00	0.010	
		12:40-13:00	0.020	0.010
		13:10-13:30	0.010	
		13:40-14:00	0.010	

EK Çizelge 3'ün devamı

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI
17.9.94	260	11:00-12:00	0.010	0.100
		12:40-13:00	0.100	
		13:10-13:30	0.100	
		13:40-14:00	0.200	
20.9.94	263	12:40-13:00	0.140	0.170
		13:10-13:30	0.160	
		13:40-14:00	0.210	
21.9.94	264	11:40-12:00	0.135	0.185
		12:40-13:00	0.185	
		13:10-13:30	0.200	
		13:40-14:00	0.220	
23.9.94	266	11:00-11:20	0.195	0.250
		11:40-12:00	0.220	
		12:40-13:00	0.250	
		13:10-13:30	0.280	
		13:40-14:00	0.305	
26.9.94	269	11:00-11:20	0.370	0.400
		11:40-12:00	0.440	
		13:10-13:30	0.390	
29.9.94	272	11:00-11:20	0.340	0.495
		11:40-12:00	0.400	
		12:40-13:00	0.635	
		13:10-13:30	0.500	
		13:40-14:00	0.600	
30.9.94	273	12:40-13:00	0.400	0.500
		13:10-13:30	0.600	

S3 Konusu

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI
8.8.94	220	11:00-12:00	0.090	0.100
		12:30-13:30	0.110	
10.8.94	222	11:00-11:20	0.100	0.150
		11:40-12:00	0.185	
		12:40-13:00	0.210	
		13:10-13:30	0.125	
		13:40-14:00	0.130	
12.8.94	224	11:00-11:20	0.183	0.310
		11:40-12:00	0.207	
		12:40-13:00	0.350	
		13:10-13:30	0.420	
		13:40-14:00	0.390	
15.8.94	227	11:00-11:30	0.215	0.380
		11:40-12:00	0.220	
		12:40-13:00	0.410	
		13:10-13:30	0.440	
		13:40-14:00	0.615	
19.8.94	231	11:00-11:20	0.200	0.410
		11:40-12:00	0.315	
		12:40-13:00	0.513	
		13:10-13:30	0.612	
		13:40-14:00	0.410	
22.8.94	234	11:00-11:20	0.275	0.452
		11:40-12:00	0.413	
		12:40-13:00	0.550	
		13:10-13:30	0.571	
		13:40-14:00	0.560	

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI
24 8.94	236	11:00-11:20	0.323	0.510
		11:40-12:00	0.420	
		12:40-13:00	0.683	
		13:10-13:30	0.614	
26 8.94	238	11:00-11:20	0.440	0.600 (Sulama)
		11:40-12:00	0.620	
		12:40-13:00	0.630	
		13:10-13:30	0.710	
31 9.94	243	11:00-11:20	0.040	0.080
		11:40-12:00	0.060	
		12:40-13:00	0.100	
		13:10-13:30	0.110	
		13:40-14:00	0.090	
5 9.94	248	11:00-11:20	0.115	0.200
		11:40-12:00	0.190	
		12:40-13:00	0.185	
		13:10-13:30	0.260	
		13:40-14:00	0.250	
7 9 94	250	11:00-11:20	0.150	0.250
		11:40-12:00	0.200	
		12:40-13:00	0.200	
		13:10-13:30	0.390	
		13:40-14:00	0.310	
9 9 94	252	11:00-11:20	0.174	0.310
		11:40-12:00	0.217	
		12:40-13:00	0.312	
		13:10-13:30	0.400	
		13:40-14:00	0.447	

EK Çizelge 3'ün devamı

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI
14.9.94	257	11:00-11:20	0.220	
		11:40-12:00	0.313	
		12:40-13:00	0.355	0.410
		13:10-13:30	0.512	
		13:40-14:00	0.650	
17.9.94	260	11:00-12:00	0.412	
		12:40-13:00	0.488	
		13:10-13:30	0.575	0.500
		13:40-14:00	0.525	
20.9.94	263	12:40-13:00	0.500	
		13:10-13:30	0.520	0.510
		13:40-14:00	0.510	
21.9.94	264	11:40-12:00	0.515	
		12:40-13:00	0.540	
		13:10-13:30	0.500	0.520
		13:40-14:00	0.525	
23.9.94	266	11:00-11:20	0.483	
		11:40-12:00	0.612	
		12:40-13:00	0.515	0.550
		13:10-13:30	0.600	
		13:40-14:00	0.540	
26.9.94	269	11:00-11:20	0.520	
		11:40-12:00	0.650	0.610
		13:10-13:30	0.660	
29.9.94	272	11:00-11:20	0.500	
		11:40-12:00	0.695	
		12:40-13:00	0.650	0.650
		13:10-13:30	0.700	

Ek Çizelge 3'ün devamı

Tarih	Yılın günü	Ölçüm saatleri	CWSI	Ort. CWSI
		13:40-14:00	0.705	
30.9.94	273	12:40-13:00	0.670	0.680
		13:10-13:30	0.690	

AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
MERKEZ KÜTÜPHANESİ

ÖZGEÇMİŞ

Berkant ÖDEMİŞ, 1968 yılında Kahramanmaraş ili Elbistan ilçesi'nde doğdu. İlk orta lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 1987 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nden 1992 yılında mezun oldu. Ekim 1992 'de Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümüne araştırma görevlisi olarak girdi. Halen aynı bölümde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.