

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

120 394

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

**BİTKİ SU STRES İNDEKSİ İLE PAMUK VERİM
İLİŞKİLERİNİN İNFRARED TERMOMETRE
TEKNİĞİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ**

Hüseyin GÜNDOĞDU

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 501.04.01

Sunuş Tarihi :26 Temmuz.2002

Tez Danışmanı : Doç. Dr. M.Ali UL

Bornova – İZMİR

120394

Sayın Hüseyin GÜNDOĞDU tarafından DOKTORA TEZİ olarak sunulan “Bitki Su Stres İndeksi ile Pamuk Verim İlişkilerinin İnfrared Termometre Tekniği Kullanılarak Belirlenmesi” adlı bu çalışma, “Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin” nin 24 üncü madde (c) ve (d) bentleri ve Enstitü yönergesinin ilgili hükümleri dikkate alınarak tarafımızdan değerlendirilmiş olup yapılan sözlü savunma sınavında aday oy *birliği*..... ile başarılı bulunmuştur.* Bu nedenle Hüseyin GÜNDOĞDU’nun sunduğu metnin doktora tezi olarak kabulüne oy *birliği*..... ile karar verilmiştir.

26 Temmuz 2002

Jüri Başkanı ; Doç.Dr. M. Ali UL imza.....
 Raportör ; Prof. Dr. i. Hakkı TÜZEL imza.....
 Üye ; Doç. Dr. Ferit DOKSAN imza.....
 Üye ; Prof. Dr. Aynur GÜREL imza.....
 Üye ; Doç. Dr. Selçuk ALBUT imza.....

ÖZET

BİTKİ SU STRES İNDEKSİ İLE PAMUK VERİM İLİŞKİLERİNİN İNFRARED TERMOMETRE TEKNİĞİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

GÜNDOĞDU, Hüseyin

Doktora Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Tez Yöneticisi : Doç. Dr. M. Ali Ul

26 Temmuz 2002, 130 Sayfa

Menemen koşullarında, Nazilli-84 pamuk çeşidinde infrared termometre tekniği kullanılarak belirlenen yaprak sıcaklığı ile hesaplanan bitki su stres indeksini belirlemek ve verim ile topraktaki su miktarı ile ilişkilerini incelemek amacıyla yürütülen bu araştırma 1995 ve 1996 yıllarında Menemen Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü deneme alanında gerçekleştirilmiştir.

Tesadüf blokları deneme desenine göre üç yinelemeli olarak yürütülen denemede; susuz, kullanılabilir nemin % 40, 60 ve 80'i tüketildiğinde sulama yapılması konuları olmak üzere dört deneme konusu ele alınmıştır.

Sonuç olarak; her iki yılda da en yüksek verim, kullanılabilir nemin % 80'i tüketildiğinde sulama yapılan I3 konusundan elde edilmiştir.

VI

Belirtilen konunun ortalama bitki su stres indeks (CWSI) değeri 1995 yılında 0.21 ve 1996 yılında 0.25 olarak bulunmuş, diğer konularla karşılaştırıldığında daha küçük düzeyde gerçekleşmiştir.

CWSI hesaplamalarında kullanılan iki kriterden biri olan üst baz sınır çizgisi 1995 yılında 3.4 °C ve 1996 yılında ise 3.69 °C dolayında çıkmıştır. İkinci kriter olan yaprak sıcaklığı ile hava sıcaklığı farkının (Tc-Ta) su buhar basıncı açığı (VPD) ile ilişkisini ifade eden alt baz sınır çizgisi ise 1995 de $Tc-Ta=1.795 - 1.272 \text{ VPD}$ ve 1996 yılında $Tc-Ta=1.319 - 0.995 \text{ VPD}$ doğrusal denklemi ile ifade edilebileceği sonucuna varılmıştır.

CWSI değerleri sulama uygulamaları sonrası 2 ile 5 günlük periyotlar arasında düşme eğilimi göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Pamuk, infrared termometre tekniği, bitki su stres indeksi, yaprak sıcaklığı.

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN CROP WATER STRESS INDEX AND COTTON YIELD BY INFRARED THERMOMETRY TECHNIQUE

GÜNDOĞDU, Hüseyin

Ph.D. in, Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor : Assoc. Prof. M. Ali Ul

26 July 2002, 130 pages

This experiment was carried out at the field of Menemen Rural Services Research Institute between 1995 and 1996 with the aim of determining the crop water stress index of Nazilli-84 cotton variety, using canopy temperature determined by infrared thermometry technique and studying out relationship with yield and soil moisture content.

Four treatments as completely dry, irrigating at the level of 40, 60 and 80 % of available moisture capacity consumption by crop, have been studied according to the randomized block design with three replications.

The highest yield according to the results had been obtained from the treatment of I3 which is the irrigation made at the level of 80 % of available soil moisture consumption by the crop. Crop water stress index

VIII

(CWSI) value of the treatment I3, which was giving the highest yield, was determined as 0.21 in 1995 and 0.25 in 1996 and these values were smaller than the other treatments.

The upper limit baseline, which is one of two criteria using in the CWSI calculations, had been around $3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 1995 and $3.69\text{ }^{\circ}\text{C}$ in 1996. The lower limit baseline as second criterion, which expresses the relationship between the differences of Canopy and air temperature ($T_c - T_a$) and vapor pressure deficit (VPD), has been expressed linearly by the equation of $T_c - T_a = 1.795 - 1.272\text{VPD}$ in 1995 and $T_c - T_a = 1.319 - 0.995\text{VPD}$

The CWSI values showed a falling trend between the 2 and 5 day periods with the applications of irrigation

Key Words: Cotton, infrared thermometry technique, crop water stress index, canopy temperature

TEŞEKKÜR

Bana bu konuda çalışma olanağı sağlayan, değerli görüş ve katkılarıyla yol gösteren ve devamlı teşviklerini gördüğüm sayın hocam Doç. Dr. M.Ali UL'a,

Çalışmalarım sırasında katkılarını esirgemeyen sayın Prof. Dr. Süer ANAÇ'a, Prof. Dr. İ. Hakkı TÜZEL'e, Doç. Dr. Ferit DORSAN ile Dr. Yasemin KUKUL ve Arş. Görevlisi Kamil MERİÇ'e, tezimi yazmam için manevi yardımlarından dolayı Dr. Fikret Eyüpoğlu ile Eşi Dr. Hatice Eyüpoğlu'na,

Çalışmam boyunca büyük sabır ve özveri gösteren Sevgili Eşim ve Kızıma

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	V
ABSTRACT.....	VII
TEŞEKKÜR.....	IX
İÇİNDEKİLER.....	XI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XIV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XVI
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	33
3.1.Materyal.....	33
3.1.1.Araştırma Yerinin Tanımı.....	33
3.1.2.Araştırma Yerinin İklim Özellikleri.....	34
3.1.3.Araştırma Alanının Tarımsal Yapı ve Üretimi.....	37
3.1.4.Araştırma Alanının Arazi ve Toprak Özellikleri.....	40
3.1.5.Araştırmada Kullanılan Pamuk Çeşidinin Özellikleri..	42
3.1.6.Araştırmada Kullanılan Alet ve Ekipmanlar.....	42
3.2.Yöntem.....	43
3.2.1.Tarla Deneme Yöntemi.....	43
3.2.2.Araştırma Konuları.....	45
3.2.3.Arazi Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	46
3.2.3.1.Toprak ve Su Örneklerinin Alınması.....	46
3.2.3.2.Taç Yaprak Sıcaklıklarının Ölçülmesi.....	48

İÇİNDEKİLER (Devam)

3.2.3.3.Psikrometrik Ölçümlerin Yapılması.....	49
3.2.4.Laboratuvar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	49
3.2.5.Tarımsal Uygulamalar.....	53
3.2.6.Büro Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	54
3.2.6.1 Su Buharı Basıncı Eksikliği (VPD) Hesaplama Yöntemi.....	55
3.2.6.2.Bitki Su Stres İndeksinin (CWSI) Hesaplama Yöntemi.....	56
3.2.6.3.Mevsimlik Bitki Su Tüketimi.....	57
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	58
4.1.Toprak ve Su Örneklerinin Analizine İlişkin Sonuçlar.....	58
4.1.1.Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine İlişkin Sonuçlar.....	58
4.1.2.Sulama Suyu Kalitesine İlişkin Analiz Sonuçları.....	61
4.2.Bitkinin Gelişme Dönemi ve Tarımsal İşlemlere İlişkin Gözlem Sonuçları.....	63
4.3.Sulama Suyu ve Bitki Su Tüketim Miktarlarına İlişkin Sonuçlar.....	64
4.4.Kütlü Pamuk Verimine İlişkin Sonuçlar.....	69
4.5.Psikrometrik Ölçümlere İlişkin Sonuçlar.....	71
4.6.Taç Yaprak Sıcaklıklarına İlişkin Sonuçlar.....	77
4.7.Taç Yaprak Sıcaklığı(Tc)-Hava Sıcaklığı(Ta) Farkı ile Su Buhar Basıncı Açığı(VPD) İlişkisi ve Bitki Su Stres İndeksine (CWSI) İlişkin Sonuçlar.....	80

İÇİNDEKİLER (Devam)

4.8.Bitki Su Stres İndeksi(CWSI)-Verim-Toprak Nemi	
Arasındaki İlişkiler.....	92
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	99
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	105
EKLER.....	120
ÖZGEÇMİŞ.....	130



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1.	1995 Yılı Deneme Planı.....	44
Şekil 3.2.	1996 Yılı Deneme Planı.....	45
Şekil 4.1.	1995 Yılı Islak ve Kuru Termometre Değerleri ile Arasındaki Sıcaklık Farkları.....	72
Şekil 4.2.	1996 Yılı Islak ve Kuru Termometre Değerleri ile Arasındaki Sıcaklık Farkları.....	73
Şekil 4.3.	Islak ve Kuru Termometre Sıcaklık Farkları ile Oransal Nem İlişkisi.....	75
Şekil 4.4.	Sıcaklık ile Doygun Su Buharı Basıncı İlişkisi..	76
Şekil 4.5.	1995 Yılı Doygun Su Buharı ve Gerçek Su Buharı Basıncı ile VPD Değişimleri.....	76
Şekil 4.6.	1996 Yılı Doygun Su Buharı ve Gerçek Su Buharı Basıncı ile VPD Değişimleri.....	77
Şekil 4.7.	1995 Yılı Ortalama Taç Yaprak Sıcaklıkları Değişimi.....	78
Şekil 4.8.	1996 Yılı Ortalama Taç Yaprak Sıcaklıkları Değişimi.....	79
Şekil 4.9.	1995 Yılı Sulama Konularının Tc-Ta ile VPD İlişkileri.....	83
Şekil 4.10.	1996 Yılı Sulama Konularının Tc-Ta ile VPD İlişkileri.....	84
Şekil 4.11.	1995 ve 1996 Yılı Birleştirilmiş Değerlerin Tc-Ta ile VPD İlişkileri.....	86

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

Sayfa

Şekil 4.12.	1995 Yılı CWSI Değerlerinin Sulama İle İlişkileri.....	90
Şekil 4.13.	1996 Yılı CWSI Değerlerinin Sulama İle İlişkileri.....	91
Şekil 4.14.	1995 Yılı CWSI Değerleri İle Topraktaki Nem Düzeyi Arasındaki İlişkileri.....	93
Şekil 4.15.	1996 Yılı CWSI Değerleri İle Topraktaki Nem Düzeyi Arasındaki İlişkileri.....	94
Şekil 4.16.	1995 ve 1996 Yıllarında Konulara Göre Elde Edilen Verimler.....	97
Şekil 4.17.	1995 ve 1996 Yıllarında CWSI-Verim İlişkisi..	97

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1.	Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonuna İlişkin Bazı İklim Elemanlarının Uzun Yıllar Ortalaması.	35
Çizelge 3.2.	Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonuna İlişkin 1995 Yılı Bazı İklim Verileri.....	36
Çizelge 3.3.	Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonuna İlişkin 1996 Yılı Bazı İklim Verileri.....	37
Çizelge 3.4.	Tarım Arazisi Dağılımı.....	39
Çizelge 3.5.	Tarla Ürünleri Ekiliş Alanları, Üretimi ve Verimi.....	39
Çizelge 3.6.	1999 Yılı İtibariyle Üretim ve Gayrisafi Gelir Gelir.....	40
Çizelge 4.1.	1995 Yılı Deneme Yeri Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri.....	58
Çizelge 4.2.	1996 Yılı Deneme Yeri Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri.....	59
Çizelge 4.3.	1995 ve 1996 Yılı Deneme Yeri Topraklarının Bazı Kimyasal Özellikleri.....	61
Çizelge 4.4.	Denemede Kullanılan Sulama Suyu Analiz Sonuçları.....	62

ÇİZELGELER DİZİNİ (Devam)

Sayfa

Çizelge 4.5.	1995 ve 1996 Yıllarına Ait Fenolojik Gözlem ve Uygulanan Kültürel İşlemlere ilişkin Tarihler.....	63
Çizelge 4.6.	1995 ve 1996 Yılı Sulama Tarihleri, Adetleri ve Uygulanan Su Miktarları.....	66
Çizelge 4.7.	1995 ve 1996 Yılı Deneme Konularına göre Uygulanan Su Miktarları ile Bitki Su Tüketimleri.....	67
Çizelge 4.8.	1995 ve 1996 Yıllarına ait Pamuk Kütlü Verimleri.....	69
Çizelge 4.9.	1995 ve 1996 Yıllarına ait Pamuk Kütlü Verimlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları..	70
Çizelge 4.10.	1995 ve 1996 Yıllarına ait Ortalama Verimler Ve Duncan Testine göre Gruplar	71
Çizelge 4.11.	1995 ve 1996 Yıllarına ait Sulama Konularının Bitki Su Stres İndeks (CWSI) Değerleri.....	88
Çizelge 4.12.	1995 ve 1996 Yıllarına ait Konuların CWSI- Toprak Nemi Regresyon Denklemi ve r^2 Katsayıları.....	95

1. GİRİŞ

Dünyamızda bulunan suyun % 3' ünden daha azı tatlı su özelliğini taşımakta ve bu suyun önemli bir miktarı (% 70) yeraltı ve buzullarda bulunmaktadır. Bu tatlı suyun ise % 1' inden daha azı insanoğlunun doğrudan kullanımına sunulmakta ve bu su da göllerde nehirlerde rezervuarlarda ve yeraltında kolayca çekilebilecek derinlikte bulunmaktadır. Yalnızca bu miktar yağmur ve kar ile yenilenmekte ve normal koşullarda sürdürülebilir bir şekilde varlığını devam ettirebilmektedir (Hamdy, 1999).

Küresel doğal kaynaklar içerisinde, yenilenebilirlik özelliği gittikçe azalan su kaynaklarının sosyo-ekonomik değerinin yanı sıra yaşamsal vazgeçilmezliği de bilinen bir gerçektir. Eko-sistemlerin ve insanoğlunun yaşamı suya bağlıdır. Üzerinde yaşadığımız Dünyanın % 70' ini su oluşturmakta olup, suyun insanlık açısından yaşamsal rolü, her geçen gün biraz daha önem kazanmaktadır. Bugün artık kritik bir konuma ulaşmış bulunan su kaynaklarının sürdürülebilir sosyo-ekonomik kalkınma için etkin kullanımı konusu, her düzeyde giderek daha yoğun biçimde gündeme gelmektedir. En yoğun su talebi tarımsal amaçlı kullanımlarda ortaya çıkmaktadır (Ünver ve Tüzün, 2001).

Tarımsal amaçlı kullanımlarda ortaya çıkan su kullanımı, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde kritik bir işletme girdisi niteliğindedir. Herkes tarafından bilindiği üzere, sulamanın genel amacı, optimum bitki gelişimini sağlamak için, doğal yollarla karşılanamayan bitki kök

bölgesindeki suyu toprakta yeterli miktarda depolamak ve böylece bitkinin su stresini azaltmaktır. Buna göre, uygun sulama yönteminin seçimi ile birlikte sulama zamanının belirlenmesi ve sulama programlarının hazırlanması önem kazanmaktadır.

Sulama yönetiminin amacı ise, su tasarrufu sağlayarak bitki üretimini maksimum (veya optimum) duruma getirmek için bitkinin su durumunu kontrol etmektir. Bitkinin su durumu ise çevresindeki atmosfer ve toprak özellikleri ile belirlenmektedir. Bu yüzden, sulama ile bitkinin su durumu kontrol edilebilmektedir (Hsiao, 1990).

Sulama programlarının hazırlanmasında kullanılan teknikler, hidrolojik ve fizyolojik olmak üzere ikiye ayrılabilir. Hidrolojik teknikler doğrudan toprak neminin ölçülmesine dayanan veya bitki – toprak – atmosfer sistemi içerisinde su dengesini dikkate alan bazı yöntemlerle değerlendirilirler. Fizyolojik teknikler ise, bitki bünyesindeki suyun dolaylı veya dolaysız olarak ölçülmesi ile gereksinim duyulduğu anda sulama uygulamasına dayanır. Bu nedenle, bugün sulama programlarının hazırlanmasında kullanılan yöntemler, düzenli olarak toprak nemi ölçümünü, atmosfere ilişkin parametreler ile bitki örtü sıcaklığı, stomal direnç, yaprak rengi ve yapraktaki su potansiyeli gibi bitkiye dayalı ölçümler gerektirmektedir (Kanemasu et al., 1983).

Bilindiği gibi geleneksel olarak sulama uygulamaları, topraktaki su içeriğine dayandırılmakta ve amprik yaklaşımlarla gerekli hesaplamaları yapılmaktadır. Ülkemizde de sulama zamanını belirleme çalışmaları

genellikle görsel veya toprak – su içeriğinin doğrudan ölçülmesiyle belirlenmeye çalışılmaktadır.

Bu işlemler ise zaman alıcı, sıkıcı ve pahalı olmakta ve hatta çeşitli örnekleme hataları içermektedirler (Pinter and Reginato, 1982). En azından, sulamadan 24 saat önce alınan toprak örneklerindeki su içeriğinin, bir gün sonraki sulama günündeki toprak – su içeriğini tam olarak temsil edip etmediği bile tartışma konusu olabilmektedir. İşte bütün bu olası olumsuz etkilerden kaçınmak için daha çabuk ve daha duyarlı tekniklerin kullanılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

Sulama zamanının belirlenmesinde kullanılan yöntemler; bitki göstergeleri, toprak göstergeleri ve su bütçesi teknikleri olarak sınıflandırılabilir (James, 1993). Bu tekniklerin içinde yer alan uygulamalardan bir tanesi de bitkinin yaprak sıcaklığının ölçülmesine dayanan tekniklerdir.

Yaprak sıcaklığı, fizyolojik bir olaydır. Bu fizyolojik olayla ilgili olan bitki su stres indeksi, bitkinin içsel su durumunu belirlemede ve sulama programlamasının belirlenmesinde kullanılabilir (James 1993).

Infrared termometre, bitki yaprağından gelen ısıyı sıcaklık şeklinde kayıt edebilen bir araçtır ve su ihtiyacının belirlenmesinde topraktaki nem düzeyinin belirlenmesi yerine, doğrudan bitkiye ilişkin ölçümlerle

bitkideki su eksikliğinin saptanmasına ilişkin bir yaklaşım getirmektedir (Evsahibioğlu, 1995).

Jackson et al. (1977)' nın bildirdiğine göre, bitki su stresinin göstergesi olan bitki taç sıcaklığını kullanan yöntemler yeni olmayıp, 1960' lı yıllardan bu yana birçok araştırmacı bu konuda çalışmalar yapmıştır.

Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü deneme alanında 1995 – 1996 yıllarında yürütülen bu araştırmada bitki taç sıcaklığını ölçen infrared termometre aleti yardımı ile; pamuk bitkisinde su stres indeksini (CWSI) belirleyerek, sulama programlanmasında kullanılan CWSI – verim – toprak nemi arasındaki ilişkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada, pamuk bitkisinde gelişme periyodunun belirli bir döneminde, taşınabilir infrared termometre ile yaprak sıcaklıkları ölçülmüş ve aynı zamanda meteorolojik parametrelerin de ölçülmesiyle bu bitkideki bitki su stres indeksi belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra bu indeksin diğer parametrelerle ilişkileri incelenmeye çalışılmıştır.

Giriş ile birlikte beş bölümden oluşan bu araştırmanın ikinci bölümünde, literatür özeti verilmiş, üçüncü bölümde araştırmada kullanılan materyal ve uygulanan yöntemler açıklanmıştır. Dördüncü bölümde araştırmada elde edilen bulgular ve bunların tartışılması yapılmış, son bölümde ise sonuç ve öneriler ele alınmıştır. Son olarak da kullanılan yerli ve yabancı kaynaklar dizini ile ek çizelgeler verilmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu bölümde, yaprak taç sıcaklıkları, bitki su stres indeksi (CWSI) ve bu indeksin su buharı basıncı eksikliği ile ilişkileri, bu ilişkilerin çeşitli bitkilerde sulama zamanlamasında kullanılma olanaklarının araştırılmasında, geçmişten günümüze kadar yapılan bazı çalışmalar irdelenmekte ve bu çalışmaların önemli bulgularına yer verilmektedir.

Tanner (1963), yaprak sıcaklık ölçümlerinin bitki araştırmaları için 3 alanda ilgili olacağını bunları; 1) hava sıcaklıkları ile ilgili bitki sıcaklıkları, 2) antitranspirantlar ve 3) farklı rejimler altında yetiştirilen bitkilerin su stresi farklılıkları olarak bildirmektedir. Bitki ile bitki veya bitki ile hava arasındaki sıcaklıkların değerlendirilmesinin zor bir yol olduğunu belirten araştırmacı, sıcaklıkları kolayca ölçebilecek herhangi bir yolun bulunmamasının bu konudaki en önemli sorun olduğunu ifade etmektedir. Aynı araştırmacı, yapraklara yerleştirilebilecek termal sensörlerin bile bitki sıcaklıklarını etkileyebileceğini belirtmektedir. Ancak son yıllarda infrared termometre teknolojisindeki gelişmelerin bu tür sorunları ortadan kaldırdığını bildirmektedir. Yazar ayrıca, 1961 yılında çok kısa periyot için infrared termometre ile patates ve yonca bitkisinde bitki sıcaklıklarını ölçtüklerini, sonuçta ölçülen bitki sıcaklıklarının hava sıcaklığından oldukça farklılıklar gösterdiğini, yonca bitkisinin sıcaklığının geceleyin 5 ile 10 °C arasında hava sıcaklığından daha az ve günün belirli zamanlarında 5 ile 10 °C daha fazla olduğunu sıkça gözlemlendiğini belirtmektedir. Araştırmacı saat 13.³⁰ ile 14.⁰⁰

arasında bitki sıcaklıklarında aşırı artışların ilginç olduğunu bildirmektedir.

Gates (1964), bitki tarafından absorbe edilen ve hava sıcaklığı tarafından kontrol edilen enerjinin dengesi ve diagramının prensiplerini ve doğruluğunu ortaya koymak için 1963 yılında meşe bitkisinde gözlemler yapmıştır. Yaprak sıcaklıkları thermocouple, transpirasyon porometre, solar radyasyon ise pyrheliometer ile ölçülmüştür. Yazar gözlemlerine göre şu sonuçlara varmıştır: güneş ışığı direkt olarak yaprağı aydınlatıldığında yaprak transpirasyon oranı birkaç dakikalığına hızlı bir şekilde yükselmekte ve daha sonra önceki trendine dönmektedir. Eğer bu transpirasyondaki ani yükseliş oluşmazsa yaprak sıcaklığı artmış olmaktadır. Transpirasyon oranındaki daha büyük değişimler enerji dengesi ve yaprak sıcaklığında önemli değişimlere neden olmaktadır.

Wiegand and Namken (1966), pamuk bitkisindeki su stres değişimlerinin yaprak sıcaklığı ve yaprak sıcaklığı ile hava sıcaklığı farkı üzerindeki etkileri incelemek için Texas'da 1964 ve 1965 yıllarında bir araştırma yürütmüşlerdir. 1964 yılında ölçtükleri yaprak sıcaklıkları 29 °C den 43.2 °C ye kadar değişim göstermesine karşın yaprak sıcaklığı – hava sıcaklığı farkları 0.4 – 8.7 °C ile daha dar değerler arasında ölçülmüştür. Solar radyasyondaki değişimler yaprak sıcaklığı-hava sıcaklığı değerlerine göre sadece yaprak sıcaklığında daha fazla etki yaptığı saptanmıştır. Bitkideki oransal su içeriğinde % 83 den % 59 a düşüş, yaprak sıcaklığında 3.6 °C lik bir artışla meydana gelmiştir. Solar radyasyondaki bir birim yükseliş (ly/dakika) ise yaprak sıcaklığında 9 ile

10 °C lik bir yükselişe neden olmuştur. Araştırmacılar, bu çalışma ile bitkideki su stresinin değişimi önemli derecede yaprak sıcaklığında ve yaprak-hava sıcaklığı farklarında değişimlere neden olduğunu, güneşlenmenin dikkatlice izlenmesi gerektiğini, ayrıca bulutluluk durumunun sıcaklık değişimlerine etki yapabileceğini bildirmektedirler.

Yakın zamana kadar elle taşınabilir infrared termometre teknolojisi yaygın olmadığı için yaprak sıcaklıkları, yaprağa yapıştırılan ‘ thermocouple ‘ aleti ile ölçülerek çalışmalar yürütülmekteydi. Nitekim, Palmer (1967) Avustralya’ da, 1964 yılında, yarı – kurak iklim koşullarında thermocouple kullanarak pamuk bitkisindeki yaprak ve koza sıcaklıklarının günlük değişimlerini incelemiştir. Yaptığı bu araştırma sonuçlarına göre; sulanan pamuk yapraklarında gün içerisinde minimum 9.3 °C ile maksimum 29.0 °C lik sıcaklıklar gerçekleştiğini, söz konusu değerin sulanmayan bitkinin yapraklarında minimum 9.4 ve maksimum 33.3 °C arasında olduğunu belirlemiştir. Bu sıcaklıklar kozalarda ise, sulanan bitkilerde 16 – 29 °C ve sulanmayanlarda ise 15 – 37 °C arasında değiştiğini gözlemleyerek koza sıcaklıklarının, yaprak sıcaklıklarına göre, toprak – su stresine daha duyarlı olduğunu vurgulamıştır. Araştırmacı ayrıca, sabah erken saatlerde yaprak ve hava sıcaklıklarının sulanan ve sulanmayan bitkilerde birbirine yakın olduğunu öğlen ve öğleden hemen sonra ise sulanmayan yaprakların sıcaklık değerinin hava sıcaklığından daha yüksek olduğunu ve bu durumun sulanan yapraklardaki serin ve ılık günlerdeki durumuyla benzerlik gösterdiğini belirtmiştir. Sıcak veya çok sıcak günlerde, sulanan bitkideki yaprak sıcaklıkları ya hava sıcaklığına yaklaşmakta ya da hava sıcaklığı değerinden daha düşük olmaktadır.

Koza sıcaklıkları ise, gün ortasında sulanan bitkilerde hava sıcaklığından daha düşük, sulanmayanlarda ise daha yüksek olarak gerçekleştiği araştırmacı tarafından belirtilmektedir.

Ehrler (1973), değişen yaprak sıcaklıklarının topraktaki normal su çekilmesinin fonksiyonu olarak tahmin edilip edilemeyeceğinin ve değişen yaprak sıcaklıklarının pamukta maksimum verimi elde etmek için sulama programlarında kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi amacıyla, 1967 ve 1968 yıllarında denemeler yürütmüştür. Denemesinde iki farklı pamuk çeşidini kullanmıştır. Yaprak sıcaklıklarını ölçmek için ise “thermo-junction” aletini kullanmıştır. Yaptığı ölçümler sonucunda topraktaki nemin azalması ile oluşan yaprak sıcaklık değişimlerinin ölçülebileceğini, fakat bu değişimleri yorumlayabilmek için ayrıca havanın saturasyon eksikliğinin de birlikte kullanılması gerektiğini, pamukta yaprak sıcaklıkları ile sulama programının maksimum verim elde edilmesinde kullanılabileceğini, fakat bu konunun üzerinde ileride daha fazla çalışılması gerektiğini bildirerek, bu teknikle çalışılırken şu konulara dikkat etmek gerektiğini vurgulamaktadır: 1- Kuru koşullarda maksimum sıcaklık değişimleri olsa bile standardizasyon açısından tekerrürlerde de aynı yaprak lokasyonlarını göz önünde bulundurmak gerekir. 2- Hava sıcaklığı ve su buhar basıncı bitkiye yakın bir yerde ölçülmeli. 3- Bitkinin çeşidi önemlidir, çünkü aynı bitkinin farklı çeşitleri aynı çevre koşullarında farklı sonuçlar verebilmektedir. 4- Bu teknik, daha çok sabit bir solar radyasyon girişinin olduğu açık havalarda daha iyi kullanılmaktadır.

Jackson et al. (1977), Arizona’da 1975 yılında buğday bitkisinde yaptıkları bir çalışmada, öğlen 13.³⁰ – 14.⁰⁰ saatleri arasında taç yaprak sıcaklıkları ile toprak yüzeyinden 150 cm yükseklikteki hava sıcaklıklarını ölçmüşlerdir. Ölçtükleri bu sıcaklıkları $T_c - T_a$ (taç yaprak sıcaklığı – hava sıcaklığı) farklarının belirli bir zaman dilimi için toplamalarını alarak bunu “stress degree day “ (SDD) faktörü olarak tanımlayıp, sulamada zaman ve miktar belirlemeleri açısından bir gösterge olup olamayacağını araştırmışlardır. Araştırmacılar SDD yi aşağıdaki gibi formülüle etmektedirler:

$$SDD = \sum_{n=1}^N (T_c - T_a)_n$$

Burada; T_c = Taç yaprak sıcaklığı (°C)

T_a = Toprak yüzeyinden 150 cm de ölçülen hava sıcaklığı (°C)

N = Ölçüm yapılan gün sayısı olarak verilmektedir.

Yapılan değerlendirmede SDD faktörünün genel olarak ne zaman sulamaya başlanması gerektiğine karar vermede bir gösterge olabileceğine karşın, sulama miktarının belirlenmesi yönünden yeterli bir gösterge olamayacağı kanısına varmışlar ve SDD nin pozitif olmadığı sürece bitkinin ciddi bir su stresi yaşamadığını belirtmişlerdir. Genel olarak, eğer bitkide yeterli su varsa, $T_c - T_a$ değeri sıfır veya negatif değer civarında olacak, eğer su stresi varsa bu değer sıfırdan büyük bir değer olacaktır. Böylelikle $T_c - T_a$ nın pozitif değerlerinin toplamı

sulama zamanının indeksi olarak hizmet edebileceği sonucuna varmışlardır.

Ehrler (1973), pamuk bitkisinde yaptığı bir araştırmada, thermocouple aletini yaprak sıcaklığını ölçmek için kullanmış ve yaprak ile hava sıcaklığı farkının sulamadan sonra düştüğünü görmüştür. Araştırmacı elde ettiği bilgilere göre, yaprak sıcaklığı – hava sıcaklığı farkının havanın su buhar basıncı açığı (VPD) arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu göstererek, bu tekniğin sulama programlamasında kullanılmasının uygun olacağını ve geliştirilebileceğini bildirmektedir.

Ul ve Balcı (1993), bitki su stresinin belirlenmesinde yeni bir yaklaşım olan kızılötesi termometrelerin en büyük dezavantajının ancak, stomaları kapatacak düzeydeki su stresine dayanıklı bitkiler için kullanışlı olmalarını belirtmelerine karşın, yine de nötronmetre ve basınç odası gibi diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında kullanımının daha basit olması ve daha az iş gücüne gerek göstermesi nedeniyle üstünlüğünün kabul edildiğini belirtmektedirler.

Ehrler et al. (1978), gün boyunca yaprak sıcaklıklarının değişimini incelemek ve taç yaprak sıcaklığı – hava sıcaklığı (ΔT) parametresi ile ilgili diğer parametrelerin bütün bir günü temsil edebilecek en iyi zamanı belirleyebilmek için 1975 – 1976 buğday bitkisinde yaptıkları araştırmada, ıslak ve kuru toprak koşullarının ikisinde de ΔT ve taç yaprak sıcaklıklarında saat 14.⁰⁰ sıralarında maksimum değerlere ulaşma

eğilimi gösterdiği ve bu yüzden bütün günü temsil edebilecek ölçümlerin saat 14.⁰⁰ sıralarında ölçülmesinin yeterli olacağı sonucuna varmışlardır.

Jackson et al. (1981), infrared termometrelerden önce yaprak sıcaklıklarının termocouple adı verilen sensörlerle yapıldığını, son yıllarda infrared teknolojisinin geliştiğini, 0.5 °C doğrulukta değerler veren çok hafif elde taşınabilir termometrelerin rutin ölçümlerde sık kullanıldığını aletin görüş alanı açısı içerisinde (FOV) çok hızlı ölçümler yapabilmesinin taç yaprak sıcaklık ölçümlerinde ideal olarak kullanılabilmesinin bu tekniğin en üstün yanı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacıların infrared termometre ve diğer psikrometrik ölçümler yaparak 1980 yılında buğday bitkisinde yaptıkları çalışmada, bitki su stres indeksinin, (1-E/Ep)’ye eşit olduğu, gerçek evapotranspirasyonun potansiyel evapotranspirasyona oranının Penman – Monteith eşitliğinden elde edildiği bildirilmektedir. Araştırmacılar, ayrıca birçok çevresel faktörlerin CWSI hesaplamalarında hatalara neden olabileceğini, bunlardan rüzgarın önemli bir faktör olduğunu, artan rüzgar hızlarının CWSI yi arttırdığını, bulutluluk durumunun ani bir şekilde değişmesinin de CWSI değeri üzerinde ciddi hatalara yol açtığını, bu yüzden ölçümlerin oldukça durağan koşullarda yapılması gerektiği, bunun yanı sıra aletin görüş alanı açısındaki (FOV) arka plandaki toprağın görülmemesinin gerektiği, diğer bir ifadeyle aletin ölçüm anındaki pozisyonunun önemli olduğunu vurgulamışlardır. Aynı araştırmanın sonucu olarak, CWSI nın sulama programlarında kullanılabilmesi için değişik bitkilerin hangi CWSI değerlerinde sulanmalarının gerektiği ile ilgili araştırmaların büyük önem taşıdığı belirtilmiştir.

Idso et al. (1981 b), Amerika'nın değişik bölgelerinde, bitki su potansiyelindeki düşüşün topraktaki nem azalmasına dayalı sonuçlarını belirlemek amacıyla yonca bitkisinde yaprak sıcaklığı ölçümleri yapmıştır. Çalışmada hava sıcaklıkları ve buhar basıncı açığı kullanılarak bitki su stres indeksi belirlemeye çalışılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre; yaprak-hava sıcaklıkları ile oransal nemin kullanılması sonucu elde edilen su stres indeksinin, yonca bitkisindeki su potansiyelinin azalmasında toprağa bağlı bir fonksiyon olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir. Araştırıcılar buldukları sonuçlara dayanarak, toprakta nemin azalmasıyla meydana gelen bitki su potansiyeli azalmasının, infrared termometre yoluyla hızla bir şekilde değerlendirilebileceğini ve bunun sulama programlarında kullanılabileceğini belirtmektedirler.

Walker and Hatfield (1983), Davis, Kalifornia'da barbunya fasulyesinde 1979 yılında bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada yaprak enerji denge modelini denemişler ve bu modelin evre olayları ile nasıl etkilendiğini, ayrıca verim tahmininde kullanılıp kullanılamayacağını araştırmışlardır. Araştırmada kullanılan enerji dengesi modeli, yaprak sıcaklığı – hava sıcaklığı değeri ($T_f - T_a$) ile havanın saturasyon açığına ve net radyasyona bağlı olarak değişmektedir. Oransal verim ise g_v / g_v^{max} oranı ile tahmin edilmiştir. Burada g_v su buharının analog geçirgenliği olarak tanımlanmış, g_v^{max} ise yeterli sulanan bitkiden elde edilerek tane verim ile ilişkili bulunmuştur. Araştırmanın sonucu olarak, yalnızca yaprak sıcaklığının verim tahmininde yetersiz kalacağı, bunun için diğer çevresel parametrelerin de kullanılması gerektiği, ayrıca enerji denge modeli ve yaprak – hava

sıcaklığı değerlerinin yaprak iletkenlik değerleri ile birlikte verim tahmininde kullanılabileceği belirtilmiştir.

O'Toole and Real (1984), infrared termometrelerin tarımsal araştırma ve işletmelerde artan bir şekilde kullanılmaya başlandığını belirterek, ölçümlerdeki hataları en aza indirmek ve bir standardizasyon sağlamak için aletin tutulan hedef görüş alanlarını, açılarını, mesafelerini belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan değerlendirmede sıcaklık değerinin doğruluğunun termometrenin pozisyonu ile yakından ilişkili olduğu bildirilmiştir. Araştırmacılar infrared termometrenin görüş alanının dairesel koni şeklinde olduğunu, bu koninin hedefe dik tutulduğunda görüş alanı bir daire şeklini alarak, aşağıdaki formülle tanımlanabildiğini belirtmişlerdir.

$$r = f \tan FOV / 2$$

Burada;

r = Dairenin yarıçapı

F = Aletin görüş alanından olan mesafesi

FOV = Görüş alanı açısıdır.

Eşitliğe göre, FOV arttıkça aletin gördüğü hedef alan artmaktadır.

Geiser et al. (1982), Minesotta' da mısır bitkisinde 1978 – 1979 yılları arasında yaptıkları bir çalışmada, taç yaprak sıcaklığı – hava sıcaklığı farkı, net radyasyon, oransal nem ve kullanılabilir su miktarı gibi parametreleri kullanarak bir sulama program modeli geliştirmişlerdir.

Araştırmacılar ortaya koydukları modelin, su bütçesi ve elektriksel direnç blokları yöntemi ile karşılaştırmasını da yapmışlardır. Araştırmanın istatistiksel sonuçlarına göre; Yaprak sıcaklığı – hava sıcaklığı (ΔT) kullanılarak yapılan değerlendirmede aşağıdaki ilişki bulunmuştur.

$$\Delta T = -1.065 + 4.71 \cdot 10^{-3} R + 0.0274H + -0.0535 AW + 4.01 \cdot 10^{-10} AW^5$$

Burada;

R = Net radyasyon (Watt/ m²)

H = Havanın oransal nemi (%)

AW = Kullanılabilir toprak nemidir (%)

Sıcaklık farkı modeli diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında; su bütçesi yöntemine göre % 39, elektriksel direnç bloğu yöntemine göre ise % 18 daha az su hesapladığı görülmüştür.

Idso et al. (1981a), ABD'nin değişik bölgelerinde, kabak, yonca ve soya fasulyesi bitkisi üzerinde günün belli saatlerinde yaprak sıcaklıklarını ölçmüş ve Tc – Ta farklılıklarını su buharı basınç eksikliği ile (VPD) ilişkilendirmişlerdir. Araştırma sonuçlarına göre, bütün bitkilerde ve farklı bölgelerde Tc-Ta nın VPD ile ilişkisi doğrusal bulunmuştur. Fakat bu üç bitkideki ilişkiler benzer çıkmamış her bir bitki çeşidinin kendine özgü bir ilişkisi olduğu saptanmıştır. Fakat yine de diğer bazı bitkilerin bu bitkiler ile benzer sonuçlar verebileceği belirtilmiştir. Ayrıca su buhar basıncı eksikliğinin (VPD) yaprak

sıcaklığı – hava sıcaklığı farkının değişiminde belirleyici bir faktör olduğu belirtilmektedir.

Pinter and Reginato (1982), Arizona’da pamuk bitkisi üzerinde, bitki su stres indeksi ile yaprak gözenek dirençleri arasında sezon boyunca ortaya çıkan ilişkileri incelemek ve bu ilişkilerin sulama programlarının çıkarılmasında yararlanılabilirliğini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada taç yaprak sıcaklıkları öğlen 13.³⁰ ile 13.⁴⁵ saatleri arasında infrared termometre (aletinin görüş açısı °4 ve 10.5 ile 12.5 µm dalga boyunda) ile ölçülmüştür. Ölçümler düzenli olmayan aralıklarla, fakat sulamadan bir gün önce ve sulamadan 2-3 gün sonraya kadarki dönemi kapsayacak şekilde yapılmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre SDD ile VPD arasında; $SDD = 1.71 - 1.90 (VPD)$ eşitliği ile ifade edilebilen bir ilişki belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca CWSI değerinin sulama ile en düşük düzeye indiği, sulama gereksiniminin artmasıyla tekrar yavaş yavaş en yüksek düzeye çıktığı saptanmıştır. Arizona yaz koşullarındaki su buhar basıncı altında, strese girmeyen pamuk bitkisinin yaprak sıcaklığı hava sıcaklığından 5 – 10° daha düşük bulunmuştur. İki sulama arasındaki CWSI nın artış oranı, atmosferin buharlaşma isteğinden kaynaklanan fiziksel boyutu ile doğrusal, toprakta depo edilen suyun düzeyi ile ters ilişkili olduğu bildirilmektedir. CWSI nın sulamadan sonra hiçbir zaman sıfır değerine ulaşmadığı, yaprak gözenek direnci ile CWSI arasında da ilişki bulunduğu belirtilmektedir.

Idso (1982), bitki su stres indeksinin kullanılabilmesi için, iyi sulanan ve potansiyel oranda transpirasyon yapan bitkideki yaprak sıcaklığı – hava sıcaklığı farkı ile su buharı basıncı açığı (VPD) ilişkisinin bilinmesi gerektiğini vurgulayarak, değişik bölgelerde su stresine girmeyen 26 bitki çeşidi üzerinde ve açık bulutsuz hava koşulunda bu ilişkileri incelemiştir. Yürütülen çalışmaların sonucunda araştırmacı, örneğin pamuk bitkisinde bu ilişkiyi $T_c - T_a = 1.49 - 2.09$ (VPD) bağıntısıyla açıklamakta ve korelasyon katsayısını 0.971 olarak vermektedir. Araştırmacı ayrıca bazı bitkilerin (buğday ve arpa) vegetatif dönemden meyve oluşum dönemine geçerken, bu ilişki açısından trendin değiştiğini bu dönemde trendin eğiminin daha dik olduğunu belirtmektedir.

O'Toole and Hatfield (1983), yaprak ile hava sıcaklıkları farklarına bağlı olan bitki su stres indeksi (CWSI) değerinin, sulama yönetimi ve araştırmalarında güvenilir olduğunu, fakat bu teknikte, sıcaklık farklarındaki üst limit baz eğrisinin hala tarladaki geçerliliğinin tartışıldığını belirtmişler, sorgum, fasulye ve pamukta üst limit baz eğrisinin belirlenmesi amacıyla 1981 yılında Kaliforniya'da bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada ayrıca çevresel faktörlerle CWSI nin etkileşimlerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçlarına göre; gerçekte ölçülen üst limit değerleri bitkiden bitkiye değişiklik göstermekte ve 2.5 ile 8.5 °C arasında değişmektedir. Net radyasyon, su buharı açığı (VPD) ve rüzgar hızı birlikte değerlendirildiğinde, gerçek ve hesaplanan değerler arasında zayıf bir ilişki bulunmuştur. Rüzgar hızı, sıcaklık farklılıklarına dayanan üst limit baz değerinde, dolayısıyla CWSI

değerlerinde, hataya neden olan birincil faktör olarak bulunmuştur. Düşük rüzgar hızlarında ölçülen CWSI değerleri, su stres seviyesi değerinden daha fazla ve yüksek rüzgar hızlarında ise bu değerden daha az olduğu ortaya konmuştur.

Sharratt et al. (1983), Minnesota' da 1980 yılında,yaptıkları bir çalışmada, sulanan ve sulanmayan yonca bitkisinde yaprak su potansiyeli, taç yaprak sıcaklığı ve evapotranspirasyon ölçümlerini yaparak, bu bitkide sınırlı olan sulamaya yönelik bilgilerin geliştirilmesini amaçlamışlardır. Yaptıkları çalışmanın sonuçlarına göre; sabah erken saatlerde, sulanan ve sulanmayan bitkilerin yaprak sıcaklıkları ile evapotranspirasyon arasında fazla bir farklılık görülmediği, ancak saat 09.⁰⁰ dan sonra başlayıp öğleden sonraya kadar geçen periyotta sulanmayan yonca bitkisinde, daha yüksek bir yaprak sıcaklığı ile düşük bir evapotranspirasyon gözlemlendiği bildirilmektedir. Yaprak sıcaklık farkları, saat 09.⁰⁰ a kadar 0.5 °C den daha düşüktür. Sulanan ve sulanmayan yonca da gerçek ET ile yaprak sıcaklığı ve yaprak su potansiyelindeki farklılıklar, topraktaki mevcut su ile ilişkili bulunmuştur. Yaprak su potansiyeli, sulanmayan bitkide sürekli olarak düşük bulunmuştur. Sulanan ve sulanmayan bitkilerdeki yaprak sıcaklığı, ET ve yaprak su potansiyelindeki farklılıkların saat 15.⁰⁰ civarında maksimum düzeyde olduğu bildirilmektedir.

Hatfield et al (1984), taç yaprak sıcaklığını girdi olarak kullanan bir evapotranspirasyon modelini değerlendirmek amacıyla Amerika'nın değişik bölgelerinde ve değişik bitki çeşitlerini kullanarak, 1980 yılında

bir deneme yürütmüşlerdir. Ayrıca bu modelin performansını lizimetrelerden ölçtükleri sonuçlarla belirlemeyi amaçlamışlardır. Bütün meteorolojik veriler 1 dakikalık sıklıkta kaydedilmiş, lizimetrelerdeki bitkiler 8 – 14 μm band aralığında ve $^{\circ}4$ FOV olan bir infrared termometre ile yatayla 30° yapacak şekilde bütün ana yönlerden ölçülmüştür. Ayrıca evapotranspirasyonun hesaplanması için yüzey enerji eşitliğinin kullanıldığı Bartholic-Namken-Wiegand modeli kullanılmıştır. Denemenin sonuçlarına göre; Yüzey enerji eşitliğinin aerodinamik rezistans formundan hesaplanan evapotranspirasyon değerleri, lizimetrelerden ölçülen değerlerle iyi bir şekilde korelasyon göstermektedir. Bu uyumun bitkinin toprağı tam kapamasıyla gerçekleştiğı bildirilmiş, hata payı % 10'un altında bulunmuştur. Böylece araştırmacılar, yüzey enerji balans modelinin, taç yaprak sıcaklığı girdisiyle, gerçek evapotranspirasyonu belirlemede doğru ve güvenilir bir yöntem olabileceğı sonucuna varmışlardır.

Yine Hatfield et al (1985), Texas'da 1983 yılında pamuk bitkisinde yaptıkları bir çalışmada, yabancı pamuk çeşidi ile yerli çeşit arasında stressiz baz eğrisinin değişimlerini ve bu değişimlerin bitkinin toprağı tam ve parçalı bir şekilde kapladığı zamanlardaki durumunu incelemeyi amaçlamışlardır. Deneme parselleri damla sulama sistemi kullanılarak, haftada bir 50 mm lik su uygulanacak şekilde sulanmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; yerli ve yabancı çeşitlerin ikisinde de stressiz koşul için hesaplanan baz eğrisi eğiminin, bitkinin toprakta kapladığı alan artışına bağılı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Eğer toprak % 100 bitki ile kaplanmışsa, eğim bir daha değişmemektedir.

Araştırmacılar buradan, stressiz koşul için baz eğrisinin genelleştirilebileceğini, fakat toprağın bitki tarafından tamamıyla kaplanmamış olduğu durumlarda, bu stressiz baz eğrisi ile yapılan sulama programlarının veya su stresi değerlendirilmelerinin tamamıyla hata vereceğini bildirmektedirler. Bu yüzden araştırmacılar, sulama uygulamalarında iki, hatta daha fazla baz eğrilerinin kullanılmasının yararlı olacağını belirtmişlerdir.

O'Toole and Real (1986), yaprak sıcaklıkları ile ilgili daha önceleri yapılan çalışmalarda, biri su buharı açığı ile $T_c - T_a$ farkı arasında doğrusal regresyon ilişkisinin bulunduğunu kanıtlayan amprik yaklaşım, diğeri yaprak ve aerodinamik direnç parametrelerin bileşke olduğu enerji dengesi eşitliği olmak üzere, birçok bitkide bu iki yaklaşımı test etmişlerdir. Araştırmanın sonuçlarına göre; yaprak ve aerodinamik direncin, fenolojik değişimlerin yanısıra eko-fizyolojik adaptasyon ile de ilişkili olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar amprik regresyon ve enerji dengesi yaklaşımı kombinasyonunun $T_c - T_a$ ilişkisinin daha iyi yorumlanması ve anlaşılmasına yardımcı olacağını, diğer yandan enerji dengesi yaklaşımından daha iyi yararlanmak için aerodinamik ve yaprak direncine yönelik türlere ilişkin değerlerin bilinmesinin de zorunlu olduğunu belirtmişlerdir.

Burke et al (1988), bitki fenolojisi ve verim tahminlerinin yapılabilmesi için bitki ile hava ilişkilerinin iyi bilinmesine gerek olduğunu, bu amaçla geliştirilen sıcaklığa dayalı birçok modelin bitkinin metabolizması ile sıcaklık arasındaki ilişkiyi kurabilecek parametrelere

gereksinim duyduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar bitkilerin sıcaklıklarında günlük 15 – 20 °C lik dalgalanmalar olabildiğini bunun da enzimlerin fonksiyonlarında ve dolayısıyla bitkinin büyümesinde sınırlamalara neden olabileceğini belirterek, termal kinetik pencere kavramı üzerinde durmuşlardır. Araştırmacıların 1983-1984 yıllarında buğday ve pamuk bitkisini esas alarak, doğal biyokimyasal özelliklerin faydalı bir indeks olarak bitki biyokimyası ile çevresel fiziksel parametreler arasındaki ilişkileri tanımlayabilmek için yaptıkları çalışmada, buğday için termal kinetik pencerenin 17.5 – 23 °C arasında pamuk için ise 23.5 – 32 °C arasında olduğunu belirtmişlerdir. Denemeye alınan her iki bitki için de, yaprak sıcaklıklarının termal kinetik pencere içerisinde olduğu zamanlar ile bitki biyomassı arasında doğrusal bir ilişki olduğunu saptamışlardır.

Hattendorf et al (1988), Iowa’ da 1983-1984 yıllarında yonca bitkisinde yürüttükleri bir denemede, verim ile bitki su stres indeksi (CWSI) arasındaki ilişkileri tanımlamaya çalışmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre; stresin etkilerinin zaman içinde kümülatif olduğu, CWSI 0.05 düzeyinde iken, ki bu orta bir stres derecesi olarak algılanmakta, verimde % 10 luk bir azalmanın meydana geldiği saptanmıştır. Araştırmacılar ayrıca verim ve CWSI ilişkilerinin geçici ve erkenci yetiştiricilik durumu için farklı sonuçlar verebileceğini belirtmişlerdir. Yine aynı denemeden, su stresi altındaki yoncada verim ile CWSI ilişkisinin doğrusal ilişkiden daha çok üstsel bir ilişki olduğu, bu nedenle yonca bitkisinin yüksek stres koşulunda bile biyomas üretimini koruduğu sonucuna varılmıştır.

Fangmeier et al (1989), Arizona'da 1984-1985 yıllarında yaptıkları bir çalışmada, su stres indeksini kullanarak, sıkça sulanan pamuk bitkisinde su stresini belirlemeyi, verimler arasındaki ilişkileri değerlendirmeyi ve bunların topraktaki su miktarları ile ilişkilerini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Pamuk bitkisine yönelik yürütülen denemede, sulamalar 20 cm toprak altına döşenen laterallerle yapılmıştır. Denemenin başlangıcında bitkinin toprakta tutunabilmesi ve yeterli gelişimi sağlayabilmesi için, haftada 2-3 kez sulama yapılmış, diğer sulamalar yıllara göre, ekimden 35 - 45 gün sonra başlatılmıştır. Denemede; I. sulama seviyesi = ilgili gündeki ihtiyaç duyulan suyun %60'ı, II. sulama seviyesi = suyun %90'ı (1984 de) ve %100'ü (1985 de) ve III. Sulama seviyesi ise ihtiyaç duyulan suyun %120'si (1984 de) ve %130'u (1985 de) olmak üzere 3 farklı sulama konusu ele alınmıştır. Yapılan araştırmanın sonuçlarına göre; mevsimsel CWSI değerleri dikkate alındığında, en düşük su uygulamalarında en yüksek stres, en yüksek su uygulamalarında ise en düşük stres değerlerinin ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Uygulanan su düzeylerine göre mevsimsel CWSI değerlerinin de önemli derecede değiştiği tekrarlamalar arasındaki farklılıkların küçük olduğu belirtilmiştir. Toprak su içerikleri ile CWSI değerleri uygulanan sulama suyu ile tutarlı sonuçlar göstermesine karşın, toprak su içeriği ile CWSI arasında her iki yılda da herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Verim ile CWSI değerleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmamakla birlikte, su stresinde yaşanan azalmanın aynı oranda verim artışı anlamına gelmediği vurgulanarak, sık sulama ile maksimum verimin 0.13 CWSI değerinde elde edileceği belirtilmiştir.

Nielsen and Anderson (1989), Amerika’da 1987 yılında yaptıkları çalışmalarında, ayçiçeği bitkisinin tek yaprağından elde edilen sıcaklıkların ölçülmesi ile elde edilen CWSI parametresinin, diğer bitki su stres ölçümleri arasında ilişki olup olmadığını belirlemeyi amaçlamışlardır. Araştırmacılar tek yapraktan yapılan ölçmelerin nedenini ise infrared termometre ile okumalarda önemli bir faktör olarak görülen toprak yüzeyi etkisinin en aza indirilmesi olduğunu belirtmişlerdir. İstatistiksel olarak, tek yapraktan elde edilen ayçiçeği CWSI’i ile stomatal iletkenlik, CO₂ değişim oranı, yaprak su potansiyeli, transpirasyon oranı ve aktif kök bölgesindeki su yüzdesi arasında önemli düzeyde ilişki bulunduğu sonucuna varılmıştır. Yürütülen denemede ayrıca, topraktaki mevcut su miktarının azalması ile stomalar kapanıp, bitkinin daha düşük yaprak su potansiyeline sahip olduğu ve transpirasyon oranının düştüğü, buna bağlı olarak yaprak sıcaklığı ve sonunda CWSI değerlerinin artış gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan değerlendirmede su stresinin artması ile birlikte yapraktaki CO₂ değişim oranının azaldığı vurgulanmıştır.

Jensen et al. (1990), şu ana kadar bu yönde yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunun ılık ve kurak iklim koşullarında gerçekleştirildiğini, nemli koşullarda yapılan çalışmaların ise sınırlı olduğunu belirterek, Danimarka’ da, 1986 – 1987 yılları arasında, nemli iklim koşullarında bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada, değişik bitkilerin farklı sulama rejimlerindeki taç yaprak sıcaklıkları ile çevresindeki hava sıcaklığı farkları, yetiştirme dönemi boyunca günün belirli saatleri için incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; strese giren bitkilerde taç

yaprak sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki fark ($T_c - T_a$) yaklaşık 4.5 °C civarında, normal sulanan bitkilerde ise bu farkın 1 °C civarında olduğu gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, ayrıca taç yaprak sıcaklıklarındaki dalgalanmaların rüzgar hızı dalgalanmaları ile ters orantılı olduğunu belirterek, global radyasyondaki ani değişimin taç yaprak sıcaklıklarında değişime neden olmakla birlikte hava sıcaklığında herhangi bir değişim yaratmadığı sonucuna varmışlardır. Herhangi bir bulut geçmesinin söz konusu olduğu durumda, global radyasyonun düştüğünü, bu durumun ise stresli ve stressiz yaprak sıcaklıklarında düşmelere neden olduğu belirlenmiştir.

Burke et al (1990), bitkiye özel optimum biyokimyasal sıcaklığın termal stres indeksi için bir baz sıcaklık olarak alınıp, bu termal stres indeksinin pamuk için sulama yönetimi uygulamalarında kullanılabilirliğinin saptanması amacıyla, Texas'da 1984 ve 1987 yıllarında bazı çalışmalar yapmışlardır. Araştırmacılar termal stres indeksini (TSI) şöyle formülize etmektedirler;

$$TSI = (T_f - T_b) / T_b$$

Burada:

Tf: Yaprak sıcaklığı

Tb: Biyokimyasal olarak tespit edilen pamuk baz sıcaklığı (27.5 °C)

TSI değeri, biyokimyasal baz sıcaklığının (bu pamuk için termal kinetik pencere sıcaklıklarının ortasındaki sıcaklık değeridir) üzerindeki yaprak

sıcaklıklarından elde edilmektedir. TSI değerleri sıfır ile belirli pozitif sınırlar arasında yer almakta ve topraktaki kullanılabilir su miktarındaki eksiklik veya fiziksel kısıtlamalar (yüksek nemden dolayı) nedeniyle bitkinin serinletme etkisinin yok olmasının ölçüsünü belirtmektedir. Araştırmacılar bu çalışma ile sulanan pamuk bitkisindeki taç yaprak sıcaklıklarının termal kinetik pencere sınırları içerisindeki orta noktada gelip gittiğinin saptandığını bildirmektedirler. Ayrıca CWSI ile TSI nin pozitif olarak korelasyonunun yüksek olduğunu hesaplamışlardır.

Hatfield (1990), infrared termometre kullanımının son 10 yılda hızla arttığını belirterek, bu tekniğin potansiyel kullanımı ve mümkün olan hata kaynakları ile ilgili yazısında, enerji dengesi içerisinde bitki stresinin etkisini belirlemeye yönelik olarak, hem Idso et al (1981) tarafından geliştirilen amprik yaklaşıma hem de Jackson et al (1981) tarafından geliştirilen teorik yaklaşıma değinmiştir. İki yaklaşım için de yaprak ve hava sıcaklığının temel veri oluşturduğunu belirtmiştir. Yazar, Idso yaklaşımında, sıcaklık farklılıklarının su buharı eksikliği ile ilişkili olduğunu, CWSI değerinin iyi sulanan bir bitkinin maksimum oranda transpirasyonunu temsil eden alt baz çizgisi (lower baseline) ile hiç transpirasyon yapmayan bitkinin temsil edildiği (sulanmayan) üst baz çizgisi arasında (upper baseline) oluştuğunu bildirmiştir. Çalışmada, alt baz çizgisi ile VPD arasında belirli bir ilişki olmasına karşın üst baz çizgisinin VPD ile ilişkisi olmadığı belirtilmiştir. Bu yöntemdeki en önemli sınırlayıcı etmenin özellikle yağışlı alanlarda oluşan düşük VPD değerlerinin olduğu belirtilmektedir. Bu koşullarda yaprak sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki farklar küçük değerler göstermekte, dolayısıyla

bunun infrared termometre aletinin doğruluk sınırları içerisinde kalmasına yol açarak duyarlılığını bozduğu belirtilmektedir. Bu yöntemdeki diğer kısıtlayıcı faktörler ise, rüzgarın üst baz çizgisini etkilemesi ile yetiştirme sezonu boyunca alt baz çizgisinin değişiklik gösterebilmesi olarak belirtilmektedir. Bu amaçla kullanılan Jackson yönteminde ise tamamen enerji dengesinden yararlanıldığı, bu hesaplamaların yapılabilmesi için net radyasyon, VPD, yaprak direnci ve aerodinamik direnç gibi değerlerin bilinmesine gereksinim duyulduğu belirtilmektedir. Bu yöntemin diğerine oranla daha duyarlı sonuç vermesine karşın, aerodinamik, yaprak dirençlerinin belirlenmesinde zorlukların olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca bu yöntemde, topraktaki su miktarındaki azalmanın stomaların kapanmasına neden olduğu ve böylece yaprak sıcaklığının arttığı belirtilmekte, ancak, hastalık, yetersiz gübreleme, köklerin kesilmesi gibi herhangi bir durumda da terlemenin etkilenerek yaprak sıcaklığında değişiklik olabileceği ve bunun da göz önünde bulundurulması gerektiği vurgulanmaktadır.

Stegman and Soderlund (1992), CWSI ilişkileri ile taç sıcaklıklarının sulama zamanlaması için kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla, buğday bitkisi üzerinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, sulama uygulamaları yönünden eşik CWSI değerlerinin kullanımı konusu da incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; üst baz çizgisinin yıllar arasında farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Diğer yandan, CWSI eşik metodu kullanıldığı durumda, 0.4 – 0.5 değerinden daha düşük değerler için verimde minimum azalma olduğu saptanmıştır. Yine, toprakta kullanılabilir nem açığının % 50 nin altında

olması durumunda da minimum verim kaybının olduğu gözlemlenmiştir. Araştırmacılar ayrıca, tarla koşulunda sadece yaprak sıcaklıklarının izlenmesinin yetersiz olacağını bildirmişlerdir.

Anda, and Ligetvari (1993), soya fasulyesi üzerinde yürüttükleri bir araştırmada; CWSI kavramını baz alan bitki stres izleme monitörü (scheduler) ile sulama programlaması yapmışlar ve bu tekniğı, lizimetre koşullarında yetiştirilen bitkinin su gereksinimine göre yapılan sulama programı ile karşılaştırmıştır. Araştırmacılar, scheduler teknolojisinin 1984 yılında geliştirildiğini ve 1986-1987 yıllarında 25 adet farklı bitkide geçerliliğinin kanıtlandığını bildirerek, yöntemin sulamanın programlanması yanında, stres seviye kontrolü, hastalık takibi gibi başka uygulamalar için de kullanıldığını belirtmişlerdir. Bu yöntemde, infrared termometre yaprak sıcaklıklarını ölçmekte, global radyasyon ve nem durumu ölçülerek elde edilen CWSI ye dayanılarak ta sulama programı ortaya konulmaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre; bu tekniğın, verimdeki artış ile sulama suyu maliyetinin karşılanabildiğı genellikle kurak iklim kuşaklarında kullanılması önerilmektedir.

Anda and Burucs (1992), patates bitkisi üzerinde, infrared termometre tekniğine dayalı bitki stres monitörü kullanılarak yapılan sulama planlaması ile klasik toprak-su bütçesi tekniğine dayalı sulama planlamasının arasındaki farkları belirleyebilmek amacıyla 1989 yılında bir araştırma yürütmüşlerdir. Yapılan denemede, farklı sulama miktarları uygulanmış olmasına karşın, verim değerleri dikkate alındığında, kullanılan iki teknik arasında önemli bir fark belirlenememiştir. İnfrared

gözlemler sonucu belirlenen ve uygulanan sulama suyu miktarı, toprak nem ölçüm teknikleri ile belirlenenden % 48.8 oranında daha az bulunmuştur.

Evsahibioğlu (1995), yarı – kurak iklim özelliklerine sahip Ankara yöresinde ve armut ağaçlarında, infrared termometre tekniği kullanılarak, su tüketiminin tahmin edilmesi amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Araştırma sonuçlarına göre: VPD değerindeki artışa karşılık yaprak-hava sıcaklık farklılıklarının azaldığı görülmüştür. Diğer yandan, VPD 2.5 kpa değerine ulaştığında, sıcaklık farklılığının minimum değeri aldığı ve bu değerden sonra atmosfer buhar basınç eksikliğinin artışı ile yaprak – hava sıcaklık farklılığının da artış gösterdiği saptanmıştır. Araştırmacı, infrared termometre tekniğinin armutun su tüketimi tahminlerinde, istatistiksel yönden güven sınırları içerisinde kullanılabileceği sonucuna varıldığını bildirmektedir.

Garrot et al. (1990), Arizona’da karpuz bitkisinde yaptıkları bir çalışmada, damla sulama sistemini kullanarak, ölçülen CWSI değerlerinin optimum sulama programının belirlenmesi yönünden kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bu amaçla CWSI ile meyve büyüklüğü, meyve sayısı ve verim değerleri yanında uygulanan toplam sulama suyu miktarı arasındaki ilişkiler belirlenmiştir. Araştırma, sulanan ve sulanmayan parsellerde gerçekleştirilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı, sulama anında kök bölgesi toprağının nem içeriğini tarla kapasitesine getirecek şekilde planlanmıştır. Infrared termometre ile yaprak sıcaklıkları okumaları, açık havada haftada 2 veya 3 kez olarak

alınmıştır. 1986 yılında CWSI değeri 0.30 ve 0.80 değerine ulaştığında sulama yapılmış, 1987 yılında ise bu değerler 0.10, 0.35 ve 0.75 olarak ele alınmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; vejetatif gelişim aşamasında, sulanan parsellerde CWSI değerlerinin 0.0'ın altında kaldığı, kuru parsellerde ise bu değerin 1.0'in üzerine çıktığı belirlenmiştir. Sulanan bitkilerde alt baz çizgisinin fonksiyonu, $Y = 2.702 - 1.82X$ denklemi ile temsil edildiği bulunmuştur. Çalışmanın ilk yıl sonuçlarından CWSI değeri ile meyve sayısı ve verimi arasında pozitif bir kolerasyon belirlenmiş, ikinci yılda ise hesaplanan CWSI değeri ile uygulanan sulama suyu, meyve ağırlığı ve verim değerleri arasındaki ilişki daha kuvvetli çıkmıştır. Bu sonuçlara dayanarak araştırmacılar, CWSI'nin sulama programlamasında kullanılabilecek pratik bir yaklaşım olduğunu belirtmişlerdir.

Upchurch et al. (1990), damla sulama ile sulanan pamuk bitkisinde, değişik eşik yaprak sıcaklıkları kullanılarak hazırlanan sulama programı ile toprak neminin izlenmesi yöntemine göre belirlenen sulama programlarının karşılaştırılması amacıyla, 1988 yılında Texas'da bir deneme yürütmüşlerdir. Deneme konuları, 1-susuz, 2-yaprak sıcaklığı 28 °C yi geçtiğinde, 3- yaprak sıcaklığı 30 °C yi geçtiğinde, 4- yaprak sıcaklığı 32 °C yi geçtiğinde sulama ve 5- haftada bir sulama ile 6- iki haftada bir sulama olacak şekilde belirlenmiştir. Deneme sonuçlarına göre; en yüksek verim iki haftalık periyotlarla sulanan konu ile eşik sıcaklığı 28 °C'yi aştıktan sonra yapılan sulama konusundan elde edilmiştir. Su kullanım etkinliği yönünden yapılan değerlendirmede ise en iyi uygulamanın, yaprak sıcaklığı 30 °C'yi aştığında yapılan sulama

konusu olduğu belirlenmiştir. Araştırcılar genel sonuç olarak; eşik yaprak sıcaklık değerlerinin özellikle otomasyona uygun sulama sistemi ile birlikte kullanılmasının sulamayı kolaylaştırdığını, böylece verimde herhangi bir azalma olmadan su kullanım etkinliğinin arttırılabildiğini belirtmişlerdir.

Yine aynı araştırcılar, 1988 – 1990 yılları arasında yürüttükleri ve 3 yıl süren bir çalışmada, pamuk bitkisinde önceden belirlenmiş eşik yaprak sıcaklıkları göz önünde tutularak değişik sulama programları uygulamışlardır. Bu eşik değerler 26 C den 32 C'ye kadar 2 C lik artışlar şeklinde ele alınmıştır. Gelişme döneminin başında, bitkiyle kaplı alan yüzdesinin düşük, dolayısıyla çıplak alanın yaprak üzerine etkisi nedeniyle, sulama aralığı kısa, uygulanan sulama suyu ise fazla çıkmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; her bir konu için belirlenen gerçek bitki su tüketiminin referans bitki su tüketimine oranının eşik değerler 26 dan 32 C ye yükseldikçe azaldığı, buna karşılık su kullanım etkinliğinin arttığı belirlenmiştir. En yüksek lif verimi 28 C lik eşik sıcaklığında sulanan denemede elde edilmiş, bu değerin altındaki ve üstündeki eşik sıcaklıklarında yapılan sulamalardan elde edilen lif verimi düşük bulunmuştur. Diğer yandan 28 C den büyük eşik sıcaklıkları su uygulamalarında sınırlamalara neden olmuş bu durum ayrıca, bitki su stresinin artmasına yol açmıştır. Bu sonuçlara dayanarak araştırcılar, sınırlı üretim koşullarının ve kısıtlı sulamanın söz konusu olmadığı koşullarda, sulamaların 28 C eşik sıcaklığında yapılmasının en doğru uygulama olduğu önerisinde bulunmuşlardır. Ancak özellikle sulama suyunun yetersiz olduğu üretim koşullarında, 30 C eşik sıcaklığı

uygulamasının tercih edilmesi gerektiği, böylelikle lif veriminde hafif bir düşme yaşanmakla birlikte, su kullanım etkinliğinin artırılabilceği ve pamukta olgunlaşmanın hızlandırılabilceği sonucuna varılmıştır (Wanjura et al., 1992).

Yazar (1990), bitki taç sıcaklıklarını esas alan bitki su stresi göstergelerinin, bitkinin içsel su durumunu niceliksel olarak belirlemede ve sulamaların programlanmasında kullanıldığını, ancak bu göstergelerin uygulanabilirliğinin bölgesel testlerle ortaya konulabilceğini belirtmiştir. Bu amaçla, Çukurova koşullarında yetiştirilen soya bitkisinin içsel su statüsünün belirlenmesi ve sulama programlarını geliştirmede kullanılabilirliklerinin değerlendirilmesi amacıyla 1988 yılında bir çalışma yürütmüşlerdir. Denemede, taç sıcaklığı, kuru ve ıslak termometre sıcaklıkları ve solar radyasyon değerleri haftada üç kez 13.⁰⁰ – 14.⁰⁰ saatleri arasında ölçülmüş, toprak nemi ölçümleri her sulamadan önce ve sonra olmak üzere mevsim boyunca yapılmış ve CWSI değerleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre; yaprak sıcaklığı ile hava sıcaklığı arasındaki farkların su buhar basıncı eksikliği ile ilişkisini veren eşitlik $T_c - T_a = 1.2 - 1.9$ (VPD) olarak bulunmuştur. Ortalama CWSI ile verim arasında yüksek bir ilişki bulunduğunu ($r^2 = 0.96$) bildiren araştırmacı, CWSI değerlerinin bitkilerin içsel su statülerini belirlemede kullanılabileceğini, ancak, söz konusu göstergelerin sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabilmesi için önce yetiştirilen bitkide kritik sulama noktasının saptanması gerektiğini vurgulamıştır.

Itier et al. (1992), tarla koşullarında su uygulama zamanının belirlenmesi için daha pratik kriterlere ihtiyaç duyulduğunu belirterek, soya bitkisinde çalışmalar yapmışlardır. Akdeniz ülkelerini kapsayan 4 bölgede yürütülen bu çalışmalarda enerji dengesi, yaprak su potansiyeli, toprak su açığı ve yaprak sıcaklığına bağlı su stres indeksi (CWSI) ilişkileri araştırılmıştır. Araştırmacılar elde ettikleri sonuçlara göre; toprağın cinsi, atmosferik, fenolojik ve değişen sulama uygulamaları ile oransal evapotranspirasyon ve yaprak su potansiyeli arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu ve bu ilişkide yaprak sıcaklığına bağlı olarak bulunan CWSI nin zayıf kaldığını belirlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca, bitki üretimi için kritik oransal evapotranspirasyonun bilinmesi durumunda bu ilişkinin sulama zamanlaması konusunda yardımcı olabileceği sonucuna varmışlardır.

Yukarıdaki çalışmayı yapan (Itier et al., 1992), araştırmacılarından bazıları, yaptıkları bu çalışmaya dayanarak CWSI ile oransal evapotranspirasyon arasındaki korelasyonu arttırmak düşüncesiyle teorik ve deneysel olarak sonuçların birbirine uygunluğunu incelemişlerdir. Bu incelemenin sonuçlarına göre; modifiye CWSI değerlerinin hesaplamalarının zor bir yol olmadığını, böylelikle oransal evapotranspirasyonun ilişkisinin arttırılabileceğini ve CWSI nin oransal evapotranspirasyonun tahmin edilmesinde uygun bir yol olacağını bildirmektedirler (Itier et al., 1993).

Orta vd. (2001), ayçiçeği bitkisinde, yaprak yüzey sıcaklığına dayalı olarak bitki su stres indeksi (CWSI) saptamak ve bu indeks ile

yaprak gözenek direnci, yaprak alan indeksi (YAI), sulama zamanı ve verim arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla Tekirdağ'da 1999 – 2000 yılları arasında bir araştırma yürütmüşlerdir. Bu amaçla, 90 cm lik toprak profilinde tüketilen suyun % 100, 75, 50, 25 ve 0'ı karşılanacak şekilde farklı düzeylerde su stresi yaratılarak 5 adet sulama konusu oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda, denemenin yürütüldüğü her iki yılda da en yüksek verim ve su tüketimi bitki su ihtiyacının tam olarak karşılandığı deneme konusundan elde edilmiştir. CWSI değerlerinin değişimi toprak nem içeriğinin azalması ile paralellik göstermiş ve maksimum verimin elde edildiği konuda sulama öncesi ortalama CWSI değerinin 0.61 olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, mevsimlik ortalama CWSI değerleri ile dane verimi, yaprak gözenek direnci, yaprak alan indeksi ve toprak nem içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli ilişkilerin bulunduğu belirtilerek, CWSI değerlerinden yararlanılarak verim tahmini yapılabileceği sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, iki yıl süren araştırma çalışmasında kullanılan materyal ile arazi, labarotuar ve büro çalışmalarında uygulanan yöntemler açıklanmaktadır.

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yerinin Tanımı

Araştırma, Gediz Vadisinde yer alan Menemen Ovasında, Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü arazilerinde yürütülmüştür.

Menemen Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Arazisi Menemen İlçesine yaklaşık 3 km uzaklıkta ve Devlet Su İşleri sulama şebekesi içerisinde yer almaktadır. Denizden yüksekliği 10.32 m olan araştırma alanı, konumu itibari ile Gediz Havzasında Menemen Ovası içerisinde kalmaktadır. Menemen Ovası $38^{\circ} 26'$ ve $38^{\circ} 40'$ N enlemleri ile $26^{\circ} 40'$ ve $27^{\circ} 07'$ E boylamları arasında bulunmaktadır. Gediz Nehrinin denizi doldurarak meydana getirdiği ova 33545.4 ha alanı kapsamakta olup Batı Anadolu'daki dört büyük vadi arasında havza ve taban genişliği bakımından ikinci sırada yer almaktadır. Kuzeyden Bakırçay, güneyden Küçük ve Büyük Menderes Havzalarınca sınırlanan vadinin alüviyal tabanı Manisa'nın batısındaki Emiralem boğazıyla ikiye bölünmüştür. Boğazla deniz arasında kalan kısım Menemen Ovası olarak adlandırılmıştır. Menemen Ovası Aşağı Gediz alüviyal tabanından başka,

bitişik yandere alüvyalleri ile kolluviyal etekleri de kapsamına almaktadır. Doğuda Yamanlar Dağı, Kuzeyde Foça Dağlık yöresi ovayı kuşatmaktadır (Anonymous, 1971).

3.1.2. Araştırma Yerinin İklim Özellikleri

Menemen Ovasında tipik Akdeniz iklim özellikleri hüküm sürmektedir. Diğer bir ifadeyle yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlı geçer.

Araştırma alanını temsilen, araştırmanın yapıldığı Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonuna ait çok yıllık (1954 – 1993 yıllarına ait) verilen ortalama değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir (Anonymous, 1994). Ayrıca araştırmanın yürütüldüğü 1995 ve 1996 yıllarına ait iklim elemanlarının aylık ortalama değerleri ise sırasıyla Çizelge 3.2 ve 3.3’de verilmektedir (Anonymous, 1996 ; Anonymous, 1997 ve Anonymous, 1998).

Çizelge 3.1’in incelenmesinden görülebileceği gibi, araştırmanın yürütüldüğü Menemen’de uzun yıllara ait ortalama sıcaklık 16.7 °C olmuştur. En yüksek ortalama sıcaklık 26.6 °C ile Temmuz ayında ve en düşük ortalama sıcaklık ise 7.7 °C ile Ocak ayında gözlemlenmiştir. Ortalama yıllık bağıl nem % 57.4 olarak gerçekleşmiş ve en nemli ay ise % 66.2 ile Aralık ayı olmuştur. Bağıl nemin en düşük olduğu ay ise % 47.0 ile aynı zamanda en sıcak ay olan Temmuz ayı olmuştur.

Çizelge 3.1. Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonuna İlişkin Bazı İklim Elemanlarının Uzun Yıllar Ortalaması (1954-1993).

Aylar	Ortalama Sıcaklık (C°)	Ortalama Bağıl Nem (%)	Toplam Yağış (mm)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Buharlaşma (mm)	Ortalama Güneşlenme Süresi (h)
Ocak	7.7	64.5	94.3	4.0	46.1	4.0
Şubat	8.6	62.0	70.5	3.9	53.1	5.1
Mart	10.9	61.5	64.1	3.3	80.6	6.1
Nisan	14.9	58.1	42.4	2.8	114.1	7.5
Mayıs	19.7	55.1	27.8	2.6	169.0	9.6
Haziran	24.3	49.1	7.2	2.6	223.8	11.0
Temmuz	26.6	47.0	2.8	2.9	267.2	11.8
Ağustos	25.9	48.4	3.4	2.7	234.4	11.6
Eylül	22.0	53.7	8.4	2.4	165.9	9.6
Ekim	17.3	59.9	33.1	2.4	102.8	7.5
Kasım	12.9	63.6	75.4	2.7	57.0	5.7
Aralık	9.6	66.2	115.8	3.7	46.4	3.9
Yıllık	16.7	57.4	545.2	3.0	1560.4	7.8

Toplam yıllık düşen yağış miktarı ise 545.2 mm olarak gözlemlenmiştir. Bu yağışın yaklaşık % 21'i Aralık ve % 17'si Ocak ayında meydana gelmiştir. Yıllık ortalama rüzgar hızı 3.0 m/s civarındadır. Yıllık 1560.4 mm olan toplam buharlaşma miktarının 267.2 mm' si buharlaşmanın en yüksek olduğu Temmuz ayında gerçekleşmiştir.

Araştırmanın ilk yılı olan 1995 yılı meteorolojik değerlerine bakıldığında ise, uzun yıllar ortalamasına göre, yıllık ortalama sıcaklıklarda yaklaşık % 18 dolayında bir artış olduğu, bağıl nemin fazla

değişmediği, toplam yağışta bir artış olduğu, rüzgar hızlarının arttığı ve buharlaşmanın ise azaldığı dikkati çekmektedir.

Çizelge 3.2. Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonuna İlişkin 1995 Yılı Bazı İklim verileri.

Aylar	Ortalama Sıcaklık (C°)	Ortalama Bağıl Nem (%)	Toplam Yağış (mm)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Buharlaşma (mm)	Ortalama Güneşlenme Süresi (h)
Ocak	12.0	65.6	172.3	5.1	33.3	3.6
Şubat	13.5	66.6	17.0	4.7	51.5	6.6
Mart	14.4	63.7	133.9	4.7	80.7	6.1
Nisan	17.2	59.3	38.7	3.8	102.0	8.3
Mayıs	23.6	50.6	18.3	4.5	163.7	10.1
Haziran	29.4	49.2	-	4.1	211.4	11.9
Temmuz	30.5	47.1	24.2	5.3	282.6	11.8
Ağustos	28.9	50.0	25.8	4.5	228.9	11.8
Eylül	25.6	55.0	12.7	5.0	146.3	8.4
Ekim			5.3			
Kasım	13.0	58.2	175.9	3.8	44.4	
Aralık	10.1	75.4	56.6	3.1	41.6	
Yıllık	19.8	58.2	680.7	4.0	1386.4	

1996 yılı değerleri ise 1995 yılı değerlerine göre farklı olmuştur. Sıcaklıklar uzun yıllar ortalamasının altında kalmış, bağıl nemde yaklaşık % 25 dolayında bir azalma gözlemlenmiştir. Yağış değerleri ile rüzgar hızlarında da azalmalar göze çarpmaktadır. 1995 yılı Ekim ayında olan bir grev yüzünden meteorolojik değerler ölçülememiştir. Enstitü Meteoroloji istasyonunda bu tarihten itibaren güneşlenme süreleri de ölçülmemektedir.

Çizelge 3.3. Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Meteoroloji İstasyonuna İlişkin 1996 Yılı Bazı İklim verileri.

Aylar	Ortalama Sıcaklık (C°)	Ortalama Bağıl Nem (%)	Toplam Yağış (mm)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Toplam Buharlaşma (mm)	Ortalama Güneşlenme Süresi (h)
Ocak	6.2	73.0	15.3	2.5	34.7	
Şubat	9.0	75.0	108.3	2.9	28.8	
Mart	8.5	67.5	34.7	2.7	58.4	
Nisan	13.1	63.2	54.9	2.1	77.9	
Mayıs	21.2	54.7	8.3	1.7	134.3	
Haziran	25.5	25.5		1.5	209.9	
Temmuz	27.0	27.0		1.8	225.3	
Ağustos	26.3	26.7	0.1	1.5	179.4	
Eylül	21.0	33.0	54.3	1.4	109.4	
Ekim	16.1	22.0	18.3	1.4	75.6	
Kasım	13.6	22.4	39.5	1.8	49.8	
Aralık	11.9	28.1	151.9	2.4	27.8	
Yıllık	16.6	43.2	485.6	2.0	1211.3	

3.1.3. Araştırma Alanının Tarımsal Yapı ve Üretimi

Menemen Ovası büyük bir tarımsal potansiyele sahiptir. Akdeniz Bölgesinde yetiştirilen ürünlerin hemen hepsinin tarımı yapılmaktadır. Coğrafi konumu, jeolojik ve topoğrafik yapısıyla polikültür tarıma uygunluğu, gelişmiş tarımsal mekanizasyon ve sanayi yanında deneyimli çiftçi potansiyeli ile Menemen’de tarım çok önemli bir yere sahiptir. Ovanın batı ve Güney kısmında bulunan köylerde başta pamuk olmak üzere hububat tarımı yapılmaktadır. Emiralem Beldesi’ne yakın köylerdeki arazilerde bağcılık, meyvecilik ve sebzecilik yapılmaktadır.

Tarım alanları 23000 ha ile yerleşim alanı içindeki oranı yaklaşık % 34.59 dur. Toplam tarım arazisi içinde % 54.2 lik pay ile tarla alanı ilk sırada yer almaktadır. Sebze ekim alanları ise % 17.4 ile ikinci sırada yer alırken daha sonra sırasıyla bağ, zeytin, meyve ve narenciye üretimine ayrılan alanlar gelmektedir. Tarla ürünleri ekim alanı ve üretim miktarları açısından incelendiğinde 1997-1999 dönemi içerisinde üretim miktarındaki düşüş dikkati çekmektedir. Buğday üretimi 1997 yılında 21350 ton olarak gerçekleşmişken, 1998 yılında 12250 ve 1999 yılında da 8250 tona gerilemiştir. 1999 yılı itibari ile üretim miktarları açısından pamuk (kütü), mısır (dane), buğday ve mısır (hasıl) ilk sıralarda yer almaktadır.

Bitkisel üretim gelirine ilişkin veriler ise, ilçede özellikle sebze ürünleri ile üzümün önemli gelir kaynakları olduğunu göstermektedir. Sebze ürünleri arasında getirdiği gelir bakımından en fazla dikkati çeken domates olmuştur. 8743 milyar TL'lık sebze üretim gelirinin yarısından fazlası domatesten elde etmiştir. Tarla ürünleri arasında ise kütü pamuktan elde edilen gelir 4028 milyar TL ile birinci sırada yer almaktadır. Onu 1588 milyar TL ile mısır (dane) ve 627 milyar TL ile buğday izlemektedir. Çizelge 3.4, 3.5 ve 3.6 Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, İzmir İl Müdürlüğü 1999 yılı çalışmalarına dayandırılarak, sırasıyla tarım arazisi dağılımı, tarla ürünleri ekiliş üretim ve verimlerini ve 1999 yılı itibarıyla üretim ve gayrisafi gelir dağılımını göstermektedir (Anonymous, 2000).

Çizelge 3.4. Tarım Arazisi Dağılımı (ha)

Yıllar	Tarla Bitkileri	Sebze Bitkileri	Çiçek	Bağ	Meyve	Narenciye	Zeytin	Kavak	Nadas	Boş	Toplam
1997	12500	4091		3571	1343	75	1340	10	90	50	23070
1998	12470	4000		3600	929	155	1340	10	90	406	23000
1999	12470	4000		3600	928	155	1340	10	90	407	23000

Çizelge 3.5. Tarla Ürünleri Ekiliş Alanları, Üretimi ve Verimi.

Ürünler	1997			1998			1999		
	Ekiliş Alanı(ha)	Üretim (Ton)	Verim (kg/ha)	Ekiliş Alanı(ha)	Üretim (Ton)	Verim (kg/ha)	Ekiliş Alanı(ha)	Üretim (Ton)	Verim (kg/ha)
Buğday	6100	21350	3500	3500	12250	3500	3000	8250	2750
Arpa	50	125	2500	10	25	2500	15	34	2250
Yulaf	5	10	2000						
Mısır (Dane)	550	3850	7000	812	5684	7000	2100	14700	7000
Mısır (Hasıl)	70	2100	30000	7500	20625	2750	6750	18563	2750
Pamuk (Kıtlı)	5250	15750	3000	7500	20625	2750	6750	18563	2750
Tütün	20	18	900	15	13	867	40	36	900
Susam	20	12	600	20	12	600	15	9	600
K.Bakla	20	26	1300	20	26	1300	15	19	1250
Börülce (Kuru)	3	5	1500	3	5	1500	2	3	1500
K.fasulye	30	39	1300	20	26	1300	10	12	1200
Patates	2	60	30000						
K.soğan	50	500	10000	50	500	10000	50	500	10000
Fig Y.ot	100	2000	20000	150	3000	20000	75	1500	20000
Fig K.ot	25	125	5000						
Yonca Y.ot	180	12600	70000	200	14000	70000	25	1000	40000
Yonca K.ot	80	1400	17500	50	875	17500	275	5000	18182
Toplam	12550	59970		12525	62291		12572	55626	

Çizelge 3.6. 1999 Yılı İtibariyle Üretim ve Gayrisafi Gelir Dağılımı.

Ürünler	Üretim (Ton)	Tutarı (TL.)
Tarla Ürünleri	55 626	6 768 787 000 000
Sebze Ürünleri	104 554	8 743 470 000 000
Meyve Üretimi	13 202	3 343 220 000 000
Üzüm (Çekirdeksiz)	42 720	8 544 000 000 000
Zeytin	713	94 318 000 000
Toplam	216 815	27 493 795 000 000

3.1.4. Araştırma Alanının Arazi ve Toprak Özellikleri

Menemen Ovası, alüviyal taban araziler ile bitişik yandere alüviyalleri ve kolüviyal etekleri kapsamakta olup, yüksek arazilerle birlikte toplam alanı 41805.9 ha dır. Ovayı Doğu ve Kuzeyden dik eğimli tepeler kuşatır. Gediz alüviyal tabanı 0-6 m, yan alüviyaller ise 6 ile 30 m yüksekliğindedir. Çevre dağları ise 1100 metreye yaklaşır.

Ovada 16 toprak serisi beş toprak birliği içerisinde bulunmaktadır. Bunlar;

- 1) **Süzbeyli-Seyrek-Gürle Birliği:** Gediz alçak alüviyal tabanı üzerinde, ince tın bünyeli, yetersiz-bozuk drenajlı tuzlu-alkali topraklardır. Yükselteri genellikle 1-4 m arasında olan bu topraklar ova topraklarının % 44.1 ini oluşturmaktadır.
- 2) **Gediz-Çiftlik-Eskiyatak Birliği:** Gediz sırtlarındaki iyi-yetersiz drenajlı, kum-ince tın arası bünyeli ve tuzsuz

topraklardır. Ova topraklarının % 34.7 sini oluşturan bu birlik topraklarının yükselteri ise 4-6 m arasında değişmektedir.

3) Dombay-Asarlık-Koyundere Birliği: akıllı, kaba tın-ince tın bünyeli, yan dere alluviumu üzerinde bulunan derin ve iyi drenajlı olan bu birlik toprakları, ova topraklarının % 6.5 ini oluşturmakta ve yükselteri 6-30 m arasında değişmektedir.

4) Hatundere-Arapdere Birliği: Ova topraklarının % 6.6 sını oluşturan bu birlik, püskürüklerden yıkanmış yandere alluviumu üzerinde çakıllı, killi-tın, kil bünyeli, kireçsiz-hafif kireçli toprakları içermektedir. Bu birlik topraklarının yükselteri 20-30 m arasında değişmektedir.

5) Kozluca-Ulucak Birliği: Düze yakın-hafif eğimli eski kollovium üzerinde oluşmuş, ince tın bünyeli topraklarda oluşan bu birliğin yükseltisi 6-30 m arasında değişiklik göstermektedir.

Alüviyal büyük toprak grubuna dahil olan deneme yeri toprakları Menemen Ovasında Gediz serisini temsil etmektedir (Anonymous, 1971).

3.1.5. Araştırmada Kullanılan Pamuk Çeşidinin Özellikleri

Araştırmada Nazilli 84 pamuk çeşidi kullanılmıştır. Bu çeşit, Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsünde melezleme ıslahı ile elde edilmiştir. Ebeveynleri ABD orijinli Carolina Queen ile SSCB orijinli 153 F pamuk çeşitleridir. Bu çeşit 1984 yılında tescil edilmiş olup, Ege Bölgesinde yaygın olarak yetiştirilmektedir. Bu çeşidin verim potansiyeli yüksek, erkenci, solgunluk hastalığına oldukça dayanıklı, çıplak tohumlu ve çırcır randımanı çok yüksektir. Küçük bol yapraklı, yapraklar ve gövde tüysüz, bitki tipi kloster ve yarı kloster olup, çok fazla boylanmaz (Ünal, 1986).

3.1.6. Araştırmada Kullanılan Alet ve Ekipmanlar

Bitki taç yaprak sıcaklığı ölçümlerinde “ Thermo-Hunter 5140 Non-Contact Thermometer” ticari isimli infrared termometre kullanılmıştır. Dalga boyu duyarlılığı 8 – 14 μm arasındadır. Analog çıktılar için hızı 0.5 saniyedir. Sıcaklık ölçekbilme aralığı – 50 ile 1400 $^{\circ}\text{C}$ arasındadır. Görüş açısı (FOV) 4° dir. 1000 veri toplama fonksiyonlu olup 4 ölçüm modu bulunmaktadır. Her bir modda otomatik veya elle veri toplamak mümkündür (Anonymous, 1992).

Buhar basıncı açığını (VPD) hesaplamak için ölçümlerin yapıldığı aspirotörlü psikrometreler kullanılmıştır. Bu cihazlar bir siperin içerisinde yerden 1.5 m yüksekliğinde monte edilmiştir. Diğer

meteorolojik veriler için Enstitü arazisinde bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan yararlanılmıştır.

Laboratuvar analizleri için Araştırma Enstitüsünün Toprak ve Su Analiz Laboratuvarından yararlanılmıştır.

Sulama suyu olarak Enstitü arazisinde bulunan T₂ A₁ sınıfında kuyu suyu kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

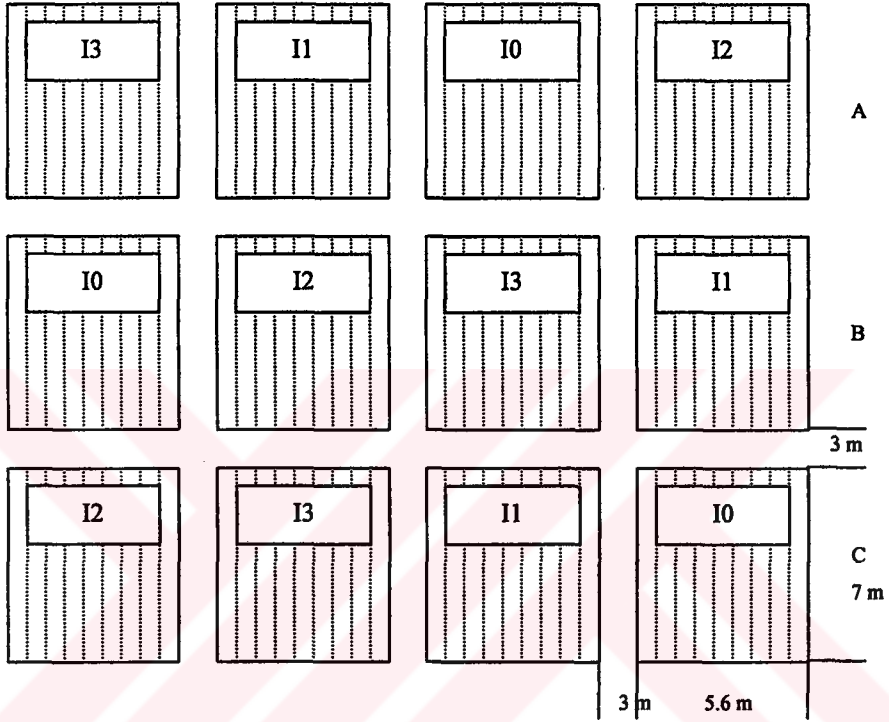
3.2.1. Tarla Deneme Yöntemi

Denemeler, 1995 ve 1996 yıllarında, tesadüf blokları deneme desenine göre üç yinelemeli olarak yürütülmüşlerdir.

Her parselde sıra üzeri 20 cm ve sıra arası 70 cm olacak şekilde Kuzey-Güney doğrultusunda 8 pamuk bitkisi sırası oluşturulmuştur.

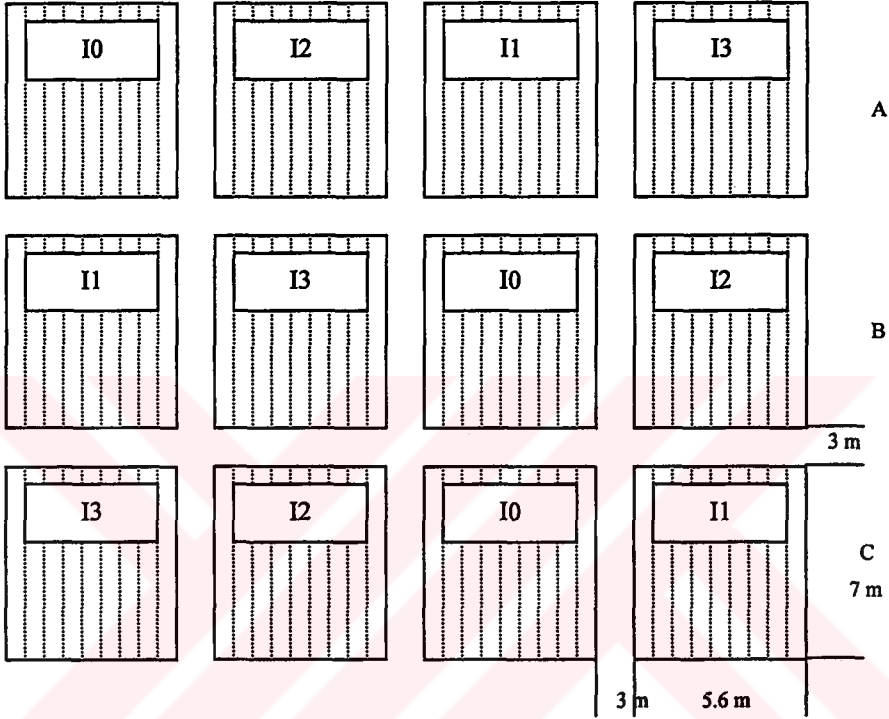
Şekil 3.1 ve Şekil 3.2 sırasıyla 1995 ve 1996 yılı deneme parsellerinin planını göstermektedir.

Şekil 3.1. 1995 Yılı Deneme Planı.



Ekimde parsel ölçüleri: $5.60 \text{ m} \times 7.00 \text{ m} = 39.2 \text{ m}^2$ ve hasatta ise parsel ölçüleri: $4.20 \text{ m} \times 5.00 \text{ m} = 21.0 \text{ m}^2$ olmuştur. Oluşturulan 3 bloğun her birinde 4 parsel yer almıştır. Parsellerin düzenlenmesi sırasında, farklı konu uygulamalarından meydana gelebilecek yan etkileri önlemek amacıyla parseller ve bloklar arasında 3 m boşluk bırakılmıştır.

Şekil 3.2. 1996 Yılı Deneme Planı.



3.2.2. Araştırma Konuları

Tesadüf blokları deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak yürütülen denemede, 4 deneme konusu ele alınmıştır. Bu deneme konuları topraktaki nem miktarındaki azalmalar dikkate alınarak belirlenen en uygun sulama zamanının yaprak sıcaklığı değişimleri ile ilgili ilişkilerini ortaya koyabilmesi açısından seçilmiştir. Nazilli 84 çeşidinin Ege Bölgesindeki pamuk ekiliş alanındaki payı % 95' lere ulaşmış ve çeşit özelliğinden dolayı su gereksinimi diğer çeşitlere göre

farklı olmuştur (Özkara ve Şahin, 1993). Bu çeşidin en iyi sulama zamanının tespitinin topraktaki nem azalmasına göre yapılması ve yaprak sıcaklığına bağlı olarak su stres indeksinin bu sulama planlamasına göre ilişkilendirilmesi amacıyla topraktaki su miktarı düzeyi ve CWSI arasında yakın paralelliğin göz önünde (Jackson, et al., 1981; Idso, et al., 1981(b)) tutulması sonucu aşağıdaki konular belirlenmiştir. Bunlar;

I0: Susuz

I1: Kullanılabilir nemin % 40'ı tükendiğinde, sulama

I2: Kullanılabilir nemin % 60'ı tükendiğinde, sulama

I3: Kullanılabilir nemin % 80'i tükendiğinde, sulama dır.

3.2.3. Arazi Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

3.2.3.1 Toprak ve Su örneklerinin Alınması

Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla gerekli analizlerin yapılabilmesi için bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır.

Araştırma alanında toprak örneklerinin alınabilmesi ve toprak katmanları arasında farklılıkların gözlenebilmesi için iki adet toprak profili açılmıştır.

Araştırma alanındaki toprakların hacim ağırlıklarını belirleyebilmek için U.S. Salinity Lab. Staff. (1954) de verilen esaslar göz önünde tutularak 100 cm³' lük çelik silindirler toprak örneği

alınımında kullanılmıştır. Bu amaçla bozulmamış toprak örnekleri, açılan profillerden, 90 cm derinliğe kadar her 30 cm de 3 yinelemeli olmak üzere alınmıştır. Gerek silindirler toprağa çakılırken, gerekse de yerinden çıkarılırken, toprağın doğal yapısının bozulmamasına özen gösterilmiştir. Silindirler topraktan çıkarıldıktan sonra her iki yüzeyi de bir spatül yardımı ile düzlenmiş ve kendi kapaklarıyla kapatılarak özel koruma çantası içinde deneme alanının yanındaki laboratuvara götürülmüştür.

Bozulmuş toprak örnekleri de açılan profillerin 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinden alınmış, naylon torbalara konularak etiketlenmiş ve laboratuvara getirilmiştir. Örnekler, Irmak (1954) tarafından verilen esaslara göre oda sıcaklığında kurutularak, merdanelenmiş ve 2 mm lik elekten geçirilerek analizlere hazır duruma getirilmiştir.

Toprak neminin izlenmesinde sulamanın yoğun olduğu zamanlarda haftada 1 veya 2 kez olmak üzere, uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesi amacıyla da, sulamadan bir gün önce yine aynı derinliklerden her derinlik için 2 yinelemeli olmak üzere toprak tüpü ile örnekler alınarak, alüminyum kaplara konulmuş ve nem analizi için tartılmak üzere laboratuvara getirilmiştir.

Araştırma alanı topraklarının verimlilik analizleri için, Ülgen ve Yurtsever (1984)'de verilen esaslar göz önünde tutulmuş ve 0-20 ile 20-40 cm lik toprak derinliklerinden bozulmuş toprak örnekleri alınarak analizi için laboratuvara götürülmüştür.

Araştırmada kullanılan sulama suyunun özelliklerini belirlemek amacıyla, Enstitü arazisinde bulunan kuyudan su örneği alınmıştır. Örnek alma işlemi Ayyıldız (1983)' de verilen esaslar göz önünde tutularak gerçekleştirilmiş olup örnek almadan önce suyun kuyudan yaklaşık yarım saat kadar akması beklenmiş ve su örneği daha sonra temiz şişeye konarak laboratuvara getirilmiştir. Su örneği, yalnızca 1995 yılı için alınmıştır.

3.2.3.2. Taç Yaprak Sıcaklıklarının Ölçülmesi

Bitki taç yaprak sıcaklığı ölçümleri yaprakların toprak yüzeyini tamamen kapladığı yani topraktan gelebilecek herhangi bir yansımanın okumaları etkilemediği dönemden itibaren (çiçeklenme dönemi) hemen hemen her gün ölçülmüştür (tatil günleri dışında). Ölçümler, Ehrler et al (1978) de önerildiği gibi bütün bir günü temsil edebilecek maksimum taç yaprak sıcaklıklarının elde edildiği 13.⁰⁰ – 14.⁰⁰ saatleri arasında yapılmıştır. Bu saatler günün hemen hemen en sıcak olduğu saatlerdir.

Ölçümler 4 lik bir FOV açısı ve 8-14 µm dalga boyunda okuma yapabilen bir infrared termometre ile yatayla 30° açı yapacak ve her parselin ortasına tutulacak şekilde yapılmıştır. Ölçümler yapılırken diğer cisim, toprak ve direk güneş ışınlarının, aletin görüş açısı dışında kalmasına özen gösterilmiştir.

Ölçümler doğu, Batı, Kuzey ve Güney ana yönler ile ara yönlerden olmak üzere her bir yön için 4 yinelemeli olarak alınmıştır. Buna göre,

deneme alanındaki bir parsel için 32 adet ölçüm alınmıştır. Değerlendirmeler bu 32 ölçümün ortalaması alınarak yapılmıştır. Böylece bir günde 13.⁰⁰ – 14.⁰⁰ saatleri arasında 384 taç yaprağı sıcaklığı ölçülmüştür.

Infrared termometre aletinin kalibrasyonu için Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, fizik Bölümünde Stephan-Boltzman düzeneği kurulmuş ve termometre test edilmiştir.

3.2.3.3. Psikrometrik Ölçümlerin Yapılması

Su buharı basınç açığı (VPD) hesaplamalarını yapabilmek için, Denemenin yürütüldüğü alanın hemen yanında meteoroloji istasyonunda bulunan sıcaklık siperinden yararlanılmıştır. Bu sıcaklık siperi yerden 1.5 m yükseklikte (Pinter and Reginato, 1982; Jackson et al., 1981; Idso, 1982) olup, içerisinde aspiratörlü ıslak termometre, kuru termometre, nemi ölçen higrograf bulunmaktadır. Psikrometrik ölçümler, Infrared termometre ile taç yapraklığı sıcaklık ölçümlerinin yapıldığı 13.⁰⁰ ile 14.⁰⁰ saatleri arasında ve her 20 dakikada bir (Jackson et al., 1981) olacak şekilde 4 kez yapılmıştır. Değerlendirmeye bu 4 değerin ortalaması alınmıştır.

3.2.4. Laboratuvar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

Araştırma alanı topraklarının bünyesi, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, devamlı solma noktası ve kullanılabilir nem miktarı gibi

fiziksel özelliklerinin saptanmasına ilişkin yöntemler ile pH, toplam tuz, yararılı K₂O, yararılı P₂O₅, kalsiyum karbonat ve organik madde gibi bazı kimyasal özelliklerinin belirlenmesine ilişkin yöntemler aşağıda verilmektedir.

a) Toprak Bünyesi: Bozulmuş toprak örneklerinde bünyeyi oluşturan kum, kil, ve mil fraksiyonlarının yüzdeleri Bouyoucus Hidrometre yöntemi ile bulunmuştur (Tüzüner, 1978). Analiz sonuçlarına göre, bünye sınıfının belirlenmesinde, toprak sınıflandırma üçgeninden yararlanılmıştır (Millard et al.,1966).

b) Hacim Ağırlığı: Hacim ağırlığı değerleri 100 cm³ lük çelik silindirlerle bozulmamış toprak örnekleri üzerinde yapılmış ve hacim ağırlığı değeri, silindir içindeki toprağın 105 °C sıcaklıkta 24 saat kurutulduktan sonraki ağırlığının silindir hacmine bölünmesi ile elde edilmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

c) Tarla Kapasitesi: 1/3 atmosferlik basınç altında, bozulmuş toprak örneğinde tutulan su miktarı olarak poroz levhalı basınç aleti kullanılarak belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

d) Devamlı Solma Noktası: Membranlı basınç aleti kullanılarak 15 atmosferlik basınç altında, toprakta tutulan su miktarı olarak bozulmuş toprak örneklerinde saptanmıştır (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

e) Kullanılabilir Nem Miktarı: Toprak katmanlarının kullanılabilir nem miktarı, tarla kapasitesi ile devamlı solma noktası arasındaki fark olarak belirlenmiştir (Güngör ve Yıldıırım, 1989).

f) Toprak Reaksiyonu (pH): Toprak  rneklerinin saturasyon çamurunda cam elektrodlu pHmetre ile  l  lm  st r (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

g) Toplam Tuz: Saturasyon çamurunda kondaktivite aleti kullanarak elektriksel geçirgenliğin ölçülmesiyle saptanmıştır (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

h) Yarayışlı Potasyum (K_2O): Amonyum asetat çözeltisi ile ekstrakte edilebilir potasyumun fleymfotometrede okunması ile belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

ı) Yarayışlı Fosfor (P_2O_5): Olsen metodu ile kalorimetrik olarak belirlenmiştir ( lgen ve Ate alp, 1972).

i) Kalsiyum Karbonat ($CaCO_3$): Scheibler kalsimetresi kullanarak belirlenmiştir ( a lar, 1949).

j) Organik Madde: Modifiye edilmiş Walckley-Black yöntemi ile belirlenmiştir (Richards, 1954).

Enstitü arazisinde bulunan kuyunun sulama suyu kalitesini belirlemek amacı ile alınan su örneklerinde aşağıda belirtilen yöntemlerle analizler yapılmıştır.

a) pH: Cam elektrotlu pHmetre kullanılarak sulama suyu örneğinin pH değeri ölçülmüştür (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

b) EC: Alınan sulama suyu örneklerinin elektriksel iletkenlikleri kondaktivite aleti ile belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

c) Katyonlar: Katyonlardan Sodyum (Na^+) ve potasyum (K^+) fleymfotometrik olarak, Ca^{++} 0.01 N Versenat ile titre edilerek volumetrik olarak, Mg^{++} ise yine 0.01 N Versanat ile titre edilerek belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

d) Anyonlar: Anyonlardan Klörür (Cl^-), 0.01 N AgNO_3 çözeltisi ile titre edilerek, Karbonat (CO_3^{--}) ve Bikarbonat (HCO_3^-), 0.01 N H_2SO_4 çözeltisi ile titrasyon yöntemiyle, Sülfat (SO_4^{--}) ise standart BaCl_2 çözeltisi ile titrasyon yöntemi ile belirlenmiştir. Sulama suyu bor içeriği, karmin kullanılarak kolorimetrik olarak tayin edilmişlerdir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

e) Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) ve Artık Sodyum Bikarbonat (RSC) değerleri, U.S. Salinity Lab.Staff, (1954)'de verilen eşitliklerle hesaplanmıştır.

Yukarıda belirtilen analiz sonuçlarına göre sulama suyu kalite sınıfı, ABD Tuzluluk Laboratuvarı tarafından geliştirilen grafik kullanılarak belirlenmiştir.

3.2.5. Tarımsal Uygulamalar

a) Toprak Hazırlığı: Deneme alanı sonbaharda pullukla derin bir şekilde sürülmüş, ilkbaharda ikileme aletleri ile sürülüp tırmık ve sürgü geçirilerek iyi bir tohum yatağı hazırlanmıştır (Özkara ve Şahin, 1993)

b) Ekim: Toprak 0-5 cm lik katmanında sıcaklığın 16 °C nin üzerinde olduğu dönemde; Menemen yöresi için mayıs ayı başlarında, sıralar arası 70 cm, sıra üzeri 20 cm olacak şekilde mibzerle 6-7 kg/da olmak üzere ekim yapılmıştır (Özkara ve Şahin, 1993). Denemenin ilk yılında 17 Mayıs 1995 tarihinde, ikinci yılında ise 3 Mayıs 1996 tarihinde ekim işlemi gerçekleştirilmiştir.

c) Gübreleme: Deneme yerlerinden alınan toprak örneğinin verimlilik analiz sonuçlarına göre; fosforlu gübre (5 kg/da P_2O_5) ve azotlu gübrenin yarısı (10 kg/da N) ekim öncesi pulluk altına verilmiştir. Azotlu gübrenin diğer yarısı ise (10 kg/da N) ilk sulamanın başlamasından önce parsellere uygulanmıştır.

d) Bakım: Ekimden sonraki yaklaşık iki ile üç hafta içinde çıkışlar tamamlandıktan sonra ara sürüm yapılmış daha sonra, ikinci ara sürüm ve el çapası ile tekleme ve seyreltme yapılmıştır. Bitki boyu 25-30 cm ye

ulaştığında boğaz doldurma ile birlikte ilk sulama çizileri oluşturulmuştur. Bu aşamadan sonra çıkan yabancı otlar elle temizlenmiştir. Tarımsal savaş olarak, haşere ve zararlılara karşı uygun ilaçlar kullanılarak gerekli önlemler alınmıştır.

e) Sulama: Orta yinelemedeki deneme konusu parsellerinden sulama öncesi 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliklerinde gravimetrik yöntemle nem ölçümleri yapılarak, sulamalar bu değerlere göre yapılmıştır. İlk sulamalara çiçeklenme başlangıcı ile başlanmıştır ve bütün konulara eşit su verilmiştir. Sulamalarda verilen su miktarı su saatinden geçirilerek plastik borularla parsellere uygulanmış ve 0-90 cm toprak katmanını tarla kapasitesine getirilecek şekilde sulamalar yapılmıştır. Deneme parsellerinde karık yöntemi uygulanmış ve su giriş ve çıkışını önlemek için kenarları seddelerle çevrilmiştir.

f) Hasat: Kozaların % 50 si açtığında birinci el, kalan kozaların % 50 si açtığında ikinci el ve geriye kalan kozaların tamamı açtığında üçüncü el hasadı yapılmıştır.

3.2.6. Büro Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

Büro çalışmaları olarak, sulama ile birlikte sulamadan sonra üç günlük periyotta ölçülen ortalama bitki taç sıcaklığı – hava sıcaklığı ($T_c - T_a$) farkı değerlerine karşılık su buharı basıncı eksikliği (VPD) değerleri arasında regresyon analizi uygulanarak korelasyon katsayıları belirlenmiştir (Idso et al., 1981a; Jackson et al., 1981; Pinter and

Reginato, 1982; Jensen et al., 1990). Kütlü pamuk miktarları belirlenmiş ve konular arasında farklılık görülerek Duncan testi uygulanmıştır (Yurtsever, 1984). Ortalama CWSI, verim ve toprak nemi arasında regresyon analizi yapılarak ilişkiler araştırılmıştır (Fangmeier et al., 1989; Hattendorf, 1988).

3.2.6.1. Su Buhar Basıncı Açığı (VPD) Hesaplama Yöntemi

Su buhar basıncı açığını hesaplamak için, Allen et al (1998) de verilen yöntemlerden yararlanılmıştır. Bu yöntemle göre su buharı basıncı açığı; belirli bir zaman periyodu için doymuş (e_s) ve gerçek (e_a) su buharı basıncı arasındaki farktır ($e_s - e_a$).

Doymuş su buharı basıncı şu formülle bulunmaktadır:

$$e_s^o(T) = 0.618 \text{ Exp } [17.27 T / T + 237.3]$$

Burada;

$e_s^o(T)$: Bilinen hava sıcaklığındaki doymuş su buharı
basıncı (kPa)

T: Hava sıcaklığı

Exp[.] 2.7183 (Doğal Logaritma Tabanı) Üstel sayıdır.

Gerçek su buharı basıncı ise;

$$e_a = RH_{ort} / 100 (e_s^o)$$

Burada;

RH_{ort} : Ortalama oransal nem

e_a : Gerçek su buharı basıncı (kPa)

e^o_s : Doygun su buharı basıncı (kPa).

3.2.6.2. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI) Hesaplama Yöntemi

Bitki su stres indeksi (CWSI)'nin belirlenmesinde deneysel yaklaşım olarak bilinen yöntemden yararlanılmıştır (Idso et al., 1981 b). Bu yöntemde göre; su stresine sokulmayan konulardan alınan ölçümlerden belirlenen $T_c - T_a$ ve VPD değerlerinin doğrusal regresyonu ile alt baz çizgisi, hiç sulanmayan konudan alınan ölçümlerden yararlanılarak üst baz çizgisi elde edilmiş ve temel grafikler oluşturulmuştur. CWSI değerleri ise anılan bu grafiklerin yardımıyla aşağıda verilen eşitlik ile saptanmıştır.

$$CWSI = [(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_A] / [(T_c - T_a)_0 - (T_c - T_a)_A]$$

Eşitlikte;

T_c : Yaprak sıcaklığı ($^{\circ}C$)

T_a : Hava sıcaklığı ($^{\circ}C$)

$(T_c - T_a)_A$: Bitkide su stresinin olmadığı alt baz sınırı

$(T_c - T_a)_0$: Bitkinin tamamen stres altında olduğu üst baz sınırı değeridir.

3.2.6.3. Mevsimlik Bitki Su Tüketimi

Konulara ilişkin mevsimlik bitki su tüketiminin belirlenmesinde, Beyce ve Madanoğlu (1980) tarafından verilen nem azalma yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntem aslında topraktaki su dengesi eşitliğidir. Eşitlik ise şöyledir:

$$ET = (P + I) \pm \Delta S$$

Bu eşitlikte;

ET: Bitki su tüketimi (mm)

P: Bitki gelişme dönemi boyunca toplam etkili yağış (mm)

I: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)

ΔS : Toprak profilindeki artan veya eksilen su miktarı (mm)

Toprak profilinde tutulan ve kullanılan su miktarı, bitki gelişme dönemi başında ve sonunda nem miktarı farkı olarak ele alınmıştır. Araştırmada sulamaların kontrollü yapılması ve parsellerin kenarları toprak seddelerle çevrilmesi nedeniyle yüzey akışlar engellenmiştir. Taban suyu seviyesinin yüksek olmaması nedeniyle aşağıdan yukarıya bir su hareketinin olmadığı varsayılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, Araştırmanın yapıldığı toprakların fiziksel ve kimyasal analizlerine ilişkin sonuçlar, araştırmada kullanılan sulama suyunun özellikleri, bitki su tüketimi, uygulanan sulama suyu miktarları, elde edilen verimler, yapılan gözlemlere ait sonuçlar ile ölçülen meteorolojik elemanların sonuçları, bitkinin su stres indeksi sonuçları ve topraktaki nem miktarı ile verim arasındaki ilişkilerin sonuçları verilmiş ve tartışması yapılmıştır.

4.1. Toprak ve Su Örneklerinin Analizine İlişkin Sonuçlar

4.1.1. Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

Denemenin kurulduğu araştırma alanında 0-30, 30-60, 60-90 cm lik toprak katmanlarından alınan örneklerin 1995 ve 1996 yıllarına ait fiziksel analiz sonuçları Çizelge 4.1 ve 4.2 de verilmektedir.

Çizelge 4.1. 1995 Yılı Deneme Yeri Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)
0-30	38.12	20.72	41.16	L	20.13	10.94	1.559
30-60	44.30	16.63	39.07	L	17.86	9.71	1.282
60-90	24.98	31.30	43.72	CL	25.37	13.79	1.414

Çizelge 4.1 incelendiğinde, 0-30, 30-60 cm lik toprak katmanlarında toprak bünyesi tınlı olup, 60-90 cm lik katmanda killi tınlı bir bünyeye sahip olduğu görülmektedir. Buna göre araştırma alanı toprakları genelde orta bünyeli toprak sınıfına girmektedir (Millard et al., 1966). Toprakların hacim ağırlıkları ise 1.28 ile 1.60 gr/cm³ arasında değişmekte ve bulunan hacim ağırlık değerleri ile bünye sınıfları uygunluk göstermektedir (Munsuz, 1982).

Bu verilere göre kullanılabilir su tutma kapasite değerleri ise 0-30 cm için 42.98 mm, 30-60 cm için 31.34 mm ve 0-90 cm için 49.12 mm olarak bulunmuştur. Toplam olarak profildeki kullanılabilir su tutma kapasitesi ise 123.44 mm olarak hesaplanmıştır (Mergen, 1965). Bu değerler bünyelerine göre 1 metre derinlikteki mm cinsinden kullanılabilir su tutma kapasite sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şener vd., 1995).

Çizelge 4.2. 1996 Yılı Deneme Yeri Topraklarının Bazı Fiziksel Özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)
0-30	33.44	20.98	45.58	L	22.45	12.20	1.437
30-60	43.99	14.75	41.25	L	20.66	11.23	1.394
60-90	50.03	13.42	36.54	L	21.61	11.74	1.286

Çizelge 4.2 incelendiğinde, 1996 yılı deneme topraklarının 30' ar cm lik tüm katmanlarının tınlı olduğu görülmektedir. Bünye bakımından orta bünyeli toprak sınıfına girmektedirler (Millard et al., 1966).

Toprakların hacim ağırlıkları ise 1995 yılındaki değerlerle paralellik göstererek, sahip oldukları bünye sınıfları ile uygun sınırlar içerisinde bulunmuşlardır (Munsuz, 1982).

Kullanılabilir su tutma kapasiteleri yine 1995 yılındaki deneme toprakları değerleri ile paralellik göstermekte olup, 0-30 cm lik katmanda 44.19 mm, 30-60 cm lik katmanda 39.44 mm ve 0-90 cm lik katmanda ise 38.08 mm olarak hesaplanmıştır. Profildeki toplam kullanılabilir su tutma kapasitesi ise 121.71 mm olarak bulunmuştur (Mergen, 1965). Yine bu değerler aynen 1995 yılı toprakları gibi bünyelerine göre 1 metre derinlikteki mm cinsinden kullanılabilir su tutma kapasite sınırları içerisinde bulunmaktadır (Şener vd., 1995).

Bünye bakımından deneme alanı topraklarının Ege Bölgesinde % 53.63 oranında bulunan tınlı bünye ile aynı olduğu saptanmıştır (Eyüpoğlu, 1999).

Deneme alanı topraklarının 1995 ve 1996 yılı kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4.3 de verilmektedir.

Bu sonuçlara göre; deneme alanı toprakları toprak reaksiyonu bakımından (pH) 7.5 civarında olup nötr, toplam tuz durumuna göre ise 0.035 ile 0.047 arasında değişerek hafif ve orta tuzlu sınıflarına, Kireç durumuna göre kireçli ve sadece 1995 yılının 0-20 cm deki değeri orta kireçli sınıfına, yarayıklı potasyum açısından oldukça yeterli ve yarayıklı

fosfor bakımından ise orta ve yüksek sınıflarına ve organik madde bakımından ise az sınıfına girmektedir (Ülgen ve Yurtsever, 1995)

Çizelge 4.3. 1995 ve 1996 Yılı Deneme Yeri Topraklarının Bazı Kimyasal Özellikleri

Deneme Yılı	Toprak Derinliği (cm)	Su ile Doygunluk (%)	Toplam Tuz (%)	Kireç (CaCO ₃) (%)	pH	Bitkilere Yararışlı		Organik Madde (%)
						P ₂ O ₅ (kg/da)	K ₂ O (kg/da)	
1995	0-20	58	0.035	14.69	7.64	7.51	103.85	2.49
	20-40	56	0.038	5.41	7.58	4.79	84.28	1.06
1996	0-20	61	0.047	4.84	7.53	11.21	156.52	1.57
	20-40	68	0.047	5.65	7.50	10.02	145.99	1.33

Genel olarak pamuk bitkisi çeşitli toprak özelliklerinde yetiştirilebilmesine karşılık orta ve ağır bünyeye sahip topraklarda iyi su tutma kapasitesine sahip derin topraklarda yetiştirilmesi tercih edilmektedir. PH oranı 5.5 ile 8 arasındaki topraklarda yetiştirilebilmesine karşın pH'ın 7 ve 8 civarında olması optimum olarak kabul edilmektedir (Doorenbos and Kassam, 1986). Deneme toprakları da Doorenbos ve Kassam (1986)'da önerilen toprak özellikleri bakımından benzerlik göstermekte ve pamuk yetiştiriciliği için toprak yönünden herhangi bir sorun bulunmamaktadır.

4.1.2. Sulama Suyu Kalitesine İlişkin Analiz Sonuçları

Araştırmada kullanılan sulama suyunun kalitesine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.4 de verilmektedir.

Sulamada kullanılan su C_2S_1 sınıfına girmekte ve tuzluluk yönünden orta ve alkalilik yönünden ise düşük seviyelerdedir. Bu sonuçlara göre pamuk bitkisinin sulanmasında kullanılan suyun kalite yönünden herhangi bir sorun yaratmayacağı sonucuna varılmıştır (Ayers and Westcot, 1985; Akbaş, 2000).

Çizelge 4.4. Denemede Kullanılan Sulama Suyu Analiz Sonuçları

EC (Mikromhos)/cm (25 C° 'de)		705.67
PH		7.96
Kanyonlar Me / l	Na ⁺	2.36
	K ⁺	0.15
	Ca ⁺⁺	1.64
	Mg ⁺⁺	2.30
Toplam		6.45
Anyonlar Me / l	CO ₃ ⁻	-
	HCO ₃ ⁻	5.20
	Cl ⁻	1.00
	SO ₄ ⁻	0.25
Toplam		6.45
Bor (ppm)		0.24
Artık Sodyum Karbonat (Me/l)		1.26
% Sodyum		36.59
Erimiş Maddeler (ppm)		451.63
Alman Sertliği		11.03
SAR		1.68

4.2. Bitkinin Gelişme Dönemi ve Tarımsal İşlemlere İlişkin Gözlem Sonuçları

Araştırmanın yürütüldüğü 1995 ve 1996 yılına ait fenolojik gözlem ve uygulanan kültürel işlemlere ilişkin tarihler Çizelge 4.5 de verilmektedir.

Çizelge 4.5. 1995 ve 1996 Yıllarına Ait Fenolojik Gözlem ve Uygulanan Kültürel İşlemlere İlişkin Tarihler

Fenolojik Gözlem ve Tarımsal İşlemler	Deneme Yılları	
	1995	1996
Tohum Ekimi	17 Mayıs	03 Mayıs
İlk Çıkış	22 Mayıs	07 Mayıs
Aşılama	05 Haziran	20 Mayıs
I. Çapa ve Seyreltme	15 Haziran	28 Mayıs
I. Ara Sürümü	20 Haziran	27 Mayıs
I. İlaçlama	22 Haziran	28 Mayıs
II. İlaçlama	21 Temmuz	06 Haziran
II. Ara Sürüm	03 Temmuz	11 Haziran
II. Çapa	04 Temmuz	14 Haziran
Gübreleme	04 Temmuz	17 Haziran
Boğaz Doldurma ve Parselasyon	05 Temmuz	17 Haziran
İlk Çiçeklenme Başlangıcı	17 Temmuz	04 Temmuz
İlk Sulama	17 Temmuz	08 Temmuz
Koza Oluşumu	24 Temmuz	10 temmuz
I. El Hasat	21 Eylül	12 Eylül
II. El Hasat	03 Ekim	04 Ekim
III. El Hasat	01 Kasım	-----

Denemenin yürütüldüğü iki yılda da tohum ekiminden bir gün önce fosforlu gübre ve azotlu gübrenin yarısı pulluk altına verilmiştir. Burada

fosforlu gübre olarak %48' lik triple süper fosfat (TSP) ve azotlu gübre olarak da %21' lik amonyum sülfat kullanılmıştır. Birinci sulamadan önce uygulanan azotlu gübre ise % 26 lık amonyum nitrat olmuştur.

1995 yılında ekimden hasada kadar toplam gelişme periyodu 168 gün 1996 yılında ise 155 gün olarak gerçekleşmiştir. Doorenbos and Kassam (1986)' da pamuk için bu periyodun 150 ila 180 gün arasında değişebileceği bildirilmektedir. Denemenin iki yılında da gerçekleşen gelişme periyotları Doorenbos ve Kassam (1986) da verilen periyotlarla uygunluk içerisinde bulunmaktadır..

1995 yılında, lambda-chhalotrm 50 gr/l, a-cyorio-3-phenoxybenzy/3-(2-choloro-3,3,3-trifluogrop-1-enyl)-2,2- dimethylcelopropore carboxylate içeren "Karate 5 Ec" ticari isimli insektisit ilacı kullanılmıştır. 1996 yılında ise aktif maddesi 400 mg/l olarak dimethoute=0,0 dimethy-5 (N methy Carbony 1 phosphorodith Date methyl olan "Poligor" ticari isimli ilaç kullanılmıştır.

4.3. Sulama Suyu ve Bitki Su Tüketim Miktarlarına İlişkin Sonuçlar

Araştırma yıllarında, pamuk bitkisinin gelişme dönemi boyunca konulara uygulanan sulama suyu miktarları, sulama tarihleri ve sayısı Çizelge 4.6'da, aylara göre bitki su tüketimleri ise Çizelge 4.7'de verilmiştir. Gelişme dönemi boyunca ölçülen topraktaki nem düzeyleri

1995 ve 1996 yılları için Ek Çizelge A.1 ve Ek Çizelge A.2 de verilmektedir.

1995 yılında, I1 konusuna 5 kez sulama ile 307.1 mm, I2 konusuna 4 kez sulama ile 282.1 mm ve I3 konusuna ise yine 4 kez sulama ile 339.8 mm su uygulanmıştır. 1996 yılında ise I1,I2 ve I3 konularının sulama sayıları değişmemiş, uygulanan sulama suyu miktarları sırasıyla, 283.9 mm, 311.5 mm ve 384.6 mm olarak belirlenmiştir. I3 konusu her iki yılda da en fazla su uygulanan konu olmuştur (Bkz. Çizelge 4.6).

Denemenin yürütüldüğü her iki yılda da sulama sayıları konulara göre 4 ve 5 kez olarak gerçekleşmiştir ki bu da Özkara ve Şahin (1993)'de 3 ile 6 kez arasında sulanması gerektiği önerilen sınırlar içerisinde kalmıştır. Yine, Şener (1993) tarafından Menemen'de lizimetrelerde ve aynı çeşit olan Nazilli 84 pamuk bitkisinde yapılan denemede 3-4 kez sulandığı bildirilmiştir. Doğal olarak bu sayı yıldan yıla ve değişen iklim ve toprak koşulları için farklılık gösterebilmektedir. Örneğin Şanlıurfa yöresinde bu sayı 9-16 arasında değişmektedir (Bilgel, 1996 ; Karaata, 1985). Sulama tarihlerine bakıldığında, ilk sulamalar 1995 yılında ekimden 62 gün sonra ve 1996 yılında ise ekimden 67 gün sonra yapılmıştır. Bu tarihler Yalçuk ve Özkara (1984)'de verilen ilk sulama tarihleri ile benzerlik göstermektedir. Bu ilk sulama tarihleri pamuk bitkisinin çiçeklenme dönemi başlangıcına gelmektedir (Bkz. Çizelge 4.5). Bu periyot pamuk bitkisinde kritik dönem olarak belirtilmektedir (Doorenbos and Pruitt, 1992)

Çizelge 4.6. 1995 ve 1996 Yılı Sulama Tarihleri, Adetleri ve Uygulanan Su Miktarları

Deneme Yılı	Sulama Tarihleri	Konulara Verilen Su Miktarı (mm)			
		I0	I1	I2	I3
1995	17.07.1995	-----	37.08	37.08	37.08
	01.08.1995	-----	97.57	97.57	97.57
	07.08.1995	-----	59.59	-----	-----
	11.08.1995	-----	-----	74.32	-----
	15.08.1995	-----	54.64	-----	88.03
	18.08.1995	-----	-----	73.12	-----
	25.08.1995	-----	58.22	-----	-----
	29.08.1995	-----	-----	-----	117.14
Toplam		0.00	307.1	282.09	339.82
Sulama Sayısı		0	5	4	4
1996	08.07.1996	-----	92.64	92.64	92.64
	16.07.1996	-----	47.39	-----	-----
	17.07.1996	-----	-----	71.20	-----
	18.07.1996	-----	-----	-----	94.95
	23.07.1996	-----	49.00	-----	-----
	25.07.1997	-----	-----	76.50	-----
	29.07.1996	-----	47.44	-----	95.02
	03.08.1996	-----	47.44	71.19	-----
	06.08.1996	-----	-----	-----	102.04
Toplam		0.00	283.91	311.53	384.65
Sulama Sayısı		0	5	4	4

Çizelge 4.7. 1995 ve 1996 Yılı Deneme Konularına göre Uygulanan Su Miktarları ile Bitki Su Tüketimleri

Deneme Yılı	Konular	Başlangıç Nem Miktarı (mm)	Hasattaki Nem Miktarı (mm)	Uygulanan Sulama Suyu Miktarı(mm)	Yağış (mm)	Gelişme Dönemi Boyunca Biti Su Tüketimi (mm)						Mevsimlik Su Tüketimi (mm)
						Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	
1995	10	245,5	96,7	0,0	68,2	17,5	38,8	86,6	49,2	8,2	16,4	216,9
	11	245,5	130,1	307,1	68,2	17,5	38,8	119,7	157,5	133,9	23,1	495,7
	12	245,5	110,5	282,0	68,2	17,5	38,8	87,8	227,9	98,5	14,7	485,3
	13	245,5	136,2	339,8	68,2	17,5	38,8	80,7	251,2	110,8	18,1	517,3
1996	10	260,1	130,7	0,0	66,2	21,2	32,3	127,4	9,8	4,7	0,0	195,6
	11	260,1	108,2	283,9	66,2	21,2	32,3	254,6	146,5	40,9	6,2	501,9
	12	260,1	120,0	311,5	66,2	21,2	32,3	281,6	155,9	24,2	2,5	517,8
	13	260,1	108,3	384,6	66,2	21,2	32,3	269,0	232,3	41,2	6,4	602,6

Her sulamada uygulanan miktarlara bakıldığında 1995 yılında genelde konulara uygulanması gereken sudan sapmalar olduğu görülmektedir. Örneğin 1995 yılında I1 konusuna her sulamada yaklaşık 50 mm verilmesi gerekirken bu değerin yaklaşık % 10 üzerinde su uygulanmıştır. Yine I3 konusunda aynı dalgalanmalar göze çarpmaktadır. Bunun nedeni ise toprak nemi değerlendirme çalışmalarındaki hatalardan kaynaklanmaktadır. 17.07.1995 tarihinde yapılan sulama, bitkilerin bir an önce yaprak ve yeşil aksamını geliştirerek yaprak sıcaklığı ölçümlerinde topraktan yansımalarını engellemek için yapılmıştır. 1996 yılında ise her sulamada uygulanan sulama miktarları konularda önerilen miktarlarla benzeşim göstermektedir.

Sulama aralıkları ise konulara göre 1995 yılında 7 ile 14 gün aralıklarla 1996 yılında ise 6 ile 11 gün arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde, konulara ve uygulanan su miktarlarına göre su tüketimi değerlerinin 195.6 mm ile 602.6 mm arasında değiştiği görülmektedir. Her iki yılda da gelişme dönemi sonunda toplam olarak en yüksek su tüketimi en fazla toplam sulama suyu alan I3 konusunda olmuştur. Özkara ve Şahin (1993), aynı çeşit için Menemen koşullarında ve değişik sulama programına göre su tüketimlerinin 272.7 mm ile 545.6 mm arasında değiştiğini bildirmektedir. Fakat Yalçuk ve Özkara (1984) önerdikleri konunun su tüketiminin 690 mm olduğunu bildirmektedirler. 1995 ve 1996 yıllarında yapılan denemedeki su tüketimleri yukarıda ifade edilen diğer araştırmacıların buldukları su tüketimleri ile benzerlik göstermektedir.

Gelişme dönemi boyunca aylık su tüketimlerine bakıldığında, 1995 yılı için hemen hemen tüm sulanan konularda en yüksek tüketim Ağustos ayında olmuştur. 1996 yılında ise en yüksek tüketimler Temmuz ayında görülmektedir. Bunun nedeni olarak su uygulamaları 1995 de tüketimin yüksek olduğu Ağustos ayına ve 1996 yılında ise Temmuz ayına denk gelmesi olarak gösterilebilir. Ayrıca bitkinin gelişme dönemlerine bakıldığında (Bkz. Çizelge 4.5) çiçeklenme dönemlerinin başlangıcı ile birlikte su tüketimlerindeki artışın aynı dönemlere gelmesi bu dönemde bitkinin suya ihtiyacı olduğu anlamını taşımaktadır (Doorenbos and Pruitt, 1992) ve bu yüzden bu dönemlerde su tüketiminin yüksek olmasının beklendiği söylenebilir.

4.4. Kütlü Pamuk Verimine İlişkin Sonuçlar

Araştırma konularından elde edilen kütlü pamuk verimlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. 1995 ve 1996 Yıllarına ait Pamuk Kütlü Verimleri (kg/da)

Sulama Konuları	1995			Konu Ortalaması	1996			Konu Ortalaması
	I.Blok	II.Blok	III.Blok		I.Blok	II.Blok	III.Blok	
I0	280.0	243.5	211.9	245.1	322.8	291.4	280.9	298.4
I1	253.3	222.9	328.8	268.3	487.6	438.0	430.4	452.0
I2	311.1	373.7	346.1	343.7	556.1	441.9	498.0	498.7
I3	399.4	358.9	379.0	379.1	556.1	503.8	541.4	533.8

Çizelge 4.8 incelendiğinde, uygulanan sulama konularından elde edilen pamuk kütlü verimlerinin 245 ile 533 kg/da arasında değişiklik gösterdiği görülmektedir. Her iki yılda da en yüksek verim I3 konusundan alınmıştır. I3 konusu mevsimlik su tüketimi yönünden de diğer konulara oranla daha fazla çıkmıştır (Bkz. Çizelge 4.7). Sulanan konular arasında en az verim ise her iki yılda da I1 konusundan alınmıştır. Yıllara göre 1996 yılında bütün konuların verimleri 1995 yılı verimlerinden yüksek çıkmıştır.

Deneme konularından elde edilen verimlere ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.9 ve Duncan testi sonucuna göre konuların yer aldığı gruplar Çizelge 4.10 da verilmiştir.

Çizelge 4.9. 1995 ve 1996 Yıllarına ait Pamuk Kütlü Verimlerine İlişkin Varyans Analiz Sonuçları

Yıllar	Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesaplanan F Değeri	Tablo F	
						0.05	0.01
1995	Bloklar	2	575.7	287.86	0.16 ns	5.14	10.92
	Konular	3	35565.2	11855.08	6.79 *	4.76	9.78
	Hata	6	10469.0	1744.84			
	Genel	11	46609.97				
V.K: % 13.51							
1996	Bloklar	2	8054.2	4027.11	8.59 *	5.14	10.92
	Konular	3	96906.4	32302.14	68.90 **	4.76	9.78
	Hata	6	2812.97	468.83			
	Genel	11	107773.6				
V.K: % 4.86							

ns: Fark önemsiz * : % 5 Seviyesinde Fark Önemli ** : % 1 Seviyesinde Fark Önemli

Çizelge 4.10. 1995 ve 1996 Yıllarına ait Ortalama Verimler ve Duncan Testine Göre Gruplar

Yıllar	Konular	Ortalama Verim (kg/da)	Gruplar	
			0.05	0.01
1995	I3	379.143	A	
	I2	343.714	AB	
	I1	268.365	BC	
	I0	245.159	C	
1996	I3	533.810		A
	I2	498.730		AB
	I1	452.063		B
	I0	298.413		C
S _x Değerleri			24,12	12,509

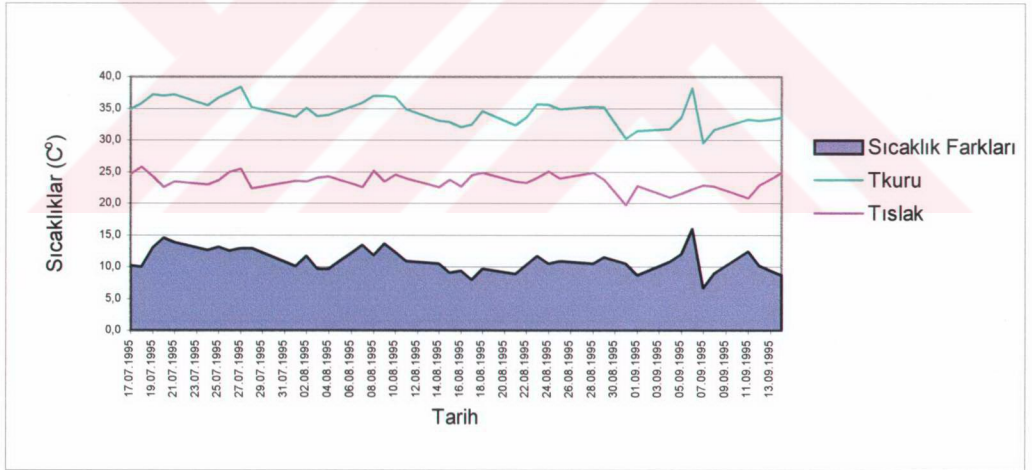
Çizelge 4.9 ve 4.10 incelendiğinde, 1995 yılında konu ortalamaları arasındaki farkların istatistiksel olarak 0.05 düzeyinde 1996 yılında ise 0.01 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. I3 ve I2 konusu her iki yılda da önemlilik düzeylerine göre aynı gruplarda yer almıştır.

4.5. Psikrometrik Ölçümlere İlişkin Sonuçlar

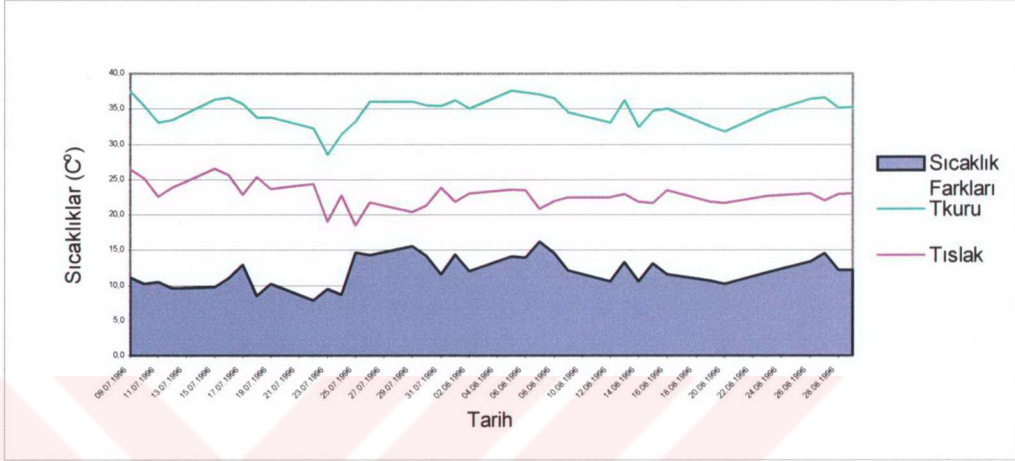
Deneme yıllarına ait sulamaların başlamasından itibaren öğlen 13.⁰⁰ ile 14.⁰⁰ saatleri arasında 3-4 kez ölçülen (her 20 dakikada bir) psikrometrik değerlere ilişkin ortalama kuru ve ıslak termometre sıcaklık değerleri ve siperdeki higrograf tan elde edilen oransal nem değerlerinin ortalamaları ile bu değerlerden elde edilen doymuş su buhar basıncı, gerçek su buhar basıncı ve su buhar basıncı açığı değerleri Ek Çizelge A.3 ile Ek Çizelge A.4 de verilmektedir.

1995 yılında İlk sulamaların başladığı döneminden itibaren 41 gün süreyle ölçülen ıslak ve kuru termometre sıcaklık değerleri değişimleri ile bu değerler arasındaki farklar Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Şekil 4.2 ise 1996 yılına ait ölçümlerden elde edilen termometre sıcaklıklarındaki 36 günlük değişimler ile arasındaki farkları göstermektedir.

Şekil 4.1 ve 4.2’ye göre her iki yılda da kuru termometre sıcaklıkları 35 °C civarında seyretmektedir. Buna karşılık ıslak termometre değerlerinin ise 20 ile 25 °C arasında değiştiği görülmektedir. İki termometre arasındaki sıcaklık farkları ise her iki yılda da 10 ile 15 °C arasında hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. 1995 Yılı Islak ve Kuru Termometre Değerleri ile Arasındaki Sıcaklık Farkları



Şekil 4.2. 1996 Yılı Islak ve Kuru Termometre Değerleri ile Arasındaki Sıcaklık Farkları

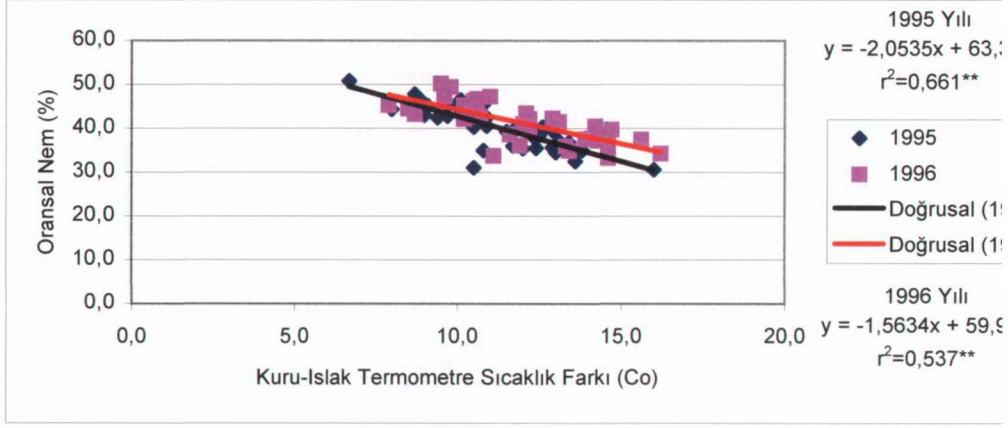
1995 yılında sıcaklık farklarının Temmuz ayının ortaları ile Ağustos ayının ortalarına rastlayan dönemde daha fazla olduğu ve bu dönemden sonra azaldığı görülmektedir. 1996 yılında ise farkın Temmuz ayının sonuna doğru açıldığı ve Ağustos ayı boyunca devam ettiği görülmektedir.

Bilindiği gibi havanın oransal nemi bu termometre sıcaklık farklarını etkilemektedir. Islak termometre müslini üzerine sıkılan suyun buharlaşması ne kadar fazla olursa ıslak termometrede meydana gelebilecek sıcaklık düşüşü de o kadar fazla olacak ve psikrometrenin aynı yerdeki hava sıcaklığı (kuru termometre) değeri ile ıslak termometreye ait sıcaklık değeri arasındaki fark ne kadar fazla ise

havadaki oransal nem o kadar az olacaktır (Anonymous, 1982). Nitekim, 1995 ve 1996 yılındaki bu sıcaklık farkları ile oransal nem arasındaki ilişki bu yönden, Anonymous (1982)' de bildirilenlerle paralellik göstermekte olup Şekil 4.3 bu ilişkiyi vermektedir.

Her iki yılda da ölçüm yapılan dönem ve saatlerde oransal nem % 30 – 50 arasında gerçekleşmiştir. 1995 yılında en küçük değer % 31 en büyük değer ise % 50.8 olmuştur. 1996 yılında ise bu değerler %33.3 ve % 50.3 olarak belirlenmiştir.

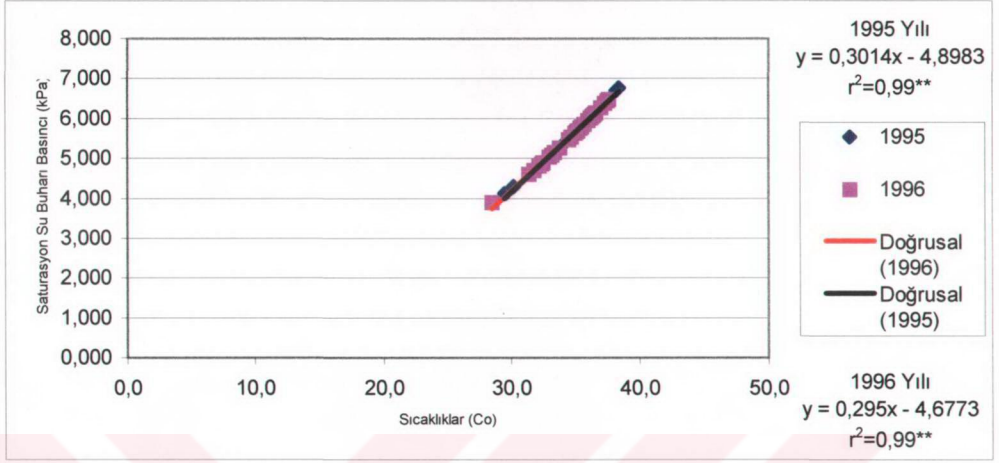
Oransal nemdeki değişimler ayrıca hava sıcaklığı tarafından belirlenen doymuş su buharı basıncı (es) tarafından da etkilenmektedir. Su molekülleri sıcaklığa bağlı olarak havada depolanabilmekte ve yüksek sıcaklıklarda daha fazla depolama kapasitesi oluşmakta ve daha yüksek doymuş su buharı basıncı anlamını taşımaktadır (Allen et al.,1998). Şekil 4.4'de verilen 1995 ve 1996 yıllarına ait hesaplanan doymuş su buharı basıncı ile sıcaklık ilişkisi de Allen et al., (1998)'de belirtilen ilişki ile paralellik göstermektedir.



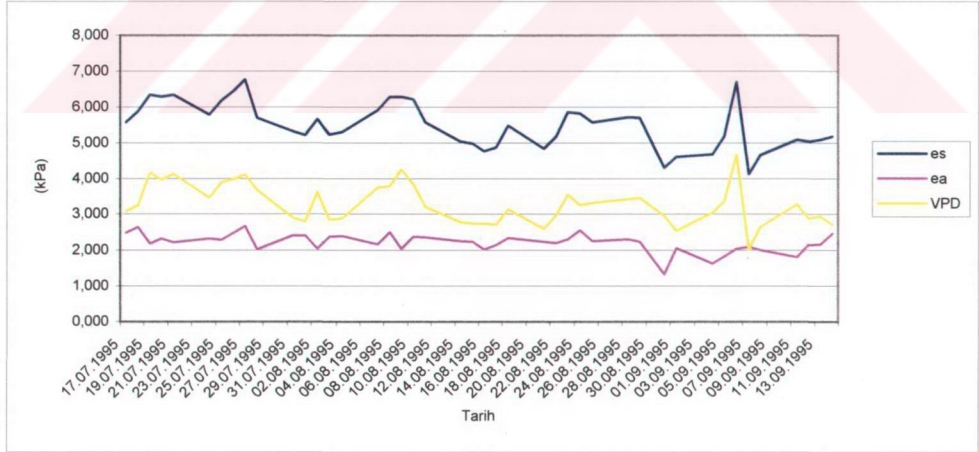
Şekil 4.3. Islak ve Kuru Termometre Sıcaklık Farkları ile Oransal Nem İlişkisi

1995 yılında yapılan ölçümlere bağlı olarak hesaplanan doymuş su buharı basıncı ve gerçek su buharı basıncı ile birbiri arasındaki farktan meydana gelen su buharı basıncı açığı (VPD) değişimleri Şekil 4.5’de aynı şekilde, 1996 yılı değerleri ise Şekil 4.6’da gösterilmektedir.

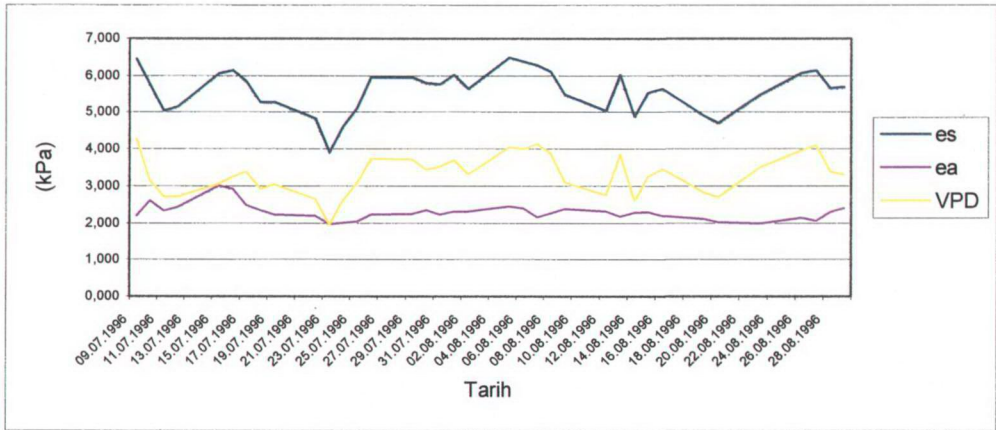
Şekil 4.5 ve 4.6 incelendiğinde her iki yılda da VPD değerlerinin genellikle 3 ile 4 kPa arasında değiştiği görülmektedir.



Şekil 4.4. Sıcaklık ile Doygun Su Buharı Basıncı İlişkisi



Şekil 4.5. 1995 Yılı Doygun Su Buharı ve Gerçek Su Buharı Basıncı ile VPD Değişimleri



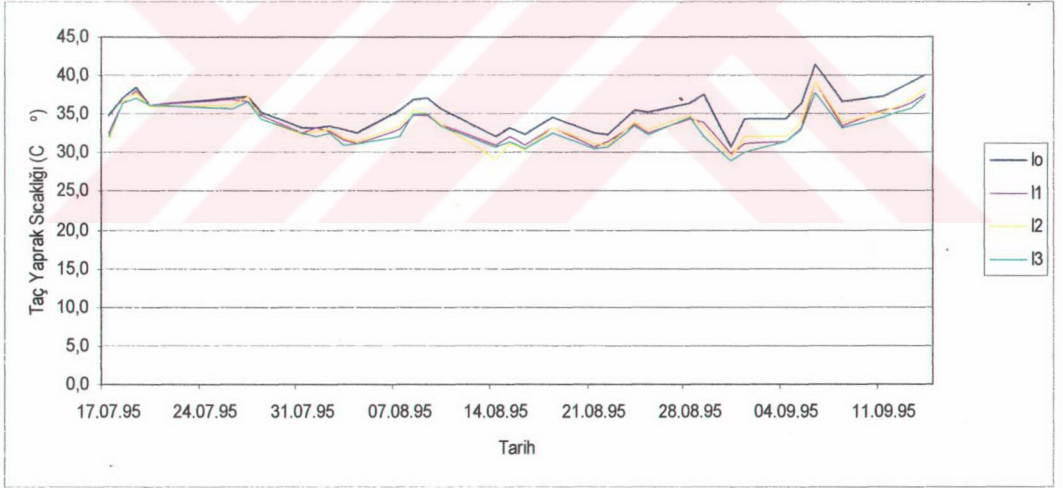
Şekil 4.6. 1996 Yılı Doymun Su Buharı ve Gerçek Su Buharı Basıncı ile VPD Değişimleri

4.6. Taç Yaprak Sıcaklıklarına İlişkin Sonuçlar

Deneme yıllarında infrared termometre ile öğlen saatlerinde ölçülen ortalama taç yaprak sıcaklık değerleri 1995 ve 1996 yılı için sırasıyla Ek Çizelge A.5 ve Ek Çizelge A.6'de verilmektedir. Ancak ölçümlerin değerlendirilmesinde sapmalara neden olmamak amacıyla havanın bulutlu, yağışlı, rüzgarlı ve yağmurlu olduğu zamanlar ile ilaçlamaların yapıldığı günler değerlendirme dışı bırakılmıştır. Nitekim, Jackson et al. (1981)'de çevresel faktörlerin hesaplamalarda hatalara neden olabileceği, bunlardan rüzgarın önemli bir faktör olduğu, ayrıca bulutluluk durumundaki ani değişmelerin ciddi hatalara yol açabileceğini bildirmektedir. O'Toole and Hatfield (1983) ise rüzgarın hataya neden olan birincil faktör olduğunu belirtmektedir. Yine Jensen et al.(1990) rüzgarın taç yaprak sıcaklıklarında dalgalanmalara neden olduğunu,

bulutluluğunda global radyasyonu etkilediğinden dolayı sıcaklıklarda farklılıklar meydana getirdiğini belirtmektedirler. Yine Hatfield (1990)'da hastalık, ilaçlama ve benzeri olayların stomaların kapanmasına neden olacağı ve böylece yaprak sıcaklıklarında farklılıklar meydana geleceğini bildirmektedir.

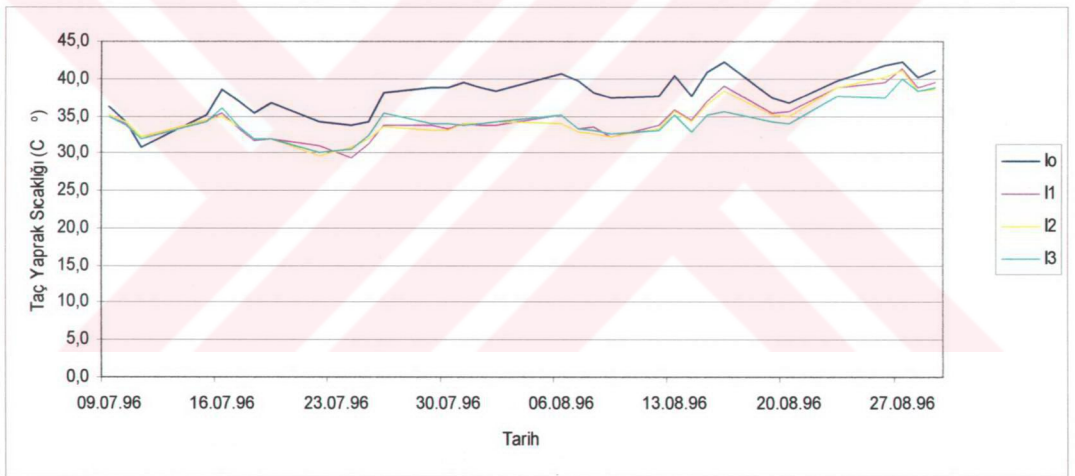
Yukarıda söz edilen durumlar göz önünde bulundurularak, ölçüm dönemi boyunca belirlenen ortalama yaprak sıcaklıklarının konulara göre değişimleri 1995 ve 1996 yılları için sırasıyla Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. 1995 Yılı Ortalama Taç Yaprak Sıcaklıkları Değişimi

1995 yılı değerlerine bakıldığında Ağustos ayının başlarında sulanan bitkilerle sulanmayan bitkiler arasındaki sıcaklık farklarının

giderek birbirinden ayrılmaya başladığı görülmektedir. Bu dönem, konulara göre sulama farklılıklarının yaratıldığı döneme denk düşmektedir (Bkz. Çizelge 4.6). 1996 yılında da sulanan ve sulanmayan bitkilerin taç yaprak sıcaklıklarındaki farkların açılmaya başlaması, 1995 yılında olduğu gibi sulama farklılıklarının yaratıldığı dönem başlangıcı olan yaklaşık Temmuz ayının ikinci yarısına denk düşmektedir (Bkz. Çizelge 4.6).



Şekil 4.8. 1996 Yılı Ortalama Taç Yaprak Sıcaklıkları Değişimi

1995 yılında sulanan bitkiler ile sulanmayanların taç yaprak sıcaklıklarındaki fark yaklaşık olarak 2-4 °C arasında değiştiği gözlenmiş ve hatta bu fark I3 konusunda 4.7 °C'ye kadar yükselmiştir. 1996 yılında ise bu sıcaklık farkları yaklaşık olarak 2-7 °C arasında değiştiği gözlemlenmiş ve en büyük değerin yine I3 konusunda 7.4 °C olduğu belirlenmiştir.

Sulanan ve sulanmayan bitkiler arasında belirlenen bu sıcaklık farkları aslında beklenen bir durumdur. Çünkü sulamaya bağlı olarak sağlıklı büyüyen bitkiler terleme yapacak ve bu terlemenin etkisiyle yaprakta serinletme etkisi yaparak yaprağın sıcaklığının düşmesini sağlayacaktır. Öte taraftan sulanmayan bitkide su kaybını önlemek için bitki stomalarını kapatma eğiliminde olacak ve terleme gerçekleşmeyeceğinden güneşin etkisi ile yaprak daha fazla ısınma eğilimi gösterecektir. Doğal olarak kurumanın şiddeti ile bu fark daha fazla açılacaktır (Ehrler, 1973). Yine bu bulgu, Idso et al. (1977), Jackson et al (1977) ve Walker and Hatfield (1979) tarafından kısaca belirtilen şu ifadelerle de desteklenmektedir; eğer bir bitkiye iyi bir şekilde su sağlanıyorsa bu bitki potansiyel olarak terleme yapacaktır ve bitki nispeten serinleyecektir. Kullanılabilir suyun bir kısmının çekilmesiyle terleme potansiyel durumdan daha azalmış bir şekilde gerçekleşecek ve bitki sıcaklığı artacaktır. Bu aşamada veya daha sonra fotosentezde azalmalar olacak ve bunun sonucunda da verimde azalmalar görülecektir.

4.7. Taç Yaprak Sıcaklığı (Tc)-Hava Sıcaklığı (Ta) Farkı ile Su Buhar Basıncı Açığı (VPD) İlişkisi ve Bitki Su Stres İndeksine (CWSI) İlişkin Sonuçlar

1995 ve 1996 yıllarına ait Tc-Ta değerleri ile VPD arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla Ek Çizelge A.7 ve A.8 hazırlanarak buradan çıkarılan sonuçlar sırasıyla Şekil 4.9 ve Şekil 4.10 da gösterilmiştir.

Maksimum stresi temsil eden üst baz çizgisi (upper limit) 1995 yılında 3.40 ve 1996 yılında buna yakın değer olan 3.69 °C civarında oluşmuştur. Bu değerler Idso (1981 b)' de belirtilen Tc-Ta değerinin transpirasyonun olmaması nedeniyle yükselmeye başladığının beklendiği değerlerin ortalaması bir değerdir. Öte yandan Idso (1981 a)' da belirtilen, havanın doymun durumunda ve VPD nin sıfır olduğu durumda ortaya çıkan değere yakın bir değerdir. Transpirasyonun olmadığı bu noktalarda Tc-Ta değeri açık bir şekilde radiant ve konvektive enerji değişimi tarafından belirlenmesine rağmen bu faktörler sistematik yada tesadüfi yollarla değiştiğinden bu tür üst limitlerin kesin bir değeri yoktur ve sadece ortalama bir yaklaşım olarak değerlendirilmelidir. VPD nin sıfır değerinde olması durumunda da sıcaklığın bir fonksiyonu olmaktadır (Idso, 1981 a).

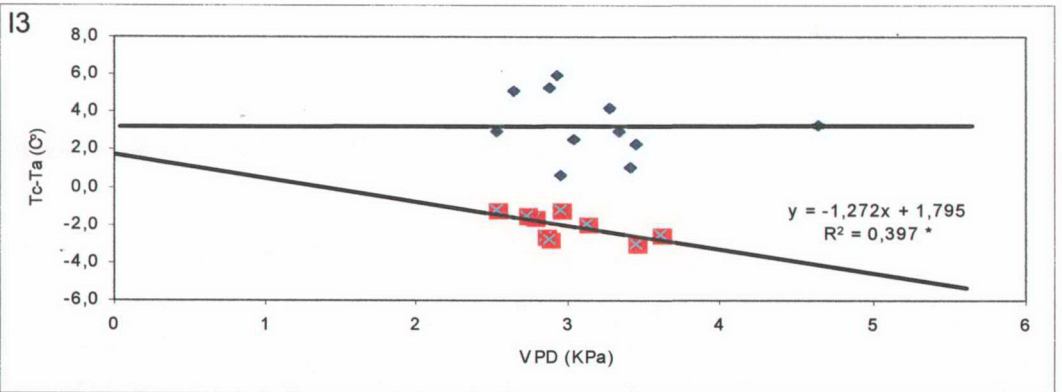
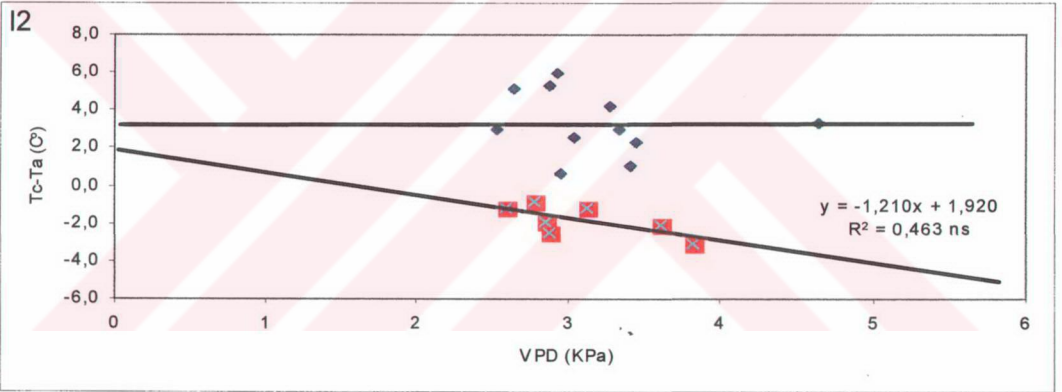
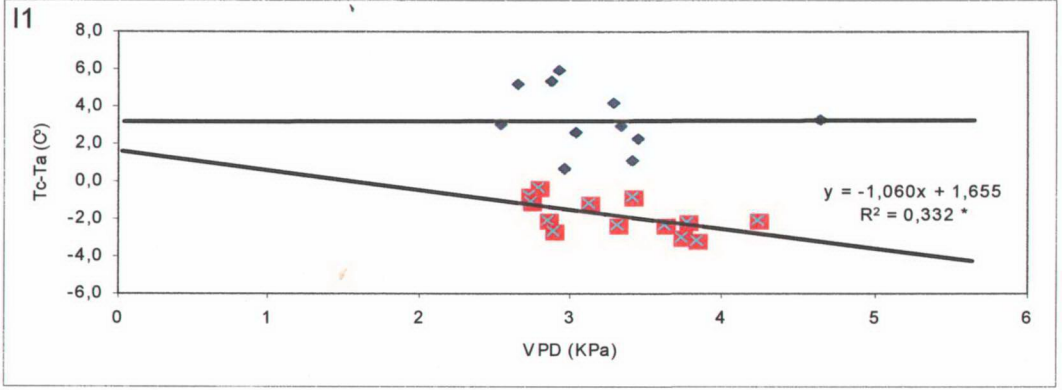
Sulama konularına göre, Tc-Ta ile VPD ilişkisini belirleyen alt baz çizgisi her iki yılda da düşük bir katsayı ile olsa da doğrusal bir ilişkiyi ifade etmektedir. VPD değeri azaldıkça Tc-Ta değerleri artmaktadır. Zaten sıcaklık farklılıkları ile VPD arasındaki doğrusal ilişki beklenen bir ilişki olup bir çok yazar tarafından belirtilmektedir (Ehrler, 1973; Idso, 1981a; Idso, 1981b; Pinter and Reginato, 1982 ve Jackson, 1982).

1995 yılında, yaprak sıcaklığı ve hava sıcaklığı arasındaki fark ile su buharı basıncı açığı değerleri arasındaki fonksiyonları belirlemek amacıyla yapılan doğrusal regresyon analizi sonuçlarına göre II konusundan $Tc-Ta = 1,655 - 1,060 VPD$ ($R^2 = 0,332$) regresyon denklemi elde edilmiştir. Bu ilişki istatistiksel olarak 0.05 düzeyinde önemli

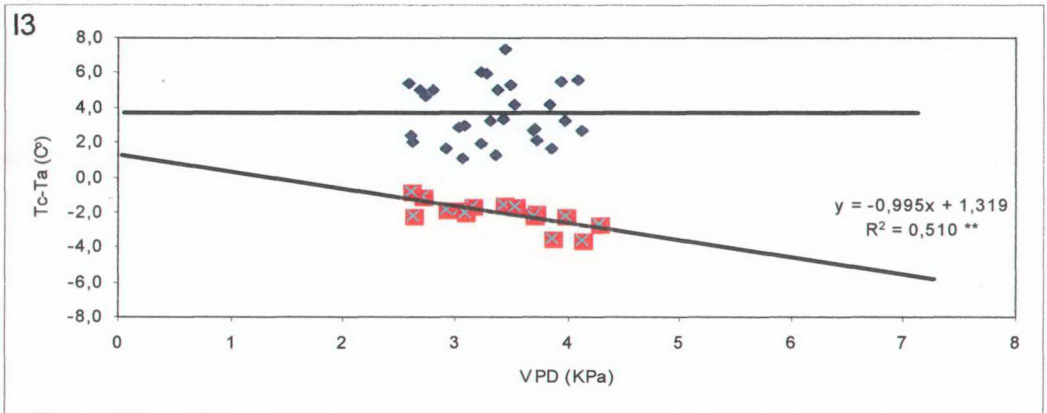
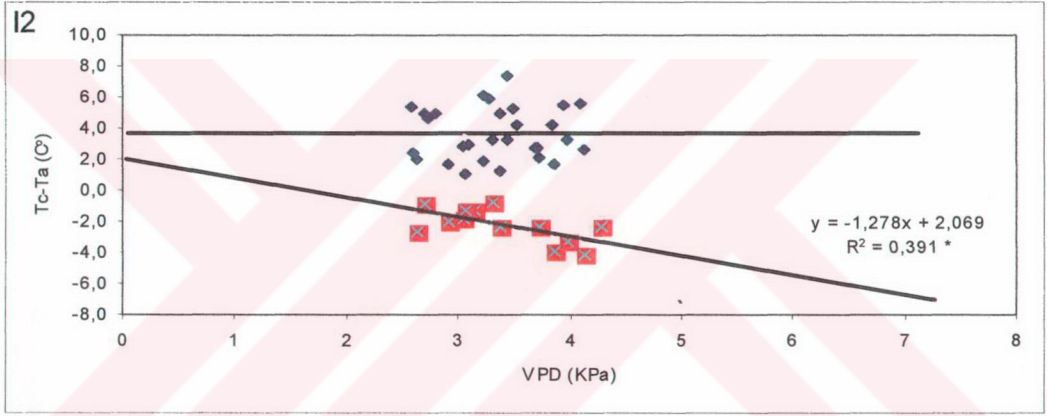
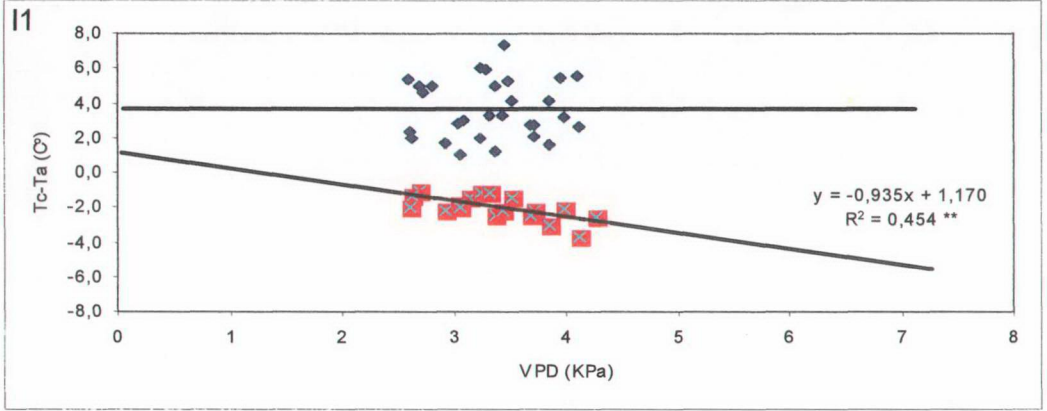
bulunmuştur. I2 konusunu ifade eden regresyon denklemi ise $T_c - T_a = 1,920 - 1,210 \text{ VPD}$ ($R^2 = 0,463$) bu konudaki ilişkide ise 0.05 ve 0.01 oranında herhangi bir önem düzeyine rastlanamamıştır. En yüksek verimi veren I3 konusunda ise regresyon denklemi $T_c - T_a = 1,795 - 1,272 \text{ VPD}$ ($R^2 = 0,397$) olarak bulunmuş ve istatistiksel olarak önem düzeyi 0.05 olmuştur.

1996 yılı sonuçlarına bakıldığında ise I1 konusunda regresyon denklemi $T_c - T_a = 1,170 - 0,935 \text{ VPD}$ ($R^2 = 0,454$) olarak belirlenmiş ve istatistiksel olarak 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. I2 konusunda ki regresyon denklemi $T_c - T_a = 2,069 - 1,278 \text{ VPD}$ ($R^2 = 0,391$) olarak bulunmuş ve 0.05 seviyesinde önem düzeyine girmiştir. I3 konusu ise 0.01 önem seviyesinde $T_c - T_a = 1,319 - 0,995 \text{ VPD}$ ($R^2 = 0,510$) regresyon denklemi ile ifade edildiği saptanmıştır.

Her iki yılda saptanan değerler birlikte ele alındığında ise bütün konulardaki $T_c - T_a$ ile VPD ilişkileri istatistiksel olarak 0.01 seviyesinde önemli bulunmuşlardır. Bu değerlendirmeye göre I1 konusunu ifade eden regresyon denklemi $T_c - T_a = 1,385 - 0,990 \text{ VPD}$ ($R^2 = 0,387$), I2 konusunu ifade eden $T_c - T_a = 1,248 - 2,029 \text{ VPD}$ ($R^2 = 0,430$) ve her iki yılda da en çok verim veren I3 konusunu ifade eden regresyon denklemi $T_c - T_a = 0,890 - 0,905 \text{ VPD}$ ($R^2 = 0,414$) olarak bulunmuştur. Şekil 4.11 her iki yılda elde edilen değerlerin birleştirilmesiyle elde edilen ilişkileri göstermektedir. Birleştirilmiş değerlerle, üst baz çizgisi 3.65°C civarında oluşmuştur.

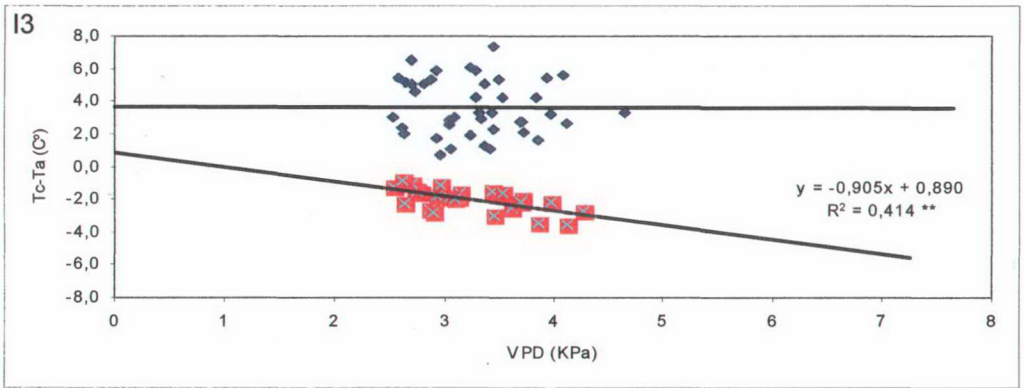
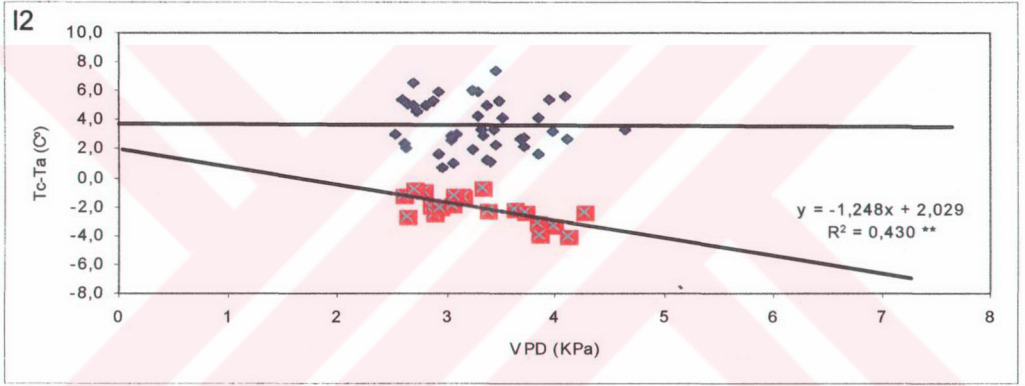
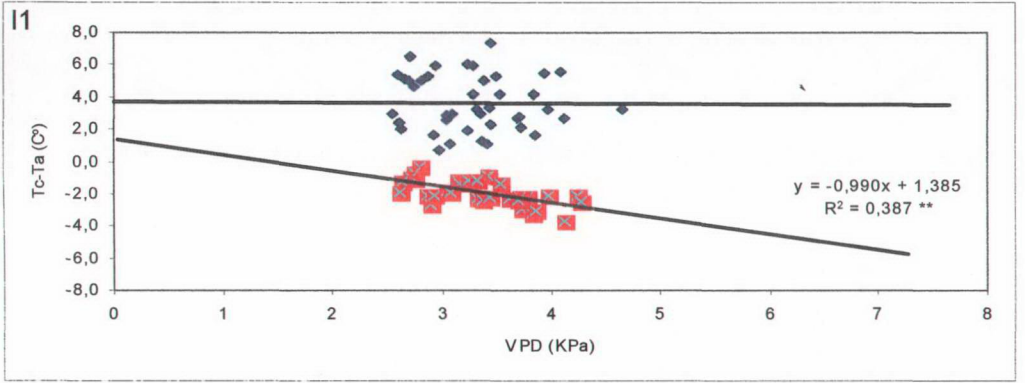


Şekil 4.9. 1995 Yılı Sulama Konularının $T_c - T_a$ ile VPD İlişkileri



Şekil 4.10. 1996 Yılı Sulama Konularının $T_c - T_a$ ile VPD İlişkileri

Diğer bazı araştırmacılar Tc-Ta ve VPD ilişkisi ile ilgili denklemlerini pamuk bitkisinin türlerine, bulunduğu bölgenin iklim koşullarına, net radyasyonun durumuna ve bitkinin yaşına göre etkilenebilen regresyon denklemlerini farklı şekillerde bulmuşlardır. Örneğin, Idso (1982) Arizona'da Pamuk bitkisinde 181 veriyi değerlendirerek Tc-Ta ile VPD arasındaki ilişkiyi ifade eden denklemi $Tc-Ta = 1,49 - 2,09 VPD$ olarak bulduğunu belirtmektedir. Reginato (1983) Acala SJ-2 pamuk çeşidinde ise ilişkiyi $Tc-Ta = 1,00 - 1,70 VPD$ olarak vermiştir. Ehrler (1973) ise bu ilişkiyi Deltapine-SL, Pima-S4 ve Hopicala pamuk çeşitlerinin ortalaması olarak, $Tc-Ta = 1,869 - 0,129 VPD$ denklemi ile ifade ettiğini belirtmektedir. Howell et al. (1984), yine Acala SJ-2 pamuk çeşidinde damla sulama ile suladığı bitkilerde bu ilişkiyi $Tc-Ta = 1,68 - 1,82 VPD$ ve karık sulama sistemi ile suladığı bitkilerde ise $Tc-Ta = 2,08 - 1,80 VPD$ olarak bulduğunu belirtmektedirler. Deneme sonuçlarına göre, Tc-Ta ile VPD arasında değerlendirilen değişken sayısı arttıkça istatistiksel olarak ilişkinin önem düzeylerin de artış olduğu gözlenmektedir. Örneğin ilk yıl I2 konusunda önemsiz bir ilişki saptanırken ikinci yıl değişkenler artmış ve önem düzeyi 0.05 düzeyinde gerçekleşmiştir. Daha sonra yılların birleştirilmesiyle değişken sayısı daha da arttırılmış ve ilişkinin önem düzeyi 0.01 seviyelerine çıkmıştır. Değişken sayısı arttıkça ölçümlerdeki hata payı azalmakta ve bu yüzden önem düzeylerinin arttığı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca Yaprak sıcaklıkları ölçümleri ile VPD yi belirleyen psikrometrik ölçümlerin 13.⁰⁰ ile 14.⁰⁰ saatleri arasındaki zaman dilimindeki ölçüm yinelemeleri birbirinden farklı olabilmekte ancak, değerlendirmede ortalama değerler alınmaktadır. Bu durum hata payını



Şekil 4.11. 1995 ve 1996 Yılı Birleştirilmiş Değerlerin Tc-Ta ile VPD İlişkisi

arttırmakta ve ilişkinin önem düzeyini etkilemektedir. Bu zaman diliminde psikrometrik ölçümler her 20 dakikada bir 3 veya 4 kez yapılırken, yaprak ölçümleri aynı zaman diliminde farklı konuların farklı yinelemelerinde günlük olarak toplam 384 kez yapılmıştır.

Yukarıda açıklanan Tc-Ta ile VPD ilişkilerinden faydalanılarak sulama konularına göre elde edilen bitki su stres indeksleri (CWSI) Çizelge 4.11 de verilmektedir. Çizelge 4.11 incelendiğinde hemen hemen tüm konularda CWSI değerlerinin $-0,5$ ile $+0,5$ değerleri arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Sulamalar bittikten sonra ise CWSI değerlerinin yavaş yavaş yükseldiği gözlenmektedir. Bu durumu; Fangmeier et al. (1989); bitkinin mevsim sonuna doğru yaşlanmaya başladığını bu yüzden fotosentezin yavaşladığını ve yaprakların daha da ısınmasının sonucu olarak açıklamaktadır.

Teorik olarak CWSI değerlerinin 0 ile 1 arasında olması beklenmektedir. Bazı değerlerin beklenen bu sınırların dışında çıkması durumunu, Pinter and Reginato (1982); baz çizgisi etrafındaki değişimler ile üst baz sınır çizgisinin hesaplanmasındaki yöntemle bağlı olduğunu vurgulayarak 1980 yılında Arizona'da pamuk bitkisinde yaptıkları araştırmada CWSI değerlerinin $- 0.5$ ile $+ 1.5$ arasında değiştiğini bildirmektedirler.

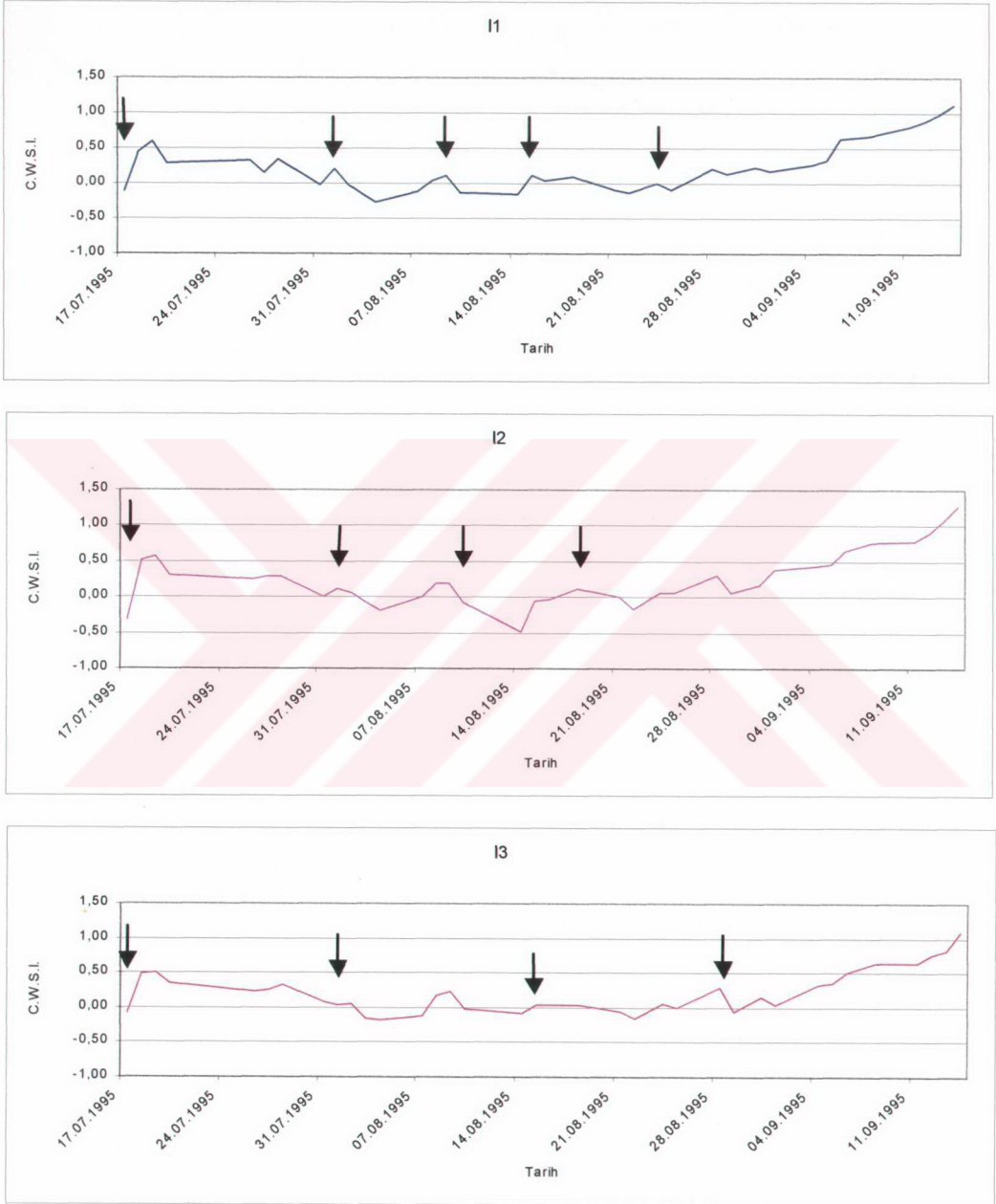
Çizelge 4.11. 1995 ve 1996 Yıllarına ait Sulama Konularının Bitki Su Stres İndeks (CWSI) Değerleri

1995				1996			
Tarih	CWSI			Tarih	CWSI		
	I1	I2	I3		I1	I2	I3
17.07.1995	-0,12	-0,32	-0,09	09.07.1996	0,05	0,15	0,03
18.07.1995	0,44	0,51	0,49	10.07.1996	0,07	0,12	0,04
19.07.1995	0,59	0,56	0,50	11.07.1996	0,07	0,11	0,05
20.07.1995	0,30	0,30	0,36	15.07.1996	-0,03	0,01	-0,08
26.07.1995	0,33	0,26	0,23	16.07.1996	0,13	0,08	0,24
27.07.1995	0,16	0,29	0,26	17.07.1996	-0,07	0,00	-0,02
28.07.1995	0,34	0,28	0,33	18.07.1996	-0,11	-0,06	-0,04
31.07.1995	-0,01	0,00	0,07	19.07.1996	-0,02	0,00	-0,03
01.08.1995	0,21	0,13	0,03	22.07.1996	0,00	-0,28	-0,19
02.08.1995	-0,02	0,06	0,05	24.07.1996	-0,13	0,12	0,09
03.08.1995	-0,15	-0,08	-0,15	25.07.1996	-0,04	0,11	0,18
04.08.1995	-0,27	-0,19	-0,18	26.07.1996	0,02	0,05	0,29
07.08.1995	-0,12	0,01	-0,12	29.07.1996	0,02	-0,04	0,06
08.08.1995	0,03	0,20	0,17	30.07.1996	-0,02	-0,03	0,10
09.08.1995	0,12	0,19	0,22	31.07.1996	0,12	0,17	0,10
10.08.1995	-0,14	-0,06	-0,03	01.08.1996	-0,02	0,06	0,01
14.08.1995	-0,16	-0,49	-0,08	02.08.1996	0,14	0,25	0,22
15.08.1995	0,11	-0,06	0,04	06.08.1996	0,07	-0,04	0,07
16.08.1995	0,04	-0,04	0,03	07.08.1996	-0,16	-0,13	-0,13
18.08.1995	0,10	0,13	0,04	08.08.1996	-0,09	-0,16	-0,16
21.08.1995	-0,10	0,00	-0,07	09.08.1996	-0,11	-0,09	-0,04
22.08.1995	-0,13	-0,17	-0,15	12.08.1996	0,42	0,32	0,28
24.08.1995	-0,01	0,06	0,05	13.08.1996	0,32	0,36	0,24
25.08.1995	-0,09	0,06	0,00	14.08.1996	0,65	0,62	0,35
28.08.1995	0,20	0,31	0,29	15.08.1996	0,76	0,69	0,41
29.08.1995	0,13	0,07	-0,07	16.08.1996	1,07	0,92	0,46
31.08.1995	0,23	0,17	0,14	19.08.1996	0,83	0,78	0,61
01.09.1995	0,18	0,39	0,04	20.08.1996	1,03	0,86	0,69
04.09.1995	0,26	0,43	0,33	23.08.1996	1,11	1,08	0,92
05.09.1995	0,33	0,46	0,35	26.08.1996	0,89	1,01	0,58
06.09.1995	0,63	0,64	0,50	27.08.1996	1,15	1,11	0,93
08.09.1995	0,67	0,77	0,63	28.08.1996	1,00	0,91	0,93
11.09.1995	0,80	0,77	0,64	29.08.1996	1,09	0,94	0,97
12.09.1995	0,88	0,90	0,77				
13.09.1995	0,97	1,07	0,82				
14.09.1995	1,12	1,28	1,10				
Ortalama	0,22	0,25	0,21	Ortalama	0,31	0,30	0,25

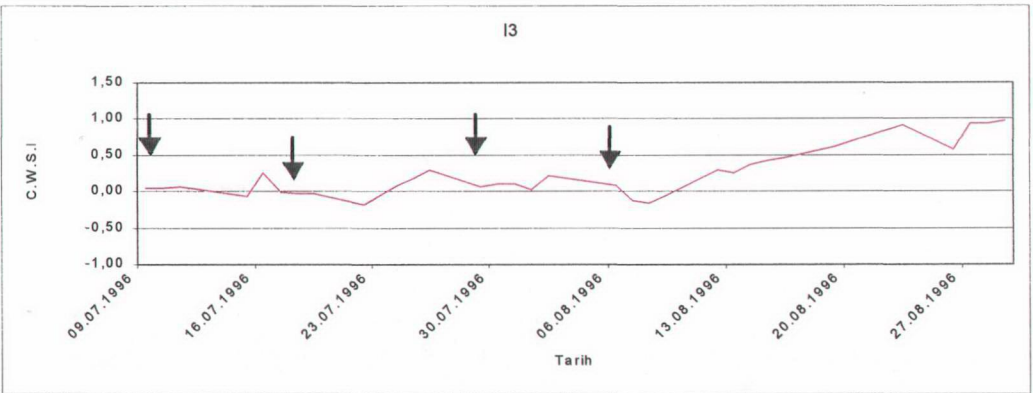
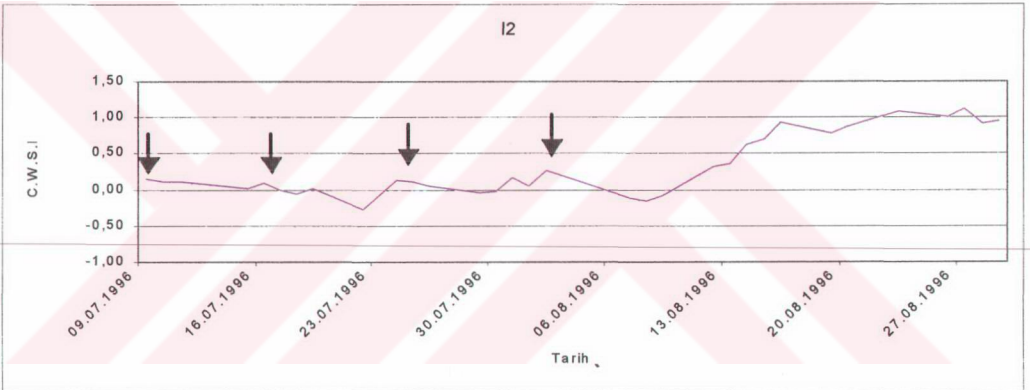
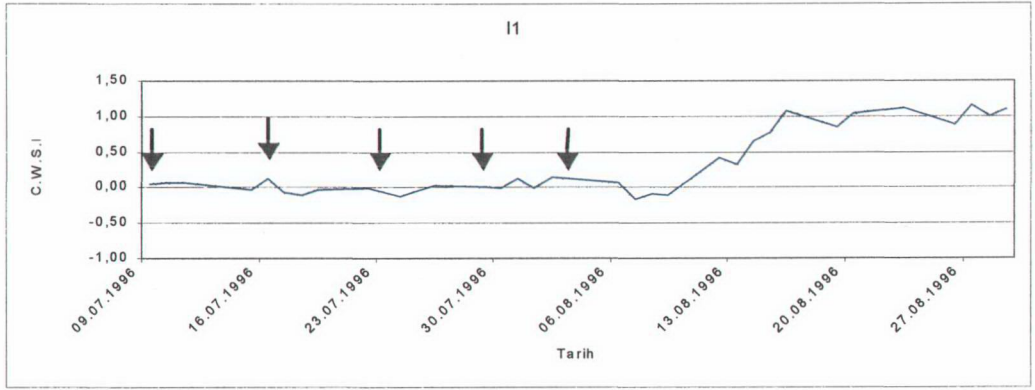
Hemen hemen her konuda iki sulama arasındaki CWSI değerleri sulamadan bir veya iki gün sonra düşmeye başlamış ve bu düşüş dört veya beş gün sürdükten sonra tekrar yükselmeye başlamıştır. Şekil 4.12 ve 4.13 1995 ve 1996 deneme yıllarındaki bütün konuların CWSI değerlerinin sulamalarla olan ilişkisini göstermektedir. Denemelerinde benzer sonuçlara ulaşan Pinter and Reginato (1982) bu durumu şöyle açıklamaktadır; CWSI sulamalar ile birlikte senkronize bir şekilde hareket etmektedir. Diğer bir ifadeyle CWSI sulamadan sonra minimum değerine düşmekte ve tekrar bitki suyu tükettiği sürece yavaş yavaş yükselmektedir.

Ölçüm yapılan dönemler göz önüne alındığında ortalama CWSI miktarları 1995 yılında ve I1, I2, I3 konuları için sırasıyla 0.22-0.25 ve 0.21 olarak bulunmuştur. 1996 yılı ortalama CWSI değerleri ise yine sırasıyla 0.31-0.30 ve 0.25 olarak bulunmuştur. Her iki yılda da en fazla verim alınan konunun (I3) ortalama CWSI değeri diğer konulara göre daha az bulunmuştur.

En yüksek verim alınan I3 konusunda iki sulama arasında CWSI en fazla 0.29 değerine ulaşmıştır. İki sulama arasında diğer konuların aldığı CWSI değerleri Şekil 4.14 ve 4.15 ile Çizelge 4.11'de verilmektedir (1995 yılındaki 17 ile 31 Temmuz tarihleri arasındaki değerler; burada az su verildiği ve hava sıcaklığının yüksek olmasından dolayı yaprak sıcaklıklarının arttığı ve dolayısıyla CWSI değerlerinin solar radyasyondan etkilenebileceği düşüncesiyle iki sulama arasındaki değerlendirmeler konusu bu tarihler dışındaki değerler için geçerlidir).



Şekil 4.12. 1995 Yılı CWSI Değerlerinin Sulama ile İlişkileri



Şekil 4.13. 1996 Yılı CWSI Değerlerinin Sulama ile İlişkileri

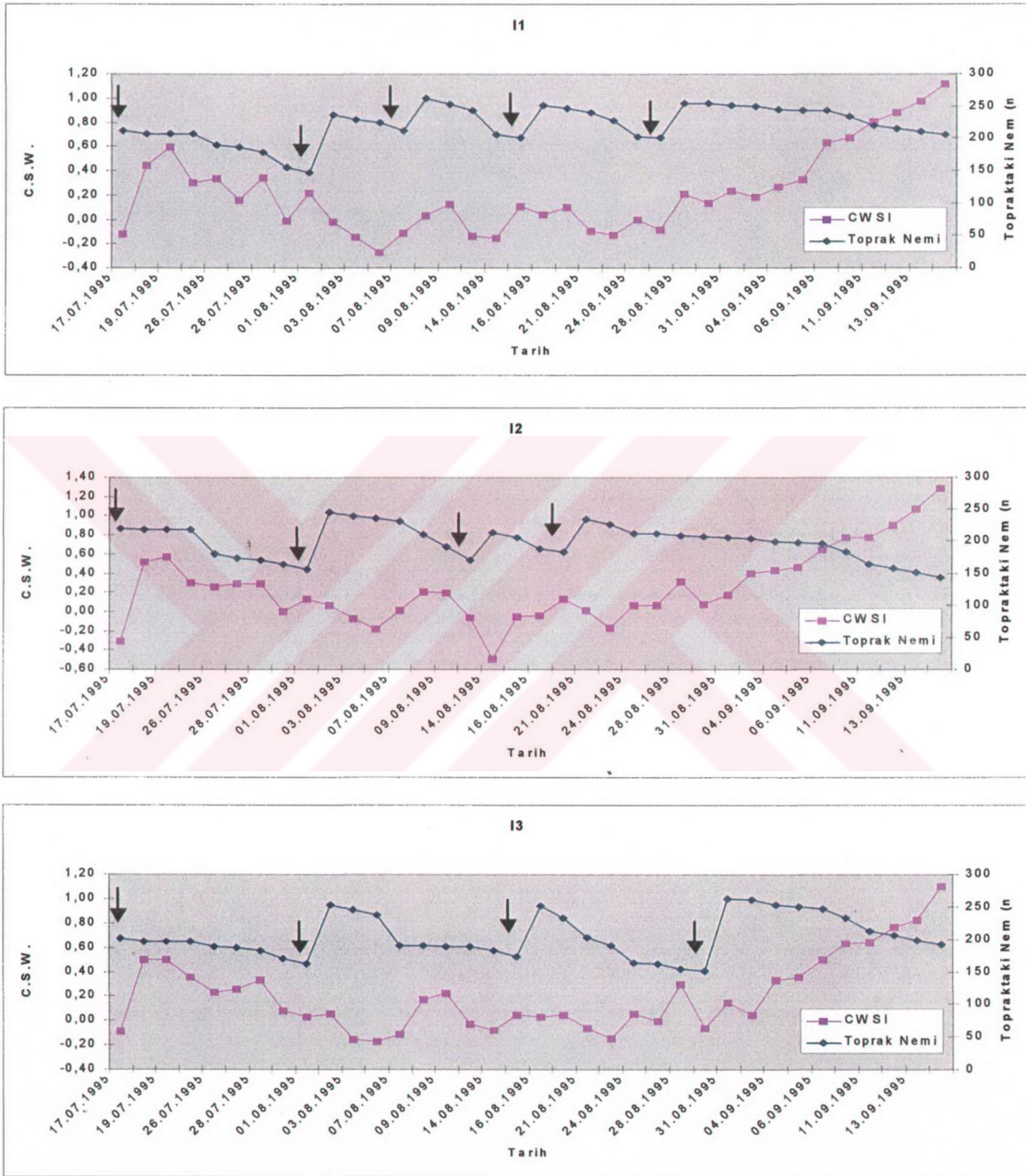
Ortalama CWSI değerleri ile ilgili olarak, Fangmeier et al.(1989), Arizona'da ince tınlı topraklarda Deltapine-62 pamuk çeşidinde yaptığı ve toprakaltı sızdırma sulama yönteminin uygulandığı araştırmasında üç su düzeyi (ortalama su tüketiminin %60, %90-100 ve %120-130 si) uygulamış ve bunlara karşılık sırasıyla, 1985 yılında 0,39, 0.22 ve 0.13 ve 1986 yılında 0.26, 0.17 ve 0.14 CWSI değerlerini elde etmiştir. Araştırmada en yüksek verim alınan konudaki ortalama 0.13 CWSI değerinin sık sulamalar ve maksimum verim anlamına geldiği bildirilmektedir. Ayrıca Garrot et al. (1990), değişik yazarlara atfen Kaliforniya ve Arizona'da uzun ve kısa saplı pamuk bitkisinde ortalama kritik CWSI değerinin 0.30 olarak belirlendiğini bildirmektedir.

4.8. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)– Verim – Toprak Nemi Arasındaki İlişkiler

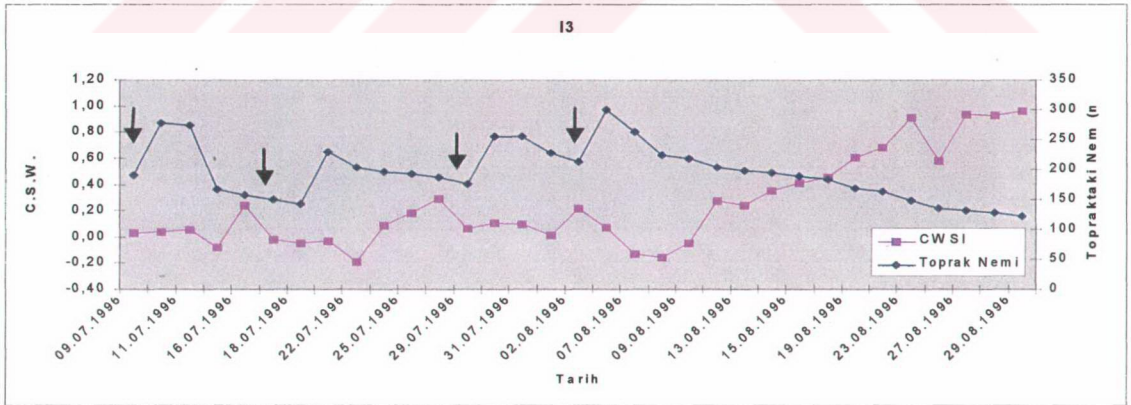
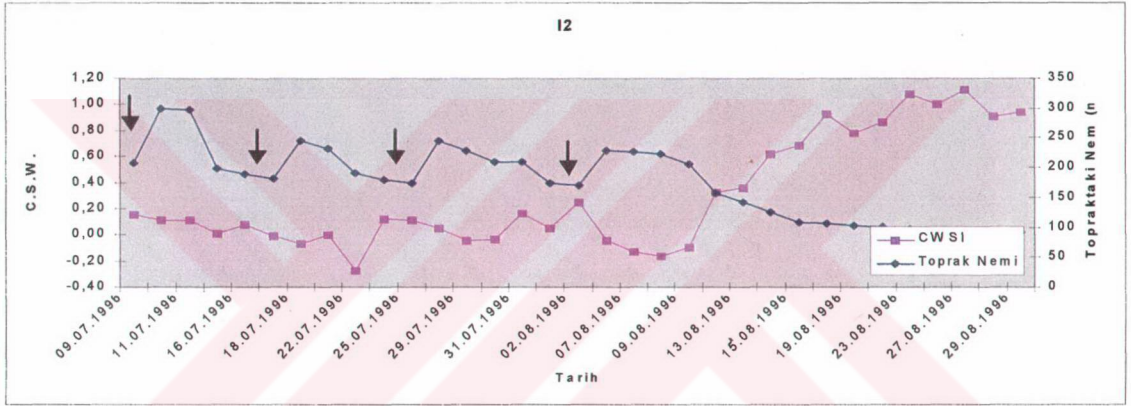
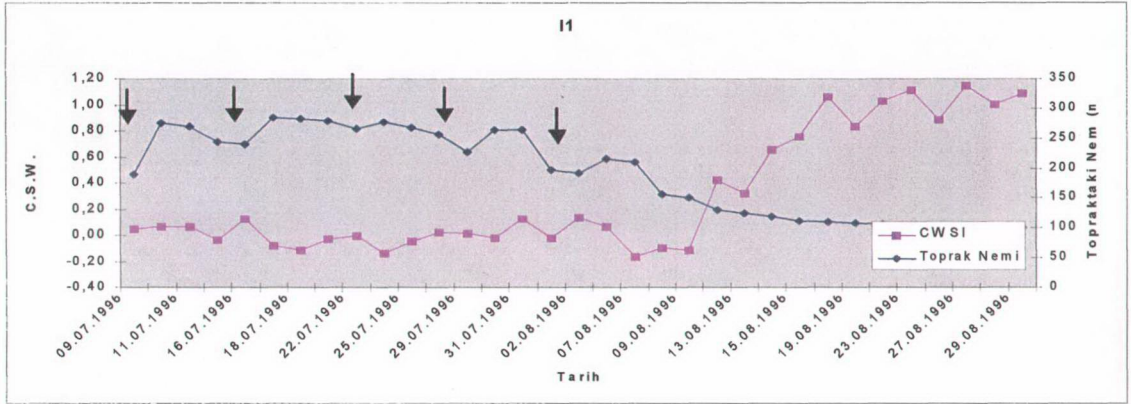
1995 ve 1996 deneme yıllarına ilişkin CWSI değerleri ile toprak nemi arasındaki ilişkiler sırasıyla Şekil 4.14 ve 4.15' de verilmektedir.

Şekil 4.14 ve 4.15 incelendiğinde sulamalar ile topraktaki nem miktarı artmakta fakat buna karşılık CWSI değerlerinde düşmeler olduğu görölmektedir. Bu ilişki sulama uygulamaları ile daha net bir şekilde ortaya çıkmakta ve her sulama uygulamasından 1 veya 2 gün sonra CWSI değerlerinin net bir şekilde düştüğü gözlenmektedir. CWSI nin sulamadan hemen sonra düşmeyip biraz zaman geçmesinin nedenini, Jackson et al. (1981) ve Ehrler.(1973) şöyle açıklamaktadırlar; kuru ve

*bulgular
bu li. to.
yönlü 901.*



Şekil 4.14. 1995Yılı CWSI Değerleri ile Topraktaki Nem Düzeyi Arasındaki İlişkiler



Şekil 4.15. 1996Yılı CWSI Değerleri ile Topraktaki Nem Düzeyi Arasındaki İlişkiler

kıvrılmış yapraklar rehidrasyona ihtiyaç göstermektedirler ve kökler potansiyel oranda suyu alabilmek amacıyla yeni kök saçlarını oluşturabilmesi için zamana ihtiyaç duymaktadırlar.

CWSI ile toprak su içeriği arasındaki trend paralele yakın bir benzerlik gösterse de tam bir paralellığe sahip olmadığı Şekil 4.14 ve 4.15 de görülmektedir. Aynı sonuçlar Jackson (1981) tarafından buğday bitkisinde yapılan bir denemede de saptanmıştır.

CWSI ile toprak su içeriği değerleri arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek amacıyla yapılan regresyon analizi sonuçları Çizelge 4.12 de verilmektedir. Söz konusu çizelgeden, 1995 yılı ilişkilerinde r^2 değerlerin çok düşük olduğu dolayısıyla ilişki bulunamadığı, buna karşılık ise 1996 yılı değerlerinin daha anlamlı ilişkiler ortaya koyduğu görülmektedir. Bu yönden 1995 yılı sonuçları Fangmeier et al.(1989)'un pamuk bitkisinde yaptığı çalışmadaki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. 1984 ve 1985 yılında yürütülen bu çalışmada; CWSI ile toprak su içeriğinin aynı trendi göstermesine rağmen ikisi arasında herhangi bir korelasyon olmadığı bildirilmektedir.

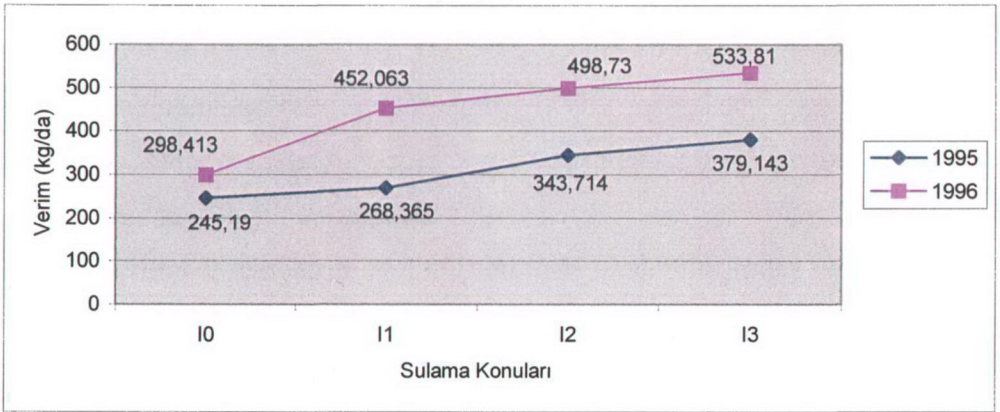
Çizelge 4.12. 1995 ve 1996 Yıllarına ait Konuların CWSI – Toprak Nemi Regresyon Denklemi ve r^2 Katsayıları

Konular	Yıllar	
	1995	1996
I1	$Y = -0,0012x + 0,473$ ($r^2: 0,09$ ns)	$Y = -0,0054x + 1,338$ ($r^2: 0,699$ **)
I2	$Y = -0,0081x + 1,876$ ($r^2: 0,34$ **)	$Y = -0,0059x + 1,352$ ($r^2: 0,722$ **)
I3	$Y = 0,0005x + 0,099$ ($r^2: 0,0033$ ns)	$Y = -0,0045x + 1,136$ ($r^2: 0,39$ **)
Not: Y: CWSI X: Toprak Nemi		

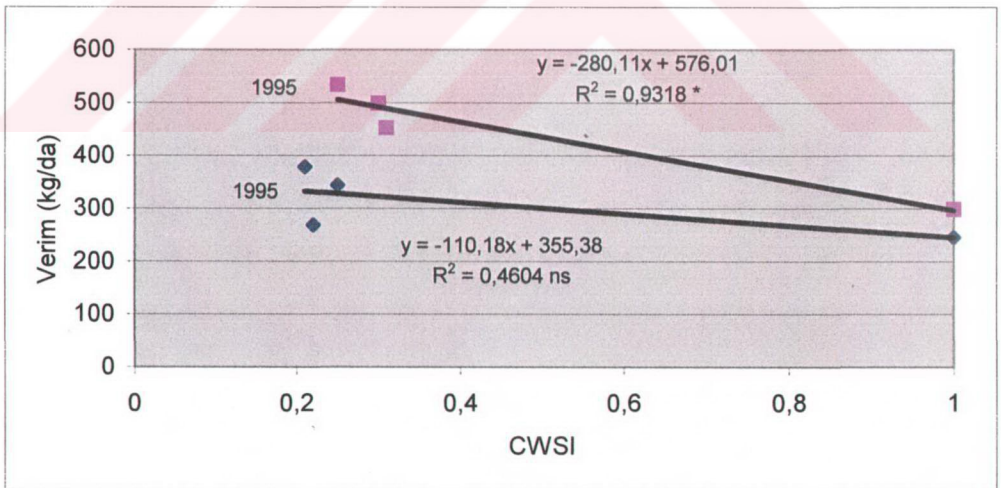
CWSI ve toprak nemi ilişkileri ile ilgili olarak Jackson et al. (1981) buğday bitkisinde yaptığı saptamaları şu şekilde açıklamaktadır; CWSI nin toprak su içeriğinin direkt bir fonksiyonu olmasına rağmen, bazı parsellerde bu iki değişken arasında birçok nedene bağlı olarak tam bir ilişki bulunmamaktadır. Bu ilişkiyi tam olarak elde edebilmek için köklerin aktif olarak suyu alabildiği toprak katmanının hacimsel olarak büyüklüğünün doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Bu katmanın büyüklüğü kökler büyüdükçe değişmektedir. Bunlara ek olarak ise CWSI havanın evaporatif isteğine bağlı olmaktadır. Örneğin, eğer evaporatif istek köklerin suyu alabilme yeteneğinden daha fazla veya köklere doğru hareket eden sudan daha fazla ise, CWSI kullanılabilir suyun artışına bağlı kalmaksızın artmış olacaktır. 1995 yılında bu ilişkilerin bulunamayışı, Jackson et al. (1981) de belirtilen bu nedenlerden kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır.

1995 ve 1996 yıllarına ait konulara göre elde edilen verimler Şekil 4.16 da gösterilmektedir. Her iki yılda en fazla verim I3 konusundan alınmış olup bu konu ölçüm yapılan dönemde diğer konulara göre en az CWSI değerine sahip olmuştur.

En az verim ise hiç sulanmayan konu olan ve CWSI değeri teorik olarak 1'e yakın olan konudan elde edilmiştir. 1995 yılında doğrusal ilişki önemli bulunmazken 1996 yılında 0.05 önem düzeyinde doğrusal bir ilişki saptanmıştır.



Şekil 4.16. 1995 ve 1996 Yıllarında Konulara Göre Elde Edilen Verimler



Şekil 4.17. 1995 ve 1996 Yıllarında CWSI-Verim İlişkisi

Bu ilişkiler Şekil 4.16 da gösterilmektedir. 1995 yılındaki bu sonucun I2 konusundaki ortalama CWSI değerinden kaynaklandığı tahmin edilmektedir. I2 konusunun son suyu diğer konulara oranla çok daha önce kesilmiş ve böylece yüksek CWSI değerlerine diğer konulara oranla daha önce sahip olmuştur. Bu durumunda ortalama CWSI değerini arttırmış olabileceği düşünülmektedir.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Menemen koşullarında, Nazilli 84 pamuk çeşidinde, bitki taç yaprak sıcaklığını ölçen infrared termometre aleti kullanılarak elde edilen yaprak sıcaklıklarından yararlanılarak bitki su stres indeksinin (CWSI) bulunması ve bulguların verim ve toprak nemi arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla 1995 ve 1996 yıllarında yapılan deneme sonuçlarının özeti ile öneriler aşağıda verilmiştir.

Araştırmada, 8-14 µm dalga boyunda okuma yapabilen tarla görüş açısı °4 olan bir infrared termometre kullanılmıştır. Ölçümler solar saat olarak kabul edilen ve günün evaporatif ihtiyacının en fazla olduğu, Menemen için en sıcak saatler olan, 13.⁰⁰ – 14.⁰⁰ saatleri arasında yapılmıştır. Aynı saatlerde psikrometrik ölçümlerde yapılmıştır. Sulama konuları, susuz konudan başlayıp, bitkinin topraktaki nemi belli bir oranda tüketmesinden sonra tarla kapasitesine getirecek kadar suyun tekrar verilmesini kapsamaktadır. Bu konuları seçmekteki amaç en iyi verimi veren konuyu bulup bu konunun yaprak sıcaklıkları kullanılarak en uygun CWSI değerlerini belirlemektir. Deneme konuları tesadüf blokları deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak yürütülmüştür.

Deneme konularından elde edilen verimler; 1995 yılında I0 (susuz) için 245.159 kg/da, I1 (Kullanılabilir nemin %40 tükendiğinde sulama) konusunda 268.365, I2 (Kullanılabilir nemin %60 tükendiğinde sulama) konusunda 343.714 kg/da ve I3 (Kullanılabilir nemin %80 tükendiğinde sulama) konusunda ise 379.143 kg/da olarak belirlenmiştir. 1996 yılında

ise daha yüksek verimler elde edilerek sonuçlar sırasıyla 298.413, 452.063, 498.730 ve 533.810 kg/da olarak bulunmuştur. Görüldüğü gibi en yüksek verim her iki yılda da I3 konusundan elde edilmiştir.

1995 yılında konulara uygulanan sulama suyu miktarları I1, I2 ve I3 için sırasıyla 307.1, 282.1 ve 339.8 mm olmuştur. 1996 yılında ise yine sırasıyla 283.9, 311.5 ve 384.6 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sulama sayıları her iki yılda da I1 için 5 kez, I2 ve I3 için ise 4 kez olmuştur. Bunlara karşılık mevsimlik su tüketimleri 1996 yılında daha fazla olmuştur. En yüksek verimi veren I3 konusunun mevsimlik su tüketimi 1995 yılında 517.38 mm ve 1996 yılında ise 602.61 mm olarak hesaplanmıştır. Sulanan konularda en az su tüketimi I1 konusundan elde edilmiştir.

Menemen koşullarında topraktaki kullanılabilir nemin %80'i tükendiğinde sulamanın yapılması, en yüksek verimi alabilmek için önerilebilmektedir. Bu da yaklaşık olarak 11-14 gün arasında bir sulama aralığına denk gelmektedir.

Infrared termometre ile ölçülen yaprak sıcaklıkları arasında sulanan ve sulanmayan konular arasında 2-7 °C'ye varan farklılıklar elde edilmiştir. Su buharı basıncı açığı (VPD) değerleri ise ölçümlerin yapıldığı zamanda 3 ile 4 kPa arasında değişmiştir. Bitki su stres indeksinin belirlenmesinde yararlanılacak olan üst baz sınır çizgisi ile alt baz sınır çizgisinin belirleme çalışmalarına göre; üst baz sınır çizgisi değeri 1995 yılında 3.4 °C ve 1996 yılında ise 3.69 °C olarak

bulunmuştur. En yüksek verimi veren I3 konusunun alt baz sınır çizgisini temsil eden doğrusal regresyon denklemi ise 1995 yılında $T_c - T_a = 1.795 - 1.272 \text{ VPD}$ olarak hesaplanmıştır. Bu denklem 1996 yılı ölçümlerinde $T_c - T_a = 1.319 - 0.995 \text{ VPD}$ olarak elde edilmiştir. $T_c - T_a$ (yaprak sıcaklığı-hava sıcaklığı farkı) ile VPD arasındaki ilişkiyi ifade eden bu denklemler 1995 yılında istatistiksel olarak 0,05 ve 1996 yılında da 0,01 düzeyinde önemli bulunmuşlardır. Her iki yılın birleştirilmesiyle I3 konusundan elde edilen denklemde üst baz çizgisi 3.65 °C civarında oluşmuştur. Alt baz sınır çizgisi ise $T_c - T_a = 0.890 - 0.905 \text{ VPD}$ denklemi ile ifade edilmiştir. Bu denklem istatistiksel olarak 0.01 seviyelerinde önemli bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, Menemen koşullarında ve Nazilli 84 pamuk çeşidi için, CWSI hesaplamalarında bu formülün kullanılması önerilmektedir.

Alt ve üst baz sınır çizgilerindeki bu eşitlikler kullanılarak sulanan deneme konuları için ayrıca, ortalama CWSI değerleri bulunmuştur. Bu değerlendirmelere göre konuların ortalama CWSI değerleri 1995 yılında I1, I2 ve en yüksek verimin alındığı I3 konusu için sırasıyla, 0.22, 0.25 ve 0.21 olarak belirlenmiştir. Bu değerler 1996 da sırasıyla 0.31, 0.30 ve 0.25 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre en yüksek verimi veren I3 konusunun CWSI değeri diğerlerine göre daha düşük düzeyde çıkmıştır. CWSI belirleme çalışmalarına göre; Menemen koşullarında Nazilli 84 pamuk çeşidinde ortalama CWSI değerinin 0.25 düzeyini geçmesine izin verilmemelidir.

Bilindiği gibi infrared termometre tekniği kullanılarak CWSI belirleme çalışmaları dünyanın hemen hemen her yerinde devam etmektedir ve değerlendirmelerin daha doğru yapılabilmesi için daha çok bitkide daha çok verilerin elde edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden gelecekteki çalışmalarda faydalı olabilmesi açısından aşağıda belirtilen bazı konulara dikkat çekilmesi gerekmektedir.

Yaprak sıcaklığı ölçümleri yapılırken kullanılan infrared termometre oldukça duyarlı ölçüm yapabilen bir alettir. Bu yüzden ölçümlerde dikkatli davranılması gerekmektedir. Bu yüzden mümkünse ölçümlerin tek bir kişi tarafından yapılması hata payını azaltacaktır. Diğer yandan her ölçümde aynı hedefe tutulması, ölçümlerin doğruluğunu arttıracaktır.

Yaprak ölçümleri ile birlikte psikrometrik ölçümler alınırken mümkünse aynı anda eş zamanlı olarak alınması önerilmektedir. Psikrometrik ölçümlerde kaydedilen verilerin çokluğu hata payını azaltacak ve istatistiksel olarak daha anlamlı sonuçlar elde edilebilecektir.

Taç yapraklığı sıcaklığını etkileyen en önemli konulardan biri solar radyasyondur. Solar radyasyonu etkileyecek yağmurlu, sisli, tozlu ve bulutlu günlerde ölçüm yapılmasından kaçınılmalıdır. Aksi takdirde CWSI değerleri önemli derecede farklı çıkabilecektir. Ayrıca rüzgarlı havalarda yaprakları hareketlendireceğinden yaprak sıcaklıkları

etkilenecektir. Bu yüzden hafif bile olsa rüzgarlı günlerde ölçüm yapılmaması önerilmektedir.

Taç yaprak sıcaklığını ölçerken infrared termometrenin yapraktan başka bir alanı görmemesi gerekmektedir. Örneğin bitki yaprakları arasından toprağın görülmesi veya topraktan yansımalar infrared termometre okumalarını önemli derecede etkileyecektir. Bu yüzden okumalar taç yaprak alanının toprağı tamamen kapladığı zamandan sonra yapılmalıdır.

Yapılacak araştırmanın amaçlarına göre değişmekle birlikte, bu tür çalışmalarda, değerlendirmelerin kolaylıkla yapılabilmesi açısından, daha doğru ve hızlı sonuç veren aletler kullanılmalıdır. Bunlar arasında örneğin nötron probe aleti ile toprak su içeriği belirlenmesinin daha doğru ve hızlı bir şekilde sonuç vereceği düşünülmektedir. Diğer yandan, yaprak alan indeksini ölçen aletler ile yaprağın gerçekteki su potansiyelini belirleyen basınç odalarının kullanılması, özellikle üst baz sınırlarının daha doğru belirlenmesinde fayda sağlayacaklardır.

Infrared termometrelerin duyarlılığı nedeniyle belki de her ölçümde kalibrasyonlarının yapılması, değerlendirmelerde önemli faydalar sağlayacaktır.

Bu çalışma, verimde azalmaya neden olmayacak şekilde bitkinin ulaşabileceği en yüksek CWSI değerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Fakat bazı bitkiler topraktaki su miktarına bağlı olarak düşük

CWSI' ler de bile verim kaybına neden olabilmektedir. Bu yüzden bu tür bitkilerde izin verilebilir minimum CWSI değerlerinin bulunmasına yönelik çalışmaların yapılmasının da sulama yönetimi açısından büyük yararlar sağlayacağı düşünölmektedir.



KAYNAKLAR DİZİNİ

Akbaş, F., 2000, Köy Hizmetleri Laboratuvarlarında Yapılan Sulama Suyu Analizleri ve Analiz Sonuçlarının Yorumlanması, Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü, Menemen, 30 s.

Allen, G.R., Pereira, S.L., Raes, D., Smith, M., 1998, Crop Evapotranspiration – Guidelines for Computing Crop Water Requirements- FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome.

Anda, A. and Burucs, Z., 1992, Problems in Potato Irrigation Using The Scheduler Plant Stress Monitor, IDOJARAS, Quarterly Journal of The Hungarian Meteorological Service, 96 (1): 32 – 37.

Anda, A. and Ligetvari, F., 1991, Infrared Thermometry in Scheduling Irrigation, Special Technical Session, International Commission on Irrigation and Drainage, Beijing, 210 – 219.

Anda, A. and Ligetvari, F., 1993, Potential Use of The Scheduler Plant Stress Monitor in Soybean, Soil Technology, Cremlingen 6: 137 – 144.

Anonymous., 1971, Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü, Topraksu Genel Müdürlüğü, yayın No: 236, Ankara.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Anonymous., 1982, Havadaki Su Buharının Basınç ve Doyma Derecesinin Bulunması, Meteoroloji Memurlarının El Kitabı, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Teknik Seri No: 16, Ankara.

Anonymous., 1994, Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsü Araştırma Raporları 1993, KHGM Menemen Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No:203, Rapor Seri No:132, Menemen.

Anonymous., 1992, Instruction Manual, Thermo-Hunter 5140 Non-Contact Thermometer, Optex Co.Ltd, 4-7-5 Nionohama, Shiga 520, Japan.

Anonymous., 1996, Menemen 1995 Su Yılı Hidrometeorolojik Rasat Verileri, KHGM Menemen araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:215, Teknik Yayın No:36, Menemen.

Anonymous., 1997, Menemen 1996 Su Yılı Hidrometeorolojik Rasat Verileri, KHGM Menemen araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:217, Teknik Yayın No:37, Menemen.

Anonymous., 1998, Menemen 1997 Su Yılı Hidrometeorolojik Rasat Verileri, KHGM Menemen araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:219, Teknik Yayın No:38, Menemen.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Anonymous., 2000, İzmir İlçelerinin Ekonomik Profili ve Alternatif Yatırım Olanakları, İzmir Ticaret Odası, İzmir, 587 – 619.

Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1985, Water Quality for Agriculture, FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 29 Rev.1, Rome-Italy, 174 p.

Ayyıldız, M., 1983, Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No:879, A.Ü.Basımevi, Ankara.

Beyce, Ö. ve Madanoğlu, K., 1980, Bitki Su Tüketiminin Saptanması, TOPRAKSU Araştırma Ana Projesi No:433, Ankara, s.1-42.

Bilgel, L., 1996, Harran Ovasında Pamuğun İlk ve Son Sulama Zamanları, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 88, Rapor Serisi No: 61, Şanlıurfa.

Burke, J.J., Hatfield J.L. and Wanjura, D.F., 1990, A Thermal Stress Index for Cotton, Agronomy Journal, 82: 526 – 530.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Burke, J.J., Mahan, J.R. and Hatfield, J.L., 1988, Crop – Specific Thermal Kinetic Windows in Relation to Wheat and Cotton Biomass Production, *Agronomy Journal*, 80 (4):553 – 556.

Çağlar, K. Ö., 1949, Toprak Bilgisi, Ankara Üniversitesi Ziraat fakültesi, Yayın No: 10, ankara.

Doorenbos, J. and Pruitt, W.O., 1992, Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper No: 24, Rome-Italy.

Doorenbos, J. and Kassam, A.H., 1986, Yield Response to Water, FAO Irrigation and Drainage Paper No: 33, Rome-Italy, 193 p.

Ehrler, W.L., 1973, Cotton Leaf Temperatures, as Related to Soil Water Depletion and Meteorological Factors, *Agronomy Journal*, 65: 404 – 409.

Ehrler, W.L., Idso, S.B., Jackson, R.D. and Reginato, R.J., 1978, Diurnal Changes in Plant Water Potential and Canopy Temperature of Wheat as Affected by Drought, *Agronomy Journal*, 70: 999 – 1004.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Evsahibioğlu, A. N., 1995, Infrared Termometre Teknikleri ile Armut Ağaçlarında Su Tüketimi Tahminleri, 5. Ulusal Kültürteknik Kongre Bildirileri, Ankara, 247 – 261.

Eyüpoğlu, F.,1999, Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumu, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No:220, Teknik Yayın No: T-67, Ankara.

Fangmeier, D.D., Garrot, D.J., Husman, H.S. and Perez J., 1989, Cotton Water Stress Under Trickle Irrigation, Transaction of The ASAE, 32(6):1955 – 1959.

Garrot, D.J., Ray, D.T., Fangmeier, D.D. and Husman S.H., 1990, Watermelon Field Irrigation Management Using The Crop Water Stress Index, Acta Horticulturae, 278: 755 – 761.

Gates, D.M., (1964), Leaf Temperature and Transpiration, Agronomy Journal, 56: 273 – 277.

Geiser, K.M., Slack, D.C., Allred, E.R. and Stange, K.W., 1982, Irrigation Scheduling Using Crop Canopy – Air Temperature Difference, Transactions of ASAE, 25: 689 – 694.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Güngör, Y. ve Yıldırım, O., 1989, Tarla Sulama Sistemleri, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1155, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 325 s.

Hamdy, A., 1999, Integrated Water Resources Management in Mediterranean: National and Regional Policies, 35 – 92, Advanced Short Course on Integrated Rural water Management: Agricultural Water Demands, Adana, Turkey, Photocopied in Tecnomack-Bari, Italy, 305s.

Hatfield, J.L., 1990, Measuring Plant Stress with an Infrared Thermometer, Hortscience, 25 (12): 1535 – 1537.

Hatfield, J.L., Reginato R.J. and Idso S.B., 1984, Evaluation of Canopy Temperature – Evapotranspiration Models Over Various Crops, Agricultural and Forest Meteorology, 32:41 – 53.

Hatfield, J.L., Wanjura, D.F. and Barker, G.L., 1985, Canopy Temperature Response to Water Stress Under Partial Canopy, Transaction of The ASAE, 28(5):1607 – 1611.

Hattendorf, M.J., Carlson, R.E., Halim, R.A. and Buxton, D.R. 1988, Crop Water Stress Index and Yield of Water – Deficit – Stressed Alfalfa, Agronomy Journal, 80: 871 – 875.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Howell, T.A., Hatfield, J.L., Yamada, H. and Davis, K.R., 1984,
Evaluation of Cotton Canopy Temperature to Detect Crop Water
Stress, Transactions of ASAE, Vol. 27/1: 84 –88.

Hsiao, T.C., 1990, Plant – Atmosphere Interactions, Evapotranspiration
and Irrigation Scheduling, Acta Horticulturae, 278 : 55 – 56.

Idso, S.B., Jackson, R.D., and Reginato, R.J., 1977, Remote Sensing of
Crop Yields, Science, 196: 19 – 25.

Idso, S.B., 1982, Non-Water-Stressed Baselines: A Key to Measuring
and Interpreting Plant Water Stress, Agricultural Meteorology,
The Netherlands, 27: 59 – 70.

**Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter, P.J., Reginato, R.J. and Hatfield,
J.L., 1981(a),** Normalizing The Stress – Degree – Day Parameter
for Environmental Variability, Agricultural Meteorology, The
Netherlands, 24: 45 – 55.

Idso, S.B., Reginato, R.J., Reicosky, D.C. and Hatfield, J.L., 1981(b),
Determining Soil-Induced Plant Water Potential Depressions in
Alfalfa by Means of Infrared Thermometry, Agronomy Journal,
73: 826 – 830.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Irmak, A., 1954, Arazide ve Laboratuvarda Toprağın Araştırılması Metodları, İ.Ü. Yayınları No: 599, İstanbul.

Itier, B., Flura, D. and Belabbes, K.,1993, An Alternative Way for C.W.S.I. Calculation to Improve Relative Evapotranspiration Estimates Results of An Experiment Over Soybean, Acta Horticulturae, 335: 333 – 340.

Itier, B., Flura, D., Belabbes, K., Kosuth, P., Rana, G. and Figueiredo, 1992, Relation Between Relative Evapotranspiration and Predawn Leaf Water Potential in Soybean Grown in Several Locations, Irrigation Science, 13: 109 – 114.

James, L.G., 1993, Principles of Farm Irrigation System Design, Krieger Publishing Company, ISBN 0 – 89464 – 802 – 0, Malabar, Florida.

Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J. ve Pinter, P.J., 1981, Canopy Temperature as Crop Water Stres Indicator, Water Resources Research, 17: 1133 – 1138.

Jackson, R.D., Reginato, R.J. and Idso, S.B., 1977, Wheat Canopy Temperature: A Practical tool for Evaluating Water Requirements, Water Resources Research, 13 (3): 651 – 656.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Jensen, H.E., Svendsen, H., Jensen, S.E. and Mogensen, V.O., 1990,
Canopy – Air Temperature of Crops Grown Under Different
Irrigation Regimes in a Temperate Humid Climate, Irrigation
Science, 11: 181 – 188.

Karaata, H., 1985, Harran Ovasında Pamuk Su Tüketimi, Köy
Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü
Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 24, Rapor Seri No: 15,
Şanlıurfa.

**Kanemasu, E.T., Steiner, J.L., Biere, A.W., Worman, F.O. and
Stone, J.F., 1983,** Irrigation in The Great Plains, Agricultural
Water Management, 7:157 – 178.

Mergen, Y., 1965, Zirai Sulamada Tarlaya Verilecek Su Miktarının
Tesbiti, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları, Sayı: 172, Ankara.

Millard, C.E., Turk, L.M. and Foth, H.D., 1966, Fundamental of Soil
Science, Fourth Edition, John Wiley and Sons Inc., New York,
491 p.

Munsuz, N., 1982, Toprak-Su İlişkileri, Ankara Üniversitesi Ziraat
Fakültesi Yayınları No: 798, Ankara.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Nielsen, D.C. and Anderson, R.L., (1989), Infrared Thermometry to Measure Single Leaf Temperatures for Quantification of Water Stress in Sunflower, *Agronomy Journal*, 81: 840 – 842.

Orta, H.A., Erdem, T. ve Erdem, Y., 2001, Infrared Termometre Tekniği ile Ayçiçeğinde Bitki Su Stres İndeksi (CWSI) ve Sulama Zamanının Belirlenmesi, I. Ulusal Sulama Kongresi, Bildiriler Kitabı, Antalya, s.145 -153.

O'Toole, J.C. and Hatfield, J.L., 1983, Effect of Wind on The Crop Water Stres Index Derived by Infrared Thermometry, *Agronomy Journal*, 75: 811 – 817.

O'Toole, J.C. and Real, J., 1984, Canopy Target Dimensions for Infrared Thermometry, *Agronomy Journal*, 76: 863 – 865.

O'Toole, J.C. and Real, J.G., 1986, Estimation of Aerodynamic and Crop Resistances from Canopy Temperature, *Agronomy Journal*, 78: 305 – 310.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Özkara, M.M. ve Şahin, A., 1993, Ege Bölgesinde Farklı Sulama Programlarının Nazilli 84 ve Nazilli 87 Pamuk Çeşidinin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkileri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel yayın No:193, rapor Serisi No:127, Menemen.

Palmer, İ.H., 1967, Diurnal Variation in leaf and Boll Temperatures of Irrigated cotton grown under two soil moisture Regimes in a Semi – Arid Climate, Agricultural Meteorology, 41: 39 – 54, Netherlands.

Pinter, P.J. and Reginato, R.J., 1982, A Thermal Technique for Monitoring Cotton Water Stress and Scheduling Irrigations, Transactions of The ASAE, 1651-1655, Michigan.

Reginato, R.J., 1983, Field quantification of Crop Water Stress, Transactions of The ASAE, 26 (3): 772-775, 781.

Richards, L.A., 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, U.S.D.A., Agricultural Handbook, No:60, Washington D.C.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Sharratt, B.S., Reicosky, D.C., Idso, S.B. and Baker, D.G., 1983,

Relationships Between Leaf Water Potential, Canopy Temperature and Evapotranspiration in Irrigated and Non-Irrigated Alfaalfa, *Agronomy Journal*, 75: 891 – 894.

Stegman, E.C., Soderlund, M., 1992, Irrigation Scheduling of Spring

Wheat Using Infrared Thermometry, *Transactiion of ASAE*, 35 (1): 143 – 152.

Şener, S., 1993, Ege Bölgesinde Lizimetre Koşullarında Değişik

Kalitedeki Sulama Sularının Pamuk Verimine ve Toprak Tuz Dengesine Etkileri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 192, Rapor Yayın No: 126, Menemen.

Şener, S., Ertaş, R.M., Öğretir, K., Aran, A., 1995, Türkiye’de

Sulanan Bitkilerin Sulama Teknikleri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü, Yayın No: 89, Menemen.

Tanner, C.B., 1963, Plant Temperatures, *Agronomy Journal*, 55: 210 –

211.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Tüzüner, A., 1978, Fiziksel ve Kimyasal Etkenlerle Kültürel İşlemlerin Toprağın Fiziksel Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması, Topraksu Araştırma Ana Projesi, No: 162, Ankara.

Ul, M.A., ve Balcı, A., 1993, Sulamanın Programlanmasında Bitkiye Dayalı İzleme Teknikleri, Ege Üniversitesi Ziraat fakültesi dergisi, Cilt: 30, Sayı: 3, 151 – 159, Bornova.

Upchurch, D.R., Wanjura, D.F. and Mahan J.R., 1990, Automating Trickle-Irrigation Using Continious Canopy Temperature Measurements, Acta Horticulturae, 278: 299 – 308.

U.S. Salinity Lab. Staff., 1954, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Handbook No: 60, U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

Ülgen, N. ve Ateşalp, M., 1972, Toprakta Bitki Tarafından Alınabilir Fosfor Tayini, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü, Teknik Yayın No:21, Ankara.

Ülgen, N. ve Yurtsever, N., 1984, Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü, Yayın No: 47, Ankara.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Ülgen, N. ve Yurtsever, N., 1995, Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara.

Ünal, M., 1986, Nazilli 84 Pamuk Çeşidinin Islahı, Nazilli Pamuk Araştırma Enstitüsü, Yayın No: 41, Nazilli.

Ünver, İ.H.O. ve Tüzün, A.M., 2001, Dünya’da, Türkiye’de ve GAP’ta Su; Sorunlar ve Çözüm önerileri, I. Ulusal Sulama Kongresi, Bildiriler Kitabı, Antalya, s.3-16.

Walker, G.K. and Hatfield, J.L., 1979, A Test of The Stress-Degree-Day Concept Using Multiple Planting Dates of Red Kidney Beans, Agronomy Journal, 71: 967 - 971.

Walker, G.K. and Hatfield, J.L., 1983. Stress Measurement Using Foliage Temperatures, agronomy Journal, 75: 623 – 629.

Wanjura, D.F., Upchurch, Mahan, J.R., 1992, Automated Irrigation Based on Threshold Canopy Temperature, Transaction of The ASAE, 35: ?? - ??.

Kaynaklar Dizini (Devam)

Wiegand, C.L. and Namken, L.N., 1966, Influences of Plant Moisture Stress, Solar Radiation, and Air Temperature on Cotton Leaf Temperature, *Agronomy Journal*, 58: 582 – 586.

Yalçuk, H. ve Özkara, M.M., 1984, Ege Bölgesinde Kısıntılı Sulamanın Pamuk Verimine Etkisi, Menemen Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 107 / 70, Menemen.

Yazar, A., 1990, Utilization of Infrared Thermometry Technique for Assessing Crop Water Stress and Irrigation Scheduling for Soybean, *Doğa Tr.J.of Agriculture and Forestry*, TUBITAK,14(4):517 –533.

Yurtsever, N., 1984, Deneysel İstatistik Metotları, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 121, Ankara.

EKLER

Ek Çizelge A.1. 1995 Yılı Toprak-Nem Düzeyleri (mm)

Tarih	I ₀			II			I2			I3		
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	Toplam	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	Toplam	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	Toplam
18.05.1995	62,2	73,07	110,29	245,56	62,2	73,07	110,29	245,56	62,2	73,07	110,29	245,56
01.06.1995	68,28	52,3	107,68	228,26	68,28	52,3	107,68	228,26	68,28	52,3	107,68	228,26
15.06.1995	69,21	48,45	106,05	223,71	69,21	48,45	106,05	223,71	69,21	48,45	106,05	223,71
30.06.1995	36,48	43,45	109,44	189,37	36,48	43,45	109,44	189,37	36,48	43,45	109,44	189,37
20.07.1995	30,86	41,92	102,65	175,43	30,86	41,92	102,65	175,43	30,86	41,92	102,65	175,43
27.07.1995	37,41	29,99	87,38	154,78	38,81	61,53	85,26	185,6	43,02	35,76	93,74	172,52
31.07.1995	31,33	26,15	70,84	128,32	103,36	57,69	67,44	228,49	37,41	42,3	83,14	162,85
03.08.1995	35,07	34,61	57,26	126,94	82,31	59,99	58,53	200,83	101,02	79,22	58,53	238,77
06.08.1995					82,31	61,15	69,14	211,2	82,78	57,3	90,77	230,85
07.08.1995	31,33	23,46	42,84	97,63	80,91	61,15	69,14	211,2	52,38	55,38	62,35	170,11
10.08.1995	26,65	20,38	44,54	91,57	74,36	66,53	64,9	205,79	82,31	53,07	61,93	197,31
14.08.1995												
17.08.1995	22,91	18,84	38,6	80,35	86,52	86,53	67,44	240,49	82,78	63,07	66,59	212,44
21.08.1995					71,09	73,45	57,69	202,23	72,96	67,3	74,65	214,91
24.08.1995	22,91	19,23	36,48	78,62	106,63	85,38	77,2	269,21	75,29	55,38	75,08	205,75
28.08.1995					101,49	65,38	75,5	242,37	77,63	53,45	64,47	195,55
31.08.1995					76,7	62,68	66,17	205,55	52,85	38,07	52,6	143,52
07.09.1995	35,07	24,99	51,32	111,38	56,12	60,76	67,44	184,32	37,88	38,07	61,08	137,03
14.09.1995					46,3	46,53	57,26	150,09	35,07	29,99	50,05	115,11
21.09.1995	35,07	21,15	54,29	110,51	49,1	49,22	49,63	147,95	36,01	29,22	44,11	109,34
28.09.1995	29,46	28,84	49,63	107,93	35,54	41,53	58,96	136,03	30,27	29,15	53,02	112,44
12.10.1995	27,32	27,3	46,29	100,91	35	44,7	50,42	130,12	30,27	29,1	51,13	110,5
19.10.1995	26,3	24,2	46,29	96,79					43,1	38,1	55	136,2
01.11.1995												

Ek Çizelge A.2. 1996 Yılı Toprak-Nem Düzeyleri (mm)

Tarih	Ia				II				I2				I3			
	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	Toplam	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	Toplam	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	Toplam	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	Toplam
03.05.1996	76,18	83,9	100,06	260,14	76,18	83,9	100,06	260,14	76,18	83,9	100,06	260,14	76,18	83,9	100,06	260,14
10.05.1996	71,47	81,45	91,15	244,07	71,47	81,45	91,15	244,07	71,47	81,45	91,15	244,07	71,47	81,45	91,15	244,07
20.05.1996	69,93	93,79	82,13	245,85	69,93	93,79	82,13	245,85	69,93	93,79	82,13	245,85	69,93	93,79	82,13	245,85
31.05.1996	68,14	86,9	92,16	247,2	68,14	86,9	92,16	247,2	68,14	86,9	92,16	247,2	68,14	86,9	92,16	247,2
10.06.1996	67,59	83,39	96,22	247,2	67,59	83,39	96,22	247,2	67,59	83,39	96,22	247,2	67,59	83,39	96,22	247,2
20.06.1996	55,29	73,87	86,64	215,8	55,29	73,87	86,64	215,8	55,29	73,87	86,64	215,8	55,29	73,87	86,64	215,8
01.07.1996	46,61	75,62	93,47	215,7	46,61	75,62	93,47	215,7	46,61	75,62	93,47	215,7	46,61	75,62	93,47	215,7
05.07.1996	50,26	67,27	97,37	214,9	50,26	67,27	97,37	214,9	50,26	67,27	97,37	214,9	50,26	67,27	97,37	214,9
10.07.1996	67,7	40,75	82,45	190,9	89,09	68,18	86,93	244,2	63,22	45,78	88,91	197,91	57,13	48,74	60,33	166,2
15.07.1996	22,21	34,95	65,64	122,8	51,82	44,19	170,24	266,25	115,75	52,38	77,23	245,36	56,51	58,7	89,2	204,41
22.07.1996	19,51	27,92	49,15	96,58	102,08	63,87	44,57	210,52	69,98	47,1	74,39	191,47	56,51	58,7	89,2	204,41
29.07.1996	17,74	28,96	40,73	87,43	86,28	47,26	63,16	196,7	102,85	60,06	64,78	227,69	41,75	40,74	92,85	175,34
01.08.1996									67,69	48,37	57,52	173,58	101,69	55,96	70,78	228,43
05.08.1996					68,65	42,22	46,13	157	80,98	49,76	92,13	222,87	67,28	42,22	44,67	154,17
08.08.1996					35,56	37,7	38,5	111,76	40,18	38,6	29,69	108,47	104,79	55,13	64,66	224,58
15.08.1996					32,57	35,11	35,61	103,29	26,37	32,15	38,32	96,84	40,64	51,25	55,54	147,43
22.08.1996	22,43	24,86	30,26	77,55	32,91	29,85	34,93	97,69	36,98	34,06	28,28	99,32	26,3	31,75	40,2	98,25
03.09.1996									48,59	24,53	47,08	120,2	41,28	34,88	31,94	108,1
12.09.1996													69,1	11,64	27,64	108,38
04.10.1996	71,61	18,21	40,91	130,73	48,97	30,61	28,71	108,29								

Ek Çizelge A.3. 1995 Yılına ait Psikrometrik Ölçümler ile Su buhar Basıncı Açığı

Tarih	T _{kuru} Termometre (°C)	T _{Islak} Termometre (°C)	Oransal Nem (%)	Doygun Su Buharı Basıncı (es) (kPa)	Gerçek Su Buharı Basıncı (ea) (kPa)	Su Buha Basıncı Açığı (v) (kPa)
17.07.1995	34.8	24.6	44.8	5.561	2.491	3.070
18.07.1995	35.8	25.8	45.0	5.876	2.644	3.232
19.07.1995	37.2	24.2	34.5	6.343	2.189	4.154
20.07.1995	37.0	22.5	37.0	6.275	2.322	3.953
21.07.1995	37.2	23.4	35.0	6.343	2.220	4.123
24.07.1995	35.5	22.9	40.3	5.780	2.329	3.451
25.07.1995	36.7	23.6	37.1	6.173	2.290	3.883
26.07.1995	37.5	25.0	38.5	6.448	2.482	3.966
27.07.1995	38.4	25.5	39.5	6.769	2.674	4.095
28.07.1995	35.2	22.3	35.6	5.685	2.024	3.661
31.07.1995	34.0	23.2	45.5	5.319	2.420	2.899
01.08.1995	33.6	23.5	46.5	5.202	2.419	2.783
02.08.1995	35.1	23.4	36.0	5.654	2.035	3.619
03.08.1995	33.7	24.0	45.5	5.231	2.380	2.851
04.08.1995	33.9	24.2	45.5	5.290	2.407	2.883
07.08.1995	35.9	22.5	36.8	5.908	2.174	3.734
08.08.1995	37.0	25.2	39.8	6.275	2.497	3.778
09.08.1995	37.0	23.4	32.5	6.275	2.039	4.236
10.08.1995	36.8	24.5	38.3	6.207	2.377	3.830
11.08.1995	34.8	23.9	42.5	5.561	2.363	3.198
14.08.1995	33.0	22.5	44.8	5.030	2.254	2.776
15.08.1995	32.8	23.7	45.1	4.974	2.243	2.731
16.08.1995	32.0	22.6	42.4	4.755	2.016	2.739
17.08.1995	32.4	24.4	44.3	4.863	2.154	2.709
18.08.1995	34.5	24.8	42.8	5.469	2.341	3.128
21.08.1995	32.3	23.4	46.3	4.836	2.239	2.597
22.08.1995	33.5	23.2	42.6	5.173	2.204	2.969
23.08.1995	35.7	24.0	39.5	5.844	2.308	3.536

Ek Çizelge A.3. (Devam)

Tarih	T _{kuru} Termometre (°C)	T _{Islak} Termometre (°C)	Oransal Nem (%)	Doygun Su Buharı Basıncı (es) (kPa)	Gerçek Su Buharı Basıncı (ea) (kPa)	Su Buhar Basıncı Açığı (VPD) (kPa)
24.08.1995	35.6	25.1	44.0	5.812	2.557	3.255
25.08.1995	34.8	23.9	40.5	5.561	2.252	3.309
28.08.1995	35.3	24.8	40.3	5.717	2.304	3.413
29.08.1995	35.2	23.7	39.3	5.685	2.234	3.451
31.08.1995	30.2	19.7	31.0	4.292	1.331	2.961
01.09.1995	31.4	22.7	44.8	4.596	2.059	2.537
04.09.1995	31.7	20.9	35.0	4.675	1.636	3.039
05.09.1995	33.5	21.5	35.4	5.173	1.831	3.342
06.09.1995	38.2	22.2	30.6	6.697	2.049	4.648
07.09.1995	29.5	22.8	50.8	4.123	2.094	2.028
08.09.1995	31.6	22.6	43.0	4.648	1.999	2.650
11.09.1995	33.2	20.8	35.5	5.087	1.806	3.281
12.09.1995	33.0	22.8	42.8	5.030	2.153	2.877
13.09.1995	33.2	23.8	42.4	5.087	2.157	2.930
14.09.1995	33.5	24.8	47.8	5.173	2.473	2.700

Ek Çizelge A.4. 1996 Yılına ait Psikrometrik Ölçümler ile Su buhar Basıncı Açığı

Tarih	T _{kuru} Termometre (°C)	T _{Islak} Termometre (°C)	Oransal Nem (%)	Doygun Su Buharı Basıncı (es) (kPa)	Gerçek Su Buharı Basıncı (ea) (kPa)	Su Buha Basıncı Açığı (V) (kPa)
09.07.1996	37.5	26.4	33.8	6.448	2.179	4.269
10.07.1996	35.4	25.2	45.3	5.748	2.604	3.144
11.07.1996	33.0	22.5	46.3	5.030	2.329	2.701
12.07.1996	33.4	23.8	47.3	5.144	2.433	2.711
15.07.1996	36.3	26.5	49.5	6.039	2.990	3.050
16.07.1996	36.6	25.6	47.3	6.139	2.904	3.235
17.07.1996	35.7	22.8	42.3	5.844	2.472	3.372
18.07.1996	33.8	25.3	44.5	5.260	2.341	2.919
19.07.1996	33.8	23.6	42.2	5.260	2.220	3.040
22.07.1996	32.2	24.3	45.3	4.809	2.178	2.631
23.07.1996	28.5	19.0	50.3	3.891	1.957	1.934
24.07.1996	31.4	22.7	43.3	4.596	1.990	2.606
25.07.1996	33.2	18.5	39.8	5.087	2.025	3.062
26.07.1996	36.0	21.7	37.3	5.941	2.216	3.725
29.07.1996	36.0	20.4	37.5	5.941	2.228	3.713
30.07.1996	35.5	21.3	40.5	5.780	2.341	3.439
31.07.1996	35.4	23.8	38.7	5.748	2.225	3.523
01.08.1996	36.2	21.8	38.5	6.007	2.313	3.694
02.08.1996	35.0	23.0	41.0	5.623	2.305	3.318
05.08.1996	37.6	23.5	37.8	6.483	2.451	4.032
06.08.1996	37.3	23.4	37.6	6.378	2.398	3.980
07.08.1996	37.0	20.8	34.3	6.275	2.152	4.123
08.08.1996	36.5	21.9	36.8	6.106	2.247	3.859
09.08.1996	34.5	22.4	43.5	5.469	2.379	3.090
12.08.1996	33.0	22.4	45.7	5.030	2.299	2.731
13.08.1996	36.2	22.9	36.0	6.007	2.162	3.845
14.08.1996	32.4	21.8	46.8	4.863	2.276	2.587
15.08.1996	34.7	21.6	41.5	5.530	2.295	3.235
16.08.1996	35.0	23.4	38.7	5.623	2.176	3.447

Ek Çizelge A.4. (Devam)

Tarih	T _{kuru} Termometre (°C)	T _{Islak} Termometre (°C)	Oransal Nem (%)	Doygun Su Buharı Basıncı (es) (kPa)	Gerçek Su Buharı Basıncı (ea) (kPa)	Su Buhar Basıncı Açığı (VPD) (kPa)
19.08.1996	32.5	21.8	42.7	4.891	2.088	2.802
20.08.1996	31.8	21.6	42.7	4.701	2.007	2.694
23.08.1996	34.5	22.6	36.1	5.469	1.974	3.495
26.08.1996	36.4	23.0	35.0	6.073	2.125	3.947
27.08.1996	36.6	22.0	33.3	6.139	2.044	4.095
28.08.1996	35.1	22.9	40.3	5.654	2.278	3.375
29.08.1996	35.2	23.0	42.2	5.685	2.399	3.286

Tarih	10				11				12				13				Açıklamalar
	A	B	C	Ortalama	A	B	C	Ortalama	A	B	C	Ortalama	A	B	C	Ortalama	
17.07.1995	32,0	32,2	40,4	34,9	31,1	31,3	35,4	32,6	30,8	30,8	32,5	31,4	31,2	31,4	34,0	32,2	İlçelama hava çok parçalı bulutlu hava parçalı bulutlu
18.07.1995	35,8	36,4	39,1	37,1	32,5	38,0	38,4	36,3	34,4	36,6	38,7	36,6	31,6	38,0	39,3	36,3	
19.07.1995	37,8	38,5	39,0	38,4	36,0	38,4	39,9	38,1	37,7	37,1	38,5	37,8	35,0	37,7	38,7	37,1	
20.07.1995	36,0	36,7	35,8	36,2	35,5	36,1	37,1	36,2	35,6	35,2	37,3	36,0	35,1	35,8	37,5	36,1	
21.07.1995	38,6	37,0	37,3	37,6	37,2	38,1	39,4	38,2	37,1	37,0	37,7	37,3	35,8	37,4	38,8	37,3	İlçelama hava çok parçalı bulutlu hava parçalı bulutlu
24.07.1995	35,5	35,3	32,7	34,5	34,5	33,6	31,7	33,3	35,1	33,5	34,7	34,4	33,6	32,9	33,1	33,2	
25.07.1995	36,5	32,7	34,7	34,6	33,2	36,6	33,5	34,4	36,7	34,3	34,5	35,2	33,3	35,6	33,6	33,8	
26.07.1995	35,7	36,3	39,3	37,1	34,8	37,3	38,7	36,9	35,8	36,2	36,7	36,2	33,5	36,4	37,4	35,8	
27.07.1995	37,6	37,2	37,0	37,3	36,1	37,2	36,7	36,7	37,1	36,9	37,6	37,2	35,9	37,2	37,1	36,7	İlçelama hava çok parçalı bulutlu hava parçalı bulutlu
28.07.1995	34,7	35,0	36,3	35,3	34,0	35,1	35,6	34,9	34,4	34,6	34,1	34,4	33,4	34,6	35,2	34,4	
31.07.1995	33,1	32,1	34,3	33,2	31,3	32,2	34,1	32,5	32,2	31,8	33,2	32,4	31,1	32,2	34,2	32,5	
01.08.1995	32,9	32,8	33,9	33,2	32,2	33,8	33,3	33,3	33,3	31,2	33,8	32,8	32,0	32,0	32,0	32,0	
02.08.1995	33,5	34,1	32,5	33,4	32,6	33,2	32,6	32,8	32,6	32,9	33,5	33,0	31,8	33,1	32,9	32,6	İlçelama hava çok parçalı bulutlu hava parçalı bulutlu
03.08.1995	32,9	33,2	33,0	33,0	30,7	32,2	32,0	31,6	32,0	31,7	31,7	31,8	30,2	31,3	31,7	31,1	
04.08.1995	33,1	32,6	32,1	32,6	30,5	31,5	31,6	31,2	31,2	31,1	31,9	31,4	30,1	31,2	32,0	31,1	
07.08.1995	34,4	36,0	36,4	35,6	30,0	34,1	34,7	32,9	32,9	33,1	34,1	33,4	29,7	33,1	33,8	32,2	
08.08.1995	37,3	37,6	35,6	36,8	34,7	35,3	34,5	34,8	35,5	36,0	35,2	35,6	34,3	35,7	35,3	35,1	İlçelama hava çok parçalı bulutlu hava parçalı bulutlu
09.08.1995	37,0	37,2	37,1	37,1	34,2	35,1	35,5	34,9	35,2	34,8	35,1	35,0	33,9	35,3	35,7	35,0	
10.08.1995	35,3	35,9	35,9	35,7	32,7	34,0	34,1	33,6	33,0	33,9	34,2	33,7	31,9	33,9	34,8	33,5	
11.08.1995	33,1	33,0	33,6	33,2	31,7	31,9	31,6	31,7	31,5	28,2	32,0	30,6	31,1	31,3	32,0	31,5	
14.08.1995	31,0	31,6	33,8	32,1	29,0	31,1	32,8	31,0	27,8	28,9	30,8	29,2	29,4	30,7	32,4	30,8	A blok ritajeri
15.08.1995	33,1	33,2	33,3	33,2	31,9	32,3	32,0	32,1	30,3	30,9	32,2	31,1	30,5	30,9	32,6	31,3	
16.08.1995	32,5	32,5	32,2	32,4	30,1	32,0	30,7	30,9	29,6	30,3	31,3	30,4	29,3	30,8	31,3	30,5	
17.08.1995	32,0	32,9	32,2	32,4	29,3	30,2	30,4	30,0	29,6	31,4	31,2	30,7	28,3	30,6	30,6	29,8	
18.08.1995	33,9	35,1	34,5	34,5	31,5	34,3	34,2	33,3	32,4	33,4	34,1	33,3	29,6	33,5	34,6	32,6	İlçelama hava çok parçalı bulutlu hava parçalı bulutlu
21.08.1995	32,4	33,3	31,7	32,5	30,5	31,4	30,4	30,8	30,6	30,9	31,8	31,1	29,6	30,7	31,1	30,5	
22.08.1995	32,3	32,8	32,0	32,4	30,5	32,0	31,6	31,4	30,2	30,3	32,4	31,0	29,9	30,5	31,7	30,7	
23.08.1995	35,4	34,7	35,0	35,0	32,2	30,5	31,9	31,5	32,2	30,9	29,6	30,9	31,7	29,5	30,6	30,6	
24.08.1995	34,8	36,6	35,1	35,5	32,9	33,8	34,6	33,8	33,4	33,7	34,7	33,9	32,2	33,3	33,2	33,6	İlçelama hava çok parçalı bulutlu hava parçalı bulutlu
25.08.1995	34,7	36,1	35,0	35,3	31,7	32,9	32,8	32,5	31,7	33,6	33,8	33,0	30,7	32,4	34,0	32,4	
28.08.1995	35,0	37,5	39,6	36,4	33,5	34,2	35,6	34,4	33,5	34,8	36,2	34,8	32,6	34,6	34,3	34,5	
29.08.1995	35,3	37,5	39,6	37,5	32,9	33,5	35,3	33,9	32,8	32,6	34,6	33,3	30,5	33,0	33,0	32,2	
31.08.1995	30,4	31,6	30,6	30,9	28,8	30,0	30,7	29,8	29,2	29,6	29,4	29,4	28,0	29,0	30,0	29,0	Yığınlu
01.09.1995	34,0	34,3	34,8	34,4	28,9	32,0	32,6	31,2	31,4	32,4	32,3	32,0	26,4	31,6	32,5	30,2	
04.09.1995	33,3	35,4	34,1	34,3	30,0	31,5	32,8	31,4	30,8	32,3	33,4	32,2	29,7	33,1	33,1	31,4	
05.09.1995	36,0	37,9	35,4	36,4	33,4	33,5	33,1	33,3	33,9	33,2	34,7	33,9	31,6	33,4	34,3	33,1	
06.09.1995	40,3	42,4	41,7	41,5	37,4	39,6	40,4	39,1	39,2	38,3	39,7	39,1	23,7	23,9	27,5	25,0	Yığınlu
07.09.1995	24,4	30,0	32,6	29,0	23,4	24,1	28,8	25,4	24,2	26,4	27,5	26,0	23,7	23,9	27,5	25,0	
08.09.1995	36,0	38,4	35,8	36,7	33,3	34,9	32,3	33,5	34,0	34,5	33,2	33,9	32,1	34,2	33,2	33,2	
11.09.1995	36,8	37,8	37,6	37,4	34,4	36,3	36,0	35,6	35,6	34,8	35,7	33,4	33,3	34,5	35,7	34,5	
12.09.1995	39,6	39,4	35,9	38,3	36,1	36,4	35,0	35,8	36,3	35,3	35,9	35,9	34,6	34,5	35,5	35,2	İlçelama hava çok parçalı bulutlu hava parçalı bulutlu
13.09.1995	39,7	40,8	36,8	39,1	36,4	37,2	35,8	36,5	37,4	36,8	36,6	36,9	34,4	36,6	36,0	35,7	
14.09.1995	39,9	41,7	38,5	40,0	37,1	37,8	37,4	37,4	38,8	38,1	37,8	38,2	37,0	38,6	36,6	37,4	

Tarih	I				II				12				13				Açıklamalar
	A	B	C	Ortalama	A	B	C	Ortalama	A	B	C	Ortalama	A	B	C	Ortalama	
9.07.1996	38,9	35,6	34,0	36,2	36,1	33,7	35,2	35,0	35,6	34,4	34,4	35,2	35,0	34,9	34,6	34,8	Hava Hafif Bulutlu
0.07.1996	36,0	33,7	33,1	34,3	33,7	34,0	34,2	34,0	34,7	34,1	33,5	34,1	33,2	33,2	34,0	34,2	
1.07.1996	33,3	30,2	29,1	30,9	32,1	32,2	31,6	32,0	31,4	33,0	32,2	32,2	30,9	32,8	31,9	31,9	
2.07.1996	33,1	31,4	29,7	31,4	31,5	32,1	31,1	31,6	32,8	31,4	29,2	31,1	30,5	32,5	31,1	31,4	
5.07.1996	35,2	35,1	34,8	35,0	33,8	34,6	34,9	34,4	35,5	34,9	33,2	34,5	33,3	34,5	34,7	34,2	Çok Bulutlu ve rüzgarlı
6.07.1996	38,0	38,1	39,5	38,5	34,8	35,0	36,6	35,5	35,3	35,6	34,1	35,0	35,5	36,3	36,4	36,1	
7.07.1996	36,4	36,7	37,7	36,9	32,5	33,1	34,3	33,3	34,0	33,7	32,6	33,4	33,0	33,8	33,9	33,6	
8.07.1996	34,8	35,4	36,2	35,5	31,3	31,8	31,9	31,7	32,8	31,5	31,1	31,8	31,6	32,4	32,0	32,0	
9.07.1996	35,7	35,6	38,7	36,7	30,2	32,7	33,1	32,0	33,4	31,7	30,9	32,0	30,2	30,2	32,6	31,9	Sabah yağ başladı Parçalı Bulutlu, ılımlı
2.07.1996	36,3	32,4	36,3	34,2	29,3	32,2	31,2	30,9	31,4	29,5	27,7	29,5	28,6	31,1	30,2	30,0	
3.07.1996	25,4	25,5	26,3	25,7	23,3	24,5	23,8	23,9	24,5	23,6	24,4	24,2	23,3	23,7	23,8	23,6	
4.07.1996	33,4	34,1	33,9	33,8	29,0	29,7	29,7	29,5	31,4	30,0	30,8	30,7	30,1	31,0	30,6	30,6	
5.07.1996	34,9	35,4	32,4	34,2	31,8	29,9	32,1	31,3	31,9	31,7	32,3	32,0	32,4	32,7	32,3	32,5	Çok Bulutlu ve rüzgarlı
6.07.1996	38,8	39,4	36,1	38,1	34,3	32,5	34,7	33,8	34,6	33,9	32,4	33,6	34,3	33,9	34,2	34,0	
9.07.1996	39,3	39,6	37,3	38,7	32,8	34,2	34,4	33,8	34,0	33,0	32,2	33,1	33,9	34,2	34,0	34,0	
0.07.1996	38,6	38,6	39,2	38,8	32,5	33,3	34,2	33,3	33,7	33,2	32,1	33,0	33,1	34,9	34,0	34,0	
1.07.1996	39,7	38,9	40,1	39,6	34,2	33,8	33,9	34,0	34,0	34,3	33,8	34,0	34,0	33,3	34,0	33,8	Sabah yağ başladı Parçalı Bulutlu, ılımlı
1.08.1996	38,9	38,9	38,9	38,9	33,2	33,6	34,6	33,8	34,5	33,9	33,3	33,9	32,7	34,6	34,5	33,9	
2.08.1996	39,1	38,6	37,1	38,3	33,8	32,9	34,8	33,8	34,7	34,4	33,8	34,3	33,4	35,1	34,3	34,3	
5.08.1996	40,2	40,0	39,7	40,0	33,5	33,9	35,7	34,4	34,2	34,1	33,7	34,0	34,0	35,9	35,7	35,2	
6.08.1996	40,9	39,8	40,9	40,5	34,5	34,8	36,3	35,2	35,4	34,5	32,2	34,0	33,6	36,3	35,5	35,1	Çok Bulutlu ve rüzgarlı
7.08.1996	40,2	39,3	39,5	39,7	32,3	33,6	34,0	33,3	34,0	32,9	31,9	32,9	32,3	34,4	33,5	33,4	
8.08.1996	38,3	37,6	38,5	38,1	33,0	33,8	33,8	33,5	33,0	32,7	32,0	32,6	33,6	32,9	32,6	33,0	
9.08.1996	38,2	37,8	36,4	37,5	32,3	31,7	32,6	32,2	32,0	32,2	32,1	32,1	32,4	32,5	32,6	32,5	
2.08.1996	40,4	36,0	36,4	37,6	32,5	34,2	34,6	33,8	34,3	33,4	32,0	33,2	31,4	34,3	33,4	33,0	Çok Bulutlu ve rüzgarlı
3.08.1996	41,0	40,8	39,3	40,4	36,5	35,3	35,4	35,7	35,2	36,5	35,4	35,7	35,5	34,6	35,5	35,2	
4.08.1996	38,8	38,8	35,7	37,8	34,3	35,1	33,7	34,2	35,0	34,1	33,5	34,2	32,9	32,7	33,1	32,9	
5.08.1996	41,7	40,7	39,9	40,8	37,3	37,6	36,2	37,0	36,2	37,1	36,5	36,6	35,2	35,4	34,7	35,1	
6.08.1996	44,2	41,3	41,5	42,3	37,6	41,2	38,4	39,1	39,4	38,2	37,1	38,2	34,7	36,1	35,8	35,5	Çok Bulutlu ve rüzgarlı
9.08.1996	38,5	38,2	35,8	37,5	35,3	35,2	35,5	35,3	34,5	35,5	35,1	35,0	33,2	34,8	34,5	34,2	
0.08.1996	38,4	36,8	35,2	36,8	35,5	35,7	35,7	35,6	35,1	35,4	33,9	34,8	33,0	35,0	33,7	33,9	
3.08.1996	41,0	40,1	38,3	39,8	38,5	38,9	39,1	38,8	38,3	39,2	38,6	38,7	37,4	37,4	37,3	37,7	
6.08.1996	40,6	43,8	41,1	41,8	40,5	41,6	36,1	39,4	38,0	40,8	41,6	40,1	39,4	36,0	36,9	37,4	Çok Bulutlu ve rüzgarlı
7.08.1996	42,8	42,6	41,1	42,2	40,7	42,1	40,9	41,2	41,0	41,2	41,0	41,1	39,5	40,8	39,3	39,9	
8.08.1996	40,4	40,2	39,7	40,1	38,8	38,7	38,9	38,8	37,9	40,0	36,9	38,3	37,4	39,0	38,7	38,4	
9.08.1996	42,7	40,5	40,1	41,1	38,5	39,6	40,1	39,4	38,5	38,6	38,6	38,6	38,1	39,5	38,5	38,7	

Ek Çizelge A.7. 1995 Yılı Alt Baz Limit Denklemi için Değerlendirilen Tc-Ta ve VPD Değerleri

Tarih	Tc			Ta	Tc-Ta			VPD	I1	I2	I3
	I0	I1	I2		I0	I1	I2				
17.07.1995	34,9	32,6	31,4	34,8	0,1	-2,2	-3,4	3,070	3,070	3,070	3,070
18.07.1995	37,1	36,3	36,6	35,8	1,3	0,5	0,8	3,232	3,232	3,232	3,232
19.07.1995	38,4	38,1	37,8	37,1	1,2	0,9	0,6	4,155	4,155	4,155	4,155
20.07.1995	36,2	36,2	36,0	37,0	-0,8	-0,8	-1,0	3,953	3,953	3,953	3,953
26.07.1995	37,1	36,9	36,2	35,8	-0,4	-0,6	-1,3	3,965	3,965	3,965	3,965
27.07.1995	37,3	36,7	37,2	38,4	-1,1	-1,7	-1,2	4,095	4,095	4,095	4,095
28.07.1995	35,3	34,9	34,4	35,2	0,1	-0,3	-0,8	3,661	3,661	3,661	3,661
31.07.1995	33,2	32,5	32,4	34,0	-0,8	-1,5	-1,6	2,899	2,899	2,899	2,899
01.08.1995	33,2	33,3	32,8	33,6	-0,4	-0,3	-0,8	2,783	2,783	2,783	2,783
02.08.1995	33,4	32,8	33,0	35,1	-1,7	-2,3	-2,1	3,618	3,618	3,618	3,618
03.08.1995	33,0	31,6	31,8	33,1	-0,7	-2,1	-1,9	2,851	2,851	2,851	2,851
04.08.1995	32,6	31,2	31,4	33,9	-1,3	-2,7	-2,5	2,883	2,883	2,883	2,883
07.08.1995	35,6	32,9	33,4	32,2	-0,3	-3,0	-2,5	3,734	3,734	3,734	3,734
08.08.1995	36,8	34,8	35,6	37,0	-0,2	-2,2	-1,4	3,777	3,777	3,777	3,777
09.08.1995	37,1	34,9	35,0	37,0	0,1	-2,1	-2,0	4,236	4,236	4,236	4,236
10.08.1995	35,7	33,6	33,7	36,8	-1,1	-3,2	-3,1	3,830	3,830	3,830	3,830
14.08.1995	32,1	31,0	29,2	30,8	-0,9	-2,0	-3,8	2,777	2,777	2,777	2,777
15.08.1995	32,2	32,1	31,1	31,3	0,4	-0,7	-1,7	2,731	2,731	2,731	2,731
16.08.1995	32,4	30,9	30,4	30,5	0,4	-1,1	-1,6	2,739	2,739	2,739	2,739
18.08.1995	34,5	33,3	33,3	32,6	0,0	-1,2	-1,2	3,128	3,128	3,128	3,128
21.08.1995	32,5	30,8	31,1	30,5	0,2	-1,5	-1,2	2,597	2,597	2,597	2,597
22.08.1995	32,4	31,4	31,0	30,7	-1,1	-2,1	-2,5	2,969	2,969	2,969	2,969
24.08.1995	35,5	33,8	33,9	33,6	-0,1	-1,8	-1,7	3,255	3,255	3,255	3,255
25.08.1995	35,3	32,5	33,0	32,4	0,5	-2,3	-1,8	3,309	3,309	3,309	3,309
28.08.1995	36,4	34,4	34,8	34,5	1,1	-0,9	-0,5	3,413	3,413	3,413	3,413
29.08.1995	37,5	33,9	33,3	32,2	2,3	-1,3	-1,9	3,451	3,451	3,451	3,451
31.08.1995	30,9	29,8	29,4	29,0	0,7	-0,4	-0,8	2,961	2,961	2,961	2,961
01.09.1995	34,4	31,2	32,0	30,2	3,0	-0,2	0,6	2,537	2,537	2,537	2,537
04.09.1995	34,3	31,4	32,2	31,4	3,0	-0,3	0,5	3,039	3,039	3,039	3,039
05.09.1995	36,4	33,3	33,9	33,1	2,9	-0,2	0,4	3,342	3,342	3,342	3,342
06.09.1995	41,5	39,1	39,1	37,8	3,3	0,9	0,9	4,648	4,648	4,648	4,648
08.09.1995	36,7	33,5	33,9	33,2	3,1	1,9	2,3	2,650	2,650	2,650	2,650
11.09.1995	37,4	35,6	35,4	34,5	4,2	2,4	2,2	3,281	3,281	3,281	3,281
12.09.1995	38,3	35,8	35,9	35,2	3,0	2,8	2,9	2,877	2,877	2,877	2,877
13.09.1995	39,1	36,5	36,9	35,7	3,3	3,3	3,7	2,930	2,930	2,930	2,930
14.09.1995	40,0	37,4	38,2	37,4	6,5	3,9	4,7	2,700	2,700	2,700	2,700

Not: Renkli olanlar Tc-Ta ile VPD ilişkisi için kullanılan değerlerdir

Tarih	Tc				Ta	Tc-Ta				VPD	I1	I2	I3
	Tc					Tc-Ta							
	I0	I1	I2	I3		I0	I1	I2	I3				
09.07.1996	36,2	35,0	35,2	34,8	37,5	-1,3	-2,5	-2,3	-2,7	4,268	4,268	4,268	4,268
10.07.1996	34,3	34,0	34,1	33,8	35,4	-1,1	-1,4	-1,3	-1,6	3,144	3,144	3,144	3,144
11.07.1996	30,9	32,0	32,2	31,9	33,0	-2,1	-1,0	-0,8	-1,1	2,701	2,701	2,701	2,701
15.07.1996	35,0	34,4	34,5	34,2	36,3	-1,3	-1,9	-1,8	-2,1	3,050	3,050	3,050	3,050
16.07.1996	38,5	35,5	35,0	36,1	36,6	1,9	-1,1	-1,6	-0,5	3,235	3,235	3,235	3,235
17.07.1996	36,9	33,3	33,4	33,6	35,7	1,2	-2,4	-2,3	-2,1	3,372	3,372	3,372	3,372
18.07.1996	35,5	31,7	31,8	32,0	33,8	1,7	-2,1	-2,0	-1,8	2,919	2,919	2,919	2,919
19.07.1996	36,7	32,0	32,0	31,9	33,8	2,9	-1,8	-1,8	-1,9	3,040	3,040	3,040	3,040
22.07.1996	34,2	30,9	29,5	30,0	32,2	2,0	-1,3	-2,7	-2,2	2,630	2,630	2,630	2,630
24.07.1996	33,8	29,5	30,7	30,6	31,4	2,4	-1,9	-0,7	-0,8	2,606	2,606	2,606	2,606
25.07.1996	34,2	31,3	32,0	32,5	33,2	1,0	-1,9	-1,2	-0,7	3,062	3,062	3,062	3,062
26.07.1996	38,1	33,8	33,6	35,4	36,0	2,1	-2,2	-2,4	-0,6	3,725	3,725	3,725	3,725
29.07.1996	38,7	33,8	33,1	34,0	36,0	2,7	-2,2	-2,9	-2,0	3,713	3,713	3,713	3,713
30.07.1996	38,8	33,3	33,0	34,0	35,5	3,3	-2,2	-2,5	-1,5	3,439	3,439	3,439	3,439
31.07.1996	39,6	34,0	34,0	33,8	35,4	4,2	-1,4	-1,4	-1,6	3,524	3,524	3,524	3,524
01.08.1996	38,9	33,8	33,9	34,0	36,2	2,7	-2,4	-2,3	-2,2	3,694	3,694	3,694	3,694
02.08.1996	38,3	33,8	34,3	34,3	35,0	3,3	-1,2	-0,7	-0,7	3,317	3,317	3,317	3,317
06.08.1996	40,5	35,2	34,0	35,1	37,3	3,2	-2,1	-3,3	-2,2	3,980	3,980	3,980	3,980
07.08.1996	39,7	33,3	32,9	33,4	37,0	2,7	-3,7	-4,1	-3,6	4,123	4,123	4,123	4,123
08.08.1996	38,1	33,5	32,6	33,0	36,5	1,6	-3,0	-3,9	-3,5	3,859	3,859	3,859	3,859
09.08.1996	37,5	32,2	32,1	32,5	34,5	3,0	-2,3	-2,4	-2,0	3,090	3,090	3,090	3,090
12.08.1996	37,6	33,8	33,2	33,0	33,0	4,6	0,8	0,2	0,0	2,731	2,731	2,731	2,731
13.08.1996	40,4	35,7	35,7	35,2	36,2	4,2	-0,5	-0,5	-1,0	3,844	3,844	3,844	3,844
14.08.1996	37,8	34,4	34,2	32,9	32,4	5,4	2,0	1,8	0,5	2,587	2,587	2,587	2,587
15.08.1996	40,8	37,0	36,6	35,1	34,7	6,1	2,3	1,9	0,4	3,235	3,235	3,235	3,235
16.08.1996	42,3	39,1	38,2	35,5	35,0	7,3	4,1	3,2	0,5	3,447	3,447	3,447	3,447
19.08.1996	37,5	35,3	35,0	34,2	32,5	5,0	2,8	2,5	1,7	2,802	2,802	2,802	2,802
20.08.1996	36,8	35,6	34,8	33,9	31,8	5,0	3,8	3,0	2,1	2,694	2,694	2,694	2,694
23.08.1996	39,8	38,8	38,7	37,7	34,5	5,3	4,3	4,2	3,2	3,495	3,495	3,495	3,495
26.08.1996	41,8	39,4	40,1	37,4	36,4	5,4	3,0	3,7	1,0	3,947	3,947	3,947	3,947
27.08.1996	42,2	41,2	41,1	39,9	36,6	5,6	4,6	4,5	3,3	4,095	4,095	4,095	4,095
28.08.1996	40,1	38,8	38,3	38,4	35,1	5,0	3,7	3,2	3,3	3,375	3,375	3,375	3,375
29.08.1996	41,1	39,4	38,6	38,7	35,2	5,9	4,2	3,4	3,5	3,286	3,286	3,286	3,286

Not: Renkli olanlar Tc-Ta ile VPD ilişkisi için Kullanılan Değerlerdir

ÖZGEÇMİŞ

1965 yılında İzmir-Selçuk'ta doğdu. İlkokul eğitimini Menemen-Emiralem'de tamamladı. Orta ve lise öğrenimini İzmir Karabağlar Cumhuriyet Lisesinde parasız yatılı olarak tamamladı. Ege Üniversitesi, Ziraat fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden 1986 yılında mezun olmuştur. Aynı yıl Ankara'da DSİ Genel Müdürlüğü'nde İşletme ve Bakım Dairesinde Ziraat Mühendisi olarak göreve başladı. Aynı yıl Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek lisansa başladı ve 1988 yılında Master çalışmalarını tamamladı. 1992 yılında Köy Hizmetleri Menemen Araştırma Enstitüsünde araştırmacı olarak görev yaptı. Mısır, buğday ve pamuk su tüketimleri konusunda çalışmalar yaptı. 1994 ile 1998 yılları arasında yine Köy Hizmetlerine ait Uluslararası Tarımsal Hidroloji Araştırma ve Eğitim Merkezi'nin kuruluşunda bulunmuş ve Müdür Yardımcısı olarak idarecilik yapmıştır. 1991 ve 1998 yılları arasında çeşitli kurslara ve çalışmalara katılmak için İngiltere, İspanya ve İsrail'de bulunmuştur. Ayrıca IIMI ile Köy Hizmetleri ile birlikte Gediz Havzasının hidrolojik modellemesi ile ilgili çalışmada takım lideri olarak görev almıştır. 1998 yılında Devlet Memurluğu görevinden ayrılarak Özel sektörde tarımsal sulama konusunda çalışmıştır. GAP alanında yürütülen GAP-MOM projesi kapsamında sulama uzmanı olarak danışmanlık yapmıştır. Daha sonra tekrar Köy Hizmetlerine geri dönmüş ve Dünya Bankası projesi kapsamında yapılan damla sulama projelerinde çalışmıştır.

Halen DSİ II. Bölge Müdürlüğünde Ziraat Yüksek Mühendisi olarak görev yapan Hüseyin Gündoğdu Evli ve 1 kız çocuk babasıdır.