

**T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
2016-YL-038**

**FARKLI SULAMA YÖNETİM SİSTEMİ
KOŞULLARINDA PAMUK BİTKİSİNDE SU
STRESİNİN KIZILÖTESİ TERMAL
GÖRÜNTÜLER KULLANARAK BELİRLENMESİ**

Candan TÜNE

**Tez Danışmanı:
Doç. Dr. Bekir Sıtkı KARATAŞ**

AYDIN

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Candan TÜNE tarafından hazırlanan “Farklı Sulama Yönetim Sistemi Koşullarında Pamuk Bitkisinde Su Stresinin Kızılötesi Termal Görüntüler Kullanarak Belirlenmesi” başlıklı tez, 13.07.2016 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu
Başkan: Prof. Dr. Şerafettin AŞIK	Ege Üniversitesi
Üye : Doç. Dr. Bekir S. KARATAŞ	Adnan Menderes Üniversitesi
Üye : Doç. Dr. Harun KAMAN	Akdeniz Üniversitesi

İmzası



Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans Tezi, Enstitü Yönetim Kurulunun Sayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY

Enstitü Müdürü

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

.../.../2016

Candan TÜNE

ÖZET

FARKLI SULAMA YÖNETİM SİSTEMİ KOŞULLARINDA PAMUK BİTKİSİNDE SU STRESİNİN KIZILÖTESİ TERMAL GÖRÜNTÜLER KULLANARAK BELİRLENMESİ

Candan TÜNE

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Bekir Sıtkı KARATAŞ

2016, 72 sayfa

Bu çalışmada, farklı sulama yönetim sistemi, su (S) ve azot (N) dozu koşulları altında pamuk (*Gossypium Hirsutum L.*) bitkisinin su stresine bağlı olarak, su kullanımının, verimin ve bazı fizyolojik ve morfolojik özelliklerinin değişimi ve bu değişimin kızılötesi termal görüntüleme tekniği kullanılarak, belirlenebilme olanakları araştırılmıştır.

Mevsimlik bitki su tüketimi açısından, sensörlü (W) sulama yönetimi altında klasiğe (K) göre yaklaşık %11 daha az su tüketilmiştir. En yüksek verim, S₁₀₀-K-N₁₀₀ konusunda 641 kgda⁻¹, en düşük verim ise S₅₀-K-N₅₀ ve S₅₀-W-N₅₀ konularında 380 kgda⁻¹ olarak elde edilmiştir. Verim üzerinde sulama suyu miktarı faktörünün p<0.01 ve azot faktörünün p<0.05 düzeyinde “önemli” olduğu belirlenmiştir. Genel olarak, deneme faktörleri ve konularının pamuk bitkisinin agronomik ve teknolojik özellikleri üzerinde “önemli” bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Kuru biyokütle ağırlığı üzerinde, sulama suyu miktarı faktörünün 1. ölçümdeki “önemli” etkisi hariç, hiçbir faktörün etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Blok ve sulama suyu miktarı faktörlerinin 1. ölçümdeki “önemli” etkisi hariç, hiçbir faktörün herhangi bir T_c-T_a değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Blok ve sulama suyu miktarı faktörlerinin 1. ölçümdeki “önemli” etkisi hariç, hiçbir faktörün herhangi bir CWSI_e değeri üzerindeki etkisi, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Blok faktörlerinin 1. ve 3. ölçümdeki “önemli” etkisi hariç, hiçbir faktörün herhangi bir CWSI_a değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Hiçbir faktörün herhangi bir I_{Ge} değeri üzerinde etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Blok faktörünün 3. ölçümdeki “önemli” etkisi hariç, hiçbir faktörün herhangi bir I_{Ga} değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Anahtar Sözcükler: toprak nem sensörleri, pamuk, sulama, su stresi, termal kamera

ABSTRACT

THE DETERMINATION OF WATER STRESS ON COTTON BY USING INFRA-RED THERMAL IMAGES UNDER DIFFERENT IRRIGATION MANAGEMENT SYSTEM CIRCUMSTANCES

Candan TUNE

M.Sc. Thesis, Department of Farm Structures and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Bekir Sıtkı KARATAŞ

2016, 72 pages

This study aims to analyse the possibilities of the determination of the transition of some physiological and morphological features of cotton, its consumption of water and yield depending on the water stress under the dose of water (S) and nitrogen (N) circumstances and different irrigation management system by using infra-red thermal imaging technique.

From the seasonal water consumption of the plant, approximately 11% less water is consumed under censorship irrigation system (W) comparing to classical (K) technique. The highest yield is observed at the treatment of S₁₀₀-K-N₁₀₀ with 641 kg da⁻¹, while the least yield is 380 kg da⁻¹ at the treatments of S₅₀-K-N₅₀ and S₅₀-W-N₅₀. The amount of irrigation factor on the yield is observed as “significant” at the 1% significance level and nitrogen factor 5% significance level. Generally, there is not a significant effect of trial factors and subjects on the technological and agronomical features of cotton. Apart from the significant effect of the amount of irrigation factor at first measurement, none of the other factors’ effect is observed statistically essential on the dry weight biomass. Apart from the significant effect of block and the amount of irrigation factors at first measurement, none of the other factor has any significant effect statistically on the value of T_c-T_a. Apart from the significant effect of the block and irrigation water amount factors at first measurement, none of the other factors’ effect is not observed statistically significant on any CWSI_e value. Apart from the significant effect of the block and irrigation water amount factors at first and third measurement, none of the other factors’ effect is not observed statistically significant on any CWSI_a value. None of the other factors’ effect is not observed statistically significant on any I_{Ge} value. Apart from the significant effect of block factor at third measurement, none of the other factors’ effect is not observed statistically significant on any I_{Ga} value.

Keywords: soil moisture sensors, cotton, irrigation, water stress, thermal camera

ÖNSÖZ

Öncelikle yüksek lisans eğitimine başladığım ilk yıldan tez aşamasına kadar desteğini esirgemeyen, çalışmalarımın gerek arazi, gerekse yazım aşamasında, çok değerli bilgi ve desteği ile bu çalışmayı yönlendiren tez danışmanım, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Doç. Dr. Bekir Sıtkı KARATAŞ'a teşekkür ederim.

Ayrıca, bu çalışmanın arazi aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle bana destek olan Arş. Gör. Talih GÜRBÜZ'e; arazide birlikte çalıştığım Zir. Müh. Yiğit KOCABIYIK ve Zir. Müh. Fatmagül MEMİŞ'e; yüksek lisans eğitimine başladığım ilk günden tezin son aşamasına kadar sevgisiyle yanımda olan, destekleyen, cesaretlendiren sevgili eşim Hüseyin KORKMAZ ve tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak, ZRF-15006 no'lu ve "Farklı Sulama Yönetim Sistemi Koşullarında Pamuk Bitkisinde Su Stresinin Kızılötesi Termal Görüntüler Kullanarak Belirlenmesi" isimli Yüksek Lisans Tez projesine mali destek sağlayan ADÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna da teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xix
EKLER DİZİNİ.....	xxi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM	10
3.1. Materyal	10
3.1.1. Toprakta Yapılmış Analizler.....	12
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Ekim Sırasında Yapılan İşlemler.....	13
3.2.2. Sulama Zamanının Tespiti ve Sulama İşlemleri:	13
3.2.3. Su Kullanımı ve Verime İlişkin Performans Göstergeleri	15
3.2.3.1. Arazi verimliliği (Y).....	16
3.2.3.2. Rölatif sulama suyu temini (RIS).....	16
3.2.3.3. Su kullanım randımanı (WUE)	16
3.2.3.4. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE).....	17
3.2.4. Pamuk Bitkisine İlişkin Agronomik ve Teknolojik Gözlem, Ölçüm ve Analizler	17
3.2.4.1. Gelişme dönemleri	17
3.2.4.2. Bitki boyu (cm)	18
3.2.4.3. 100 tohum ağırlığı (g)	18
3.2.4.4. Koza sayısı (adet/bitki).....	18
3.2.4.5. Silkme sayısı (ad)	18
3.2.4.6. Silkme oranı (%)	18

3.2.4.7. Koza kütlü pamuk ağırlığı (g)	18
3.2.4.8. Meyve dalı sayısı (adet/bitki)	18
3.2.4.9. Çırcır randımanı (%).....	19
3.2.4.10. Liflerin teknolojik özellikleri	19
3.2.5. Morfolojik ölçümler	19
3.2.5.1. Kuru biyokütle ağırlığı	19
3.2.6. Fizyolojik ölçümler	19
3.2.6.1. NDVI değerleri.....	19
3.2.6.2. Yaprak oransal su içeriği (WR).....	20
3.2.7. Termal Görüntülerin Elde Edilmesi:	21
3.2.8. Termal İndekslerin Elde Edilmesi:	23
3.2.9. İstatistiksel Analizler	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	26
4.1. Sulama Suyu Miktarları ve Bitki Su Tüketimi Sonuçları.....	26
4.2. Verim ve Su Kullanımına İlişkin Performans Göstergeleri.....	28
4.2.1. Arazi Verimliliği (Y).....	28
4.2.2. Rölatif Sulama Suyu Temini (RIS)	30
4.2.3. Su Kullanım Randımanı (WUE).....	31
4.2.4. Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE)	32
4.3. Pamuk Bitkisinin Bazı Agronomik Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	33
4.4. Pamuk Bitkisi Liflerinin Teknolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi.....	35
4.5. Kuru Biyokütle Ağırlığının (W_d) Değerlendirilmesi.....	37
4.6. NDVI ve Yaprak Oransal Su İçeriği (WR) Değerlendirmeleri	38
4.7. IRT ile Okunan Kanopi Sıcaklıklarının Değerlendirilmesi	40
4.8. T_c - T_a Değerleri.....	41
4.9. Su Stresi İndeksleri.....	44
4.10. Stoma İletkenliği	47
5. SONUÇ.....	50
KAYNAKLAR.....	52
EKLER	60
ÖZGEÇMİŞ.....	70

SİMGELER DİZİNİ

Δ	Buhar Basıncı Eğrisinin Eğimi
ΔS	Toprak Profilindeki Nem Değişimi
Amt	Analiz Edilen Lif Sayısı
AVPD	Atmosferik Buhar Basıncı Eksikliği
C_r	Kapılar Yükselme
CWSI	Bitki Su Stresi İndeksi
$CWSI_a$	Yapay Referans Yüzeyle Göre Hesaplanan Bitki Su Stresi İndeksi
$CWSI_e$	Ampirik Esasa Dayalı Hesaplanan Bitki Su Stresi İndeksi
$CWSI_p$	Referans Yüzeyle Hesaplanan Bitki Su Tüketimi
D_p	Derine Sızma
e_a	Havanın Gerçek Buhar Basıncı
Elg	Uzama Katsayısı
e_s	Havanın Doygun Buhar Basıncı
ET	Mevsimlik Bitki Su Tüketimi
ET_a	Gerçek Bitki Su Tüketimi
ET_o	Referans Bitki Su Tüketimi
ET_c	Potansiyel Bitki Su Tüketimi
I	Sulama Suyu
I_G	Stoma İletkenliği İndeksi
I_{Ga}	Referans Yüzeyle Hesaplanan Stoma İletkenliği İndeksi
I_{Ge}	Ampirik Esasa Dayalı Hesaplanan Stoma İletkenliği İndeksi
IR	Kızılötesi
IRT	Infrared Termometre
IWUE	Sulama Suyu Kullanım Randımanı
K_c	Bitki Katsayısı
Li	Lif İnceliği
Lm	Lif Mukavemeti
Ls	Kısa Lif İçeriği
Lu	Lif Uzunluğu
Mat	Olgunluk
Mst	Nem
NDVI	Normalize Edilmiş Vejetatif Fark İndeksi
PRI	Foto-Kimyasal Yansıtma Endeksi

PVC	Polivininklorür
R	Etkili yağış
R_f	Yüzey akış kayıpları
RIS	Rölatif Sulama Suyu Temini
SAVI	Toprak Yansımalarını Dikkate Alan Vejetasyon İndeksi
SCI	İplik Eğrilebilirlik İndeksi
SN	Solma Noktası
T_a	Hava Sıcaklığı
T_c-T_a	Kanopi Sıcaklığı ile Hava Sıcaklığı Farkı
T_{islak}	Islak Referans Yüzeyin Sıcaklığı
TK	Tarla Kapasitesi
T_c	Kanopi Sıcaklığı
T_{kuru}	Kuru Referans Yüzeyin Sıcaklığı
TrA	Çepel Alanı
TrCn	Çepel Sayısı
TrG	Çepel Derecesi
UA	Uzaktan Algılama
UI	Üniformite İndeksi
VPD	Havanın Buhar Basıncı Açığı
W	Yaprak Kuru Ağırlığı
W_d	Kuru Biyokütle Ağırlığı
W_f	Yaprak Yaş Ağırlığı
WR	Yaprak Oransal Su İçeriği
W_s	Yaprak Sature Ağırlığı
WUE	Su Kullanım Randımanı
Y	Arazi Verimliliği
LAI	Yaprak Alan İndeksi
LWP	Yaprak Su Potansiyeli
γ	Psikrometrik Sabite

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Yürütülen araştırmanın deneme deseni.....	12
Şekil 3.2. Toprak nem sensörlerine dayalı sitemin araziye yerleştirilmesi ve montajı.....	15
Şekil 3.3. PlantPen NDVI 300 model NDVI ölçer yardımıyla NDVI ölçümü ...	20
Şekil 3.4. Termal kamerayla yapılan çekimlere ilişkin görüntüler.....	21
Şekil 3.5. FLIR Tools Yazılımı ile kanopi sıcaklıklarının analizi.....	22

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Araştırma alanına ait 2015 yılı için bazı iklim parametrelerinin aylık ortalama değerleri	10
Çizelge 3.2 Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri	11
Çizelge 3.3. Deneme deseninde uygulanan konular ve açıklamaları	13
Çizelge 4.1. Her bir konunun mevsimlik potansiyel su tüketimi, sulama suyu miktarları, etkili yağış, ET'ye ait ortalama değerler (mm)	27
Çizelge 4.2. Her bir konunun verim ve su kullanımına ilişkin performans göstergelerine ait ortalama değerleri (mm).....	29
Çizelge 4.3. Su kullanımı ve performans göstergelerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	30
Çizelge 4.4. Her bir konunun pamuk bitkisinin bazı agronomik özelliklerine ait ortalama değerleri	33
Çizelge 4.5. Pamuk bitkisinin bazı agronomik özelliklere ilişkin varyans analizi sonuçları.....	34
Çizelge 4.6. Her bir konunun pamuk bitkisinin bazı teknolojik özelliklerine ait ortalama değerleri	36
Çizelge 4.7. Pamuk bitkisinin bazı teknolojik özelliklere ilişkin varyans analizi sonuçları.....	36
Çizelge 4.8. Her bir konunun kuru biyokütle ağırlığına (W_d) ait ortalama değerleri (g).....	37
Çizelge 4.9. Kuru biyokütle ağırlığına (W_d) ilişkin varyans analizi sonuçları.....	38
Çizelge 4.10. Her bir konunun NDVI ve yaprak oransal su içeriğine (WR) (%) ait ortalama değerleri	39
Çizelge 4.11. NDVI ve yaprak oransal su içeriğine (WR) ilişkin varyans analizi sonuçları.....	39
Çizelge 4.12. Her bir konunun IRT ile okunan kanopi sıcaklıklarına ait ortalama değerleri (°C).....	41
Çizelge 4.13. IRT ile okunan kanopi sıcaklıklarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	41
Çizelge 4.14. Her bir konunun T_c-T_a değerlerine ait ortalama değerleri (°C)	42
Çizelge 4.15. T_c-T_a değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	42
Çizelge 4.16. Her bir konunun $CWSI_e$ ve $CWSI_a$ değerlerine ait ortalama değerleri.....	45
Çizelge 4.17. $CWSI_e$ ve $CWSI_a$ değerlerine ilişkin varyans analizi.....	46

Çizelge 4.18. Her bir konunun stoma iletkenliği değerlerine ait ortalama değerleri 48
Çizelge 4.19. Stoma iletkenliği indeksine ilişkin varyans analizi sonuçları..... 48

EKLER DİZİNİ

EK-1. Parsel Bazlı Sulama Suyu Miktarları, Etkili Yağış, Mevsimlik Su Tüketimi Değerleri (mm)	60
EK-2 Parsel Bazlı Verim ve Su Kullanımına İlişkin Performans Göstergeleri.....	61
EK-3. Parsel Bazlı Pamuk Bitkisinin Bazı Agronomik Özelliklerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar	62
EK-4. Parsel Bazlı Pamuk Bitkisinin Bazı Teknolojik Özelliklerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar	63
EK-5. Pamuk Bitkisinin Parsel Bazlı Kuru Biyokütle Ağırlığına İlişkin Elde Edilen Sonuçlar (g)	64
EK-6. Parsel Bazlı NDVI ve Yaprak Oransal Su İçeriğine (%) İlişkin Elde Edilen Sonuçlar.....	65
EK-7. Parsel Bazlı IRT ile Okunan Kanopi Sıcaklıklarına İlişkin Elde Edilen Sonuçlar (°C)	66
EK-8. Parsel Bazlı T_c-T_a Değerlerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar (°C)	67
EK-9. Parsel Bazlı $CWSI_e$ ve $CWSI_a$ Değerlerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar	68
EK-10. Parsel Bazlı Stoma İletkenliği Değerlerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar.....	69

1. GİRİŞ

Son yıllarda, özellikle de yarı kurak ve kurak bölgelerde tatlı su kaynakları için rekabet önemli ölçüde artmış, özellikle az su tüketmesi için suyun en büyük kullanıcısı olan tarım sektörü üzerindeki baskı şiddetlenmiştir. Fakat su kullanımını azaltarak oluşacak bitki su stresi, iyi yönetilmediği takdirde üretim ekonomisine olumsuz etkisi olabilmektedir (Taghvaeian ve Chávez, 2013). 21. yüzyılda artan yiyecek ihtiyacının karşılanması, bitkisel üretimde daha iyi ürün yönetimi ve ürün çeşidi geliştirilmesine bağlı olacaktır. Sağlam ve yüksek verimli fenotipleri geliştirmek için bitki görüntüleme tekniklerindeki son gelişmelerden de yararlanılmalıdır (Prashar ve Jones, 2014). Yüksek verimli fenotipler platformlarında çeşitli görüntüleme metodolojileri; büyüme, abiyotik ve biyotik stres, verim ve adaptasyon ile ilgili karmaşık özelliklerin kantitatif çalışmaları için veri toplama kullanılmaktadır. Bu görüntüleme teknikleri görünür görüntüleme, görüntüleme spektroskopisi, termal görüntüleme, floresan görüntüleme, 3D görüntüleme ve tomografik (MR, PET ve CT) görüntüleme (Li vd., 2014).

Bitkilerde su stresini belirlemek için, yaprak su potansiyeli (LWP), yaprak su içeriği, stoma iletkenliği (I_G), klorofil içeriği ve fotosentez oranı gibi bir çok parametre bilinmelidir (Hsiao, 1973; Penuelas vd., 1993). Fakat bu parametreler genellikle bireysel yapraklar üzerinde ölçüldüğü için elde edilen veriler noktasal olmakta ve tüm alan hakkında bilgi vermemektedir. Bu ölçümlerin çok sayıda yaprak üzerinde yapılması hem fazla işgücü gerektirmekte, hem de bitkilere zarar vermektedir (Meyer vd., 1985). Günümüzde su stresinin bu ölçümler yerine uzaktan algılama (UA) yöntemleriyle, bitkiye zarar vermeden, geniş alanlarda, hızlı ve az işgücüyle belirlenmesi, önemli bir araştırma konusu haline gelmiştir (Penuelas vd., 1997; Jones, 1999).

Etkin karar destek araçları, sulama suyu yönetimi için büyük önem taşımaktadır. Sulama suyu yönetiminde gelişen teknolojinin de etkisiyle UA tekniğine dayalı karar destek araçlarına duyulan ilgi de artmaktadır (Köksal, 2006).

Bunlardan biri olan termal görüntüleme (termografi) teknolojisinde, cisimlerin görünmez radyasyon desenleri görüntüye dönüştürülür ve bu görüntüler termal görüntü ya da termogramlar olarak adlandırılır. Termal görüntüler taşınabilir, elde tutulan ya da termal sensörler kullanılarak elde edilebilir. Bu sistemler, optik sistemlerle birleştiğinde bir uçak ya da uydu üzerine monte edilebilirler. Bu

teknoloji herhangi bir nesnenin termal ve diğer özelliklerini belirlemek için kullanılan, bozulmayan, temassız ve tahribatsız bir tekniktir (Ishimwe vd., 2014).

Termografi, “sıcaklık resmi” anlamına gelmektedir. Kızılötesi (IR) termografi, ışınımı ve bununla ilişkili olarak yüzey sıcaklığını algılamak ve ölçmek üzere, elektro-optik cihazlar kullanma bilimidir. Işınım, ışıyan enerji (elektromanyetik dalgalar) doğrudan bir iletim ortamı olmaksızın hareket ederken ortaya çıkan ısı hareketidir. Modern IR termografi, ışınımı algılamak ve ölçmek ve bunu denetlenen yapı veya ekipmanın yüzey sıcaklığı ile ilişkilendirmek üzere, elektro-optik cihazlar kullanılarak uygulanır. Termografik kameralar, elektromanyetik spektrumun IR bölümündeki (kabaca 0.9-14 μm) elektromanyetik ışınımı tespit ederek bu ışınımdan resimler oluştururlar. Görüntüleme yöntemi olarak, gözle görülmeyen IR enerjisi (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını bu enerjiye göre oluşmuş renk ve şekillere göre belirleyen görüntüleme sistemidir. Bir diğer deyişle bir nesneden dışarı verilen veya yayılan ısının zaman aralığının tek bir noktasındaki anlık bir durum görüntüsünü tespit anlamına gelen, termal imzaların belirlenme sürecidir. Tüm cisimler, sıcaklıklarına göre IR ışınım yayarlar. Kara cisim ışıması kanununa göre, termografi görünür aydınlatma olmadan cisimlerin görünebilmesini sağlar. Bir cisim tarafından salınan ışınımın miktarı, sıcaklık arttıkça artar. Bu yüzden termografi sıcaklıktaki farkları görmemizi sağlar. Termal kameralar, çeşitli sektörlerde kullanılan, yüzeylerin sıcaklıklarını ölçebilen oldukça pahalı cihazlardır. Bunlar, objelerden yayılan termal enerjiyi ölçmeye yarayan lenslerden ve algılayıcılardan oluşur. Termal kameralar, çıplak gözle tespit edilemeyen, ancak ciddi sonuçlara yol açabilen küçük sorunların bile net olarak belirlenmesinde kullanılabilir (Çalışan ve Türkoğlu, 2011).

Tarımda termal görüntüleme ve çeşitli potansiyel tarım uygulamaları; fidanlık ve sera izleme, sulama programı, bitki hastalıkları tespiti, verim hesabı, meyve olgunluğunun değerlendirilmesi ve meyve sebze çürük tespiti şeklindedir (Ishimwe vd., 2014).

Termal görüntüleme ayrıca, sulama yönetimine; su uygulama modülü, iletim ve su dağıtım kanallarından olan sızmanın belirlenmesi gibi birçok konuda da yardımcı olma potansiyeline sahiptir (Thomson vd., 2012).

İnfrared termografi aynı zamanda bir bitki su stresini belirleme tekniğidir. Bu teknik; 0.1 °C hassasiyetinde ve yüksek mekânsal çözünürlükte, infrared kamera ile bitki

kanopi sıcaklığının termal infrared görüntülenmesinin entegrasyonuna olanak tanır. Kanopi sıcaklığı (T_c); bitki su stresinin bir göstergesi olup, genellikle sulamanın programlanmasında bir araç olarak kullanılır. Bu alanda çalışılan infrared termografinin kullanım potansiyeli, belirli sulama düzeyleri altında bitkide su kısıtını belirler ve bitki kök bölgesindeki su ile T_c arasındaki ilişkiyi açıklar (Padhi vd., 2009). Termal görüntüleme, bitkide vejetasyon boyunca bulunan su içeriğinin hesaplanmasında da kullanılabilir (Labbé vd., 2012).

Bununla birlikte bitkilerde su stresi ve buna bağlı belirtiler, termal kameralarla elde edilen termal indeksler yardımıyla başarılı bir şekilde saptanabilmekte ve hesaplanan indeksler su stresinin bir göstergesi olarak kullanılabilir (Çamoğlu ve Genç, 2013).

Ürün yönetimi açısından sulama zamanının bir göstergesi olan stoma iletkenliği indeksi (I_G) ve transpirasyon oranının UA yardımıyla belirlenmesi önemli bir potansiyele sahiptir. Bitki su tüketimi ile doğrudan ilişkili olan kanopi sıcaklığı (T_c) da; UA yöntemlerinden termal kameralarla elde edilebilmektedir. Bitkilerde transpirasyon, su stresine bağlı olarak azalmakta, stomalar kapanmakta ve sonuç olarak bitki sıcaklıkları artış göstermektedir. Bu yüzden T_c 'nin belirlenmesi, su stresinin izlenmesinde etkin bir şekilde kullanılabilir (Jackson, 1982; Jones vd., 2002). Ancak, bitki sıcaklıklarındaki artışlar hem bitki su durumundan hem de o anki meteorolojik koşullardan da kaynaklanabilmektedir (Diaz-Espejo vd., 2007). Bu nedenle yalnızca yaprak sıcaklıklarının ölçümü su stresinin belirlenmesinde yeterli olmamaktadır (Jones vd., 1997). Idso vd. (1981) tarafından geliştirilen bitki su stresi indeksi (CWSI) bu sorunu ortadan kaldırmak için tanımlanmış ve günümüzde en çok kullanılan göstergelerden birisi olmuştur.

Daha sonra, farklı alt ve üst baz referanslar kullanılarak CWSI modifiye edilmiştir. Modifiye CWSI hesaplamalarında, alt baz hattı için ıslak referans yüzeyler, üst baz hattı için de kuru referans yüzeyler kullanılmaktadır (Jones 1999). Bitki sıcaklıklarının ölçülmesinde uzun süredir kullanılan infrared termometre (IRT)'lere ilaveten son yıllarda hızla yaygınlaşan termal kameralar da kullanılmaya başlanmıştır. IRT ile elde edilen sıcaklık değerleri, yaprak düzeyinde ve noktasal olmakta, ayrıca alanın tamamı hakkında bilgi vermemektedir. Ancak termal kameralar yardımıyla alınan görüntülerde görüntü içerisine giren tüm öğelerin sıcaklıkları ayrı ayrı belirlenebilmektedir. Termal kameralar bu yönüyle sıcaklığın yersel dağılımı konusunda önemli bilgiler vermektedir. Bu sayede istenilen objenin

sıcaklığı görüntülerden ayrılabilir. Sonuç olarak bitki dışında kalan diğer objeler hariç tutularak, çok daha doğru sonuçlar elde edilebilmektedir (Çamoğlu ve Genç, 2013).

Çok sayıda araştırmacı tarafından, değişik bitkilerde CWSI'nın sulamanın programlanması (Pinter vd., 1982; Reginato, 1983; Howell vd., 1984; Niemiera, 1990) ve izlenmesi için yararlı bir indeks olduğu gösterilmiştir (Alderfasi ve Nielsen, 2001). Farklı iklim koşullarında mevsimlik ortalama CWSI değerlerinin pamuk bitkisi verim tahmininde de kullanılabileceği belirlenmiştir (Wanjura vd., 1980). Jones vd. (2002) ve Ben-Gal vd. (2009) termal görüntülerden yararlanılarak hesaplanan CWSI tabanlı indekslerin su stresinin belirlenmesinde etkin bir şekilde kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Ampirik esasa dayalı hesaplanan CWSI ($CWSI_c$), bitki su stresini ayırt etmede kullanılabilir (O'Shaughnessy vd., 2011).

IRT ile su stresinin bitki sıcaklıklarını belirleyerek saptanmasına yönelik çok sayıda çalışma ülkemizde yapılmış olmasına karşın (Örn., Gençoğlu ve Yazar, 1999; Akkuzu vd., 2010; Köksal vd., 2010), su stresinin termal görüntülerden yararlanarak belirlenmesine ilişkin çalışmalar henüz yenidir. Bitki su stresinin bu tekniklerin kullanımıyla daha doğru belirleneceği araştırmacılar tarafından da bildirilmektedir (Jones ve Leinonen, 2003; Jones ve Schofield, 2008; Çamoğlu ve Genç, 2013). Ayrıca I_G de termal kameralarla elde edilen T_c yardımıyla belirlenebilmektedir (Jones ve Schofield, 2008).

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Hashimoto vd. (1984), büyüme odasında yetiştirdikleri ayçiçeği bitkisi üzerinde yaptıkları çalışmada bozulmamış yaprakta tüm bölgelerdeki sıcaklıkları ölçmek için dijital görüntü işleme sistemi ile 8-14 μm arasındaki dalga boyunda kızılötesi termal kamera kullanarak, bir metot önermişlerdir. Bu metotta, su stresi uygulanan ve uygulanmayan bitkilerdeki sıcaklık değişimlerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, su stresi uygulanan bitkilerin yapraklarındaki sıcaklığın stres uygulanmayanlara kıyasla 3-5 $^{\circ}\text{C}$ daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Alderfasi ve Nielsen (2001) 1990-1991 yılları büyüme periyodu boyunca Colorada Üniversitesi Ziraat Bilimlerinde; buğdayda suyun durumunu sulama zamanına göre izlemek ve CWSI değerini hesaplamak için temel bir eşitlik geliştirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Kanopi sıcaklığı ile hava sıcaklık farkının ($T_c - T_a$) atmosferik buhar basıncı ile ters orantılı olduğunu ifade etmişlerdir. Büyüme sezonu boyunca sık sık (10.00-16.00 arasında 12 kez) stressiz ortamdan elde edilen veriler kullanılarak; CWSI değerlerinin su durumunu izlemede önemli bir araç olarak kullanılabilmesi ve buğday ve diğer benzer bitki çeşitleri için uygun sulama programının geliştirilmesini sağlayabileceğini ifade etmişlerdir.

Jones vd. (2002), bağda stoma iletkenliğinin belirlenmesinde farklı görüntü toplama ve analiz yöntemleriyle, kızılötesi termal görüntülerin kullanımını, karşılaştırmalı olarak incelemişlerdir. Bunun sonucunda, su durumunun izlenmesinde bağ kanopisinden elde edilen kızılötesi termal görüntülemenin kullanışlı olduğunu, bunun için ıslak ve kuru referans yüzeylerin kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, stres indekslerinin hesaplanmasında kullanılacak kanopi sıcaklıklarının, güneş gören yapraklar yerine gölgeli kısımda kalan yapraklarda ölçülmesini önermektedirler.

Cohen vd. (2005), pamuğun yaprak su potansiyeli (LWP)'nin termal görüntüler kullanarak tahmin edilmesi üzerine yaptıkları çalışmada, farklı sulama rejimleri uygulamışlardır. Bu uygulamalara ilişkin olarak bitkilerin sıcaklık ölçümleri ve CWSI ile LWP arasında regresyon modelleri oluşturmuşlardır. Çalışma sonucunda, LWP ile CWSI arasındaki ilişkinin kanopi sıcaklığıyla ilişkisine kıyasla daha stabil olduğunu ve aralarındaki korelasyon katsayısının az da olsa yüksek olduğunu bulmuşlardır. İki regresyon modeli (CWSI ile LWP, bitki sıcaklıkları ile LWP) de kullanılarak LWP değişimini yersel olarak haritalamışlardır. Haritalar CWSI ile

oluşturulduğunda, LWP değerinin konulara göre daha ayırt edici olduğunu bildirmişlerdir.

Köksal (2006), Ankara koşullarında 2004-2005 yılları arasında şeker pancarı denemesi için yedi farklı sulama düzeyinde ağır bünyeli toprakta yürüttüğü bir çalışmada, infrared termometre ve spektoradyometre araçları başta olmak üzere çeşitli cihazlarla ve örnekleme yolu ile bitkileri izlemiş ve çeşitli göstergeler elde etmiştir. Bu çalışmanın sonucunda; yaprak suyuna bağlı LWP ile yüzey sıcaklığına bağlı CWSI değerlerinin su stresine, Normalize Edilmiş Vejetatif Değişim İndeksi (NDVI) ile Toprak Yansımalarını Dikkate Alan Vejetasyon İndeksi (SAVI)'nin ise vejetasyon seviyesine oldukça duyarlı olduğunu belirlemiştir. Çalışma sonucunda, UA verileri ile hesaplanan indeksler ve incelenen fizyolojik parametreler arasında önemli bir ilişki bulunduğu ortaya konulmuştur.

Möller vd. (2007) İsrail'de yaptıkları bir çalışmada, şaraplık üzüm asmalarında su stresinin izlenmesi için termal görüntüleme tekniğini kullanılmışlardır. Hafif, orta, şiddetli stres oluşturacak şekilde sulama düzeyleri uygulanmıştır. Görüntüler, dört gün öğle vakti boyunca 15 metre yüksekteki bir vinç üzerine monte edilen FLIR marka bir termal kamera ve bir dijital görüntüleme aracıyla elde edilmiştir. Islak referans yüzey sıcaklıklarının hesaplanmasında, alüminyum yüzeyler kullanılmıştır. Kök bölgesi nemi, yaprak iletkenliği, yaprak alan indeksi gibi bitki parametreleri izlenmiştir. Meteorolojik parametreler 2 metre yükseklikten alınmıştır. Çalışma sonucunda, CWSI yaprak iletkenliğine yüksek ($R^2=0.91$), kök bölgesi nemine ise orta derecede bağımlı çıkmıştır. CWSI ve yaprak iletkenliği sezon boyunca doğrusal bir ilişki içerisinde iken, CWSI ve kök bölgesi nemi arasındaki ilişkinin hem kesişim noktası hem de eğimi oldukça farklı çıkmıştır.

Falkenberg vd. (2007), mevcut UA cihazlarının ticari açıdan uygulanabilirliğini; düşük enerjili merkezi bir yağmurlama sulama sistemiyle sulanan pamukta abiyotik ve biyotik stresi değerlendirmek için üç su uygulama düzeyinde (%100, %75 ve %50) kök çürüklüğünün (*Phymatotrichum*) bulunduğu alanlarda, bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmanın amaçlarından ilki, pamuk bitkisinde biyotik ve abiyotik stres belirtileri görülen alanlarda UA cihazlarının kullanılabilirliğinin belirlenmesi; ikincisi, yağmurlama başlığına monte edilmiş infrared dönüştürücülerden alınan bilgiler ile alanda toplanan infrared fotoğrafların karşılaştırılması; üçüncüsü, sulama düzeyleri arasındaki infrared fotoğraflama ile alınmış kanopi sıcaklıklarını ve pamuk çırçır ağırlığını kıyaslamak ve son olarak, farklı su düzeylerinde bitki katsayıları ve

kısıntılı su kullanımının açıklamasıdır. Farklı su düzeyleri arasındaki fark yağmurlama başlığına montelenmiş infrared dönüştürücü ve infrared fotoğraflayıcı sayesinde belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, termal kamera ile kuraklık ve kök çürüklüğü stresi arasındaki fark ortaya konmuştur. %50 su düzeyinde kanopi sıcaklığında diğer iki su düzeyine göre önemli ölçüde fark saptanmıştır. %75 ve %100 su düzeylerine bakıldığında pamuk çırçır oranında da önemli bir azalma tespit edilmiştir. %75 su düzeyine kadar olan uygulamalarda kayda değer bir çırçır randımanı azalması söz konusu olmamıştır. Araştırmacılar, bunun da, verimde azalma olmadan su tasarrufunun mümkün olduğunu gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Jones vd. (2009), asma ve çeltik bitkileri için kurak fenotiplerde, infrared teknolojinin problemlerin tanımlanmasında kullanım potansiyelini araştırdıkları çalışmada, tamamen güneşli ya da gölgeli alanlar için yaprak sıcaklıklarının 15 dereceye kadar farklılık gösterdiğini, absorbe edilen radyasyonun mekânsal ve zamansal olarak farklılık göstermesinden dolayı bazı problemlerin söz konusu olduğunu tespit etmişlerdir.

Padhi vd. (2009), pamuk bitkisi üzerinde yaptıkları bir çalışmada; sulama düzeyleri, bitkinin erişebileceği toprak nemi göz önüne alınarak, toprak neminin %50 (T_{50}), %60 (T_{60}), %70 (T_{70}) ve %85 (T_{85})'inin altına düştüğünde sulanacak şekilde 4 su düzeyi (T_{50} - T_{85}), 3 tekerrürlü ve tesadüf blokları şeklinde dizayn edilmiştir. Büyüme mevsimi boyunca düşen yağışın farklılık göstermesinden dolayı; T_{85} su düzeyinde hiçbir sulamada yanıt alınamamıştır. Pamuk bitkisinin büyüme mevsimi boyunca 6 kez deneme alanında kanopi sıcaklığını ölçmek için infrared kamera, toprak profil nemini ölçmek için nötron problemleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, sulanan (T_{50}) ve sulanmayan alanların (T_{85}) ayrımı için; infrared kamera ile ölçülen kanopi sıcaklığı ile kök bölgesi toprak nemi arasında güçlü bir korelasyon olduğunu göstermiştir. Bitki kanopi sıcaklığı ile kök bölgesi toprak neminin yakın ilişkisinden dolayı, stoma iletkenliği ile bitki su stresi indisi hesaplanmış ve bitki su stresi indeksi (CWSI) geliştirilmiştir. Çalışmada, kanopi sıcaklığı (T_c)'nın, toprak nem kısıtını belirlemede kullanılabilir olduğunu göstermişlerdir.

O'Shaughnessy vd. (2011), termal görüntüleri ve termometrenin soya fasulyesi ve pamukta su stresinin değerlendirilmesinde kullanımı üzerine yaptıkları bir çalışmada, hareketli yağmurlama sulama sistemine entegre kamera ve termometre aracılığıyla sıcaklık değerlerini belirlemişlerdir. Bu çalışmada biri tam sulama (%100) ve üçü stres düzeyi (%67, %33 ve %0) olmak üzere dört konu ele almışlardır. Elde edilen

sıcaklık değerlerinden CWSI hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda, bitki su kullanımı ile CWSI arasında ters bir ilişki elde edilmiş ve R^2 değerlerini soya fasulyesi ve pamuk için sırasıyla >0.89 ve 0.55 olarak bulmuşlardır. Ayrıca, verimle de aralarındaki ters bir ilişki olduğunu ve R^2 değerlerinin $0.78-0.88$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bunların yanında bitki su stresinin zamansal ve mekansal değişimini harita ile göstermişler ve elde edilen bu haritaların stresli alanların görülmesinde ve sulamanın programlanmasında kullanışlı olabileceğini belirtmişlerdir.

Labbé vd. (2012) yaptıkları çalışmada, gözle görünen (visible) görüntüler kızıl ötesi bantlar ile eş zamanlı olarak birleştirilip, geometrik olarak üst üste gelecek şekilde düzenlenir ve ölçülen sıcaklık üzerinde atmosfer etkisi radyometrik olarak düzeltilirse; bu görüntülerin sulamayı izlemede yararlı olacağını ifade etmişlerdir.

Thomson vd. (2012) yaptıkları çalışmada, iyi bir kanopi sıcaklığı belirlemek için düşük buhar basıncına sahip nemli subtropikal bölgelerde, termal görüntülemenin zorlukları olduğunu ifade etmişlerdir. Mikro meteorolojik koşullar bakımından, yüksekliğin kamerada görünen kanopi sıcaklığını etkilediğini yeni alanlarda deneyerek göstermişlerdir. Hava ve yüksekliğin etkilerini göstermek için çoklu regresyon modeli kullanmışlardır.

Çamoğlu ve Genç (2013) yaptıkları bir çalışmada, taze fasulyenin farklı düzeylerdeki su stresine bağlı olarak su kullanımının, veriminin ve bazı morfo-fizyolojik özelliklerinin değişimi ve bu değişimin kızılötesi termal görüntüleme tekniği ile belirlenebilme olanaklarını araştırmışlardır. Bu amaçla deneme, toprakta eksilen nemin tarla kapasitesine tamamlandığı tam sulama (kontrol) ve üç kısım (kontrol konusuna verilen suyun %25, %50 ve %75'i) düzeyi olmak üzere toplam dört konudan oluşmuştur. Bu değişim UA tekniklerinden kızılötesi termal görüntüler ile izlenmiştir. Ayrıca eş zamanlı olarak, bitkilerdeki stresinin etkisini görmek amacıyla yaprak alan indeksi (LAI), kuru biyokütle (Wd), yaprak oransal su içeriği (WR) ve klorofil okumaları da yapılmıştır. Ayrıca, her bir sulama konusu için verim değerleri farklı zamanlarda parsellerden taze fasulyeler toplanarak, hesaplanmıştır. Bu çalışma sonucunda, su stresinin termal indekslerden yapay referanslar baz alınarak hesaplanan CWSI sayesinde, önemli düzeyde ayırt edildiğini bulmuşlardır.

Taghvaeian ve Chávez (2013) yaptıkları çalışmada, iki farklı su düzeyi altında bulunan mısır bitkisinin kanopilerinden elde edilen termal görüntüleri; portatif bir

termal kamera ile elde etmişlerdir. Çalışmada mısırdaki uygulanan su düzeyinin kanopi sıcaklığına etkisi incelenmiştir. Sonuçlar; mısır bitkisinin kanopi sıcaklığının, düşük su uygulananda yüksek su uygulanana kıyasla daha yüksek çıktığını göstermiştir.

Calderón vd. (2013), toprak kaynaklı funguslardan *Verticillium* Kleb'in, dünya çapında zeytin yetiştiriciliğini en çok sınırlandıran hastalık olan *Verticillium Wilt* (VW) hastalığına sebep olduğunu belirterek, bu patojenin bitkilerin vasküler sistemini sömürdüğünü; su akışını bloke ettiğini ve sonunda su stresinin kaçınılmaz olduğunu ifade etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanarak, klorofil miktarı, yapısal ve fizyolojik indeksleri; multispektral ve hiperspektral görüntülerden hesaplayarak, VW enfeksiyonu ve şiddetinden kaynaklı su stresinin erken göstergelerini araştırmışlardır. Çalışma VW enfeksiyonuyla doğal yollarla enfekte olmuş iki zeytin bahçesinde yapılmıştır. Havadan, termal, multispektral ve hiperspektral görüntüleme tekniğiyle üç yıl üst üste görüntü alınmış ve aynı zamanda VW şiddetiyle ilişkilendirilmiştir. Yüksek T_c-T_a farkı ve I_G ile VW şiddeti arasında korelasyon olduğu saptanmıştır. Yaprak düzeyinde; VW enfeksiyonunun neden olduğu yaprak stoma iletkenliğindeki azalma; Fotokimyasal Yansıtma İndeksindeki (PRI) kayda değer artış ve klorofil miktarındaki azalma ile ilişkili bulunmuştur. Hastalığın erken evrelerinin gelişiminde CWSI artışına dayalı; VW'nin de doğrusal arttığı ifade edilmiştir. I_G ile de güçlü bir korelasyon elde edilmiştir. Bu çalışmanın; VW enfeksiyonunun erken tanımlanması ve şiddet düzeyinin belirlenmesinde UA'nın kullanılabilirliğini gösterdiği ifade edilmiştir.

Li vd. (2014), görünür görüntüleme, görüntüleme spektroskopisi, termal görüntüleme, floresan görüntüleme, 3D görüntüleme ve tomografik (MR, PET ve CT) görüntüleme tekniklerini kullandıkları bir çalışmada; bu teknikleri ve bitki fenotipleme uygulamalarını incelemişlerdir.

Bu çalışmada, farklı sulama yönetim sistemi, su ve azot dozu koşulları altında pamuk (*Gossypium Hirsutum L.*) bitkisinin su stresine bağlı olarak, su kullanımının, verimin ve bazı fizyolojik ve morfolojik özelliklerinin değişimi ve bu değişimin UA yöntemlerinden kızılötesi termal görüntüleme tekniği kullanılarak, belirlenebilen alanları araştırılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışma, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği (ADÜ-ZFAUÇ)'nde tarla koşullarında ve pamuk bitkisinin materyal olarak alındığı, brüt 6.5 da'lık bir alanda, 20x7 m boyutlarındaki parsellerde yürütülmüştür. Tesadüf blokları olarak yürütülen deneme deseni Şekil 3.1'de görüldüğü gibidir. ADÜ-ZFAUÇ, Aydın il sınırları içerisinde ve il merkezinin 18 km güneyinde, Koçarlı ilçesinin ise 7 km doğusunda yer almaktadır. Çiftlik arazileri, Büyük Menderes Nehri tarafından ikiye ayrılmıştır. Denizden 56 m yükseklikte olup, hemen hemen tamamı sulanabilir özelliklerde 2300 dekarlık bir alana sahiptir (Anonim, 1995). Aşağı Büyük Menderes Havzası'nda bulunan araştırma alanının merkezi koordinatları, 37°45'51'' N-27°45'38'' E şeklindedir. Araştırma alanında bulunan meteoroloji istasyonundan elde edilen ve araştırmanın yürütüldüğü 2015 yılına ait aylık ortalama iklim verileri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Araştırma alanına ait 2015 yılı için bazı iklim parametrelerinin aylık ortalama değerleri

Aylar	Global Radyasyon (W/m ²)	Yağış (mm)	Rüzgar Hızı (m/sn)	Hava Sıcaklığı (°C)			Nispi Nem (%)	Günlük Güneşlenme Süresi (saat) ^a	Çiğlenme Noktası Sıcaklığı (°C)	
	Ort.	Top.	Ort.	Ort.	Min.	Max.	Ort.	Ort.	Ort.	Min.
Ocak	24	132.0	2.2	8.1	-6.0	22.6	86	4.6	5.1	-12.1
Şubat	30	145.1	2.7	8.7	-3.3	22.1	79	4.6	4.9	-9.9
Mart	43	91.7	2.0	11.3	0.4	22.5	76	5.2	7.3	-5.7
Nisan	58	21.4	2.4	14.0	0.5	30.9	64	9.2	5.9	-5.9
Mayıs	68	26.3	1.9	20.7	9.2	35.4	64	10.3	12.5	-6.2
Haziran	68	64.8	2.3	23.8	8.2	36.3	61	11.4	14.7	4
Temmuz	76	1.8	2.2	27.8	16.4	39.0	54	12.8	15.8	5.9
Ağustos	65	-	2.0	27.4	16.0	38.3	60	11.6	17.8	7.5
Eylül	51	28.3	1.9	24.2	14.5	38.8	69	9.2	17	8.7
Ekim	37	73.7	1.5	18.8	5.9	31.4	75	7.6	13.3	3.6
Kasım	29	85.3	1.4	13.4	3.1	25.3	77	7.6	8.5	-3.2
Aralık	28	-	1.2	6.2	-1.5	17.9	82	7.7	2.8	-12.3

^a: Çıldır istasyonuna ait verilerdir.

Toprak ve su kaynaklarına ilişkin fiziksel ve kimyasal analizler (su kalitesi, pH, tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), hacim ağırlık (γ), bünye, vb.) ADÜ Ziraat Fakültesi Laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Deneme alanında çift silindir infiltrometre ile infiltrasyon testleri yapılarak, suyun toprak profiline giriş hızı ortalama 18 mm/h olarak bulunmuştur.

Araştırmada kullanılan sulama suyu kalite sınıfı, yapılan analiz sonuçlarına göre; C2S1 olarak saptanmıştır. Araştırma alanındaki değişik toprak katmanlarından alınan örneklerin fiziksel analiz sonuçları ise Çizelge 3.2’de verilmiştir. Araştırma alanı toprakları orta (kumlu-tın) bünyelidir (Millard vd., 1966). Etkili kök bölgesinde ortalama hacim ağırlığı değeri 1.57 gcm^{-3} , TK %24.80 ve devamlı SN %14.27 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.2 Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri

Katman Derinliği (cm)	Hacim Ağırlık (gcm^{-3})	TK		SN		Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi (mm)
		(%) ^a	(mm)	(%) ^a	(mm)	
0-30	1.55	26.1	121.37	13.1	60.92	60.45
30-60	1.65	22.9	113.36	14.4	71.28	42.08
60-90	1.52	25.4	115.82	15.3	69.77	46.06

^a: Kuru ağırlık yüzdesi

Tüm deneme parsellerinde, damla sulama sistemi kurulmuştur. Araştırmada, deneme parsellerinin sulanması için gerekli olan sulama suyu, deneme alanında bulunan yer altı su kaynağından sağlanmıştır. Derin kuyudan motopomla yüzeydeki bir depoya çıkartılan sulama suyu, 5.5 HP gücünde yatay milli bir santrifüj pompa yardımıyla 90 mm dış çaplı PE borular ile yaklaşık 400 m mesafedeki araştırma alanına iletilmiştir. Damla sulama sisteminin denetim biriminde; basınç düzenleyici, kum tankı, elek filtre, manometre, vana ve su sayacına yer verilmiştir. Deneme parsellerine 16 mm dış çaplı polietilen (PE) lateraller, her bitki sırasına tek lateral gelecek şekilde serilmiştir. Lateral damla sulama boruları, 2 atmosfer basınçta 2 l/h debili içten geçik damlatıcılı olup, damlatıcı aralıkları 25 cm olarak seçilmiştir. Her bir parsel için döşenen 63 mm çaplı manifold hat başına, manometre, debi ölçer ve vanalar takılarak sulamaların ölçülü ve kontrollü yapılması sağlanmıştır.

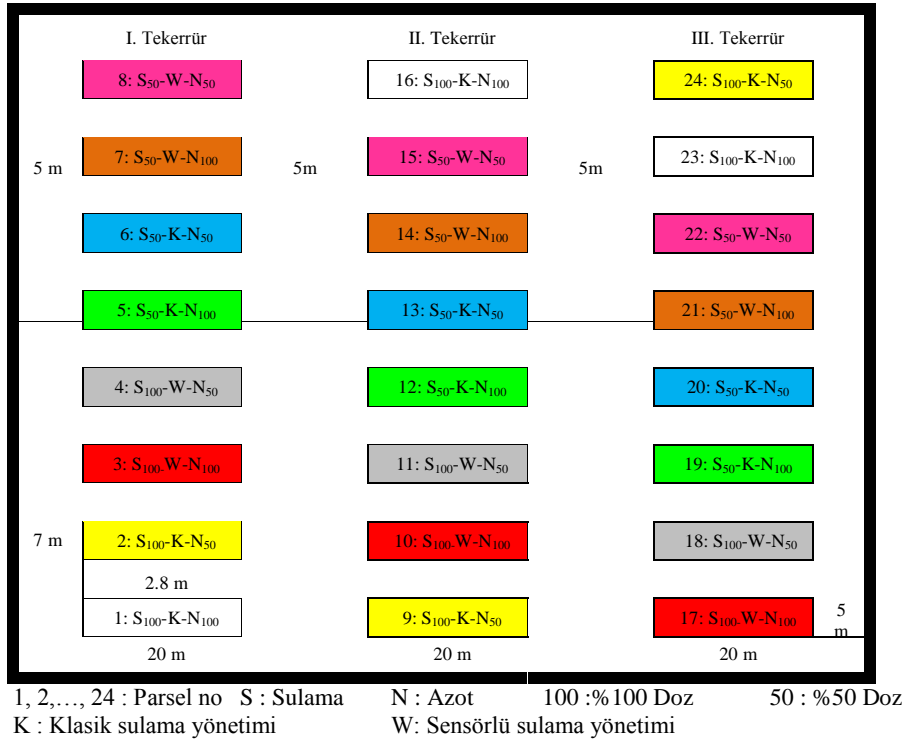
3.1.1. Toprakta Yapılmış Analizler

Ekimden önce deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla deneme alanında profil açılmış ve 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm ve 90-120 cm'lik katmanlarda aşağıdaki parametreler Tüzüner (1990)'a göre belirlenmiştir:

- Hacim Ağırlığı (g cm^{-3}): Bozulmamış toprak örneklerinde çakma silindirle,
- Toprak Bünyesi: Bouyoucos hidrometre yöntemine göre,
- Tarla Kapasitesi: Bozulmamış toprak örneklerinde 1/3 atm basınçlı tencerelerde,
- Solma Noktası: Bozulmuş toprak örneklerinde 15 atm basınçlı tencerelerde yapılmıştır.

3.2. Yöntem

Yürütülen araştırmanın deneme deseni Şekil 3.1'de ve deneme deseninde uygulanan konular ve açıklamaları ise Çizelge 3.3'te verilmektedir.



Şekil 3.1. Yürütülen araştırmanın deneme deseni

Çizelge 3.3. Deneme deseninde uygulanan konular ve açıklamaları

Konu	Açıklama
S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	Tam Sulama Dozu-Klasik Sulama Yönetimi-Tam Azot Dozu
S ₅₀ -K-N ₁₀₀	% 50 Sulama Dozu-Klasik Sulama Yönetimi-Tam Azot Dozu
S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	Tam Sulama Dozu-Sensörlü Sulama Yönetimi-Tam Azot Dozu
S ₅₀ -W-N ₁₀₀	% 50 Sulama Dozu-Sensörlü Sulama Yönetimi-Tam Azot Dozu
S ₁₀₀ -K-N ₅₀	Tam Sulama Dozu-Klasik Sulama Yönetimi-%50 Azot Dozu
S ₅₀ -K-N ₅₀	% 50 Sulama Dozu-Klasik Sulama Yönetimi-% 50 Azot Dozu
S ₁₀₀ -W-N ₅₀	Tam Sulama Dozu-Sensörlü Sulama Yönetimi-% 50 Azot Dozu
S ₅₀ -W-N ₅₀	% 50 Sulama Dozu-Sensörlü Sulama Yönetimi-% 50 Azot Dozu

3.2.1. Ekim Sırasında Yapılan İşlemler

Ekim, bölgede pamuk bitkisinin ekim zamanı olan dönemde, 06.05.2015 tarihinde yapılmıştır. Ekim öncesinde tüm parsellere 40 kgda⁻¹ 13-24-12 N-P-K+% 10 S uygulanmıştır. Ayrıca yabancı otlarla mücadele için 300 grda⁻¹ olacak şekilde herbisit uygulanmıştır. Ekim işleminde kullanılan tohum, “Carmen” çeşidi olup; ekim, sıra üzeri 3.5 cm; sıra arası 70 cm ve derinliği 4-5 cm olacak şekilde havalı mibzerle sıraya ekim şeklinde yapılmıştır. Daha sonra bitkiler ilk çapa ile sıra üzeri yaklaşık 20 cm olacak şekilde seyreltilmiştir.

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü (blok) ve 3 faktörlü (sulama dozu, sulama yönetim sistemi ve azot dozu) olarak kurulmuştur. Bu amaçla birinci faktör olan sulama (S), toprakta eksilen nemin tarla kapasitesine tamamlandığı tam sulama (kontrol, S₁₀₀) ve bir kısıt (kontrol konusuna verilen suyun %50’si, S₅₀) düzeyi olmak üzere toplam 2 konudan oluşmuştur. İkinci faktör olarak sulama zamanlaması ve miktarının klasik (K) ve kablosuz toprak nem sensörlerine (W) bağlı olarak yapıldığı sulama yönetim şekli dikkate alınmıştır. Üçüncü faktör olan azot (N) dozu, tam azot uygulaması (kontrol, N₁₀₀) ve bir kısıt (kontrol konusuna verilen azotun %50’si, N₅₀) düzeyi olmak üzere 2 konudan oluşmuştur. Böylece 3 tekerrürlü ve 2’şer konulu 3 faktörlü deneme, toplam 24 (=3*2*2*2) parselden oluşmuştur.

3.2.2. Sulama Zamanının Tespiti ve Sulama İşlemleri

Sulamalar, etkili bitki kök bölgesindeki (pamuk bitkisi için; etkili kök bölgesi 90 cm) kullanılabilir su miktarının yaklaşık %50’si tüketildiğinde yapılmıştır. Pamuk bitkisinin etkili kök bölgesinde; 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm toprak

katmanlarındaki nem içerikleri, gravimetrik yöntemle ve etkili kök bölgesinin yarı derinliğine yerleştirilen toprak nem sensörleriyle takip edilmiştir.

Klasik sulama yönetimi (K) yaklaşımıyla sulanan parsellerin sulama zamanlarının belirlenmesinde gravimetrik yöntem kullanılmıştır. Tam sulama yapılan deneme parsellerinde sulama, pamuk için etkili kök bölgesi derinliği olan 90 cm'lik toprak profilindeki faydalı su %50 düzeyine düştüğünde yapılmış ve mevcut toprak nemini tarla kapasitesine getirecek kadar sulama suyu uygulanmıştır. %50 su kısıtı uygulanan (S_{50}) deneme parsellerinde ise bu miktarın yarısı kadar su uygulanmıştır.

Deneme konularında mevsimlik bitki su tüketimi (ET)'nin belirlenmesinde aşağıdaki su dengesi eşitliği kullanılmıştır (James, 1988):

$$ET = I + R + C_r - D_p - R_f \pm \Delta S \quad (1)$$

Eşitlikte;

ET : Mevsimlik bitki su tüketimi (mm),

I : Sulama suyu (mm),

R : Etkili yağış (mm),

C_r : Kapılar yükselme (mm),

D_p : Derine sızma (mm)

R_f : Yüzey akış kayıpları (mm),

ΔS : Toprak profilindeki nem değişimi (mm).

Sulama suyu (I) miktarı, tüm yetiştirme periyodu boyunca her bir deneme parselindeki damlatıcı debileri dikkate alınarak ve aynı zamanda parsel başında su miktarını ölçen sayaçlarla da teyit edilerek tespit edilmiştir. Etkili yağış (R) değeri, deneme alanına 400 m mesafedeki meteoroloji istasyonundan alınan yağış değerlerinden CROPWAT yazılımıyla hesaplanmıştır (Allen vd., 1998). Kapılar su yükselmesi (C_r), denemenin yürütüldüğü arazinin dört köşesine yerleştirilen taban suyu gözlem kuyularıyla tüm gelişim süresi boyunca izlenmiş ve herhangi bir yükselme olmadığı belirlenmiştir. Bu yüzden hesaplamalarda dikkate alınmamıştır.

Ayrıca damla sulama sistemi ile sulama yapıldığından derine sızma (D_p) ve yüzey akış (R_f) söz konusu olmayacağı kabul edildiğinden, bu parametreler de hesaplamada dikkate alınmamıştır. Toprak profilindeki nem değişimi (ΔS), bitki gelişme dönemi başında ve sonundaki nem miktarı farkı olarak dikkate alınmıştır.

Toprak nem sensörlerine dayalı sulama yönetimi (W) koşulunda ise toprak nemi, tüm mineral topraklar için $\pm 3\%$ hata ile volumetrik su içeriğini belirleyebilen kapasitif özellikli nem sensörleriyle otomatik olarak ölçülmüştür. Her bir parselin orta noktasında ve etkili bitki kök bölgesinin yarı derinliğine (45 cm) yerleştirilen iki sensörün ölçtüğü toprak nemi değerlerinin aritmetik ortalaması dikkate alınmıştır. Toprak nemi değerleri önce 2 sensör kanalının bağlandığı sensör kutusuna, oradan da kontrol birimine (koordinatör) iletilmiştir. Koordinatörden GSM data hattı aracılığıyla bir ara katmana (middleware) iletilen veriler web arayüzünden anında (online) izlenebilmiştir. Sistemin araziye yerleştirilmesi ve montajına ilişkin bir görüntü Şekil 3.2’de verilmektedir.



Şekil 3.2. Toprak nem sensörlerine dayalı sistemin araziye yerleştirilmesi ve montajı

3.2.3. Su Kullanımı ve Verime İlişkin Performans Göstergeleri

Verime ilişkin performans göstergesi olarak, arazi verimliliği (Y) (Bandara, 2002); su kullanımına ilişkin performans göstergeleri olarak ise, rölatif sulama suyu temini (RIS) (Perry, 1996), su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) göstergeleri (Howell ve Hiler, 1975), denemede yer alan her bir parsel için aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

3.2.3.1. Arazi verimliliği (Y)

Birim alandan elde edilen kütlü pamuk miktarı (kgda^{-1}) olup, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$Y = \frac{y}{A} \quad (2)$$

Eşitlikte;

Y : Birim alandan elde edilen pamuk miktarı (kgda^{-1})

y: Deneme alanındaki yıllık toplam kütlü pamuk miktarı (kg)

A : Deneme parsel alanı (da)

3.2.3.2. Rölatif sulama suyu temini (RIS)

Bu gösterge, su talebinin ne derece karşılandığını gösterir. Su bolluğu veya kıtlığı durumu ile talep ve teminin ne derece karşılandığı hakkında fikir veren RIS, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$\text{RIS} = \frac{I}{ET_c - R} \quad (3)$$

Eşitlikte;

RIS: Rölatif sulama suyu temini

I: Uygulanan sulama suyu miktarı (m^3)

R: Etkili yağış (mm)

ET_c : Potansiyel evapotranspirasyon (mm) olup, Allen vd. (1998)'a göre CROPWAT programı yardımıyla elde edilmiştir.

3.2.3.3. Su kullanım randımanı (WUE)

Verimin, mevsimlik bitki su tüketimine oranı (kgm^{-3}) olup, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (4)$$

Eşitlikte;

WUE: Su kullanım randımanı (kgm⁻³)

Y: Verim (kg)

ET: Mevsimlik bitki su tüketimi (m³)

3.2.3.4. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE)

Verimin, uygulanan sulama suyuna oranı (kgm⁻³) olup, aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (5)$$

Eşitlikte;

IWUE: Sulama suyu kullanım randımanı (kgm⁻³)

Y: Verim (kg)

I: Uygulanan sulama suyu miktarı (m³)

3.2.4. Pamuk Bitkisine İlişkin Agronomik ve Teknolojik Gözlem, Ölçüm ve Analizler

Çalışmada incelenen özelliklere ilişkin veriler, kenar tesir etkisinin çıkartılması için her sıranın başındaki ve sonundaki 1.5 m'deki bitkiler ile parsellerin her iki kenarında bulunan 2 sıra, atıldıktan sonra geriye kalan bitkilerden elde edilmiştir. Parsellerde 18 sıra bulunmaktadır.

3.2.4.1. Gelişme dönemleri

Bitkilerin gelişme dönemlerinin başlama ve bitiş tarihlerini belirlemede bitkilere ve parsellerin genel durumlarına bakılarak karar verilmiştir.

3.2.4.2. Bitki boyu (cm)

Hasat sonrasında, her parselden rastgele seçilen 10 adet bitkide, bitkilerin toprak yüzeyinden ana sap üzerindeki en üst büyüme noktasına kadar olan kısım ölçülerek bulunmuştur.

3.2.4.3. 100 tohum ağırlığı (g)

Kütlü pamuğun çırçırlanması ile elde edilen tohumlardan rastgele 100 adetlik 4 örnek ayrılmış; 0.01 gr duyarlı terazide tartılıp, ortalaması alınarak belirlenmiştir.

3.2.4.4. Koza sayısı (adet/bitki)

Hasat döneminde her parselden rastgele alınan 10 bitki üzerindeki açmış ve hasat edilebilmiş kozalar ile açmamış kozalar adet olarak sayılmıştır.

3.2.4.5. Silkme sayısı (ad)

Hasat döneminde her parselden rastgele alınan 10 bitki üzerindeki silkinen kozalar adet olarak sayılmıştır.

3.2.4.6. Silkme oranı (%)

Hasat zamanında, her parselden rastgele alınan 10 adet bitkide silkme oranları aşağıdaki formülle belirlenmiştir:

$$\text{Silkme Oranı (\%)} = \frac{\text{Düşen koza sayısı}}{\text{Açan koza sayısı} + \text{Düşen koza sayısı}} * 100 \quad (6)$$

3.2.4.7. Koza kütlü pamuk ağırlığı (g)

Hasat döneminde her parseldeki bitkilerden rastgele toplanan 25 kozadan alınan kütlüler 0.01 g duyarlı terazide tartılmış ve elde edilen değer koza sayısına bölünerek bir kozanın ortalama kütlü pamuk ağırlığı bulunmuştur.

3.2.4.8. Meyve dalı sayısı (adet/bitki)

Hasat sonrasında, her parselden rastgele seçilen 10 adet bitkide, bitkilerin odun dalından sonraki tepe noktasına kadar olan meyve dalları sayılarak bulunmuştur.

3.2.4.9. Çırçır randımanı (%)

Hasattan sonra her parselden alınan kütlü pamuklar, çırçır makinesinde çırçırılarak, lif ve çiğit olmak üzere ikiye ayrılmış ve tartılmıştır. Daha sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla çırçır randımanı hesaplanmıştır:

$$\text{Çırçır Randımanı} = \frac{\text{Lif Ağırlığı}}{\text{Lif Ağırlığı} + \text{Tohum Ağırlığı}} * 100 \quad (7)$$

3.2.4.10. Liflerin teknolojik özellikleri

İplik eğrilebilirlik indeksi [SCI], nem [Mst] (%), lif inceliği [Li] (mic), olgunluk [Mat], lif uzunluğu [Lu] (mm), üniformite indeksi [UI] (%), kısa lif içeriği [Ls] (%), lif mukavemeti [Lm] (g/tex), uzama katsayısı [Elg] (%), çepel sayısı [TrCnt] (ad), çepel alanı [TrA] (%), çepel derecesi [TrG] ve analiz edilen lif sayısı [Amt] (ad) gibi teknolojik parametreler hasat sonrasında çırçırılan kütlü örneklerinden elde edilen liflerin, USTER-HVI 1000 (High Volume Instrument) aygıtında analiz edilmesi ile bulunmuştur.

3.2.5. Morfolojik Ölçümler

3.2.5.1. Kuru biyokütle ağırlığı

Kuru biyokütle ağırlığını (Wd) belirlemek için her ölçüm öncesinde her bir parselden rastgele seçilen 3 bitkinin toprak üstü aksamı kesilmiştir. Alınan bu bitki örnekleri etüvde 70 °C'de yaklaşık 72 saat kurutulduktan sonra tartılarak kuru biyokütle ağırlığı belirlenmiştir (Penuelas vd., 1997).

3.2.6. Fizyolojik Ölçümler

3.2.6.1. NDVI değerleri

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), Rouse vd. (1974) tarafından geliştirilen ve en yaygın kullanıma sahip bitki indeksidir. NDVI bitkinin biyofiziksel özelliklerini gözlemleyebilmek için emme ve yansıtma özelliklerini kullanmaktadır. NDVI değerleri -1 ile 1 arasında değişmekte ve 0.1-1.0 arasındaki değerler yeşil vejetasyonu göstermektedir (Semizoğlu, 2012). Söz konusu NDVI değerleri tamamen bitki örtüsünün fotosentez kapasitesine ve enerji soğurmasına bağlı olarak değişmektedir (Sellers, 1985; Myneni vd., 1995). NDVI, bitkideki klorofil içeriğinin

önemli bir göstergesidir (Alkan, 2012). Yapraktaki klorofil içeriğinin göstergesi olarak PlantPen NDVI 300 model NDVI ölçer yardımıyla, termal kamera ölçümleriyle eş zamanlı olarak saat 10.00-14.00 arasında NDVI ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümler, her bir parselden rastgele seçilen 3 bitkinin 4 farklı yönündeki yapraklarından ve 3'er tekerrürlü olacak şekilde yapılmıştır. Böylece elde edilen 36 ayrı değerın ortalaması alınarak, her bir parsel için hesaplanmıştır. NDVI ölçümlerine ilişkin bir görüntü Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. PlantPen NDVI 300 model NDVI ölçer yardımıyla NDVI ölçümü

3.2.6.2. Yaprak oransal su içeriği (WR)

Bitkilere verilen su miktarı ile WR arasında doğrudan bir korelasyon vardır. WR ile bitkilere uygulanan su kısıtlamasında doğrusal bir azalma gerçekleşmektedir (Kırnak ve Demirtaş, 2002). Yaprak dokularında su durumunun ortaya konulabilmesi amacı ile yaprak oransal su içeriği aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Bowman, 1989).

$$WR = \frac{(W_f - W)}{(W_s - W)} * 100 \quad (8)$$

Eşitlikte;

WR: Yaprak oransal su içeriği (%)

W_f : Yaprak yaş ağırlığı (g)

W_s : Yaprak sature ağırlığı (g)

W: Yaprak kuru ağırlığı (g)

Bu örnek alımı her bir parselde, sulama öncesinde diğer ölçümler ile eş zamanlı olarak 13.00-14.00 saatleri arasında üç farklı bitkiden alınan gelişimini tamamlamış yapraklarda yapılmıştır. WR hesaplanmasında, taze yapraklar hassas terazi ile tartılmış (W_f), 24 saat süre ile saf su içinde bekletilerek su ile satire edilen ve saturasyon işleminden sonra yine tartım yapılarak (W_s), 70 °C sabit ısıya ayarlanmış etüvde 24 saat kurutulup (W) son tartım yapılmıştır.

3.2.7. Termal Görüntülerin Elde Edilmesi

Kızılötesi termal görüntüler, FLIR E50 model termal kamera yardımıyla elde edilmiştir. Termal kamerayla yapılan çekim anına ilişkin örnek görüntüler Şekil 3.4'te verilmektedir. Kullanılan termal kamera, 60 Hz çerçeve oranında, -20-650 °C arasında sıcaklığı algılama, 7.5-13 µm spektral aralığında, %2 doğruluk oranında, 30°C'ta 0.05 °C çalışma hassasiyetinde, 240x180 piksel boyutunda ve toplam 43200 piksel fotoğraf çekme kapasitesine sahiptir. Görüş alanı açısı 25°x19°/0.4 m'dir.

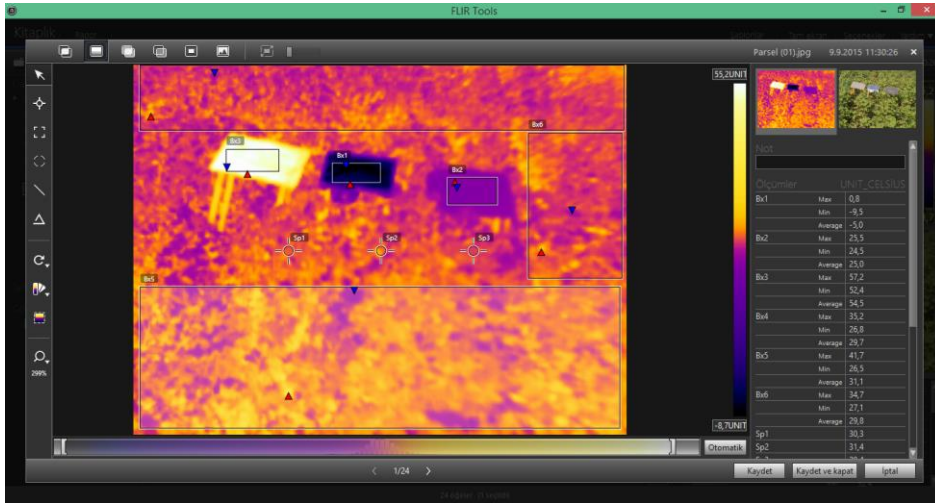


Şekil 3.4. Termal kamerayla yapılan çekimlere ilişkin görüntüler

Analiz için yüksek çözünürlükteki termal görüntüler FLIR Tools yazılımı ile incelenmiştir. Kanopi sıcaklıklarının FLIR Tools yazılımı ile analizine ilişkin bir görüntü Şekil 3.5'te verilmiştir.

Ölçüm başlangıç ve sonunda olmak üzere; araştırmanın yürütüldüğü alana ilişkin bağıl nem ile ıslak termometre, çiğlenme noktası ve hava sıcaklığı değerleri, gölgede

ve 1 m yükseklikte dijital psikrometre ile yerinde tespit edilmiştir. Mikro meteorolojik koşullar bakımından, yükseklik kamerada görünen kanopi sıcaklığını etkileyeceğinden (Thomson vd., 2012), standartizasyon için tüm görüntüler yaklaşık 1 m yüksekliğindeki bir merdiven üzerine çıkılarak ve parselin başlangıç sınırına 1 m mesafeden elde edilmiştir. Ayrıca bu mesafe bilgisi, bağıl nem ve hava sıcaklığı ve emissivite değerleri kameraya girilerek görüntüleme gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerde emissivite değeri, ölçüm yüzeyi bitki olduğu için 0.95 alınmıştır (Jones vd., 2002).



Şekil 3.5. FLIR Tools Yazılımı ile kanopi sıcaklıklarının analizi

Su stresi ve tarımsal uygulamalardan etkilenen bitki yüzey sıcaklığı, hava sıcaklığı, VPD ve güneş şiddeti gibi iklim faktörlerinden de etkilenmektedir ve gün içerisinde gün doğumundan gün batımına kadar değişmektedir. Bu nedenle ölçüm zamanı amaca göre belirlenmelidir. Jackson vd. (1977) ile Ehrlers vd. (1978)'ye göre bitki yüzey sıcaklığının ölçümünde su stresi izlemede standart zaman 13:00- 14:00 arası olarak verilirken, Allen vd. (2005)'ne göre ise yüzey enerji dengesine dayalı anlık buharlaşmadan yararlanılarak günlük buharlaşmanın hesaplanmasında bitki katsayısı yaklaşımının kullanımı söz konusu iken saat 10:45-11:15 arası önerilmektedir. Termal görüntüler ile elde edilen kanopi sıcaklıkları, her iki sulamada bir sulama öncesi olmak üzere, stresin en fazla görüldüğü 10:00-14:00 saatleri arasında yapılmıştır (Çamoğlu ve Genç, 2013). Arka plan sıcaklığının belirlenmesinde alüminyum folyodan elde edilen sıcaklık değeri kullanılmıştır (Jones vd., 2002).

Ortalama kanopi sıcaklığı görüntü içerisindeki, toprak, keçe, alüminyum folyo gibi diğer öğeler ayrıldıktan sonra sadece bitki için hesaplanmıştır.

3.2.8. Termal İndekslerin Elde Edilmesi

Bitki stres düzeylerinin belirlenmesi için yapılan kanopi sıcaklık ölçümleri (T_c) ile referans yüzeylerden alınan sıcaklık ölçümleri kullanılarak Eşitlik 9 yardımıyla modifiye bitki su stresi indeksi (CWSI) (Idso vd., 1981) ve Eşitlik 10 yardımıyla da stoma iletkenliği indeksi (I_G) (Jones, 1999) belirlenmiştir.

$$CWSI = \frac{(T_c - T_{islak})}{(T_{kuru} - T_{islak})} \quad (9)$$

CWSI indeksi 0-1 arasında değişiklik göstermektedir. 0'a yakın olması stres olmadığını, 1'e yakın olması ise stres olduğunu bir göstergesidir (Idso vd., 1981; Jones, 1999a).

$$I_G = \frac{(T_{kuru} - T_c)}{(T_c - T_{islak})} \quad (10)$$

Eşitliklerde;

T_c : Kanopi sıcaklığı,

T_{islak} : Islak referans yüzeyin sıcaklığı,

T_{kuru} : Kuru referans yüzeyin sıcaklığıdır.

Jackson vd. (1981) yaptıkları çalışmada, Idso vd. (1981) yönteminde ampirik olarak belirlenen alt limit ve üst limit hatlarının, enerji dengesine dayalı ve teorik bir biçimde belirlenme esaslarını ortaya koymuştur. Bu yolla hesaplanan CWSI'nın, Penman-Monteith'e göre hesaplanan gerçek ET (ET_a)'nin potansiyel ET (ET_c)'ye oranının, 1'den farkına eşit olduğu ($CWSI=1- ET_a/ET_c$) belirtilmiştir (Köksal, 2007).

I_G indeksinde ise en düşük değer 0'dır. I_G 'nin sıfıra yakın olması bitkinin stresli olduğunu göstergesidir. Stres derecesi azaldıkça bu indeksin değeri de artmaktadır (Jones, 1999a; Jones, 1999b).

Sıcaklığa ilişkin eşik değerlerin tespitinde, ıslak ve kuru filtre kağıtları ile ıslak ve kuru bitki yaprakları referans yüzey olarak kullanılabilir. Ancak, bu amaçla filtre kağıtlarının kullanılması bu yüzeyler ile bitki yüzeyleri arasında bazı termal ve ışınım (radiative) özelliklerinin farklı olması nedeniyle bazı sorunlara yol açmaktadır (Jones vd., 2002). Bu yüzden eşitliklerdeki $T_{\text{ıslak}}$ ve T_{kuru} değerleri, filtre kağıdı ve bitki yaprakları yerine farklı iki yöntemle belirlenmiştir.

I. Yöntem

Birinci yöntemde, referans yüzeylerin sıcaklıkları ampirik eşitlikler kullanılarak belirlenmiştir. $T_{\text{ıslak}}$, Eşitlik 11 yardımıyla hesaplanırken (Monteith ve Unsworth, 1990; O'Shaughnessy vd., 2011), T_{kuru} , ölçülen hava sıcaklığına 5 ilave edilerek belirlenmiştir (Cohen vd., 2005; Möller vd., 2007).

$$T_{\text{ıslak}} \approx T_a - \frac{e_s \cdot (T_a) - e_a}{\Delta + \gamma} \quad (11)$$

Eşitlikte;

T_a : Hava sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$),

e_s : Havanın doymuş buhar basıncı (kPa),

e_a : Havanın gerçek buhar basıncı (kPa),

Δ : Buhar basıncı eğrisinin eğimi ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$) ve

γ : Psikrometrik sabite ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Söz konusu referans yüzeylerden hesaplanan termal indeksler, CWSI_e ve I_{Ge} olarak gösterilmiştir.

II. Yöntem

İkinci yöntemde, referans yüzeylerin sıcaklıklarını belirlemek için yapay yüzeyler (gri renkli keçe) kullanılmıştır. Idso vd. (1978) tarafından önerilen iyi sulanan ve hiç sulanmayan bitkiler için alt ve üst baz hatlarını taklit eden ıslatılmış ($T_{\text{ıslak}}$) ve kuru bırakılmış (T_{kuru}) keçelerden yararlanılmıştır (O'Shaughnessy vd., 2011). Söz konusu referans yüzeylerden hesaplanan termal indeksler, CWSI_a ve I_{Ga} olarak gösterilmiştir.

Bu amaçla, iki farklı sulama konusu (tüketilen suyun %100'ü ve %50'si) iki ayrı sulama yönetim sistemi yaklaşımı (gravimetrik ve toprak nem sensörleriyle) ve iki azot (N) dozu (gerekli N'un %100'ü ve %50'si) oluşturulmuştur. Ölçümler, vejetasyon süresince yapılarak, bitkilerin strese tepkileri izlenmiştir. Ayrıca bitkilerde, yaprak oransal su içeriği ve klorofil içeriğinin göstergesi olan NDVI okumaları da eş zamanlı olarak yapılmıştır. Bununla birlikte pamuk bitkisine ilişkin verim ve kuru biyokütle değerleri de hesaplanmıştır.

3.2.9. İstatistiksel Analizler

Ölçülen ve hesaplanan tüm parametreler ile kızılötesi termal görüntülerden elde edilen stres indeksleri arasında ilişkiler SPSS 21.0 istatistik programı yardımıyla analiz edilmiştir. Veri grupları arasındaki farkın önemli olup olmadığı, varyans analizi (ANOVA) ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu kısımda öncelikle mevsimlik ya da hasat sonrası değerlendirmeleri içeren unsurlardan, sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi sonuçları, verim ve su kullanımına ilişkin performans göstergeleri, pamuk bitkisinin bazı agronomik ve teknolojik özellikleri değerlendirilmiştir. Daha sonra Yöntem kısmında gerekçesi açıklandığı üzere, ilk sulamaların eşit dozda yapılması ve henüz konular arasında herhangi bir fark oluşmaması nedeniyle; her sulama (5 kez) öncesi yapılan ölçümlerden birincisi hariç, son dört sulama öncesi yapılan ölçüm ve hesaplamaların değerlendirildiği, kuru biyokütle ağırlığı, yaprak oransal su içeriği, NDVI ve IRT okumaları, T_c-T_a farkları, CWSI ve I_G 'ye ait değerler ve bunların ortalamaları üzerinden değerlendirme yapılmıştır. Tüm değerlendirmelerde öncelikle denemenin tüm parsellerinin bireysel sonuçları (Ekler bölümünde) verilmiş, daha sonra konu bazlı sonuçlarla kıyaslamalı olarak değerlendirilmiş ve son olarak istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır.

4.1. Sulama Suyu Miktarları ve Bitki Su Tüketimi Sonuçları

Toprak nem sensörleriyle (W) ve gravimetrik yöntemle (K) sulama zamanı ve miktarının belirlendiği sulama yönetim şekillerine göre su uygulanan bütün parsellerde ekim 06 Mayıs 2015 ve hasat 31 Ekim 2015 tarihlerinde yapılmıştır. İlk sulamalar 21 Temmuz, üç ara sulama tarihleri sırasıyla, 7 Ağustos, 18 Ağustos ve 28 Ağustos; son sulamalar ise 10 Eylül tarihlerinde yapılmıştır. Toplamda her iki sulama yönetimi için de 5'er sulama yapılmış ve sulama periyodu uzunluğu aynı olmuştur. Potansiyel ET (ET_c) Cropwat 8.0 yazılımıyla, 934.8 mm olarak hesaplanmıştır (Allen vd., 1998). Verilen sulama suyu miktarları (I), etkili yağış (R) ve mevsimlik bitki su tüketimi (ET) parsel bazlı EK-1'de ayrıntılı olarak; her bir konunun tekerrürler ortalamaları ise Çizelge 4.1'de verilmektedir. Vejetatif aksam henüz tam gelişmemiş olduğundan, EK-1'de görüleceği üzere; I. sulamada tüm parsellere eşit su uygulanmış ve dolayısıyla konular arasında bir fark beklentisi olmadığından ilerdeki tüm değerlendirmede bu sulama uygulaması öncesi yapılmış olan hiçbir ölçüm ve analiz değerlendirmeye dahil edilmemiştir. Bu yüzden tüm değerlendirmelerde II. sulama öncesinde başlanan dört dönemdeki, W_d , NDVI, WR, IRT, T_c , CWSI, I_G vb. ölçüm ve parametreler dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.1. Her bir konunun mevsimlik potansiyel su tüketimi, sulama suyu miktarları, etkili yağış, ET'ye ait ortalama değerler (mm)

Konu	Mevsimlik Potansiyel ET, [ET _c]*	Toplam Sulama Suyu [I]	Toplam Etkili Yağış [R]	Mevsimlik Bitki Su Tüketimi [ET]
S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	934.80	522.00	158.80	680.80
S ₁₀₀ -K-N ₅₀	934.80	522.00	158.80	680.80
S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	934.80	449.00	158.80	607.80
S ₁₀₀ -W-N ₅₀	934.80	449.00	158.80	607.80
S ₅₀ -K-N ₁₀₀	934.80	281.00	158.80	439.80
S ₅₀ -K-N ₅₀	934.80	281.00	158.80	439.80
S ₅₀ -W-N ₁₀₀	934.80	244.50	158.80	403.30
S ₅₀ -W-N ₅₀	934.80	244.50	158.80	403.30

*: CROPWAT yazılımıyla hesaplanmıştır (Allen vd., 1998).

Çizelge 4.1.'de de görüleceği üzere, klasik (K) ve toprak nem sensörleriyle (W) sulama yönetimi altında tam su uygulanan parsellere sırasıyla 522 mm ve 449 mm su verildiği dikkate alındığında; yaklaşık %14 daha az sulama suyu (I) kullanılmıştır. Aynı şekilde bu konular mevsimlik bitki su tüketimi (ET) açısından değerlendirildiğinde, K ve W sulama yönetimi altında sırasıyla 680.80 mm ve 607.80 mm su tüketimi olduğu görülmektedir. Buna göre ET açısından W sulama yönetimi altında K'ya göre yaklaşık %11 daha az su tüketilmiştir. Tüm bu sonuçlara göre hassas sulama tekniklerinden kabul edilen W konusunun, K konusuna göre su tasarrufu sağladığı açıktır. Bu sonuç, Arslan vd. (2012)'nin sulama yönetimi stratejisine bağlı olarak hassas sulamada tek bir yıl içinde yaklaşık %50, birden fazla yılın ortalaması olarak ise %8-20 arasında su tasarrufu sağlanabileceği şeklindeki görüşüyle de uyumludur.

Ülkemizde genel olarak pamuk yüzey sulama yöntemleriyle sulanmaktadır. Mevsimlik su tüketimi 700-1300 mm arasında değişen pamuk bitkisinin toprakların kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40-50'si tüketildiği zaman sulanması halinde yüksek verim ve aynı zamanda kaliteli ürün elde edilebilmektedir (Doorenbos ve Kassam, 1979; Tüzel ve Ul, 2003). Bölgemizde yapılan çalışmalarda, Anaç vd. (1999) karık sulama yöntemi için pamuk bitkisinin su tüketimini 659-899 mm bulurken, Sezgin vd. (2001) 899 mm ve Dagdelen vd. (2006) 855-882 mm olarak bulmuşlardır. Bunun yanında, Güneydoğu Anadolu Bölgesi içinde yer alan Harran Ovası'nda yapılan çalışmalarda, bu değerler Karaata (1985) tarafından 1185 mm, Kanber vd. (1991) tarafından 1113 mm ve Bilgel (1994) tarafından 1130 mm olarak

tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, uygulama alanı bölgeleri arasında fark olmasına rağmen, genel bir kabul olarak pamuk bitkisinin su tüketiminin yüksek olduğunu göstermektedir. Ancak bizim çalışmamızda daha düşük olan (tam ve klasik sulamada 680.80 mm) ET değeri, öncelikle sulama yöntemi olarak damla sulamanın uygulanmış olmasıyla açıklanabilir. Bunun yanında sulama yönetimi, iklim koşulları ve pamuk çeşitlerinin farklı olmasının da etkili olabileceği düşünülmektedir.

Su kullanımına ilişkin varyans analizi sonuçları için Çizelge 4.3 incelendiğinde; blok, sulama yönetimi ve azot faktörleri ile sulama suyu miktarı*sulama yönetimi faktörlerinin interaksiyonlarının, I ve ET parametreleri üzerinde önemli etkisi olmadığı görülmektedir. Ancak beklendiği gibi sulama suyu miktarı faktörü, her iki parametre için de $p < 0.01$ düzeyinde bile “önemli” bulunmuştur.

4.2. Verim ve Su Kullanımına İlişkin Performans Göstergeleri

Parsel bazlı verim ve su kullanımına ilişkin performans göstergeleri EK-2’de; her bir konunun verim ve su kullanımına ilişkin performans göstergelerine ait ortalama değerleri Çizelge 4.2’de; su kullanımı ve tüm performans göstergelerine ilişkin varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.3’te ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.2.1. Arazi Verimliliği (Y)

EK-2 incelendiğinde, en yüksek verim $S_{100}-K-N_{100}$ konusundan 671 kgda^{-1} , en düşük verim ise $S_{50}-W-N_{50}$ konusundan 358 kgda^{-1} olarak II. tekerrür bloğundan elde edilmiştir. Her bir konunun ortalama değerler açısından değerlendirildiği Çizelge 4.2 incelendiğinde elde edilen ortalama verimlerin; parsel bazlı sonuçlara benzer şekilde; $S_{100}-K-N_{100}$ konusunda 641 kgda^{-1} ile en yüksek, $S_{50}-K-N_{50}$ ve $S_{50}-W-N_{50}$ konularında ise aynı değerde olmak üzere, 380 kgda^{-1} ile en düşük düzeyde olduğu görülmektedir. En yüksek verime, her iki değerlendirme biçimine göre de, $S_{100}-K-N_{100}$ konularında rastlandığı, ancak en düşük verimin söz konusu olduğu iki kategoride de S_{50} ve N_{50} konuları ortakken, sulama yönetim biçimlerinden her ikisinin (K ve W) de yer aldığı görülmektedir. Bu da, en azından düşük dozda sulama ve N uygulanması durumunda, sulama yönetim biçiminin verim açısından önemli olmadığı şeklinde değerlendirilebilir. Bir diğer deyişle bu sonuçlar, yalnızca sulama suyu miktarı ve N’nin verim üzerinde doğrudan etkili iki faktör olduğunun açık bir göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Diğer konulardan ortalama olarak, $S_{50}-K-N_{100}$ konusunda 443 kgda^{-1} , $S_{100}-W-N_{100}$ konusunda 633 kgda^{-1} , $S_{50}-W-N_{100}$

konusunda 469 kgda^{-1} , $S_{100}\text{-K-N}_{50}$ konusunda 572 kgda^{-1} ve $S_{100}\text{-W-N}_{50}$ konusunda 554 kgda^{-1} verim elde edilmiştir.

Doğru bir kıyas yapabilmek için $S_{100}\text{-K-N}_{100}$ ile $S_{100}\text{-W-N}_{100}$ konularını ET ve arazi verimliliği (Y) açısından karşılaştırdığımızda; W sulama yönetimi altında K sulama yönetimine göre yaklaşık %11 daha az su tüketilmesine karşılık, verimde yalnızca %1.2 oranında bir azalma söz konusu olmuştur. Bu sonuç, verimde doğrudan etkili olan sulama suyu miktarının önemli oranda azaltılmasına karşılık, farklı sulama yönetim şekilleriyle verimde çok fazla azalma olmaksızın sulama yapılabileceğini göstermiştir. Bu değerlendirmeler ışığında verim açısından, yüksek su ve N uygulama koşullarında sulama yönetim biçiminin önemli olduğu, ancak düşük su ve N uygulama koşullarında ise önemli olmadığı söylenebilir. Daha genel ve objektif bir değerlendirme yapabilmek ve böylece her bir faktörün verim göstergesi üzerindeki etkisini görebilmek için Çizelge 4.3'teki varyans analizi sonuçlarını da değerlendirmeye aldığımızda; verim üzerinde sulama suyu miktarı faktörünün $p<0.01$ ve azot faktörünün $p<0.05$ düzeyinde "önemli" olduğu; diğer hiçbir faktör ya da interaksiyonların etkilerinin istatistiksel olarak "önemli" olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.2. Her bir konunun verim ve su kullanımına ilişkin performans göstergelerine ait ortalama değerleri (mm)

Konu	Y (kgda^{-1})	RIS (-)	WUE (kgm^{-3})	IWUE (kgm^{-3})
$S_{100}\text{-K-N}_{100}$	641	0.67	0.94	1.23
$S_{100}\text{-K-N}_{50}$	572	0.67	0.84	1.10
$S_{100}\text{-W-N}_{100}$	633	0.58	1.04	1.41
$S_{100}\text{-W-N}_{50}$	554	0.58	0.91	1.23
$S_{50}\text{-K-N}_{100}$	443	0.36	1.01	1.58
$S_{50}\text{-K-N}_{50}$	380	0.36	0.86	1.35
$S_{50}\text{-W-N}_{100}$	469	0.32	1.16	1.92
$S_{50}\text{-W-N}_{50}$	380	0.32	0.94	1.55
Min	380	0.32	0.84	1.10
Max	641	0.67	1.16	1.92

Yavuz (1993), Çukurova koşullarında, pamukta karık, yağmurlama ve damla sulama sistemlerini karşılaştırdığı çalışmasında, en fazla sulama suyunu karıkta (894-1398 mm), en az ise damla sulamada (168-182 mm) uygulamış ve yaklaşık aynı verimi elde etmiştir. Bu da sulamada yöntem farklılığının ne kadar önemli olduğunu

göstermektedir. Dagdelen vd. (2006)'nın 2003-2004 yıllarında araştırmamız ile aynı yörede yapılan pamuk (Nazilli-84 çeşidi) bitkisi üzerinde yaptıkları bir çalışmada ise, kapalı karıklarla yaptığı tam sulama koşullarında, ortalama mevsimlik sulama suyunu 710 mm ve su tüketimini 868 mm olarak belirlemişlerdir. Buna karşılık elde edilen verim 549 kgda^{-1} 'dir. Bu çalışmada ise daha düşük bir su tüketimine karşılık aynı N (N_{100}) koşulu için gerek K (641 kgda^{-1}) gerekse de W (633 kgda^{-1}) sulama yönetimi koşullarında daha yüksek verim elde edilmiştir. Bir diğer deyişle daha etkin bir sulama yapıldığı söylenebilir. Bu sonucun ortaya çıkmasında etken olarak, sulama yöntemi ve yönetimi, iklim koşulları ve pamuk çeşidinin etkili olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.3. Su kullanımı ve performans göstergelerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Faktör		I	ET	Y	RIS	WUE	IWUE
Blok	F	0.000	0.000	0.044	0.000	0.090	0.013
	p	1.000	1.000	0.957	1.000	0.915	0.987
Sulama Suyu Miktarı	F	35.127	35.127	25.594	34.672	7.700	38.626
	p	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.000
Sulama Yönetimi	F	3.159	3.159	0.000	2.691	22.629	18.426
	p	0.093	0.093	0.988	0.119	0.000	0.000
Azot	F	0.000	0.000	7.015	0.000	49.790	19.876
	p	1.000	1.000	0.017	1.000	0.000	0.000
Sulama Suyu Miktarı* Sulama Yönetimi	F	0.506	0.506	0.804	0.453	0.761	4.156
	p	0.486	0.486	0.382	0.510	0.395	0.057

4.2.2. Rölatif Sulama Suyu Temini (RIS)

RIS, temin edilen suyun talebe oranıdır. Su bolluğu veya kıtlığı ile temin ve talebin birbirine ne denli uyumlu olduğu konusunda fikir verir. Yağıştan arda kalan su ihtiyacı tamamen sulamayla karşılandığında, RIS değeri "1" olur. RIS değerlerinin yüksek olduğu durumlarda arazi verimliliği, düşük olması durumunda ise birim suya karşı elde edilen verim önemli hale gelmektedir. Eğer hem su hem de arazi verimlilik değerleri yüksekse bu kez de bunun maliyeti göz önüne alınmalıdır (Molden vd., 1998).

EK-2 ve Çizelge 4.2 birlikte incelendiğinde, çalışmada RIS değerinin hem parsel hem de ortalama değerler açısından 0.32-0.67 arasında olduğu görülmektedir. Beklendiği üzere, en düşük RIS değerlerine S_{50} , en yüksek RIS değerleri ise S_{100} konularından elde edilmiştir. Yani düşük olan RIS değerleri, su talebine sulama suyu temini ile tam olarak cevap verilmediğini; bir diğer deyişle kısıt uygulandığını (%50) göstermiştir. Bu temin sorunu, K faktörüne (RIS, 0.67) göre W faktörü (RIS, 0.58) için daha yüksek olarak gerçekleşmiştir. O halde etki düzeyinden bağımsız olarak sulama yönetim biçiminin RIS değeri üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Ancak Çizelge 4.3'teki varyans analizi sonuçlarını da değerlendirmeye aldığımızda; RIS üzerinde yalnızca sulama suyu miktarı faktörünün $p < 0.01$ düzeyinde "önemli" olduğu; diğer hiçbir faktör ya da interaksyonun, istatistiki olarak önemli derecede etkili olmadığı görülmektedir.

Akkuzu (2001) İzmir ili içerisinde yer alan Menemen Sağ Sahil sulama sisteminin 1995-1999 yıllarına ait RIS değerlerini ortalama 0.90 olarak bulmuştur. Aynı bölgede Droogers ve Bastiaanssen (2002)'nin 1998 yılında yaptığı çalışmada ise; Menemen Sol Sahil Sulama Birliği için RIS değerleri pamuk için 0.79, bağ için ise 0.55 olarak bulunmuştur. Karataş (2006) 2001 yılına ilişkin Menemen Sulama Sisteminde yaptığı çalışmada, Menemen Sol ve Sağ Sahil Sulama Birlikleri geneli için RIS değerlerini sırasıyla, 0.74 ve 0.72 olarak bulmuştur. Ayrıca aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 11 ülkede 18 sulama sisteminin değerlendirildiği başka bir çalışmada, RIS göstergesi ise 0.4-4.8 aralığında bulunmuştur (Molden vd., 1998).

Tüm yukarıdaki çalışmalar göz önüne alındığında, bu çalışmadaki RIS değerleri daha düşük elde edilmiştir. Ancak benzer çalışmalara kıyasla bu göstergenin aynı zamanda verimle birlikte değerlendirilmesi durumunda, verimlilik değerlendirmesinde de ifade edildiği üzere; daha etkin bir sulama yapıldığı söylenebilir.

4.2.3. Su Kullanım Randımanı (WUE)

Verimin, mevsimlik bitki su tüketimine oranı olan WUE değeri için EK-2 ve Çizelge 4.2 birlikte incelendiğinde; parsel bazında 0.83-1.19; ortalama değerler açısından 0.84-1.16 arasında değiştiği görülmektedir. Ortalama değerler açısından en düşük WUE değerlerine S_{100} -K- N_{50} , en yüksek WUE değerlerine ise S_{50} -W- N_{100} konularında rastlanmıştır. Bu sonuçlara göre sulama suyu miktarındaki artışın aynı oranda verim artışı sağlamadığı söylenebilir. Bu faktörle birlikte K ve N_{50}

konularının da göreceli olarak verim artışını yeterince teşvik etmediği aksine, birim ET'ye karşı verimi, S_{50} , W ve N_{100} konularının teşvik ettiği söylenebilir. Çizelge 4.3.'teki varyans analizi sonuçlarını da değerlendirmeye aldığımızda, WUE üzerinde sulama suyu miktarı faktörünün $p < 0.05$ ve sulama yönetimi ve azot faktörlerin ise $p < 0.01$ düzeyinde "önemli" olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar da sulama suyu miktarından çok, sulama yönetimi ve N faktörlerinin WUE üzerinde daha etkili olduğunu teyit etmektedir.

Dagdelen vd. (2006) aynı yörede pamuk için yaptıkları bir çalışmada, 2003-2004 yılları için karık sulama koşullarında WUE değeri ortalama 0.63 bulmuşlardır. Damla sulama yöntemi uygulanarak yürütülen diğer iki çalışmada ise WUE değerleri sırasıyla 0.67-0.81 ve 0.77-0.96 aralıklarında bulunmuştur (Sezgin vd., 2001, Dagdelen vd., 2009) Bu sonuçlara göre, WUE değerleri bu çalışmada genellikle daha yüksek çıkmıştır. Bu da, çalışmada diğer araştırmalara göre bitki tarafından tüketilen suya karşılık elde edilen verimin daha yüksek gerçekleştiği anlamına gelmektedir. Bir diğer deyişle diğer çalışmalara oranla daha etkin bir sulama yapılmıştır.

4.2.4. Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE)

Arazi verimliliğinin, uygulanan sulama suyuna (I) oranı olan IWUE göstergesi için EK-2 ve Çizelge 4.2. birlikte incelendiğinde, parsel bazında 1.08-1.96, ortalama değerler açısından 1.10-1.92 arasında değiştiği görülmektedir.

Pamukta aynı bölgede yapılan bir çalışmada, 2003-2004 yılları için karık sulama koşullarında IWUE değeri ortalama 0.78 olarak bulunmuştur (Dagdelen vd., 2006). Sezgin vd. (2001); Dagdelen vd. (2009) tarafından yapılan ve damla sulama koşullarında yürütülen diğer iki çalışmada ise IWUE değerleri 0.71-1.67 ve 0.82-1.44 aralıklarında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, IWUE değerleri bu çalışmada daha yüksek çıkmıştır. Yani uygulanan sulama suyunun verime etkisi daha yüksek olarak gerçekleşmiştir. Başka bir deyişle bu çalışmada diğer çalışmalara göre daha etkin bir sulama yapılmıştır.

Çizelge 4.3'teki varyans analizi sonuçlarını da değerlendirmeye aldığımızda; IWUE üzerinde, sulama suyu miktarı, sulama yönetimi ve N faktörlerinin $p < 0.01$ düzeyinde "önemli" olduğu, diğer faktörlerin ise istatistiksel olarak "önemli olmadığı" görülmektedir.

Bütün göstergeler ile birlikte benzer çalışmalar kıyaslandığında; kullanılan toplam su ve sulama suyuna karşılık verimliliğin daha yüksek olduğu, bir diğer deyişle daha etkin bir sulama yapıldığı söylenebilir.

Performans göstergelerine ilişkin genel bir değerlendirme yapmak adına varyans analizi sonuçları için Çizelge 4.3 incelendiğinde, blok faktörünün ve sulama suyu miktarı*sulama yönetimi interaksyonunun dört performans göstergesi üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı görülmektedir. Sulama suyu miktarı faktörü, WUE üzerinde $p<0.05$ ve diğerleri üzerinde ise $p<0.01$ düzeyinde “önemli” bulunmuştur. Sulama yönetimi faktörü ise yalnızca WUE ve IWUE performans göstergeleri üzerinde aynı düzeyde ($p<0.01$) “önemli” bulunmuştur. Azot faktörünün performans göstergelerinden, Y üzerinde $p<0.05$ düzeyinde, WUE ve IWUE üzerinde $p<0.01$ düzeyinde “önemli” etkisinin olduğu; RIS üzerinde ise etkisinin “önemsiz” olduğu bulunmuştur.

4.3. Pamuk Bitkisinin Bazı Agronomik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Pamuk bitkisinin bazı agronomik özelliklerine ilişkin elde edilen parsel bazlı sonuçlar EK-3’te; her bir konunun bu agronomik özelliklere ait ortalama değerleri Çizelge 4.4’te; varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.5’te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Çizelge 4.4. Her bir konunun pamuk bitkisinin bazı agronomik özelliklerine ait ortalama değerleri

Konu	Bitki Boyu (cm)	100 Tohum Ağırlığı (g)	Açmış Koza Sayısı (ad)	Açmamış Koza Sayısı (ad)	Silkme Sayısı (ad)	Silkme Oranı (%)	Koza Kütlü Ağırlığı (g)	Meyve Dalı Sayısı (ad)	Çırcır Randmanı (%)
S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	128	135	8	2	11	41	109	19	45
S ₁₀₀ -K-N ₅₀	133	139	10	2	13	40	114	21	45
S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	130	105	13	3	11	37	86	19	45
S ₁₀₀ -W-N ₅₀	135	110	16	3	12	39	92	21	46
S ₅₀ -K-N ₁₀₀	126	115	16	3	11	39	99	19	47
S ₅₀ -K-N ₅₀	131	117	14	3	6	36	83	20	41
S ₅₀ -W-N ₁₀₀	131	157	8	2	11	37	128	19	45
S ₅₀ -W-N ₅₀	130	179	9	2	12	37	149	20	46
Min	126	105	8	2	6	36	83	19	41
Max	135	179	16	3	13	41	149	21	47

EK-3 ve Çizelge 4.4 birlikte incelendiğinde; bitki boyunun parsel bazında 119-142 cm, ortalama değerler açısından 126-135 cm, açmış koza sayısının parsel bazında 5-27 adet, ortalama değerler açısından 8-16 adet, 100 tohum ağırlığının parsel bazında

69-223 g, ortalama değerler açısından 105-179 g arasında, açmamış koza sayısının parsel bazında 1-5 adet, ortalama değerler açısından 2-3 adet, silkme sayısının parsel bazında 2-16 adet, ortalama değerler açısından 6-13 adet, silkme oranının parsel bazında %28-46, ortalama değerler açısından %36-41, koza kütlü ağırlığının parsel bazında 58-187 g, ortalama değerler açısından 83-149 g, meyve dalı sayısının parsel bazında 16-24 adet, ortalama değerler açısından 19-21 adet, çırçır randımanının parsel bazında %36-49, ortalama değerler açısından %41-47 arasında değiştiği görülmektedir.

Pamuk bitkisinin bazı agronomik özelliklerine ilişkin genel bir değerlendirme yapmak adına varyans analizi sonuçları için Çizelge 4.5 incelendiğinde; blok faktörünün, açmış koza sayısı ($p<0.05$) ve silkme oranı ($p<0.01$) üzerinde etki düzeyinin “önemli” olduğu, diğer parametreler üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı, sulama suyu miktarı faktörünün, yalnızca bitki boyu ($p<0.05$) üzerinde etkisinin istatistiksel olarak “önemli” olduğu, sulama yönetimi ve N faktörünün hiçbir parametre üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı; sulama suyu miktarı*sulama yönetimi interaksyonunun ise açmış ve açmamış koza sayıları üzerinde $p<0.05$ düzeyinde, 100 tohum ağırlığı ve koza kütlü ağırlığı üzerinde $p<0.01$ düzeyinde etkisinin “önemli” olduğu, diğer parametreler üzerinde ise “önemli olmadığı” görülmektedir.

Çizelge 4.5. Pamuk bitkisinin bazı agronomik özelliklere ilişkin varyans analizi sonuçları

Faktör		Bitki	100	Açmış	Açmamış	Silkme	Silkme	Koza	Meyve	Çırçır
		Boy	Tohum	Koza	Koza	Sayısı	Oran	Kütlü	Dalı	Randımanı
		(cm)	Ağırlığı	Sayısı	Sayısı	(ad)	(%)	(g)	(ad)	(%)
Blok	F	2.213	0.669	4.531	1.732	0.510	14.665	0.457	0.853	0.040
	p	0.140	0.525	0.026	0.207	0.609	0.000	0.641	0.444	0.961
Sulama Suyu Miktarı	F	0.474	0.014	0.176	0.609	1.309	2.793	0.006	0.021	0.610
	p	0.500	0.906	0.680	0.446	0.268	0.113	0.940	0.886	0.446
Sulama Yönetimi	F	0.924	0.511	0.042	0.090	0.737	1.339	0.875	0.005	0.788
	p	0.350	0.484	0.839	0.768	0.403	0.263	0.363	0.943	0.387
Azot	F	2.357	0.291	0.202	3.028	0.114	0.149	0.091	2.563	1.015
	p	0.143	0.597	0.658	0.100	0.739	0.705	0.767	0.128	0.328
Sul. Su. Miktarı* Sul. Yönetimi	F	0.161	14.109	6.142	6.053	1.624	0.810	15.268	0.132	0.396
	p	0.693	0.002	0.024	0.025	0.220	0.381	0.001	0.720	0.538

Bu sonuçlara göre, pamuk bitkisinin adı geçen agronomik özellikleri açısından her iki N dozu ya da her iki sulama yönetiminden biri tercih edilebilir. Bunlar arasında

tercihi belirleyici faktör, su kullanımına ilişkin parametreler ve agronomik özellikler değil, su temininde, zaman, işgücü ve enerji ihtiyacı ile ölçülü sulama ve fiyatlandırma yapılması durumunda, su ve sulamanın maliyeti gibi faktörler açısından yapılacak bir ekonomik analiz sonuçları olmalıdır.

4.4. Pamuk Bitkisi Liflerinin Teknolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Parsel bazlı pamuk bitkisinin bazı teknolojik özelliklerine ilişkin elde edilen sonuçlar EK-4'te, her bir konunun pamuk bitkisinin bazı teknolojik özelliklerine ait ortalama değerleri Çizelge 4.6'da ve pamuk bitkisinin bazı teknolojik özelliklere ilişkin varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.7'de verilmiştir.

EK-4 ve Çizelge 4.6 birlikte incelendiğinde, iplik eğrilebilirlik indeksinin [SCI] parsel bazında 91-121 ortalama değerler açısından 103-113, nemin [Mst] parsel bazında %6.9-8.2 ortalama değerler açısından %7.6-8.1, lif inceliğinin [Li] parsel bazında 4.04-5.65 mic ortalama değerler açısından 4.76-5.36 mic, olgunluk [Mat] parametresinin parsel bazında 0.85-0.89 ortalama değerler açısından 0.87-0.88, lif uzunluğunun [Lu] parsel bazında 24.73-27.79 mm ortalama değerler açısından 25.98-27.38 mm, üniformite indeksinin [UI] parsel bazında %80.2-84.6 ortalama değerler açısından %81.68-82.71, kısa lif içeriği [Ls] parsel bazında %9.3-14.3 ortalama değerler açısından %11.17-12.56, lif mukavemetinin [Lm] parsel bazında 26.1-31.2 g/tex ortalama değerler açısından 26.62-29.53 g/tex, uzama katsayısının [Elg] parsel bazında %6.5-8.6 ortalama değerler açısından %7.11-7.91, çepel sayısının [TrCnt] parsel bazında 19-125 ad ortalama değerler açısından 38.00-92.67 ad, çepel alanının [TrA] parsel bazında %0.24-2.19 ortalama değerler açısından %0.46-1.27, çepel derecesinin [TrG] parsel bazında 2-6 ortalama değerler açısından 3.33-5.00 ve analiz edilen lif sayısının [Amt] parsel bazında 432-741 ad ortalama değerler açısından 494-664 ad arasında değiştiği görülmektedir.

Çizelge 4.6. Her bir konunun pamuk bitkisinin bazı teknolojik özelliklerine ait ortalama değerleri

Konu	SCI	Mst	Li	Mat	Lu	UI	Ls	Lm	Elg	TrCnt	TrA	TrG	Amt
S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	104	8.10	4.98	0.87	26.05	82.71	12.56	26.62	7.45	66.67	0.91	4.67	652
S ₁₀₀ -K-N ₅₀	111	7.97	4.82	0.87	26.40	82.16	11.51	28.47	7.38	38.00	0.46	3.33	572
S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	104	7.63	5.36	0.88	27.18	82.19	11.24	27.51	7.11	63.00	0.82	4.33	608
S ₁₀₀ -W-N ₅₀	104	8.03	5.01	0.87	26.05	82.21	11.38	27.90	7.91	65.67	0.97	4.67	562
S ₅₀ -K-N ₁₀₀	113	7.60	5.04	0.87	26.67	82.46	11.17	29.53	7.73	49.33	0.69	3.67	494
S ₅₀ -K-N ₅₀	105	7.77	5.15	0.87	25.98	81.73	12.29	28.63	7.48	39.00	0.66	3.33	593
S ₅₀ -W-N ₁₀₀	103	8.07	5.21	0.87	26.45	81.68	12.54	28.66	7.56	92.67	1.27	5.00	546
S ₅₀ -W-N ₅₀	110	7.73	4.76	0.87	27.38	82.00	11.54	28.26	7.30	64.33	0.72	4.33	664
Min	103	7.60	4.76	0.87	25.98	81.68	11.17	26.62	7.11	38.00	0.46	3.33	494
Max	113	8.10	5.36	0.88	27.38	82.71	12.56	29.53	7.91	92.67	1.27	5.00	664

Çizelge 4.7. Pamuk bitkisinin bazı teknolojik özelliklere ilişkin varyans analizi sonuçları

Faktör		SCI	Mst	Li	Mat	Lu	UI	Ls	Lm	Elg	TrCnt	TrA	TrG	Amt
Blok	F	3.003	9.269	2.368	4.529	0.119	0.593	2.679	2.125	1.480	0.812	0.314	0.756	0.888
	p	0.076	0.002	0.124	0.027	0.888	0.564	0.097	0.150	0.255	0.460	0.735	0.485	0.430
Sulama Suyu Miktarı	F	2.032	0.505	0.450	0.000	1.333	0.205	0.007	4.645	0.288	0.140	0.169	0.000	0.077
	p	0.172	0.487	0.511	1.000	0.264	0.656	0.935	0.046	0.599	0.713	0.686	1.000	0.785
Sulama Yönetimi	F	0.806	0.004	0.433	0.248	2.158	0.237	0.120	0.180	0.023	4.708	1.463	3.025	0.210
	p	0.382	0.949	0.519	0.625	0.160	0.633	0.733	0.676	0.880	0.044	0.243	0.100	0.653
Azot	F	0.226	0.038	2.570	2.234	0.157	0.237	0.170	0.155	0.023	2.293	1.055	1.089	0.365
	p	0.641	0.849	0.127	0.153	0.697	0.633	0.685	0.699	0.880	0.148	0.319	0.311	0.554
Sulama Suyu Miktarı* Sulama Yönetimi	F	0.279	1.505	4.856	3.971	0.066	1.340	2.455	0.547	0.711	0.907	0.002	0.121	0.067
	p	0.604	0.237	0.042	0.063	0.800	0.263	0.136	0.470	0.411	0.354	0.964	0.732	0.799

Pamuk bitkisinin bazı teknolojik özelliklerine ilişkin genel bir değerlendirme yapmak adına varyans analizi sonuçları için Çizelge 4.7 incelendiğinde, blok faktörünün, $p < 0.05$ düzeyinde Mat ve $p < 0.01$ düzeyinde ise Mst parametrelerinin üzerindeki etkisi “önemli” bulunmuş, diğer hiçbir parametre üzerindeki etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Sulama suyu miktarı ($p < 0.05$ düzeyinde Lm hariç), sulama yönetimi ($p < 0.05$ düzeyinde TrCnt hariç) ve azot faktörleri açısından hiçbir parametre üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Sulama suyu miktarı*sulama yönetimi interaksiyonunda ise yalnızca $p < 0.05$ düzeyinde Li parametresi üzerinde etkisinin “önemli” olduğu; diğer hiçbir parametre üzerinde ise etkisinin “önemli olmadığı” görülmektedir. Özetle deneme faktörleri ve konularının pamuk bitkisinin teknolojik özellikleri üzerinde genelde “önemli” bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

4.5. Kuru Biyokütle Ağırlığının (W_d) Değerlendirilmesi

Pamuk bitkisinin parsel bazlı kuru biyokütle ağırlığına (W_d) ilişkin elde edilen sonuçlar EK-5'te, her bir konunun kuru biyokütle ağırlığına (W_d) ait ortalama değerleri Çizelge 4.8'de ve kuru biyokütle ağırlığına (W_d) ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Bu başlık altında, 1. sulama hariç, 2., 3., 4. ve 5. sulamalar öncesi yapılan ölçümlerle elde edilen kuru biyokütle ağırlıkları (W_d) sırasıyla, W_{d1} , W_{d2} , W_{d3} ve W_{d4} olarak, bu dört dönemin ortalaması ise W_{dort} olarak ifade edilmiştir.

Çizelge 4.8. Her bir konunun kuru biyokütle ağırlığına (W_d) ait ortalama değerleri (g)

Konu	W_{d1}	W_{d2}	W_{d3}	W_{d4}	W_{dort}
S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	145	716	311	485	414
S ₁₀₀ -K-N ₅₀	295	362	363	489	377
S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	166	624	322	442	388
S ₁₀₀ -W-N ₅₀	237	599	347	666	462
S ₅₀ -K-N ₁₀₀	234	401	456	493	396
S ₅₀ -K-N ₅₀	115	477	228	377	299
S ₅₀ -W-N ₁₀₀	96	490	270	478	334
S ₅₀ -W-N ₅₀	124	682	216	339	340
Min	96	362	216	339	299
Max	295	716	456	666	462

EK-5 ve Çizelge 4.8 kuru biyokütle ağırlığı (W_d) açısından birlikte incelendiğinde; W_{d1} , W_{d2} , W_{d3} , W_{d4} ile W_{dort} için parsel bazında ve ortalama değerler açısından sırasıyla min-max aralıklarının 74-414 g ve 96-295 g; 113-867 g ve 362-716 g, 94-821 g ve 216-456 g, 299-1277 g ve 339-666 g ile 247-727 g ve 299-462 arasında olduğu belirlenmiştir.

Pamuk bitkisinin kuru biyokütle ağırlığına (W_d) ilişkin genel bir değerlendirme yapmak adına varyans analizi sonuçları için Çizelge 4.9 incelendiğinde; sulama suyu miktarı faktörünün $p < 0.01$ düzeyinde W_{d1} üzerindeki "önemli" etkisi değer hariç, hiçbir faktörün herhangi bir W_d değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.9. Kuru biyokütle ağırlığına (W_d) ilişkin varyans analizi sonuçları

Faktör		W_{d1}	W_{d2}	W_{d3}	W_{d4}	W_{dort}
Blok	F	1.680	1.322	2.518	1.601	2.829
	p	0.216	0.293	0.110	0.231	0.087
Sulama Suyu Miktarı	F	13.697	0.515	1.134	1.087	4.141
	p	0.002	0.483	0.302	0.312	0.058
Sulama Yönetimi	F	2.155	1.590	0.719	0.056	0.057
	p	0.160	0.224	0.408	0.816	0.815
Azot	F	1.320	0.100	0.728	0.006	0.112
	p	0.266	0.755	0.405	0.942	0.742
Sulama Suyu Miktarı*Sulama Yönetimi	F	0.215	0.181	0.217	0.406	0.044
	p	0.649	0.676	0.647	0.532	0.837

4.6. NDVI ve Yaprak Oransal Su İçeriği (WR) Değerlendirmeleri

Parsel bazlı NDVI ve yaprak oransal su içeriğine (WR) ilişkin elde edilen sonuçlar EK-6'da, her bir konunun NDVI ve yaprak oransal su içeriğine (WR) (%) ait ortalama değerleri Çizelge 4.10'da ve NDVI ve yaprak oransal su içeriğine (WR) ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11'de verilmektedir.

Bu başlık altında, 1. sulama hariç, 2., 3., 4. ve 5. sulamalar öncesi yapılan ölçümlerle elde edilen NDVI sırasıyla, NDVI1, NDVI2, NDVI3 ve NDVI4 olarak, bu dört dönemin ortalaması ise NDVI_{ort} olarak ifade edilmiştir. Benzer şekilde, 1. sulama hariç, 2., 3., 4. ve 5. sulamalar öncesi yapılan ölçümlerle elde edilen WR sırasıyla, WR1, WR2, WR3 ve WR4 olarak, bu dört dönemin ortalaması ise WR_{ort} olarak ifade edilmiştir.

EK-6 ve Çizelge 4.10 NDVI değerleri açısından birlikte incelendiğinde; NDVI1, NDVI2, NDVI3, NDVI4 ile NDVI_{ort} okumalarının parsel bazında ve ortalama değerler açısından min-max aralıkları sırasıyla, 0.52-0.61 ve 0.55-0.60, 0.45-0.53 ve 0.47-0.51, 0.50-0.55 ve 0.52-0.54, 0.53-0.56 ve 0.54-0.55 ile 0.51-0.55 ve 0.53-0.55 olduğu belirlenmiştir.

WR1, WR2, WR3, WR4 ile WR_{ort} değerleri ise parsel bazında ve ortalama değerler açısından min-max aralıkları sırasıyla, %47-77 ve %57-68, %61-74 ve %65-70, %53-77 ve %61-70, %59-73 ve %62-67 ile %61-69 ve %62-68 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.10. Her bir konunun NDVI ve yaprak oransal su içeriğine (WR) (%) ait ortalama değerleri

Konu	NDVI1	NDVI2	NDVI3	NDVI4	NDVI _{ort}	WR1	WR2	WR3	WR4	WR _{ort}
S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	0.57	0.50	0.53	0.55	0.54	60	68	68	65	65
S ₁₀₀ -K-N ₅₀	0.60	0.51	0.53	0.55	0.55	58	69	61	67	64
S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	0.58	0.48	0.53	0.55	0.53	60	66	63	62	63
S ₁₀₀ -W-N ₅₀	0.59	0.48	0.52	0.55	0.54	57	66	61	63	62
S ₅₀ -K-N ₁₀₀	0.59	0.49	0.53	0.55	0.54	63	70	61	65	65
S ₅₀ -K-N ₅₀	0.57	0.48	0.54	0.54	0.54	68	68	70	67	68
S ₅₀ -W-N ₁₀₀	0.57	0.47	0.54	0.55	0.53	59	67	66	65	64
S ₅₀ -W-N ₅₀	0.55	0.47	0.54	0.55	0.53	66	65	65	66	66
Min	0.55	0.47	0.52	0.54	0.53	57	65	61	62	62
Max	0.60	0.51	0.54	0.55	0.55	68	70	70	67	68

Çizelge 4.11. NDVI ve yaprak oransal su içeriğine (WR) ilişkin varyans analizi sonuçları

Faktör		NDVI1	NDVI2	NDVI3	NDVI4	NDVI _{ort}	WR1	WR2	WR3	WR4	WR _{ort}
Blok	F	2.618	11.569	1.811	4.016	0.415	1.847	0.489	2.422	2.198	0.209
	p	0.102	0.001	0.194	0.037	0.667	0.188	0.621	0.119	0.142	0.813
Sulama Suyu Miktarı	F	1.554	8.175	3.291	1.495	2.257	7.207	0.653	1.824	3.157	8.968
	p	0.229	0.011	0.087	0.238	0.151	0.016	0.430	0.194	0.093	0.008
Sulama Yönetimi	F	1.554	20.621	0.019	0.000	5.575	0.623	3.409	0.145	4.410	5.740
	p	0.229	0.000	0.891	1.000	0.030	0.441	0.082	0.708	0.051	0.028
Azot	F	0.007	0.255	0.019	3.363	0.415	0.440	0.479	0.001	2.609	0.359
	p	0.935	0.620	0.891	0.084	0.528	0.516	0.498	0.973	0.125	0.557
Sulama Suyu Miktarı * Sulama Yönetimi	F	1.167	1.386	0.175	0.000	0.046	1.677	0.333	0.097	1.279	0.040
	p	0.295	0.255	0.681	1.000	0.833	0.213	0.571	0.759	0.274	0.844

Pamuk bitkisinin NDVI değerlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapmak adına varyans analizi sonuçları için Çizelge 4.11 incelendiğinde; blok faktörünün NDVI2 üzerinde $p<0.01$ ve NDVI4 üzerinde $p<0.05$ düzeyinde “önemli” etkisi olduğu görülmektedir. Sulama suyu miktarı faktörünün yalnızca NDVI2 üzerinde $p<0.05$ düzeyinde “önemli” etkisi olduğu belirlenmiştir. Sulama yönetimi faktörünün NDVI2 üzerinde $p<0.01$ ve NDVI_{ort} üzerinde $p<0.05$ düzeyinde “önemli” etkisi olmuştur. Azot faktörü ve sulama suyu miktarı*sulama yönetimi interaksiyonunun NDVI üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak “önemli olmadığı” belirlenmiştir.

WR açısından değerlendirildiğinde; blok faktörünün WR üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak “önemli olmadığı” belirlenmiştir. Sulama suyu miktarı faktörünün WR_{ort} üzerinde $p<0.01$ ve WR1 üzerinde $p<0.05$ düzeyinde “önemli” etkisi olduğu görülmektedir. Sulama yönetimi faktörünün yalnızca WR_{ort} üzerinde

$p < 0.05$ düzeyinde “önemli” etkisi olduğu belirlenmiştir. NDVI'ya benzer şekilde; azot faktörü ve sulama suyu miktarı*sulama yönetimi interaksiyonunun WR üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak “önemli olmadığı” belirlenmiştir.

Kırnak ve Demirtaş (2002) kiraz fidanlarında yaptıkları bir çalışmada; %100 ve %75 düzeyde su uygulanan konularda WR açısından istatistiksel olarak önemli ölçüde fark bulunmamıştır. WR'deki en büyük düşüş %25 düzeyde su verilen konularda gözlemlenmiştir. Bunun yanında zamana bağlı olarak yaprak su içeriğinde görülen azalmaların istatistiki yönden önemli olduğu saptanmıştır. Test süresi arttıkça su stresinin etkisi, özellikle 60. günden sonra, daha belirgin halde görülmeye başlanmıştır. Bizim çalışmamızda da bitki farklı olmasına rağmen bu çalışmaya benzer sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre pamuk bitkisi için de daha düşük sulama dozlarının uygulanması durumunda, WR açısından farkların daha bariz hale gelmesi olasıdır.

4.7. IRT ile Okunan Kanopi Sıcaklıklarının Değerlendirilmesi

IRT ile okunan parsel bazlı kanopi sıcaklıkları (T_c)'na ilişkin elde edilen sonuçlar EK-7'de, her bir konunun IRT ile okunan kanopi sıcaklıklarına ait ortalama değerleri Çizelge 4.12'de ve IRT ile okunan kanopi sıcaklıklarına ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13'te verilmiştir.

Bu başlık altında, 1. sulama hariç, 2., 3., 4. ve 5. sulamalar öncesi yapılan okumalarla elde edilen IRT sırasıyla, IRT2, IRT3 ve IRT4 olarak, bu dört dönemin ortalaması ise IRTort olarak ifade edilmiştir.

EK-7 ve Çizelge 4.12 IRT okuma değerleri açısından birlikte incelendiğinde; IRT1, IRT2, IRT3, IRT4 ile IRTort okumalarının parsel bazında ve ortalama değerler açısından min-max aralıkları sırasıyla, 24.8-32.3°C ve 26.22-30.03 °C, 22.1-31.0 °C ve 24.14-26.88 °C, 19.8-26.3 °C ve 21.06-24.12 °C, 21.5-31.3 °C ve 23.61-27.52 °C ile 23.8-28.7 °C ve 24.49-26.96 °C olduğu belirlenmiştir.

Pamuk bitkisinin IRT okuma değerlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapmak adına varyans analizi sonuçları için Çizelge 4.13 incelendiğinde; blok faktörünün IR4 üzerinde $p < 0.01$ ve IRT2 ve IRT3 üzerinde $p < 0.05$ düzeyinde “önemli” etkisi olduğu görülmektedir. Sulama suyu miktarı, sulama yönetimi ve azot faktörlerinin IRT ile okunan kanopi sıcaklıkları üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak “önemli olmadığı” belirlenmiştir. Sulama suyu miktarı*sulama yönetimi interaksiyonunun

IRT4 ve IRTort üzerinde $p < 0.01$ ve IRT3 üzerinde $p < 0.05$ düzeyinde “önemli” etkisi olmuştur.

Çizelge 4.12. Her bir konunun IRT ile okunan kanopi sıcaklıklarına ait ortalama değerleri ($^{\circ}\text{C}$)

Konu	IRT1	IRT2	IRT3	IRT4	IRTort
S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	29.84	26.34	24.12	27.52	26.96
S ₁₀₀ -K-N ₅₀	30.03	26.88	23.83	26.58	26.83
S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	28.33	25.99	21.06	23.61	24.75
S ₁₀₀ -W-N ₅₀	26.22	25.16	22.16	24.42	24.49
S ₅₀ -K-N ₁₀₀	27.61	24.40	21.74	24.51	24.56
S ₅₀ -K-N ₅₀	28.04	24.14	21.52	24.30	24.50
S ₅₀ -W-N ₁₀₀	28.46	24.30	22.99	25.95	25.42
S ₅₀ -W-N ₅₀	27.83	25.70	23.28	27.45	26.07
Min	26.22	24.14	21.06	23.61	24.49
Max	30.03	26.88	24.12	27.52	26.96

Çizelge 4.13. IRT ile okunan kanopi sıcaklıklarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Faktör		IRT1	IRT2	IRT3	IRT4	IRTort
Blok	F	0.021	5.138	5.881	13.124	1.434
	p	0.979	0.018	0.011	0.000	0.266
Sulama Suyu Miktarı	F	0.077	3.797	0.051	0.262	0.585
	p	0.785	0.068	0.825	0.615	0.455
Sulama Yönetimi	F	2.441	0.050	0.534	0.317	1.336
	p	0.137	0.825	0.475	0.581	0.264
Azot	F	0.457	0.102	0.133	0.189	0.003
	p	0.508	0.754	0.719	0.669	0.958
Sulama Suyu Miktarı*Sulama Yönetimi	F	2.107	1.367	7.739	12.647	9.683
	p	0.165	0.258	0.013	0.002	0.006

4.8. T_c-T_a Değerleri

Hava sıcaklığı (T_a) ile karşılaştırılan ve radyometrik olarak ölçülen kanopi sıcaklığı (T_c), su stresine ilişkin önemli bir parametredir (Blad ve Rosenberg, 1975; Jackson vd., 1986). Yüzey sıcaklıkları; tam sulanmış ve su stresi altındaki bitki örtüsünde, su ile doygun ve kuru çıplak toprakta oldukça farklıdır (Moran vd., 1994).

Bu başlık altında, 1. sulama hariç, 2., 3., 4. ve 5. sulamalar öncesi yapılan okumalarla elde edilen T_c-T_a sırasıyla, T_c-T_{a_1}, T_c-T_{a_2}, T_c-T_{a_3} ve T_c-T_{a_4} olarak, bu dört dönemin ortalaması ise T_c-T_{a_ort} olarak ifade edilmiştir.

Parsel bazlı T_c-T_a değerlerine ilişkin elde edilen sonuçlar EK-8’de, her bir konunun T_c-T_a değerlerine ait ortalama değerleri Çizelge 4.14’te ve varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15’te verilmiştir.

Çizelge 4.14. Her bir konunun T_c-T_a değerlerine ait ortalama değerleri ($^{\circ}C$)

Konu	$T_c-T_{a_1}$	$T_c-T_{a_2}$	$T_c-T_{a_3}$	$T_c-T_{a_4}$	$T_c-T_{a_{ort}}$
S₁₀₀-K-N₁₀₀	0.65	0.95	0.31	-1.31	0.15
S₁₀₀-K-N₅₀	-1.54	-0.45	-0.80	-0.97	-0.94
S₁₀₀-W-N₁₀₀	0.07	-0.82	-0.43	-1.65	-0.71
S₁₀₀-W-N₅₀	0.48	-0.82	-0.69	-1.70	-0.68
S₅₀-K-N₁₀₀	1.23	-1.22	-0.97	-2.02	-0.74
S₅₀-K-N₅₀	0.64	-1.02	-0.56	-1.47	-0.60
S₅₀-W-N₁₀₀	1.35	-0.69	0.03	-1.26	-0.14
S₅₀-W-N₅₀	1.59	-0.62	0.41	-1.51	-0.03
Min	-1.54	-1.22	-0.97	-2.02	-0.94
Max	1.59	0.95	0.41	-0.97	0.15

Çizelge 4.15. T_c-T_a değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Faktör		$T_c-T_{a_1}$	$T_c-T_{a_2}$	$T_c-T_{a_3}$	$T_c-T_{a_4}$	$T_c-T_{a_{ort}}$
Blok	F	4.093	0.632	0.294	1.598	0.100
	p	0.035	0.544	0.749	0.231	0.906
Sulama Suyu Miktarı	F	6.400	0.382	0.322	0.025	1.643
	p	0.022	0.545	0.578	0.875	0.217
Sulama Yönetimi	F	1.742	0.628	0.849	0.193	0.372
	p	0.204	0.439	0.370	0.666	0.550
Azot	F	1.233	0.539	0.159	0.550	0.736
	p	0.282	0.473	0.695	0.469	0.403
Sulama Suyu Miktarı *Sulama Yönetimi	F	0.001	1.081	2.548	1.723	1.673
	p	0.977	0.313	0.129	0.207	0.213

EK-8 ve Çizelge 4.14 T_c-T_a okuma değerleri açısından birlikte incelendiğinde; $T_c-T_{a_1}$, $T_c-T_{a_2}$, $T_c-T_{a_3}$, $T_c-T_{a_4}$ ile $T_c-T_{a_{ort}}$ okumalarının parsel bazında ve ortalama değerler açısından min-max aralıkları sırasıyla, -2.95-3.25 $^{\circ}C$ ve -1.54-1.59 $^{\circ}C$, -1.95-1.75 $^{\circ}C$ ve -1.22-0.95 $^{\circ}C$, -1.90-1.30 $^{\circ}C$ ve -0.97-0.41 $^{\circ}C$, -2.58-(-0.72) $^{\circ}C$ ve -2.02-(-0.97) $^{\circ}C$ ile -1.62-0.62 $^{\circ}C$ ve -0.94-0.15 $^{\circ}C$ olduğu belirlenmiştir.

Kanopi sıcaklığının hava sıcaklığından (T_c-T_a) daha düşük (yaklaşık -5 ile -10 $^{\circ}C$ arasında) olması bitkilerde yeteri kadar terlemenin oluşması ile gerçekleşmektedir. Kanopi sıcaklığının hava sıcaklığına yaklaşması ve üzerine çıkmasına su stresine neden olmaktadır (Walker ve Hatfield, 1979). Bu yüzden bizim çalışmamızda elde edilen en düşük sıcaklık farkı değerinin -2.95 $^{\circ}C$ (S_{100} -K-N₅₀ konusu) ve T_c değerlerinin genellikle hava sıcaklığının çok az altında ve civarında olması dikkate

alındığında; çalışmamızdaki bu sonuçlar, yeterli terlemenin olmadığı ve aynı zamanda fazla stres koşulunun da oluşmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Falkenberg vd. (2007), pamuk bitkisinde IR kamera ile 2002 ve 2003 yılları arasında sulama uygulamaları arasındaki kanopi sıcaklıkları farkını ayırt edebilmişlerdir. Gelişme dönemi boyunca IR kamera ile aşırı yağıştan dolayı sadece iki ölçüm yapılabilmişlerdir (29 Temmuz ve 16 Ağustos). I. ölçümde, T_c %100'lük sulama uygulamasında $31.8\text{ }^{\circ}\text{C}$; %75'lik sulama uygulamasında $32.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ olmuştur. ET_c ; sulama uygulamaları arasında önemli derecede farklılık göstermemiştir. Fakat %50 sulama uygulamasında kanopi sıcaklığı $33.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'tir. ET_c bu uygulama konusunda, diğer iki uygulama konusuna göre daha yüksek ölçülmüştür. Buna rağmen kanopi sıcaklıkları arasında; II. ölçümde üç düzey içinde önemli farklılıklar olmasına rağmen %100 ve %75 su uygulamaları, %50 su uygulamasına kıyasla daha benzer bulunmuştur.

Wiegand ve Namken (1966)'in pamuk bitkisinde yaptıkları bir çalışmada, güneş radyasyonundaki 1 birimlik artışın, yaprak sıcaklığında $9-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artışa; yaprak oransal su içeriğindeki %83-59 arasında bir azalışın ise yaprak sıcaklığında $3.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'lik bir artışa neden olduğu ifade edilmiştir. Buğdayda yapılan bir çalışmada ise, ıslak toprak koşullarında; T_c-T_a değeri sabah saatlerinden saat 10:00'a kadar ve saat 14:00'ten akşam saatlerine kadar negatif iken, diğer zaman diliminde sıfıra yakın veya pozitif çıkmıştır. Kuru toprak koşullarında ise, sabah saatlerinden sonra hızlı bir biçimde artan T_c-T_a değeri saat 14:00' den sonra yavaş yavaş azalmıştır. Saat 10:00'dan sonra T_c-T_a değeri pozitif olmuştur (Ehrler vd., 1978). Bizim çalışmamızda ölçümlerin sulamadan hemen önce yani kuru toprak koşullarında ve 10:00-14:00 saatleri arasında yapıldığı düşünüldüğünde, nispeten bu çalışma sonuçları ile uyumlu sonuçlar elde edildiği söylenebilir.

Sadler vd. (2000)'ne göre, şiddetli kuraklığın olduğu dönemlerde, bariz stres altındaki alanlarda T_c-T_a değeri $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'tan daha yükseğe çıkmış, diğer alanlarda bu değer $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'tan daha düşük kalmıştır. Bizim çalışmamızda şiddetli kurak koşullar oluşturulmadığından yine bu çalışmadaki sonuca uygun bir şekilde tüm T_c-T_a değerleri $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'tan daha düşük çıkmıştır.

T_c-T_a değerlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapmak adına varyans analizi sonuçları için Çizelge 4.15 incelendiğinde, blok ve sulama suyu miktarı faktörlerinin I. ölçümdeki T_c-T_a üzerindeki $p<0.05$ düzeyindeki "önemli" etkisi hariç, hiçbir

faktörün herhangi bir T_c-T_a değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

T_c-T_a başlı başına bitki su durumunu ortaya koyabilen bir göstergedir. Stricevic ve Caki (1997) sorgum bitkisinde toprak su içeriği, LWP ve T_c-T_a ilişkilerinin yüksek bir korelasyona sahip olduğunu göstermişlerdir. Smith vd. (1989), istatistiksel analiz yöntemiyle, bitki yüzey sıcaklığı kullanarak, toprak yapısının ve elverişli toprak su düzeyinin belirlenebileceğini ortaya koymuştur. Choudhury ve Idso (1984) yaptıkları bir çalışmada, ayçiçeği bitkisinde, yüksek toprak su içeriği koşullarında, hava ve çiğlenme sıcaklıklarının kanopi sıcaklığı üzerinde etkili olduğunu belirlemiştir. Çamoğlu ve Genç (2013) T_c-T_a değerlerinin sulama konularını ayırt etmede kullanılabileceğini bildirmiştir.

4.9. Su Stresi İndeksleri

Parsel bazlı $CWSI_e$ ve $CWSI_a$ değerlerine ilişkin elde edilen sonuçlar EK-9'da, her bir konunun $CWSI_e$ ve $CWSI_a$ değerlerine ait ortalama değerleri Çizelge 4.16'da ve $CWSI_e$ ve $CWSI_a$ değerlerine ilişkin varyans analizi Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Bu başlık altında, 1. sulama hariç, 2., 3., 4. ve 5. sulamalar öncesi yapılan ölçümlerle elde edilen $CWSI_e$ sırasıyla, $CWSI_{e1}$, $CWSI_{e2}$, $CWSI_{e3}$ ve $CWSI_{e4}$ olarak, bu dört dönemin ortalaması ise $CWSI_{eort}$ olarak ifade edilmiştir. Benzer şekilde, 1. sulama hariç, 2., 3., 4. ve 5. sulamalar öncesi yapılan ölçümlerle elde edilen $CWSI_a$ sırasıyla, $CWSI_{a1}$, $CWSI_{a2}$, $CWSI_{a3}$ ve $CWSI_{a4}$ olarak, bu dört dönemin ortalaması ise $CWSI_{aort}$ olarak ifade edilmiştir.

EK-9 ve Çizelge 4.16 $CWSI_e$ değerleri açısından birlikte incelendiğinde; $CWSI_{e1}$, $CWSI_{e2}$, $CWSI_{e3}$, $CWSI_{e4}$ ile $CWSI_{eort}$ okumalarının parsel bazında ve ortalama değerler açısından min-max aralıkları sırasıyla, 0.30-0.85 ve 0.43-0.70, 0.43-0.73 ve 0.49-0.67, 0.48-0.72 ve 0.55-0.65, 0.39-0.54 ve 0.44-0.52 ile 0.46-0.65 ve 0.52-0.61 arasında olduğu görülmektedir. Tüm konuları birlikte değerlendirdiğimizde; $CWSI_e$ değerleri, parsel bazlı olarak 0.30-0.85; konu bazlı olarak 0.43-0.70 aralığında yer almıştır. $CWSI_e$ indekslerinde mevsimlik ortalama değerler ($CWSI_{eort}$) açısından en düşük değerler $S_{100}-K-N_{50}$ konusunda, en yüksek değer ise $S_{100}-K-N_{100}$ konusundan elde edilmiştir.

Çamoğlu ve Genç (2013) taze fasulyede, $CWSI_e$ indeksi 0.40-0.88 arasında değiştiğini, strese bağlı olarak indeks değerinin de arttığını belirtmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen değerler, bitki farklı olmasına rağmen, bizim çalışmamızdaki değerlerle oldukça uyum içerisindedir. Çalışmamızda beklendiği gibi, $CWSI_e$ 'nin pozitif ve 1.0 den küçük değerleri çıkmış olması, hesaplamada dikkate alınan T_{kuru} ve $T_{ıslak}$ değerleri için kullanılan ampirik yaklaşımın iyi sonuçlar verdiği şeklinde yorumlanabilir.

$CWSI_{a1}$, $CWSI_{a2}$, $CWSI_{a3}$, $CWSI_{a4}$ ile $CWSI_{aort}$ değerlerinin parsel bazında ve ortalama değerler açısından min-max aralıkları ise sırasıyla, -0.07-0.24 ve 0.04-0.14, -0.19-0.06 ve -0.15-0.00, 0.06-0.37 ve 0.17-0.24, -18.72-11.92 ve -3.21-5.75 ile -4.66-3.05 ve -0.75-1.50 arasında olduğu belirlenmiştir. Tüm konuları birlikte değerlendirdiğimizde; $CWSI_a$ değerleri, parsel bazlı olarak -18.72-11.92; konu bazlı olarak -3.21-5.75 aralığında yer almıştır. Çamoğlu ve Genç (2013) taze fasulyede, $CWSI_a$ indeksi 0.32-1.14 arasında değiştiğini, strese bağlı olarak indeks değerinin de arttığını belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızdaki değerler bu çalışmadan elde edilen değerlerden oldukça farklı çıkmıştır. Çalışmada beklenenin aksine, $CWSI_a$ 'nın negatif ve 1.0 den büyük değerleri çıkmış olması, hesaplamada dikkate alınan T_{kuru} ve $T_{ıslak}$ değerleri için kullanılan kuru ve ıslak keçelerin bu çalışma için iyi bir referans yüzeyi olmadığı şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 4.16. Her bir konunun $CWSI_e$ ve $CWSI_a$ değerlerine ait ortalama değerleri

Konu	$CWSI_{e1}$	$CWSI_{e2}$	$CWSI_{e3}$	$CWSI_{e4}$	$CWSI_{eort}$	$CWSI_{a1}$	$CWSI_{a2}$	$CWSI_{a3}$	$CWSI_{a4}$	$CWSI_{aort}$
$S_{100-K-N_{100}}$	0.62	0.67	0.65	0.49	0.61	0.04	0.00	0.21	3.79	1.01
$S_{100-K-N_{50}}$	0.43	0.55	0.56	0.52	0.52	0.08	-0.10	0.22	-3.21	-0.75
$S_{100-W-N_{100}}$	0.57	0.52	0.59	0.47	0.54	0.06	-0.11	0.21	3.36	0.88
$S_{100-W-N_{50}}$	0.60	0.52	0.57	0.46	0.54	0.05	-0.11	0.24	2.98	0.79
$S_{50-K-N_{100}}$	0.67	0.49	0.55	0.44	0.54	0.08	-0.15	0.17	3.52	0.90
$S_{50-K-N_{50}}$	0.62	0.51	0.58	0.48	0.55	0.07	-0.15	0.17	4.50	1.15
$S_{50-W-N_{100}}$	0.68	0.53	0.63	0.50	0.58	0.14	-0.10	0.21	5.75	1.50
$S_{50-W-N_{50}}$	0.70	0.54	0.65	0.48	0.59	0.07	-0.10	0.20	2.60	0.69
Min	0.43	0.49	0.55	0.44	0.52	0.04	-0.15	0.17	-3.21	-0.75
Max	0.70	0.67	0.65	0.52	0.61	0.14	0.00	0.24	5.75	1.50

Örneğin, $S_{50-W-N_{100}}$ konusunda $CWSI_{aort}$ değerinin (1.50) üst sınır olan 1'i değerinin çok aşıldığı görülmektedir. Oluşan durum, ölçülen bitki sıcaklığının kullanılan yapay referansa ilişkin kuru sıcaklık değerinden daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu da bitkiler ile referans yüzey (keçe) arasındaki termal ve

ışınım (radiative) özelliklerindeki farklılıklar ile açıklanabilir (Leinonen ve Jones, 2004).

Cohen vd. (2005) pamukta, termal görüntülerden hesapladıkları CWSI değerlerinin 0.10-0.58 arasında değiştiğini ve stres artışına bağlı olarak indeks değerinin de arttığını belirtmişlerdir. O'Shaughnessy vd. (2011), soya fasulyesi ve pamukta yaptıkları çalışmada, genel itibarıyla stressiz ve az stresli ve I-67 (%67'lik sulama suyu dozu) konularına ilişkin CWSI_e değerleri arasında farklılık olmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.17. CWSI_e ve CWSI_a değerlerine ilişkin varyans analizi

Faktör		CWSI _{e1}	CWSI _{e2}	CWSI _{e3}	CWSI _{e4}	CWSI _{eort}	CWSI _{a1}	CWSI _{a2}	CWSI _{a3}	CWSI _{a4}	CWSI _{aort}
Blok	F	4.080	0.695	0.275	1.520	0.166	4.429	0.274	17.630	1.375	1.512
	p	0.036	0.513	0.763	0.247	0.849	0.028	0.764	0.000	0.279	0.249
Sulama Suyu Miktarı	F	6.468	0.314	0.327	0.011	1.824	1.565	1.878	2.606	2.195	2.145
	p	0.021	0.582	0.575	0.918	0.195	0.228	0.188	0.125	0.157	0.161
Sulama Yönetimi	F	1.642	0.599	0.762	0.098	0.349	0.266	0.061	1.471	0.591	0.615
	p	0.217	0.450	0.395	0.758	0.562	0.613	0.807	0.242	0.453	0.444
Azot	F	1.176	0.519	0.153	0.536	0.577	0.226	0.676	0.204	1.447	1.477
	p	0.293	0.481	0.700	0.474	0.458	0.641	0.422	0.657	0.245	0.241
Sulama Suyu Miktarı * Sulama Yönetimi	F	0.000	1.083	2.356	1.574	1.824	0.810	3.013	0.631	0.950	0.872
	p	0.985	0.313	0.143	0.227	0.195	0.381	0.101	0.438	0.343	0.363

CWSI_e değerlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapmak adına varyans analizi sonuçları için Çizelge 4.17 incelendiğinde; blok ve sulama suyu miktarı faktörlerinin 1. ölçümdeki CWSI_{e1} üzerindeki p<0.05 düzeyindeki “önemli” etkisi hariç, hiçbir faktörün herhangi bir CWSI_e değeri üzerindeki etkisi, istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Grant vd. (2007), yaprak sıcaklıklarının ve CWSI indeksinin sulama düzeylerine göre istatistiksel olarak farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda bu ifade ile CWSI_{e1} ölçümü dışında herhangi bir uyum ortaya çıkmamıştır. Bunda bilinmeyen birçok faktörün etkisi olabileceği gibi, bizim çalışmamızda uygulanan sulama dozu seviyelerinin yalnızca iki konuyla (%100 ve %50) sınırlı kalması da etkili olmuş olabilir. CWSI_e değeri ortalamaları (CWSI_{eort}), hiçbir konuda 0.52'nin altına inmemiş ve 0.61'in üzerinde çıkmamıştır. Çok dar bir aralıkta yer alan bu sonuçlar nedeniyle, sulama konularını ayırt etmede söz konusu indeks kullanılamamıştır.

CWSI_a değerlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapmak için aynı çizelgedeki varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; blok faktörlerinin 1. ölçümdeki CWSI_{a1} üzerindeki $p < 0.05$ düzeyindeki ve 3. ölçümdeki CWSI_{a3} üzerindeki $p < 0.01$ düzeyindeki “önemli” etkisi hariç, hiçbir faktörün herhangi bir CWSI_a değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Howell vd. (1984) pamukta yaptıkları bir çalışmada verim ile CWSI arasında ($r=0.99$) istatistiksel bakımdan önemli bir ilişki belirlemişlerdir. Jackson vd. (1977), buğday bitkisinde, en fazla su uygulanan konuda CWSI değerlerinin 0.03-0.60 arasında, en fazla strese maruz bırakılan konuda ise 0.07 ile 1.00 arasında değiştiğini saptamışlardır. Ödemiş ve Baştuğ (1999) pamukta, mevsimlik ortalama CWSI değerlerini 0.219-0.503 arasında bulmuşlardır. Yapılan bu çalışma sonucunda farklı sulama konularında CWSI'nin değişimi incelenerek, CWSI=0.45 değerinin pamuk bitkisi için sulama zamanına karar vermede, bir ölçüt olarak alınabileceğini göstermişlerdir. Yapılan bazı çalışmalarda da kızılötesi termal görüntülerle belirlenen indekslerin su stresinin belirlenebileceği ortaya konmuştur. Grant vd. (2007) ve Stoll ve Jones (2007) çalışmalarında, bitkilerdeki su stresini ayırt etmede termal görüntülerin kullanışlı birer araç olduğunu belirtmişlerdir. Jimenez-Bello vd. (2011), Trabzon hurması ve narenciyede, biri kontrol ve ikisi kısıtlı sulamadan oluşan denemede, taç sıcaklıklarının konulara göre farklılık gösterdiğini ve ek olarak en düşük sıcaklığın kontrol konusundan elde edildiğini bildirmişlerdir. Fuentes vd. (2012), termal indeksler ile su stresi parametreleri arasında önemli ilişkiler olduğunu belirtmişlerdir. Baluja vd. (2012) bağda, ampirik olarak hesaplanan termal indeks ile fizyolojik parametreler arasında önemli ilişkiler belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlar yapılan bu çalışmayı doğrular niteliktedir.

4.10. Stoma İletkenliği

Parsel bazlı I_{Ge} ve I_{Ga} değerlerine ilişkin elde edilen sonuçlar EK-10'da, her bir konunun I_{Ge} ve I_{Ga} değerlerine ait ortalama değerleri Çizelge 4.18'de ve I_{Ge} ve I_{Ga} değerlerine ilişkin varyans analizi Çizelge 4.19'da verilmiştir.

Bu başlık altında, 1. sulama hariç, 2., 3., 4. ve 5. sulamalar öncesi yapılan ölçümlerle hesaplanan I_{Ge} sırasıyla, I_{Ge1} , I_{Ge2} , I_{Ge3} ve I_{Ge4} olarak, bu dört dönemin ortalaması ise I_{Geort} olarak ifade edilmiştir. Benzer şekilde, 1. sulama hariç, 2., 3., 4. ve 5. sulamalar öncesi yapılan ölçümlerle hesaplanan I_{Ga} sırasıyla, I_{Ga1} , I_{Ga2} , I_{Ga3} ve I_{Ga4} olarak, bu dört dönemin ortalaması ise I_{Gaort} olarak ifade edilmiştir.

EK-10 ve Çizelge 4.18 I_{Ge} değerleri açısından birlikte incelendiğinde; I_{Ge1} , I_{Ge2} , I_{Ge3} , I_{Ge4} ile I_{Geort} okumalarının parsel bazında ve ortalama değerler açısından min-max aralıkları sırasıyla, 0.18-2.29 ve 0.48-1.48, 0.36-1.32 ve 0.50-1.04, 0.39-1.09 ve 0.54-0.84, 0.85-1.56 ve 0.92-1.31 ile 0.61-1.29 ve 0.69-1.00 arasında olduğu görülmektedir.

I_{Ga1} , I_{Ga2} , I_{Ga3} , I_{Ga4} ile I_{Gaort} okumalarının parsel bazında ve ortalama değerler açısından min-max aralıkları ise sırasıyla, -298.00-32.00 ve -92.59-22.90, -206.00-37.57 ve -74.27-12.86, 1.72-15.75 ve 3.88-7.67, -1.05-(-0.48) ve -0.87-(-0.61) ile -72.62-18.12 ve -23.28-9.74 arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.18. Her bir konunun stoma iletkenliği değerlerine ait ortalama değerleri

Konu	I_{Ge1}	I_{Ge2}	I_{Ge3}	I_{Ge4}	I_{Geort}	I_{Ga1}	I_{Ga2}	I_{Ga3}	I_{Ga4}	I_{Gaort}
$S_{100-K-N_{100}}$	0.67	0.50	0.56	1.03	0.69	22.90	12.86	3.88	-0.66	9.74
$S_{100-K-N_{50}}$	1.48	0.83	0.79	0.92	1.00	15.85	-11.99	4.35	-0.87	1.83
$S_{100-W-N_{100}}$	0.76	0.92	0.72	1.16	0.89	-3.33	-10.93	6.35	-0.69	-2.15
$S_{100-W-N_{50}}$	0.69	0.95	0.76	1.18	0.89	0.92	-11.14	4.14	-0.65	-1.68
$S_{50-K-N_{100}}$	0.54	1.04	0.84	1.31	0.93	-92.59	-7.49	7.67	-0.70	-23.28
$S_{50-K-N_{50}}$	0.63	1.00	0.72	1.10	0.86	13.77	-8.14	6.29	-0.75	2.79
$S_{50-W-N_{100}}$	0.49	0.87	0.62	1.02	0.75	11.04	-14.17	3.92	-0.72	0.02
$S_{50-W-N_{50}}$	0.48	0.85	0.54	1.10	0.74	17.03	-74.27	3.99	-0.61	-13.47
Min	0.48	0.50	0.54	0.92	0.69	-92.59	-74.27	3.88	-0.87	-23.28
Max	1.48	1.04	0.84	1.31	1.00	22.90	12.86	7.67	-0.61	9.74

Çizelge 4.19. Stoma iletkenliği indeksine ilişkin varyans analizi sonuçları

Faktör		I_{Ge1}	I_{Ge2}	I_{Ge3}	I_{Ge4}	I_{Geort}	I_{Ga1}	I_{Ga2}	I_{Ga3}	I_{Ga4}	I_{Gaort}
Blok	F	1.618	0.943	0.412	1.635	0.172	1.352	1.119	11.298	0.548	2.145
	p	0.227	0.409	0.669	0.224	0.843	0.285	0.350	0.001	0.588	0.148
Sulama Suyu Miktarı	F	4.250	0.188	0.301	0.011	1.737	0.679	1.759	0.655	0.021	2.011
	p	0.055	0.670	0.591	0.917	0.205	0.421	0.202	0.430	0.887	0.174
Sulama Yönetimi	F	1.856	0.328	0.810	0.083	0.676	0.403	2.127	0.832	2.130	0.079
	p	0.191	0.574	0.381	0.777	0.422	0.534	0.163	0.375	0.163	0.782
Azot	F	1.539	0.553	0.063	0.563	0.854	1.121	1.709	0.541	0.270	0.030
	p	0.232	0.467	0.805	0.463	0.368	0.305	0.209	0.472	0.610	0.865
Sulama Suyu Miktarı * Sulama	F	0.340	1.346	2.198	1.954	0.822	1.996	0.484	4.204	0.054	0.597
	p	0.567	0.262	0.156	0.180	0.377	0.176	0.496	0.056	0.819	0.450

I_{Ge} değerlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapmak adına varyans analizi sonuçları için Çizelge 4.19 incelendiğinde; hiçbir faktörün herhangi bir I_{Ge} değeri üzerinde etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

I_{Ga} değerlerine ilişkin genel bir değerlendirme yapmak için aynı çizelgedeki varyans analizi sonuçlarına bakıldığında; blok faktörünün 3. ölçümdeki I_{Ga3} üzerindeki $p<0.01$ düzeyindeki “önemli” etkisi hariç, hiçbir faktörün herhangi bir I_{Ga} değeri üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Padhi vd. (2012) pamukta, I_{Ga} indeksinin su stresinin artışına bağlı olarak azaldığını ve bu azalmanın istatistiksel olarak önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Örneğin, S_{50} -K- N_{100} konusunda $I_{Ga,ort}$ değerinin en yüksek negatif değeri (-23.28) aldığı görülmektedir. Oluşan durum, $CWSI_a$ 'nın değerlendirildiği bölümde de ifade edildiği üzere; ölçülen bitki sıcaklığının kullanılan yapay referansa ilişkin kuru sıcaklık değerinden daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bu da bitkiler ile referans yüzey arasındaki termal ve ışıınım (radiative) özelliklerindeki farklılıklar ile açıklanabilir (Leinonen ve Jones, 2004).

5. SONUÇ

ET açısından $S_{100}N_{100}$ uygulamalarında, W sulama yönetimi altında K'ya göre yaklaşık %11 daha az su tüketilmiştir. Tüm bu sonuçlara göre hassas sulama tekniklerinden kabul edilen W konusunun, K konusuna göre su tasarrufu sağladığı açıktır.

ET ve arazi verimliliği (Y) açısından karşılaştırdığımızda, W sulama yönetimi altında K sulama yönetimine göre yaklaşık %11 daha az su tüketilmesine karşılık, verimde yalnızca %1.2 oranında bir azalma söz konusu olmuştur. Bu sonuç, verimde doğrudan etkili olan sulama suyu miktarının önemli oranda azaltılmasına karşılık, farklı sulama yönetim şekilleriyle verimde çok fazla azalma olmaksızın sulama yapılabileceğini göstermiştir.

Diğer çalışmalara göre daha düşük bir su tüketimine karşılık aynı azot (N_{100}) koşulu için gerek K (641 kgda^{-1}) gerekse de W (633 kgda^{-1}) yönetim koşullarında, daha yüksek verim elde edilmiştir. Bir diğer deyişle daha etkin bir sulama yapıldığı söylenebilir. Bu sonucun ortaya çıkmasında etken olarak, sulama yöntemi ve yönetimi, iklim koşulları ve pamuk çeşidinin etkili olabileceği düşünülmektedir.

RIS değerleri genellikle düşük olarak elde edilmiştir. Ancak bu göstergenin verimle birlikte değerlendirilmesi durumunda; benzer çalışmalara kıyasla daha etkin bir sulama yapıldığı söylenebilir. WUE değerleri genellikle yüksek çıkmıştır. Bu da, çalışmada diğer araştırmalara göre bitki tarafından tüketilen suya karşılık elde edilen verimin daha yüksek gerçekleştiği anlamına gelmektedir. IWUE değerleri de genellikle yüksek çıkmıştır. Yani uygulanan sulama suyunun verime etkisi yüksek olarak gerçekleşmiştir. Başka bir deyişle bu çalışmada diğer çalışmalara göre daha etkin bir sulama yapılmıştır.

Pamuk bitkisinin bazı agronomik özellikleri açısından her iki N dozu ya da her iki sulama yönetiminden biri tercih edilebilir. Bunlar arasında tercihi belirleyici faktör, su kullanımına ilişkin parametreler ve agronomik özellikler değil, su temininde, zaman, işgücü ve enerji ihtiyacı ile ölçülü sulama ve fiyatlandırma yapılması durumunda, su ve sulamanın maliyeti gibi faktörler açısından yapılacak bir ekonomik analiz sonuçları olmalıdır.

Deneme faktörleri ve konularının pamuk bitkisinin teknolojik özellikleri üzerinde “önemli” bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

CWSI_c'nin pozitif ve 1.0 den küçük değerleri çıkmış olması, hesaplamada dikkate alınan T_{kuru} ve T_{ıslak} değerleri için kullanılan ampirik yaklaşımın iyi sonuçlar verdiği şeklinde yorumlanabilir. Ancak beklenenin aksine, CWSI_a'nın negatif ve 1.0 den büyük değerleri çıkmış olması, hesaplamada dikkate alınan T_{kuru} ve T_{ıslak} değerleri için kullanılan kuru ve ıslak keçelerin iyi bir referans yüzeyi olmamasıyla açıklanabilir.

CWSI değerleri ile araştırmada dikkate alınan sulama suyu miktarı faktörü arasında beklenenin aksine herhangi bir uyum ortaya çıkmamıştır. Bunda bilinmeyen birçok faktörün etkisi olabileceği gibi, çalışmada uygulanan sulama dozu seviyelerinin yalnızca iki konuyla (%100 ve %50) sınırlı kalmasının etkili olduğu düşünölmektedir.

Bu yüzden bitki su stresini izleme ve değerlendirmede, dolayısıyla sulamanın programlanmasında etkin araçlar olan kızıl ötesi termal kameralarla yapılan çalışmalarda, daha ayrıntılı ve daha çok sayıda farklı düzeylerde sulama dozu uygulanarak, daha hassas sonuçlar elde edilebilecektir.

KAYNAKLAR

- Akkuzu, E. 2001. Aşağı Gediz Havzasındaki Bazı Sulama Sistemlerinin Performanslarının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir, 138.
- Akkuzu, E., Camoglu, G., Kaya, U. 2010. Diurnal Variation of canopy temperature differences and leaf water potential of field-grown olive trees (*Olea europaea* L. Cv. Memecik), **Philippine Agricultural Scientist**, 93 (4): 399–405.
- Alderfasi A.A., Nielsen D.C. 2001. Use Of Crop Water Stress Index For Monitoring Water Status and Scheduling Irrigation in Wheat, **Agricultural Water Management**, 47: 69-75.
- Alkan G. 2012. Aydın Ekolojisinde Bazı Badem Çeşitlerinin Adaptasyonu Ve Fidanlarının Erken Meyveye Yatma Performanslarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, Doktora Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aydın.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D, Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage Paper No.56 FAO 300. Rome, Italy.
- Allen, R.G. Tasumi, M., Morse, A., Trezza, R. 2005. A Landsat-based energy balance and evapotranspiration model in Western US water rights regulation and planning, **Irrigation and Drainage Systems**, 19: 251- 268.
- Anaç S., Ul M.A., Tuzel I.H., Anaç D., Okur B., Hakerler H. 1999. Optimum irrigation scheduling for cotton under deficit irrigation conditions. C. Kırdı, P. Moutonnet, C. Hera, D.R. Nielsen (Eds.), Crop Yield Response to Deficit Irrigations, **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht, The Netherlands.
- Anonim 1995. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Aydın İl Müdürlüğü Çalışma Raporu, 1-2, Aydın.
- Arslan S., Üçlü G., Tanrıverdi Ç. 2012. Hassas Tarımda Değişken Oranlı Sulama Teknolojisi (DOST), **II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, 24-25 Mayıs 2012, E.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Poster Sunum, 1179- 1186, Bornova-İzmir.
- Baluja J., Diago M.P., Balda P., Zorer R., Meggio F., Morales F., Tardaguila, J. 2012. Assessment of vineyard water status variability by thermal and multispectral imagery using an unmanned aerial vehicle (UAV). **Irrigation Science**, DOI 10.1007/s00271-012-0382-9.

- Bandara K.M.P.S. 2002. Monitoring Irrigation Performance in Sri Lanka with High-Frequency Satellite Measurement During the Dry Season, **Agricultural Water Manag**, 1775: 1-12.
- Ben-Gal A., Agam N., Alchanatis V., Cohen Y., Yermiyahu U., Zipori I., Presnov E., Sprintsin M., Dag A. 2009. Evaluating water stress in irrigated olives: correlation of soil water status, tree water status, and thermal imagery. **Irrigation Science**, 27: 367–376.
- Bilgel, L. 1994. Harran Ovası'nda Pamuğun İlk ve Son Sulama Zamanları. **Şanlıurfa Köy Hizmetleri Araş. Enst. Yayınları**. Genel Yayın No: 88 Rapor Serisi: 61, Şanlıurfa.
- Blad B.L., Rosenberg N.J. 1975. Measurement of crop temperature by leaf thermocouple, infrared thermometry and remotely sensed thermal imagery, **Agronomy J.I**, 65: 635-641.
- Bowman W.D. 1989. The Relationship Between Leaf Water Status, Gas Exchange, and Spectral Reflectance in Cotton Leaves, **Remote Sensing of Environment**, 30: 249-255.
- Calderón R., Navas-Cortés J.A., Lucena C., Zarco-Tejada P.J. 2013. High-Resolution Airborne Hyperspectral And Thermal İmagery For Early Detection Of Verticilliumwilt Of Olive Using Fluorescence, Temperature And Narrow-Band Spectral İndices, **Remote Sensing of Environment**, 139: 231–245.
- Choudhury B.J., Idso S.B. 1984. Simulating sunflower canopy temperatures to infer root-zone soil water potential. **Agricultural and Forest Meteorology**, 31: 69-78.
- Cohen Y., Alchanatis V., Meron M., Saranga Y., Tsipris J. 2005. Estimation of Leaf Water Potential by Thermal Imagery And Spatial Analysis. **Journal of Experimental Botany**, 56 (417): 1843–1852.
- Çalışan M, Türkoğlu İ, 2011. “Termal Kameralar Ve Uygulamaları”, **Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Sempozyumu**, Elazığ.
- Çamoğlu G. ve Genç L. 2013. Kızılötesi Termal Görüntüleri ve Hiperspektral Yansıma Verilerini Kullanarak Taze Fasulyede Su Stresinin Belirlenmesi, TÜBİTAK Proje Sonuç Raporu, Proje No: 111O874, 64s.
- Dagdelen N., Başal H., Yılmaz E., Gürbüz T., Akçay S. 2009. Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. **Agric. Water Manag.**, 96: 111-120.

- Dagdelen N., Yılmaz E., Sezgin F., Gürbüz T. 2006. Water-Yield Relation and Water Use Efficiency of Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) and Second Crop Corn (*Zea Mays* L.) in Western Turkey. **Agric. Water Manag.**, 82: 63-85.
- Diaz-Espejo A., Nicolas E., Fernandez J.E. 2007. Seasonal evolution of diffusional limitations and photosynthetic capacity in olive under drought. **Plant Cell Environment**, 30 (8): 922–933.
- Doorenbos J., Kassam A.H. 1979. Yield Response to Water. **Irrigation and Drainage**, Paper No: 33 FAO, 193p, Rome.
- Droogers P., Bastiaanssen W.G.M. 2002. Irrigation Performance using Hydrological and Remote Sensing Modeling, **J. of Irrigation and Drainage Engineering**, 128(1): 11-18.
- Ehrler W.L., Idso S.B., Jackson R.D., Reginato R.J. 1978. Diurnal changes in plant water potential and canopy temperature of wheat as affected by drought. **Agronomy J.**, 70: 999-1009.
- Falkenberg N.R., Piccinni G., Cothren J.T., Leskovar D.I., Rush C.M. 2007. Remote Sensing Of Biotic And Abiotic Stress For Irrigation Management Of Cotton, **Agricultural Water Management**, 87: 23-31.
- Fuentes S., De Bei R., Pech J., Tyerman S. 2012. Computational water stress indices obtained from thermal image analysis of grapevine canopies. **Irrigation Science**, DOI 10.1007/s00271–012–0375–8.
- Gençoğlan C., Yazar A. 1999. Çukurova koşullarında yetiştirilen I. ürün mısır bitkisinde infrared termometre değerlerinde yararlanılarak bitki su stresi indeksi (CWSI) ve sulama zamanının belirlenmesi, **Tr. J. of Agriculture and Forestry**, 23: 87-95.
- Grant O.M., Tronina L., Jones H.G., Chaves M.M. 2007. Exploring thermal imaging variables for the detection of stress responses in grapevine under different irrigation regimes. **Journal of Experimental Botany**, 58 (4): 815–825.
- Hashimoto Y., Ino T., Kramer P.J., Naylor A.W., Strain B.R. 1984. Dynamic Analysis of Water Stress of Sunflower Leaves by Means of a Thermal Image Processing System, **Plant Physiol.**, 76: 266-269.
- Howell T.A., Hiler E.A. 1975. Optimization of water use efficiency under high frequency irrigation I. Evapotranspiration and yield relationship, **Transactions of the ASAE**, 18(5).
- Howell T.A., Hatfield J.L., Yamada H., Davis K.R. 1984. Evaluation of cotton canopy temperature to detect crop water stress. **Transact. ASAE.P**, 84-88.

- Hsiao T.C. 1973. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, 24: 519–570.
- Idso S.B., Jackson R.D., Pinter P.J., Reginato R.J., Hatfield J.L. 1981. Normalizing the Stress-Degree-Day Parameter for Environmental Variability, **Agricultural Meteorology**, 24: 45–55.
- Idso S.B., Jackson R.D., Reginato R.J. 1978. Remote sensing for agricultural water management and crop yield prediction. **Agriculture Water Management**, 1: 299–310.
- Ishimwe R., Abutaleb K., Ahmed F. 2014. Applications of Thermal Imaging in Agriculture- A Review, **Advances in Remote Sensing**, 3 (3): 12.
- Jackson R.D., Pinter P.J., Reginato R.J., Idso S.B. 1986. Detection and evaluation of plant stress for crop management decisions. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 24 (1): 99-106.
- Jackson R.D. 1982. Canopy Temperature and Crop Water Stress, **Advances in Irrigation Research**, 1: 43-85.
- Jackson R.D., Idso S.B., Reginato R.J., Pinter P.J. 1981. Canopy temperature as a crop water stress indicator. **Water Resources Research**, 17 (4): 1133-1138.
- Jackson R.D., Reginato R.J., Idso S.B. 1977. Wheat canopy temperature: A practical tool for evaluating water requirements, **Water Resources Research**, 13 (3): 651-656.
- James L.G. 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley and Sons. Inc Newyork.
- Jimenez-Bello M.A., Ballester C., Castel J.R., Intrigliolo D.S. 2011. Development and validation of an automatic thermal imaging process for assessing plant water status. **Agricultural Water Management**, 98: 1497–504.
- Jones H.G., Leinonen I. 2003. Thermal Imaging for the Study of Plant Water Relations, **J. Agric. Meteorol.**, 59: 205-217.
- Jones H.G., Serraj R., Wheaton A., Price A. 2009. Thermal Infrared Imaging Of Crop Canopies For Remote Diagnosis And Quantification Of Plant Responses To Water Stress In The Field, *Functional Plant Biology*.
- Jones H.G., Stoll M., Santos T., de Saousa C., Chaves M.M., Grant O. 2002. Use of Infrared Thermography for Monitoring Stomatal Closure in the field: Application to Grapevine, **Journal of Experimental Botany**, 53: 2249–2260.

- Jones C.L., Schofield P. 2008. Thermal and Other Remote Sensing of Plant Stress, **Gen. Appl. Plant**, 34 (1-2): 19-32.
- Jones H.G. 1999a. Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation scheduling. **Agric. Forest Meteorol.**, 95: 139–149.
- Jones H.G. 1999b. Use of thermography for quantitative studies of spatial and temporal variation of stomatal conductance over leaf surfaces. **Plant Cell Environ.**, 22: 1043–1055.
- Jones H.G., Aikman D.A., McBurney T. 1997. Improvements to Infrared Thermometry for Irrigation Scheduling, **Acta Horticulturae**, 449: 259–266.
- Kanber R., Tekinel O., Baytorun N., Kumova Y., Alagöz T. 1991. Harran Ovası Koşullarında Pamuk Sulama Aralığı ve Su Tüketiminin Belirlenmesinde Açık Su Yüzeyi Buharlaştırmadan Yararlanma Olanaklarının Saptanması. Güneydoğu Anadolu Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı Kesin Sonuç Raporu. GAP Yayınları No:44 , Adana.
- Karaata H. 1985. Harran Ovası'nda Pamuk Su Tüketimi. **Şanlıurfa Köy Hizmetleri Araş.** Enst. Yayınları Genel Yayın No: 24 Rapor Serisi No: 15, Şanlıurfa.
- Karataş B.S. 2006. Coğrafi Bilgi Sistemi Ve Uzaktan Algılama Teknikleriyle Menemen Sulama Sistemi Performansının Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bornova-İzmir, 159s.
- Kırnak H., Demirtaş M.N. 2002. Su Stresi Altındaki Kiraz Fidanlarında Fizyolojik ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi, **Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.**, 33 (3): 265-270.
- Köksal E.S. 2006. Sulama Suyu Düzeylerinin Şekerpancarının Verim, Kalite Ve Fizyolojik Özellikleri Üzerindeki Etkisinin, İnfrared Termometre Ve Spektrometre İle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Köksal E.S., Üstün H., İlbeyi A. 2010. Bodur Yeşil Fasulyenin Sulama Zamanı Göstergesi Olarak Yaprak Su Potansiyeli ve Bitki Su Stres İndeksi Sınır Değerleri, **U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi**, 24 (1): 25-36.
- Köksal E.S. 2007. Sulama suyu yönetiminde uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı. **Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 22 (3): 306-315.

- Labbé S., Lebourgeois V., Jolivot A., Marti R. 2012. Thermal Infra-Red Remote Sensing For Water Stress Estimation In Agriculture, **CIHEAM / IMIDA / SUDOE Interreg IVB (EU-ERDF) Série B. Etudes et Recherches**, 67: 175-184.
- Leinonen I., Jones H. 2004. Combining Thermal and Visible Imagery for Estimating Canopy Temperature and Identifying Plant Stress, **Journal of Experimental Botany**, 55 (401): 1423-1431.
- Li L., Zhang Q., Huang D. 2014. A Review of Imaging Techniques for Plant Phenotyping, *Sensors*, 14: 20078-20111.
- Meyer W.S., Reicosky D.C., Schaefer N.L. 1985. Errors in Field Measurement of Leaf Diffusive Conductance associated with Leaf Temperature, **Agricultural and Forest Meteorology**, 36 (1): 55-64.
- Millard C.E., Turk L.M., Foth H.D. 1966. Fundamental of Soil Science, Fourt Edition, **John Wiley and Sons Inc.** 491 p, New York.
- Molden D.J., Sakthivadivel R., Perry C.J., Fraiture C., Kloezen W.H. 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agricultural systems, International Water Management Institute, Research Report 20. Colombo, Sri Lanka.
- Monteith ve Unsworth. 1990. Principles of Environmental Physics (2), Edward Arnold, Londra
- Moran M.S., Clarke T.R., Inoue Y., Vidal A. 1994. Estimating crop water deficit using the relation between surface – air temperature and spectral vegetation index. **Remote Sens. Environ.**, 49: 246-263.
- Möller M., Alchanatis V., Cohen Y., Meron M., Tsipris J., Naor A., Ostrovsky V., Sprintsin M., Cohen S. 2007. Use of Thermal and Visible Imagery for Estimating Crop Water Status of Irrigated Grapevine, 58 (4): 827-883.
- Myneni R.B., Hall F.G., Sellers P.J., Marshak A.L. 1995. The Interpretation of Spectral Vegetation Indexes, **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, 33: 481-486.
- Niemiera A.X., Goy M. 1990. Use of Crop Water Stress Index to Schedule Irrigation of Freeway Landscape plants. **HortScience**, 25: 302-305.
- O'shaughnessy S.A., Evett S.R., Colaizzi P.D., Howell T.A. 2011. Using Radiation Thermography and Thermometry to Evaluate Crop Water Stress in Soybean and Cotton, **Agricultural Water Management**, 98: 1523–1535.

- Ödemiş B., Baştuğ R. 1999. İnfrared Termometre Tekniği Kullanılarak Pamukta Bitki Su Stresinin Değerlendirilmesi ve Sulamaların Programlanması, **Tr. J. of Agriculture and Forestry**, 23: 31-37.
- Padhi J., Misra R.K., Payero J.O. 2012. Estimation of soil water deficit in an irrigated cotton field with infrared thermography. **Field Crops Research**, 126: 45-55.
- Padhi J., Misra R.K., Payero J.O. 2009. Use of Infrared Thermography to Detect Water Deficit Response in an Irrigated Cotton Crop, **International Conference on Food Security and Environmental Sustainability**, 17-19 Dec, Kharagpur, India.
- Penuelas J., Filella I., Biel C., Serrano L., Save R. 1993. The Reflectance at the 950-970 nm Region as An Indicator of Plant Water Status, **Int. J. of Remote Sensing**, 14: 1887-1905.
- Penuelas J., Pinol J., Ogaya R., Filella I. 1997. Estimation of Plant Water Concentration by the Reflectance Water Index WI (R900/R970), **Int. J. of Remote Sensing**, 18: 2869-2875.
- Perry C.J. 1996. Quantification and measurement of a minimum set of indicators of the performance of irrigation systems, International Irrigation Manag. Institute. Colombo, Sri Lanka.
- Pinter P.J., Reginato R.J. 1982. A Thermal Infrared Technique for Monitoring Cotton Water Stress and Scheduling Irrigations, **Trans. ASAE**, 25: 1651-1655.
- Prashar A., Jones H.G. 2014. Infra-Red Thermography as a High-Throughput Tool for Field Phenotyping, **Agronomy**, 4: 397-417.
- Reginato R.J. 1983. Field Quantification of Crop Water Stress, **Trans. ASAE**, 26(3): 772-775/781.
- Rouse J.W., Haas R.H., Schell J.A., Deering D.W. 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite-1. **Symposium NASA, Greenbelt MD**, 301-317.
- Sadler E.J., Bauer P.J., Busscher W.J., Millen J.A. 2000. Site-specific analysis of a drought corn crop: II. Water use and stress. **Agronomy J.**, 92: 403-410.
- Sellers P.J. 1985. Canopy Reflectance, Photosynthesis and Transpiration. **International Journal of Remote Sensing**, 6: 1335-1372.

- Semizoglu E. 2012. Eddy Kovaryans Yöntemiyle Buğday Bitkisinin Karbondioksit Akılarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Sezgin F., Yılmaz E., Dağdelen N., Baş S. 2001. Pamuk tarımında farklı sulama yöntemi ve su düzeyi uygulamasının su-verim ilişkileri üzerine etkisi. **III. Ulusal Hidroloji Kongresi**, Dokuz Eylül Univ. İzmir, Haziran 27-29.
- Smith R.C.G., Prathapar S.A., Barrs H.D. 1989. Use of thermal scanner image of water stressed crop to study soil spatial variability. **Remote Sens. Environ.**, 29: 111-120.
- Stoll M., Jones H. 2007. Thermal imaging as a viable tool for monitoring plant stress. **International Journal of Vine and Wine Sciences**, 41 (2): 77-84.
- Stricevic R., Caki E. 1997. Relationships between available soil water and indicators of plan water status of sweet sorghum to be applied in irrigation scheduling. **Irrigation Science**, 18: 17-21.
- Taghvaeian S., Chavez J.L. 1974. Remote Sensing For Evaluating Crop Water Stress At Field Scale Using İnfrared Thermography: Potential And Limitations, Hydrology Days.
- Thomson S.J., Ouellet C.M., DeFauw S.L., Huang Y., Fisher D.K. 2012. English P.J. Potential and Challenges in Use of Thermal Imaging for Humid Region Irrigation System Management, **Journal of Agricultural Science**, 4(4).
- Tüzel İ.H.ve Ul M.A. 2003. Pamuk Sulaması. Pamukta Eğitim Semineri 14-17 Ekim 2003, 83-92, İzmir.
- Tüzüner A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Walker G.K., Hatfield J.L. 1979. Test of stress-degree-day concept using multiple planting dates of red kidney beans. **Agronomy J.**, 71: 967-971.
- Wanjura D.F., Hatfield J.L., Upchurch D.R.1980. Stress Index Relationships with Crop productivity, **ASAE Paper No. SWR**, 88- 102.
- Wiegand C.L., Namken L.N. 1966. Influences of plant moisture stress, solar radiation, and air temperature on cotton leaf temperature. **Agronomy J.**, 58: 582-586.
- Yavuz M. Y. 1993. Farklı Sulama Yöntemlerinin Pamukta Verim ve Su Kullanımına Etkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 196s.

EKLER**EK-1. Parsel Bazlı Sulama Suyu Miktarları, Etkili Yağış, Mevsimlik Su Tüketimi Değerleri (mm)**

Parsel #	Konu	Sulama Suyu Miktarları					Toplam Sulama Suyu [I]	Toplam Etkili Yağış [R]	Mevsimlik Bitki su Tüketimi [ET]
		I. Sul.	II. Sul.	III. Sul.	IV. Sul.	V. Sul.			
1	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	40.0	115.0	127.0	123.0	117.00	522.00	158.80	680.80
2	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	40.0	115.0	127.0	123.0	117.00	522.00	158.80	680.80
3	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	40.0	100.0	110.0	105.0	94.00	449.00	158.80	607.80
4	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	40.0	100.0	110.0	105.0	94.00	449.00	158.80	607.80
5	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	40.0	57.5	63.5	61.5	58.50	281.00	158.80	439.80
6	S ₅₀ -K-N ₅₀	40.0	57.5	63.5	61.5	58.50	281.00	158.80	439.80
7	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	40.0	50.0	55.0	52.5	47.00	244.50	158.80	403.30
8	S ₅₀ -W-N ₅₀	40.0	50.0	55.0	52.5	47.00	244.50	158.80	403.30
9	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	40.0	115.0	127.0	123.0	117.00	522.00	158.80	680.80
10	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	40.0	100.0	110.0	105.0	94.00	449.00	158.80	607.80
11	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	40.0	100.0	110.0	105.0	94.00	449.00	158.80	607.80
12	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	40.0	57.5	63.5	61.5	58.50	281.00	158.80	439.80
13	S ₅₀ -K-N ₅₀	40.0	57.5	63.5	61.5	58.50	281.00	158.80	439.80
14	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	40.0	50.0	55.0	52.5	47.00	244.50	158.80	403.30
15	S ₅₀ -W-N ₅₀	40.0	50.0	55.0	52.5	47.00	244.50	158.80	403.30
16	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	40.0	115.0	127.0	123.0	117.00	522.00	158.80	680.80
17	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	40.0	100.0	110.0	105.0	94.00	449.00	158.80	607.80
18	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	40.0	100.0	110.0	105.0	94.00	449.00	158.80	607.80
19	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	40.0	57.5	63.5	61.5	58.50	281.00	158.80	439.80
20	S ₅₀ -K-N ₅₀	40.0	57.5	63.5	61.5	58.50	281.00	158.80	439.80
21	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	40.0	50.0	55.0	52.5	47.00	244.50	158.80	403.30
22	S ₅₀ -W-N ₅₀	40.0	50.0	55.0	52.5	47.00	244.50	158.80	403.30
23	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	40.0	115.0	127.0	123.0	117.00	522.00	158.80	680.80
24	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	40.0	115.0	127.0	123.0	117.00	522.00	158.80	680.80

EK-2 Parsel Bazlı Verim ve Su Kullanımına İlişkin Performans Göstergeleri

Parsel #	Konu	Verim,	Rölatif Sulama	Su Kullanım	Sulama Suyu
		[Y] (kgda ⁻¹)	Suyu Temini, [RIS] (-)	Randımanı, [WUE] (kgm ⁻³)	Kullanım Randımanı, [IWUE] (kgm ⁻³)
1	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	590	0.67	0.87	1.13
2	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	562	0.67	0.83	1.08
3	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	647	0.58	1.06	1.44
4	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	508	0.58	0.84	1.13
5	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	436	0.36	0.99	1.55
6	S ₅₀ -K-N ₅₀	404	0.36	0.92	1.44
7	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	480	0.32	1.19	1.96
8	S ₅₀ -W-N ₅₀	402	0.32	1.00	1.64
9	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	572	0.67	0.84	1.10
10	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	633	0.58	1.04	1.41
11	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	588	0.58	0.97	1.31
12	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	442	0.36	1.01	1.57
13	S ₅₀ -K-N ₅₀	372	0.36	0.85	1.32
14	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	475	0.32	1.18	1.94
15	S ₅₀ -W-N ₅₀	358	0.32	0.89	1.47
16	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	671	0.67	0.99	1.29
17	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	618	0.58	1.02	1.38
18	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	567	0.58	0.93	1.26
19	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	451	0.36	1.03	1.61
20	S ₅₀ -K-N ₅₀	364	0.36	0.83	1.30
21	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	454	0.32	1.12	1.86
22	S ₅₀ -W-N ₅₀	379	0.32	0.94	1.55
23	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	660	0.67	0.97	1.26
24	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	580	0.67	0.85	1.11
	Min	358	0.32	0.83	1.08
	Max	671	0.67	1.19	1.96

EK-3. Parsel Bazlı Pamuk Bitkisinin Bazı Agronomik Özelliklerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar

Parsel #	Konu	Bitki Boyu (cm)	100 Tohum Ağırlığı (g)	Açmış Koza Sayısı (ad)	Açmamış Koza Sayısı (ad)	Silkme Sayısı (ad)	Silkme Oranı (%)	Koza Kütlü Ağırlığı (g)	Meyve Dalı Sayısı (ad)	Çırcır Randmanı (%)
1	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	123	171	7	1	10	45	140	17	45
2	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	129	153	9	3	13	46	119	18	44
3	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	134	160	8	2	9	44	130	16	45
4	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	130	105	14	3	11	44	89	19	46
5	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	122	91	8	3	9	40	80	19	47
6	S ₅₀ -K-N ₅₀	132	93	13	5	9	39	72	18	43
7	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	137	142	11	2	16	37	112	20	44
8	S ₅₀ -W-N ₅₀	135	162	10	3	13	40	126	24	44
9	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	128	177	14	2	16	39	152	22	46
10	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	129	77	11	3	14	36	63	21	45
11	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	142	136	9	3	15	42	110	23	45
12	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	122	184	13	2	12	41	153	18	45
13	S ₅₀ -K-N ₅₀	130	156	6	3	2	41	119	21	43
14	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	124	106	5	2	10	42	85	17	45
15	S ₅₀ -W-N ₅₀	119	221	8	3	12	35	173	18	44
16	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	127	77	9	2	13	39	60	20	44
17	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	128	78	21	2	9	32	65	20	45
18	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	134	89	27	3	10	30	76	19	46
19	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	133	69	27	2	13	37	64	22	48
20	S ₅₀ -K-N ₅₀	130	103	24	2	8	28	58	21	36
21	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	130	223	9	2	8	31	187	19	46
22	S ₅₀ -W-N ₅₀	136	154	8	2	10	37	147	19	49
23	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	135	156	8	2	12	38	127	19	45
24	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	141	88	8	3	10	35	71	24	45
	Min	119	69	5	1	2	28	58	16	36
	Max	142	223	27	5	16	46	187	24	49

EK-4. Parsel Bazlı Pamuk Bitkisinin Bazı Teknolojik Özelliklerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar

Parsel #	Konu	SCI	Mst	Li	Mat	Lu	UI	Ls	Lm	Elg	TrCnt	TrA	TrG	Amt
1	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	105	8.2	4.82	0.86	25.90	82.6	14.3	26.7	7.7	62	0.54	4	738
2	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	111	8.2	4.04	0.85	26.77	80.2	12.2	28.6	7.3	49	0.68	4	534
3	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	108	8.2	4.92	0.87	26.61	82.7	11.9	27.4	7.1	98	1.56	6	697
4	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	94	8.1	5.01	0.87	24.73	80.7	11.8	27.8	7.7	76	0.99	5	466
5	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	121	7.9	5.41	0.87	27.12	84.1	10.9	31.2	8.6	46	1.04	4	467
6	S ₅₀ -K-N ₅₀	116	8.1	4.82	0.86	26.43	82.9	12.3	28.7	7.8	54	1.17	4	649
7	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	104	8.2	5.17	0.87	26.02	81.6	13.1	28.8	8.6	40	0.29	3	601
8	S ₅₀ -W-N ₅₀	120	8.0	4.65	0.86	27.79	82.4	10.1	30.2	7.2	86	1.06	5	741
9	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	118	8	4.99	0.87	26.24	83.1	9.3	30.3	7.3	45	0.46	4	505
10	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	101	7.8	5.65	0.89	27.51	81.9	9.8	27.6	6.5	56	0.63	4	587
11	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	116	8.2	4.96	0.87	27.33	84.1	10.4	28.5	7.7	96	1.55	6	610
12	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	103	7.7	4.44	0.86	25.51	81.1	12.8	27.1	7.5	69	0.74	4	432
13	S ₅₀ -K-N ₅₀	104	8.2	5.57	0.89	26.29	81.7	10.8	29.1	7.2	19	0.35	2	530
14	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	105	8.0	5.12	0.87	26.51	81.1	11.5	29.9	7.3	113	1.34	6	554
15	S ₅₀ -W-N ₅₀	110	8.1	4.86	0.87	26.96	82.2	11.9	28.1	7.1	50	0.45	4	561
16	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	117	8.0	4.99	0.87	26.62	84.6	11.2	27.1	7.8	75	1.02	5	638
17	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	103	6.9	5.50	0.88	27.42	82.0	12.1	27.5	7.8	35	0.28	3	540
18	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	102	7.8	5.07	0.87	26.10	81.8	11.9	27.4	8.3	25	0.36	3	609
19	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	114	7.2	5.27	0.88	27.38	82.1	9.8	30.3	7.1	33	0.29	3	583
20	S ₅₀ -K-N ₅₀	96	7.0	5.06	0.87	25.23	80.6	13.7	28.0	7.5	44	0.45	4	601
21	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	101	8	5.33	0.88	26.82	82.4	13.1	27.3	6.9	125	2.19	6	483
22	S ₅₀ -W-N ₅₀	101	7.1	4.78	0.86	27.40	81.4	12.7	26.4	7.6	57	0.64	4	690
23	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	91	8.1	5.14	0.88	25.63	81.0	12.1	26.1	6.9	63	1.18	5	579
24	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	103	7.7	5.44	0.88	26.19	83.2	13.0	26.4	7.5	20	0.24	2	676
	Min	91	6.9	4.04	0.85	24.73	80.19	9.34	26.1	6.5	19	0.24	2	432
	Max	121	8.2	5.65	0.89	27.79	84.56	14.32	31.2	8.6	125	2.19	6	741

EK-5. Pamuk Bitkisinin Parsel Bazlı Kuru Biyokütle Ağırlığına İlişkin Elde Edilen Sonuçlar (g)

Parsel #	Konu	W _{d1}	W _{d2}	W _{d3}	W _{d4}	W _{dort}
1	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	209	831	382	573	499
2	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	337	113	470	363	321
3	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	185	486	377	299	337
4	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	225	535	185	308	313
5	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	159	162	266	451	260
6	S ₅₀ -K-N ₅₀	91	554	94	304	261
7	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	139	622	337	430	382
8	S ₅₀ -W-N ₅₀	96	456	131	306	247
9	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	414	662	274	463	453
10	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	208	519	204	376	327
11	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	236	417	322	413	347
12	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	329	581	280	508	425
13	S ₅₀ -K-N ₅₀	118	431	307	374	308
14	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	74	242	156	649	280
15	S ₅₀ -W-N ₅₀	156	744	330	383	403
16	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	113	583	157	558	353
17	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	105	867	384	650	502
18	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	249	847	534	1277	727
19	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	214	459	821	520	503
20	S ₅₀ -K-N ₅₀	135	445	283	453	329
21	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	75	607	316	355	338
22	S ₅₀ -W-N ₅₀	120	847	186	329	371
23	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	112	735	393	322	391
24	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	134	311	344	641	358
	Min	74	113	94	299	247
	Max	414	867	821	1277	727

EK-6. Parsel Bazlı NDVI ve Yaprak Oransal Su İçeriğine (%) İlişkin Elde Edilen Sonuçlar

Parsel #	Konu	NDVI1	NDVI2	NDVI3	NDVI4	NDVI _{ort}	WR1	WR2	WR3	WR4	WR _{ort}
1	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	0.55	0.54	0.50	0.55	0.54	60	74	71	66	68
2	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	0.59	0.53	0.54	0.54	0.55	47	71	69	68	64
3	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	0.54	0.48	0.54	0.55	0.53	49	66	69	64	62
4	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	0.59	0.50	0.52	0.55	0.54	54	61	64	65	61
5	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	0.57	0.49	0.50	0.55	0.53	69	66	58	66	65
6	S ₅₀ -K-N ₅₀	0.53	0.49	0.54	0.54	0.52	63	67	68	68	66
7	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	0.59	0.49	0.54	0.55	0.54	63	70	61	62	64
8	S ₅₀ -W-N ₅₀	0.54	0.49	0.53	0.54	0.53	74	65	61	73	68
9	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	0.60	0.50	0.52	0.55	0.54	69	69	53	70	65
10	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	0.61	0.47	0.52	0.55	0.54	71	62	58	62	63
11	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	0.59	0.45	0.51	0.56	0.53	61	72	58	62	63
12	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	0.59	0.49	0.55	0.56	0.55	57	74	62	65	65
13	S ₅₀ -K-N ₅₀	0.59	0.47	0.55	0.54	0.54	77	69	65	65	69
14	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	0.55	0.45	0.55	0.55	0.52	57	68	60	67	63
15	S ₅₀ -W-N ₅₀	0.59	0.46	0.54	0.56	0.54	60	66	62	62	62
16	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	0.60	0.49	0.54	0.56	0.55	69	67	66	66	67
17	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	0.58	0.48	0.53	0.55	0.53	60	71	60	59	63
18	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	0.59	0.49	0.54	0.54	0.54	57	66	61	63	62
19	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	0.61	0.50	0.55	0.54	0.55	63	71	62	66	65
20	S ₅₀ -K-N ₅₀	0.60	0.48	0.55	0.55	0.54	66	67	76	68	69
21	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	0.57	0.47	0.54	0.55	0.53	57	63	77	65	65
22	S ₅₀ -W-N ₅₀	0.52	0.46	0.54	0.53	0.51	63	64	73	64	66
23	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	0.57	0.49	0.54	0.55	0.54	53	64	65	63	61
24	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	0.61	0.49	0.53	0.55	0.54	58	67	60	63	62
	Min	0.52	0.45	0.50	0.53	0.51	47	61	53	59	61
	Max	0.61	0.54	0.55	0.56	0.55	77	74	77	73	69

EK-7. Parsel Bazlı IRT ile Okunan Kanopi Sıcaklıklarına İlişkin Elde Edilen Sonuçlar (°C)

Parsel #	Konu	IRT1	IRT2	IRT3	IRT4	IRTort
1	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	27.9	28.9	23.5	23.7	26.0
2	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	26.8	26.5	22.9	23.0	24.8
3	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	30.2	26.4	19.8	21.5	24.5
4	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	27.6	26.5	20.3	23.9	24.6
5	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	28.7	24.6	21.4	23.3	24.5
6	S ₅₀ -K-N ₅₀	29.4	25.2	21.8	23.2	24.9
7	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	29.1	26.1	21.7	24.1	25.3
8	S ₅₀ -W-N ₅₀	27.5	31.0	22.1	25.2	26.4
9	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	31.6	28.8	22.4	25.6	27.1
10	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	27.9	27.1	22.6	24.4	25.5
11	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	26.3	25.6	23.9	24.6	25.1
12	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	26.9	24.5	21.3	25.6	24.6
13	S ₅₀ -K-N ₅₀	27.6	23.8	20.4	24.1	24.0
14	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	28.9	23.3	21.6	25.3	24.8
15	S ₅₀ -W-N ₅₀	27.2	22.1	21.4	27.4	24.5
16	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	29.3	24.9	23.0	27.5	26.2
17	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	26.8	24.4	20.8	25.0	24.3
18	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	24.8	23.4	22.3	24.8	23.8
19	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	27.3	24.2	22.5	24.7	24.7
20	S ₅₀ -K-N ₅₀	27.1	23.4	22.4	25.6	24.6
21	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	27.3	23.5	25.7	28.4	26.2
22	S ₅₀ -W-N ₅₀	28.9	24.1	26.3	29.7	27.2
23	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	32.3	25.2	25.9	31.3	28.7
24	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	31.7	25.4	26.2	31.1	28.6
	Min	24.8	22.1	19.8	21.5	23.8
	Max	32.3	31.0	26.3	31.3	28.7

EK-8. Parsel Bazlı T_c-T_a Değerlerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar ($^{\circ}C$)

Parsel #	Konu	$T_c-T_{a_1}$	$T_c-T_{a_2}$	$T_c-T_{a_3}$	$T_c-T_{a_4}$	$T_c-T_{a_{ort}}$
1	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	1.58	0.35	1.30	-1.65	0.40
2	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	-0.22	-0.75	-1.00	-1.18	-0.79
3	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	0.08	-0.95	-1.47	-1.78	-1.03
4	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	0.88	-1.45	-0.90	-1.59	-0.76
5	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	2.32	-0.95	-0.10	-1.42	-0.04
6	S ₅₀ -K-N ₅₀	0.15	-0.05	-0.47	-1.82	-0.55
7	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	0.22	-0.68	-1.20	-1.12	-0.70
8	S ₅₀ -W-N ₅₀	1.92	-0.35	-0.30	-1.78	-0.13
9	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	-1.45	0.65	0.07	-0.92	-0.41
10	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	-0.32	-0.05	-0.43	-1.15	-0.49
11	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	-0.88	0.55	-0.03	-1.25	-0.40
12	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	-0.58	-1.45	-0.90	-2.05	-1.25
13	S ₅₀ -K-N ₅₀	0.32	-1.05	-0.30	-0.72	-0.44
14	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	1.25	-0.85	0.23	-1.68	-0.26
15	S ₅₀ -W-N ₅₀	-0.38	-1.05	0.40	-1.28	-0.58
16	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	-1.05	0.75	-0.47	-0.92	-0.42
17	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	0.45	-1.45	0.60	-2.02	-0.60
18	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	1.45	-1.55	-1.13	-2.25	-0.87
19	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	1.95	-1.25	-1.90	-2.58	-0.95
20	S ₅₀ -K-N ₅₀	1.45	-1.95	-0.90	-1.88	-0.82
21	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	2.58	-0.55	1.07	-0.98	0.53
22	S ₅₀ -W-N ₅₀	3.25	-0.45	1.13	-1.45	0.62
23	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	1.42	1.75	0.10	-1.35	0.48
24	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	-2.95	-1.25	-1.47	-0.82	-1.62
	Min	-2.95	-1.95	-1.90	-2.58	-1.62
	Max	3.25	1.75	1.30	-0.72	0.62

EK-9. Parsel Bazlı CWSI_c ve CWSI_a Değerlerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar

Parsel #	Konu	CWSI _{c1}	CWSI _{c2}	CWSI _{c3}	CWSI _{c4}	CWSI _{c,or} t	CWSI _{a1}	CWSI _{a2}	CWSI _{a3}	CWSI _{a4}	CWSI _{a,or} t
1	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	0.70	0.62	0.72	0.47	0.63	0.03	0.03	0.23	1.93	0.55
2	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	0.54	0.53	0.55	0.50	0.53	0.14	-0.12	0.33	4.94	1.32
3	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	0.57	0.51	0.51	0.45	0.51	0.15	-0.07	0.33	3.13	0.89
4	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	0.64	0.47	0.55	0.47	0.53	0.15	-0.10	0.37	2.21	0.66
5	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	0.77	0.51	0.62	0.48	0.59	0.17	-0.15	0.24	2.83	0.77
6	S ₅₀ -K-N ₅₀	0.58	0.59	0.59	0.45	0.55	0.09	-0.12	0.20	2.88	0.76
7	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	0.58	0.54	0.53	0.51	0.54	0.14	-0.13	0.25	11.92	3.05
8	S ₅₀ -W-N ₅₀	0.73	0.56	0.60	0.45	0.59	0.03	-0.18	0.23	2.55	0.66
9	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	0.44	0.64	0.63	0.52	0.56	0.06	-0.09	0.20	4.15	1.08
10	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	0.53	0.59	0.59	0.51	0.55	0.05	-0.11	0.22	4.35	1.13
11	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	0.48	0.64	0.62	0.50	0.56	0.08	-0.07	0.22	3.28	0.87
12	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	0.51	0.47	0.55	0.43	0.49	0.06	-0.15	0.19	2.98	0.77
13	S ₅₀ -K-N ₅₀	0.59	0.51	0.60	0.54	0.56	0.06	-0.13	0.23	6.21	1.59
14	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	0.67	0.52	0.64	0.46	0.57	0.24	-0.13	0.22	2.38	0.68
15	S ₅₀ -W-N ₅₀	0.53	0.51	0.65	0.50	0.55	0.07	-0.11	0.18	2.99	0.78
16	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	0.47	0.65	0.59	0.52	0.56	0.05	-0.08	0.18	6.44	1.65
17	S ₁₀₀ -W-N ₁₀₀	0.60	0.47	0.67	0.44	0.54	-0.03	-0.15	0.07	2.59	0.62
18	S ₁₀₀ -W-N ₅₀	0.69	0.46	0.54	0.42	0.53	-0.07	-0.15	0.12	3.46	0.84
19	S ₅₀ -K-N ₁₀₀	0.73	0.49	0.48	0.39	0.52	0.00	-0.15	0.06	4.74	1.16
20	S ₅₀ -K-N ₅₀	0.69	0.43	0.55	0.45	0.53	0.06	-0.19	0.08	4.40	1.09
21	S ₅₀ -W-N ₁₀₀	0.79	0.55	0.70	0.52	0.64	0.04	-0.04	0.16	2.95	0.78
22	S ₅₀ -W-N ₅₀	0.85	0.55	0.71	0.48	0.65	0.11	0.00	0.20	2.26	0.64
23	S ₁₀₀ -K-N ₁₀₀	0.69	0.73	0.63	0.49	0.64	0.05	0.06	0.21	3.00	0.83
24	S ₁₀₀ -K-N ₅₀	0.30	0.49	0.51	0.53	0.46	0.04	-0.07	0.12	-18.72	-4.66
	Min	0.30	0.43	0.48	0.39	0.46	-0.07	-0.19	0.06	-18.72	-4.66
	Max	0.85	0.73	0.72	0.54	0.65	0.24	0.06	0.37	11.92	3.05

EK-10. Parsel Bazlı Stoma İletkenliği Değerlerine İlişkin Elde Edilen Sonuçlar

Parsel #	Konu	I _{Ge1}	I _{Ge2}	I _{Ge3}	I _{Ge4}	I _{Geort}	I _{Ga1}	I _{Ga2}	I _{Ga3}	I _{Ga4}	I _{Gaort}
1	S _{100-K-N₁₀₀}	0.43	0.61	0.39	1.15	0.64	32.00	37.57	3.40	-0.48	18.12
2	S _{100-K-N₅₀}	0.84	0.89	0.83	0.99	0.89	6.23	-9.16	2.03	-0.80	-0.42
3	S _{100-W-N₁₀₀}	0.76	0.95	0.95	1.20	0.96	5.86	-15.05	2.00	-0.68	-1.97
4	S _{100-W-N₅₀}	0.56	1.12	0.80	1.13	0.90	5.74	-11.46	1.72	-0.55	-1.14
5	S _{50-K-N₁₀₀}	0.31	0.95	0.63	1.06	0.74	4.86	-7.46	3.09	-0.65	-0.04
6	S _{50-K-N₅₀}	0.74	0.70	0.70	1.21	0.84	10.22	-9.50	4.05	-0.65	1.03
7	S _{50-W-N₁₀₀}	0.72	0.87	0.88	0.97	0.86	5.91	-8.50	2.98	-0.92	-0.13
8	S _{50-W-N₅₀}	0.37	0.78	0.67	1.20	0.75	29.78	-6.59	3.35	-0.61	6.48
9	S _{100-K-N₅₀}	1.30	0.55	0.59	0.91	0.84	15.42	-11.89	3.99	-0.76	1.69
10	S _{100-W-N₁₀₀}	0.87	0.70	0.70	0.98	0.81	19.16	-10.00	3.47	-0.77	2.97
11	S _{100-W-N₅₀}	1.06	0.57	0.61	1.01	0.81	11.88	-14.44	3.56	-0.69	0.08
12	S _{50-K-N₁₀₀}	0.96	1.12	0.80	1.31	1.05	15.38	-7.54	4.16	-0.66	2.83
13	S _{50-K-N₅₀}	0.69	0.98	0.67	0.85	0.80	14.64	-8.73	3.32	-0.84	2.10
14	S _{50-W-N₁₀₀}	0.49	0.92	0.56	1.16	0.78	3.14	-8.52	3.59	-0.58	-0.59
15	S _{50-W-N₅₀}	0.89	0.98	0.53	1.02	0.86	13.41	-10.23	4.50	-0.67	1.75
16	S _{100-K-N₁₀₀}	1.13	0.53	0.70	0.91	0.82	18.13	-13.85	4.47	-0.84	1.97
17	S _{100-W-N₁₀₀}	0.66	1.12	0.50	1.29	0.89	-35.00	-7.73	13.57	-0.61	-7.44
18	S _{100-W-N₅₀}	0.45	1.15	0.86	1.40	0.97	-14.86	-7.51	7.14	-0.71	-3.99
19	S _{50-K-N₁₀₀}	0.36	1.05	1.09	1.56	1.01	-298.00	-7.46	15.75	-0.79	-72.62
20	S _{50-K-N₅₀}	0.45	1.32	0.80	1.24	0.95	16.45	-6.20	11.50	-0.77	5.25
21	S _{50-W-N₁₀₀}	0.27	0.83	0.42	0.93	0.61	24.06	-25.50	5.20	-0.66	0.77
22	S _{50-W-N₅₀}	0.18	0.80	0.41	1.08	0.62	7.89	-206.00	4.11	-0.56	-48.64
23	S _{100-K-N₁₀₀}	0.46	0.36	0.59	1.04	0.61	18.57	14.87	3.77	-0.67	9.14
24	S _{100-K-N₅₀}	2.29	1.05	0.95	0.88	1.29	25.91	-14.93	7.01	-1.05	4.23
	Min	0.18	0.36	0.39	0.85	0.61	-298.00	-206.00	1.72	-1.05	-72.62
	Max	2.29	1.32	1.09	1.56	1.29	32.00	37.57	15.75	-0.48	18.12

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Candan TÜNE
Doğum Yeri ve Tarihi : Aydın-20.02.1990

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Mühendisliği
Tarımsal Yapılar ve Sulama Alt Programı
Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bildiği Yabancı Diller : İngilizce (orta seviye)

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Makaleler

-SCI

-Diğer

b) Bildiriler

-Uluslararası

-Ulusal

Karataş, B.S., Gürbüz, T., Tüne C., Kocabıyık, H.Y. ve Memiş F. 2015. Sürdürülebilir Sulama Yönetimi İçin Yeni Bir Akıllı ve Entegre Karar Destek Sistemi: ENORASIS. I. Ulusal Biyosistem Kongresi. 9-11 Haziran 2015, Bursa. (Poster)

Mercan, Y., Karataş, B.S. Tüne, C. 2016. Termal kamerayla seralarda olası problemlerin belirlenmesi ve çözümü. 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi. 12-15 Nisan 2016, Antalya.

c) Katıldığı Projeler

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl :

-BM Agro Seracılık – 2013-2014

-Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Araştırma Görevlisi - 2014-2016

-Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Araştırma Görevlisi - 2016-halen

İLETİŞİM

E-posta Adresi : cndntune@gmail.com

Tarih : 13.07.2016