

**ŞEKER PANCARINDA (*Beta Vulgaris L.*) SU-VERİM
İLİŞKİLERİNİN VE BİTKİ SU STRES İNDEKSİ (CWSI)
KULLANILARAK SULAMA ZAMANININ BELİRLENMESİ**

Ali Kaan YETİK



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ŞEKER PANCARINDA (*Beta Vulgaris L.*) SU-VERİM İLİŞKİLERİNİN VE
BİTKİ SU STRES İNDEKSİ (CWSI) KULLANILARAK SULAMA ZAMANININ
BELİRLENMESİ**

Ali Kaan YETİK
0000-0003-1372-8407

Doç. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Ali Kaan YETİK tarafından hazırlanan "ŞEKER PANCARINDA (*Beta Vulgaris* L.) SU-VERİM İLİŞKİLERİNİN VE BİTKİ SU STRES İNDEKSİ (CWSI) KULLANILARAK SULAMA ZAMANININ BELİRLENMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN

Başkan : Doç. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN
0000-0001-9898-5685
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU
0000-0001-9600-7685
Bursa Uludağ Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza

Üye : Prof. Dr. Gökhan ÇAMOĞLU
0000-0002-6585-4221
Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Akşel EREN
Enstitü Müdürü

2023/03/01

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

08/01/2021

Ali Kaan YETİK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ŞEKER PANCARINDA (*Beta Vulgaris* L.) SU-VERİM İLİŞKİLERİNİN VE BİTKİ SU STRES İNDEKSİ (CWSI) KULLANILARAK SULAMA ZAMANININ BELİRLENMESİ

Ali Kaan YETİK

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN

Bu çalışma yarı nemli iklim koşullarında, damla sulama yöntemiyle sulanan şeker pancarı bitkisinde, su-verim ilişkilerinin belirlenmesi ve sulama zamanının planlanmasında bitki su stres indeksi kullanım olanaklarının araştırılması amacıyla 2019 yılı yetiştiricilik döneminde yürütülmüştür. Araştırmada 4 farklı sulama konusu oluşturulmuştur. Bu konulardan; S1: Gelişme dönemi boyunca her 7 günde bir 0–90 cm toprak derinliğinde tüketilen suyun tamamının, S2: S1 konusu için belirlenen su miktarının 2/3'ünün ve S3: S1 konusu için belirlenen su miktarının 1/3'ünün deneme parsellerine uygulandığı, S4 ise sulama suyu uygulanmayan (susuz) konu şeklinde oluşturulmuştur. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak planlanmıştır. Çalışmada, konulara göre uygulanan sulama suyu miktarları 135,0 mm ile 750,3 mm arasında, bitki su tüketimi değerleri ise 362,3 mm ile 896,9 mm arasında değişmiştir. Araştırma sonucunda incelenen verim, verim bileşenleri ve kalite özelliklerinin tamamında farklı sulama düzeylerinin etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Elde edilen ortalama yumru verimleri 8,6 ton da^{-1} ve 2,9 ton da^{-1} arasında değişirken, en yüksek yumru verimi değerleri tam sulama konusunda (S1), en düşük yumru verimi değerleri ise susuz konuda (S4) bulunmuştur. Mevsimlik verim tepki etmeni (ky) 1,09 olarak belirlenmiştir. Bitki su stres indeksinin konulara göre sezonluk ortalama değerleri S1 S2, S3 ve S4 konuları için sırasıyla 0,12, 0,28, 0,51 ve 0,85 olarak saptanmıştır. Araştırma sonucunda şeker pancarı yetiştiriciliğinde sulama zamanı planlamasında bitki su stresi indeksinin kullanabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca belirlenen su ve sulama suyu kullanım etkinlikleri göz önünde bulundurulduğunda; suyun kısıtlı ve/veya su ücretlerinin yüksek olduğu yerlerde, dekarda ortalama 1 ton yumru verimi kaybına karşılık %27,3'lik bir su tasarrufu sağlaması sebebiyle S2 konusu sulama programı olarak önerilmiştir. Bu koşulda, 0,28 değeri ise sulamaya başlanacak eşik CWSI değeri olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Şeker pancarı, damla sulama, bitki su stres indeksi, klorofil okuması

2021, viii + 83 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

DETERMINATION OF WATER-YIELD RELATIONSHIPS AND IRRIGATION SCHEDULING USING CROP WATER STRESS INDEX (CWSI) IN SUGAR BEET (*Beta vulgaris* L.)

Ali Kaan YETİK

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Doç. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN

This study was carried out to determine the water-yield relationships and to investigate the use of crop water stress index in irrigation scheduling in sugar beet plants irrigated with drip irrigation in sub-humid climatic conditions, in 2019. Experimental treatments were created with 4 different treatments. Of these treatments S1: Application of 100% of the water depleted at 0-90 cm soil depth for every 7 days during the development period to treatment plots, S2: The application of 2/3 of water amount given to S1 treatment, S3: The application of 1/3 of water amount given to S1 treatment and S4: The treatment that irrigation water was not applied (rainfed treatment). The experiment was carried out in 3 replications according to the randomized complete block design. In the study, the total amount of irrigation water applied according to the experimental treatments varied between 135,0 mm and 750,3 mm and the crop evapotranspiration values varied between 362,3-896,9 mm. As a result of the study, the effect of different irrigation treatments on yield, yield components and quality parameters was found to be significant at $p < 0.01$. The average root yields that obtained varied between 2,9 tons da^{-1} and 8,6 tons da^{-1} , while the highest root yield values were obtained in full irrigation treatment (S1), and the lowest root yield values were found in non-irrigated treatment (S4). Seasonal yield response factor (k_y) was determined as 1,09. The seasonal average values of the crop water stress index for the treatments were determined as 0,12 for the S1 and 0,28, 0,51 and 0,85 for the S2, S3 and S4 treatments, respectively. The result of the study, it was concluded that the crop water stress index can be used in the irrigation scheduling in sugar beet cultivation. In addition, considering the water and irrigation water use efficiencies, S2 treatment has suggested in areas where water is limited and/or the cost of water is high, since it provides a water saving of 27,3% against an average loss of 1 ton root yield per decare. In this case, 0,28 can be used as the threshold CWSI value to start irrigation applications.

Keywords: Sugar beet, drip irrigation, crop water stress index, chlorophyll

2021, viii + 83 pages.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinde ve yürütülmesinde beni yönlendiren ve çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve büyük desteğini gördüğüm değerli danışmanım Doç. Dr. Burak Nazmi CANDOĞAN'a en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Çalışmama bilgi ve tecrübeleriyle büyük katkı sağlayan Sayın Prof. Dr. Mehmet SİNCİK'e, tarla denemeleri boyunca yardımlarını esirgemeyen değerli arkadaşlarım Emir Doğan KUMRALTEKİN, İlker ELMAS ve Mehmetcan AŞIK'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca bana göstermiş oldukları büyük anlayış ve manevi destek için sevgili annem Gülay YETİK, sevgili babam Muharrem Can YETİK ve sevgili ablam Server Ece ACAR'a sonsuz teşekkürler.

Ali Kaan YETİK
08/01/2021

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Su-Verim İlişkileri	5
2.2. Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI).....	14
3. MATERYAL VE YÖNTEM	20
3.1. Materyal	20
3.1.1 Araştırma alanı	20
3.1.2. İklim özellikleri	20
3.1.3. Toprak özellikleri	21
3.1.4. Sulama suyunun ve kaynağının özellikleri	21
3.1.5. Sulama sisteminin özellikleri	22
3.1.6. Bitki özellikleri.....	24
3.1.7. Araştırmada kullanılan donanımlar	24
3.2 Yöntem.....	25
3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analizleri	25
3.2.2. Tarımsal işlemler.....	26
3.2.3. Toprak su içeriğinin belirlenmesi.....	28
3.2.4. Deneme düzeni ve araştırma konuları.....	28
3.2.5. Uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama süresinin belirlenmesi.....	30
3.2.6. Klorofilmetre okuması	31
3.2.7. Bitki su tüketiminin belirlenmesi	32
3.2.8. Yumru uzunluğu	32
3.2.9. Yumru çapı.....	33
3.2.10. Yaprak sayısı	33
3.2.11. Yumru verimi	34
3.2.12. Yaprak verimi.....	34
3.2.13. Toplam verim	34
3.2.14. Yaprak su içeriği	34
3.2.15. Kuru madde oranı.....	35
3.2.16. Ham şeker oranı	35
3.2.17. Ham şeker verimi	36
3.2.18. Mevsimlik su-verim ilişkisinin belirlenmesi.....	36
3.2.19. Bitki su stres indeksinin (CWSI) belirlenmesi.....	36
3.2.20. Su ve sulama suyu kullanım etkinliği	38
3.2.21. Verilerin değerlendirilmesi	39
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	40
4.1. Uygulanan Sulama Suyu Miktarı	40
4.2. Toprak Su İçeriği	42
4.3. Bitki Su Tüketimi.....	43

	Sayfa
4.4. Verim, Verim Bileşenleri ve Kalite Özellikleri	44
4.4.1. Yumru uzunluğu	44
4.4.2. Yumru çapı	46
4.4.3. Yaprak sayısı	48
4.4.4. Yumru verimi	49
4.4.5. Yaprak verimi	51
4.4.6. Toplam verim	52
4.4.7. Yaprak su içeriği	54
4.4.8. Kuru madde oranı	56
4.4.9. Ham şeker oranı	57
4.4.10. Ham şeker verimi	60
4.5. Su-Verim İlişkileri	61
4.6. Su ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği	64
4.7. Klorofilmetre Okuması	65
4.8. Bitki Su Stres İndeksi	67
5. SONUÇ	71
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ	83

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	Açıklama
ΔS	İki toprak suyu ölçümü arasındaki değişim
da	Dekar
ha	Hektar
kg	Kilogram
k_y	Verim tepki etmeni
MPa	Megapaskal
nm	Nanometre
Pw	Toprağın kuru ağırlığının yüzdesi cinsinden nem miktarı
t	Ton
Ta	Hava sıcaklığı
Tc	Bitki taç örtüsü sıcaklığı
W	Toprak örneğinin yaş ağırlığı
Ws	Toprak örneğinin kuru ağırlığı
μm	Mikrometre
γ_t	Toprağın hacim ağırlığı
Kısaltmalar	Açıklama
A	Alan
CWSI	Bitki su stres indeksi
D	Drenaj miktarı, mm
ET	Evapotranspirasyon
ET_a	Mevsimlik gerçek bitki su tüketimi
ET_c	Mevsimlik bitki su tüketimi
I	Uygulanan sulama suyu miktarı
IRR	Mevsimlik sulama suyu miktarı
IRT	Infrared termometre
IWUE	Sulama suyu kullanım etkinliği
KA	Kuru ağırlık
KMO	Kuru madde oranı
Kpc	Bitki-kap katsayısı
LL	Bitkide en az su stresi olan alt sınır
MN	Mevcut nem
R	Yüzey akış miktarı, mm
TK	Tarla kapasitesi
UL	Bitkilerin tamamen stres olduğu üst sınır
VPD	Buhar basıncı açığı
WUE	Su kullanım etkinliği
YA	Yaş ağırlık
YLD	Meyve verimi
$YLD_{rainfed}$	Susuz konudan elde edilen yumru verimi
YSİ	Yaprak su içeriği

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Deneysel yaklaşımı oluşturan temel grafik ve elemanları	15
Şekil 3.1. Deneme alanının konumu	20
Şekil 3.2 Çalışmada su kaynağı olarak yararlanılan Yolçatı (Göbelye) Göleti	22
Şekil 3.3. Damla sulama sistemi	23
Şekil 3.4. Blok başı sayacı ve mini kelebek vana	24
Şekil 3.5. İnfrared termometre cihazı.....	24
Şekil 3.6. Klorofil ölçer.....	25
Şekil 3.7. Deneme alanına ait toprağın hazırlanması.....	27
Şekil 3.8. Şeker pancarı ekim işlemleri.....	27
Şekil 3.9. Tesadüf blokları deneme desenine göre parsellerin dağılımı	29
Şekil 3.10. Deneme alanına ait drone görüntüsü.....	29
Şekil 3.11. Klorofilmetre okuması	31
Şekil 3.12. Yumru uzunluğunun belirlenmesi.....	33
Şekil 3.13. Yumru çapının belirlenmesi.....	33
Şekil 3.14. Hasat parsellerinde yapılan verim işlemleri.....	34
Şekil 3.15. İnfrared termometre ölçümleri.....	38
Şekil 4.1. Deneme konularına göre sezonluk toprak su içeriği değişimleri.....	42
Şekil 4.2. Sulama suyu miktarı ve yumru verimi arasındaki ilişki	62
Şekil 4.3. Bitki su tüketimi ve verim arasındaki ilişki	62
Şekil 4.4. Oransal su tüketimi eksilişi ile yumru verimi azalışı arasındaki ilişki	63
Şekil 4.5. Yetiştirme dönemi boyunca klorofil okumalarının konulara göre değişimi	67
Şekil 4.6. Konulara göre Tc-Ta ve buhar basıncı açığı ilişkisi	68
Şekil 4.7. Sulama konularına ait sezonluk Tc-Ta değişimi.....	69
Şekil 4.8. Sulama konularına ait sezonluk CWSI değişimi	69
Şekil 4.9. Sulama konularına ait ortalama yumru verimi ve CWSI ilişkisi	70

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Bursa ili yetiştiricilik mevsimi 2019 yılı ve uzun yıllara ait aylık (1928-2019) ortalama iklim verileri.....	21
Çizelge 3.2. Deneme alanında bulunan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri...	22
Çizelge 4.1. Deneme konularına mevsim boyunca uygulanan sulama suyu miktarları..	40
Çizelge 4.2. Deneme konularının mevsimlik bitki su tüketimi değerleri	43
Çizelge 4.3. Yumru uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları.....	45
Çizelge 4.4. Yumru uzunluğu LSD testi sonuçları	45
Çizelge 4.5. Yumru çapına ilişkin varyans analizi sonuçları	46
Çizelge 4.6. Yumru çapı LSD testi sonuçları.....	47
Çizelge 4.7. Yaprak sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları	48
Çizelge 4.8. Yaprak sayısı LSD testi sonuçları.....	48
Çizelge 4.9. Yumru verimine ilişkin varyans analizi sonuçları	49
Çizelge 4.10. Yumru verimi LSD testi sonuçları.....	49
Çizelge 4.11. Yaprak verimine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	51
Çizelge 4.12. Yaprak verimi LSD testi sonuçları	51
Çizelge 4.13. Toplam verime ilişkin varyans analizi sonuçları	53
Çizelge 4.14. Toplam verim LSD testi sonuçları.....	53
Çizelge 4.15. Yaprak su içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları	54
Çizelge 4.16. Yaprak su içeriği LSD testi sonuçları	55
Çizelge 4.17. Kuru madde oranına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	56
Çizelge 4.18. Kuru madde oranı LSD testi sonuçları.....	56
Çizelge 4.19. Ham şeker oranına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	58
Çizelge 4.20. Ham şeker oranı LSD testi sonuçları	58
Çizelge 4.21. Ham şeker verimine ilişkin varyans analizi sonuçları	60
Çizelge 4.22. Ham şeker verimi LSD testi sonuçları	60
Çizelge 4.23. Şeker pancarı bitkisinde oransal su tüketimi ve yumru verimi azalışları ..	63
Çizelge 4.24. Su Kullanım Etkinliği ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği Sonuçları.....	64
Çizelge 4.25. Mevsimlik klorofil okuması ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları	66
Çizelge 4.26. Mevsimlik klorofil okumaları ortalamaları LSD testi sonucu	66

1. GİRİŞ

Dünyadaki gıdaların çoğu, yetiştiriciliği yapılan yaklaşık 150 bitki türünden gelmektedir. Şeker ise şeker kamışı ve şeker pancarı olmak üzere sadece iki bitkiden üretilebilmektedir (Çalışkan ve ark. 2020). Dünyadaki şeker üretiminin %78'i şeker kamışından, %22'si şeker pancarından gerçekleşmektedir (Anonim 2019). Şeker kamışı yüzyıllar boyunca tropik bölgelerde yüksek üretim miktarlarına ulaşmakta ve dünyadaki şeker tedarikine hâkim olmaya devam etmektedir. Şeker pancarı ise, 19. yüzyılda ılıman bölgelerde görülen ve sadece 20. yüzyılda yaygın olarak kullanılmaya başlanan, nispeten yeni bir ürün olarak nitelendirilebilir. Buna rağmen şu anda yaklaşık 50 ülkede yetiştirilmektedir. Şeker, insanın yaşamını sürdürmesi için önemli bir besin kaynağıdır. Bu kaynak çoğu bitkinin içinde şeker veya sakkaroz olarak bulunur fakat bunu ekonomik yollarla kullanılabilir şeker haline getirmek gerekmektedir. Şeker pancarında şekerin varlığı ilk kez 18'inci yüzyılda Almanya'da yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir ve 1900'lü yılların başlarında şeker pancarı, şeker üretimi amacıyla ekilmeye başlanmıştır. İlk pancar şekeri fabrikası 1802 yılında Almanya'da Cunern'de kurulmuş, 1830 yılına gelindiğinde Avrupa'nın çeşitli yerlerindeki pancar şekeri fabrikası sayısı 400'ü bulmuştur (Asadi 2006).

Dünya genelinde şeker pancarı üretimi kıtalar arası değerlendirildiğinde Avrupa %69,7 ile ilk sıradadır; bunu %14,4 ile Asya, %12,6 ile Amerika %3,3 ile de Afrika takip etmektedir. Şeker pancarı üretiminde Türkiye ise dünya sıralamasında 18 milyon ton üretim miktarı ile 6. sıradadır. Ülkemiz, içinde bulunduğu iklim kuşağı sebebiyle şeker kamışı üretimine elverişli değildir ve kullanılan şekerin tamamı şeker pancarı tarımından sağlanmakta dolayısıyla üretilen şekerin tamamı, şeker pancarından elde edilmektedir (Anonim 2018a). Dünyada 2018 yılında toplam şeker pancarı üretimi yapılan alan 4 809 490 hektar; üretim miktarı ise 274 886 306 ton olmuştur (FAOSTAT 2018). Türkiye'de ise 2019 yılında 310 100 ha alanda şeker pancarı üretimi yapılmış ve 18 085 528 ton şeker pancarı elde edilmiştir (TÜİK 2019). Ülkemizde şeker pancarı üretiminde ilk sıralarda yer alan iller sırasıyla; Konya (5 875 116 ton), Eskişehir (1 537 607 ton), Yozgat (1 375 384 ton) ve Kayseri'dir (1 078 620 ton). En yüksek şeker pancarı verimlerinin elde

edildiği illerin başında ise 9,2 ton da⁻¹ ile Manisa ve 8,5 ton da⁻¹ ile Bursa gelmektedir (TÜİK 2019).

Sulama, üretimde elde edilen ürünün kalitesini ve verimi arttırabilmek için oldukça önemli bir parametredir. Son yıllarda iklim değişikliğinin etkileriyle birlikte oluşan yağış rejiminin değişmesi, atmosferdeki hava sıcaklığındaki artış ve kuraklık gibi sebeplerle birlikte tarımsal faaliyetlerde sulamanın önemi daha da artmıştır. Sulu tarımda, üretim öncesi planlanan verimlere ulaşabilmek; iklim, toprak ve bitki koşullarına uygun sulama yönteminin seçilmesi, sistemin iyi planlanması, sulama aralığının ve her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarının doğru belirlenmesine bağlıdır (Çetin ve ark. 2006). Bu bilgilerin farklı yetiştirme koşullarında (doğal yağışlar veya sulama) suyun bitki gelişimi ve verimine ne derece etki ettiğinin de bilinmesiyle iyi bir şekilde harmanlanması gerekir. Yetiştirildiği ülkeler için önemine ve birçok besinin üretiminde kullanılması açısından; şeker pancarı sulamasında geleneksel yöntemler yerine modern sulama yöntemleri kullanarak birim sudan maksimum verimi almak oldukça önemlidir.

Şeker pancarı Türkiye'nin her yerinde sulu koşullarda yetiştirilmektedir (Erdal ve ark. 2007). Ülkemizde şeker pancarının sulanmasında yaygın olarak salma ve yağmurlama sulama yöntemleri uygulanmaktadır (Pişkin 2013). Yapılan sulamalarda genellikle topraktaki eksik nem içeriği veya bitkinin su gereksinimi göz önünde bulundurulmamaktadır. Bu nedenle yapılan sulamaların randımanları oldukça düşüktür (Tarı ve Yazar 2010). Randımanların düşük olması sadece o yılki üretim miktarını değil gelecekte ki üretim miktarlarını ve verim değerlerini de etkilemektedir. Bilinçsiz sulamalar tarım arazilerine ait toprakların kalitesini azaltmakla beraber çoraklaşmaya da sebep olmaktadır. Ülkemizde de şeker pancarı üretiminin yapıldığı çoğu bölgede yağışlar yetersiz kalmakta ve sulama yöntemlerine başvurulmaktadır. Bu açıdan şeker pancarı üretiminde modern sulama yöntemlerinin kullanılması hem elde edilen verimleri, hem de ürün kalitelerini arttıracak ve su kaynaklarının korunması konusunda büyük getirileri olacaktır.

Şeker pancarında sulamanın doğrudan etki ettiği kök büyümesini yüksek değerlere çıkartmak şeker üretiminde en önemli faktörlerden biridir. Kök gelişimi ilerledikçe,

şekerin yapıtaşlarından biri olan sakarozun köklerde devamlı olarak bölünmesi ve ilerlemesi söz konusudur, bu nedenle sakaroz verimi de mevsim boyunca artış gösterir. Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) üretiminde yüksek verim ve şeker oranı yakalamak için uygun tarımsal önlemlerle birlikte bitkiye ihtiyacı kadar suyun verildiği bir sulama programının uygulanması gerekir. Özellikle kurak bölgelerde şeker pancarı verimi, ürüne verilen su miktarı ve büyüme mevsiminde alınan yağışla yakından ilişkilidir (Scott ve Jaggard 1993). Yumruda bulunan sakaroz konsantrasyonundaki artış, daha yavaş su birikiminden kaynaklanmaktadır. Şeker pancarı kökü ve sakarozun verimleri bitki su tüketimi ile yakından ilişkilidir (Dunham 1995). Aşırı sulama, şeker pancarı verimini artırırken, kalite ve şeker oranını düşürmektedir (Bilgin 1992). Bitki, ekimin yapıldığı ilk tarihten hasat tarihine kadar belirli aralıklar ve miktarlarda suya gereksinim duymaktadır. Geleneksel sulamada şeker pancarının sulama periyodları üç dönemden oluşmaktadır. Bu dönemler; çıkış, gelişme ve mevsim sonu sulamasıdır. Sulama sayıları ise yıllardır süre gelen alışkanlıklar veya el, göz ile yapılan gözlemlere dayanmaktadır ve yapılan sulamalarda suyun etkili kullanımından bahsetmek mümkün değildir. Bu durum verimle ilişkilendirildiğinde, dünya genelinde suyun etkili kullanımını artırmak için kısıntılı sulama uygulamaları her geçen gün daha büyük önem kazanmaktadır.

Kısıntılı sulama genel olarak, bitkinin optimal büyümesi için gerekenin altında bir miktarda suyla yapılan sulama uygulaması olarak tanımlanır. Bu uygulama, bitkileri sulamak için kullanılan su miktarını azaltmak, bitkilerin belirli derecedeki su açığına olumlu bir şekilde tepkisini iyileştirmek ve su kullanım etkinliğini (WUE) artırmaktır. Kurak veya yarı kurak bölgelerde yaşanan su kıtlıklarıyla beraber verim azalmalarına karşı kısıntılı sulama optimal bir yaklaşım olarak görülmektedir (Sepaskhah ve ark. 2006). Bu yaklaşım farklı isimlerle adlandırılmaktadır; Kısmi Sulama (Partial Irrigation); Denetimli Kısıntılı Sulama (Regulated Deficit Irrigation); ET Sınırlı Sulama (ET Deficit Irrigation) ve Sınırlı Sulama (Limited Irrigation) (English ve ark. 1990, Kanber ve ark. 2007). Kısıntılı sulama yapılacak bitki, gelişme periyodunun herhangi bir döneminde veya sezon boyunca belirli oranlarda su stresine maruz bırakılmakta ve verimde önemli bir düşüş olmaksızın sulama suyundan tasarruf edilmesi beklenmektedir (Kırda 2002). Şeker pancarı, kısıntılı sulamaya adapte olmuş bir bitkidir (FAO 2002). Bu adaptasyonu kolaylaştıran en büyük etki şeker pancarının kök sisteminin morfolojik ve fizyolojik

karakteristiğinden dolayı, su stresine en toleranslı bitkilerden biri olmasıdır (Doorenbos ve Kassam 1979). Bu sebeplerden dolayı şeker pancarı bitkisi için verim kayıplarını gözlemleyerek, bu kayıpları kabul edilebilir düzeyde tutarak su miktarında kısıntılar yapılabilir.

Uygulanan birim su miktarı başına düşen verimi ve ürün kalitesini artırmak için yapılacak sulamaların planlanması gerekmektedir. Günümüzde kısıntılı sulama uygulamaları, sulama planlamasının bitki fizyolojisine göre yapıldığı çalışmalarla uygulanmaktadır. Infrared termometrenin (IRT) geliştirilmesiyle, bitkilerin su stresini tespit etmek için yüzey sıcaklığını ölçmek yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Testi ve ark. 2008). Bitki su stresi indeksi (CWSI), yaygın olarak Idso ve ark. (1981) tarafından önerilen ampirik yaklaşımla pek çok bitki için belirlenmiş ve belirlenmektedir. Yaklaşım bitki tacı ve hava arasındaki sıcaklık farkı ($T_c - T_a$) ile atmosferin buharlaşma istemi yani havanın buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ilişkiye odaklanır (Jackson ve ark. 1981). Infrared termometre ile yapılan ölçümler sırasında bitkiye temas edilmediğinden bitkilere zarar verilmemektedir ayrıca hızlı ve doğruluk payı yüksek olan ölçümler gerçekleştirilmektedir (Pinter ve ark. 1990).

Bu çalışmanın amacı, yarı nemli iklim koşullarında damla sulama yöntemiyle sulanan şeker pancarı bitkisinde farklı sulama düzeylerinin verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerinin ve sulama zamanının belirlenmesinde bitki su stres indeksinin (CWSI) kullanım olanaklarının araştırılmasıdır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Su-Verim İlişkileri

Şeker pancarı kuraklığa tolerans gösterebilen bir tarla bitkisidir fakat bitkinin yaşadığı su stresi; kök, yapraklar ve kuru ağırlıkları, yaprak klorofil değerleri vb. gibi parametreler üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir (Vamerali ve ark. 2009, Moosavi ve ark. 2017). Şeker pancarı bitkisinde kısıntılı sulama uygulamalarıyla bu etkilerin göz ardı edilebilir limitlerini araştırmak oldukça büyük önem taşımaktadır. Optimum sulama suyunu belirleyip; hem su tasarrufu sağlamak hem de verim ve kalite parametrelerinden taviz vermemek, üretimde büyük bir adım olacaktır. Şeker pancarının gelişme süresi uzun ve su ihtiyacı yüksektir (Mahmoodi ve ark. 2008). Bitkinin su ihtiyacının yüksek olması uygulanan sulama kısıtları düzeyleri arasındaki farkları önemli seviyelere çekmiş ve bu kısıntıların verim, kalite parametreleri üzerine etkiler oluşturmasına sebep olmuştur. Bitki büyüme mevsimi boyunca uygulanan sulama suyu gereksinimlerini azaltmak için toprağın tuttuğu suyu kolayca kullanabilen şeker pancarı; kısıntılı sulama uygulamalarına oldukça yatkın bir bitki çeşididir.

Bu bölümde şeker pancarı bitkisine uygulanan sulama suyu kısıntılarının verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri, sulama suyu miktarı, bitki su tüketim miktarı, sulama zamanının planlaması, su kullanım etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ile ilgili yapılmış çalışmalara yer verilmiştir.

Okman ve Bilgin (1973), Ankara koşullarında 3 yıl boyunca yürüttükleri çalışmada şeker pancarının verim değişimlerini gözlemek amacıyla 3 farklı sulama konusu oluşturmuşlardır. Bunlar; 0-90 cm toprak derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesi seviyesinin %25'e ve %50'ye düştüğünde sulandığı konu ve yaprakların pörsümeye başladığı anda (fenolojik gözlemlere göre) sulamanın yapıldığı konulardır. Çalışmanın sonucunda konular arasında önemli verim farklılıklarının oluşmadığı sonucuna varılmıştır. Fenolojik gözlemlerle sulama yapılan konuda su ihtiyacı belirtilerinin, kullanılabilir su tutma kapasitesinin %85'i tüketildiği zaman başladığı belirlenmiştir.

Ertaş (1984), 4 yıl boyunca Konya koşullarında yürüttüğü arazi denemelerinde 5 farklı sulama düzeyi oluşturmuştur. Bunlar; bitkiye su ihtiyacının tamamının verildiği konu (TS), bu konuya verilen suyun %80, %60 ve %40'ı kadar sulama suyu uygulanan konular ve susuz konudur. Elde edilen sonuçlara göre tam sulamanın uygulandığı konulara 4 yılın ortalaması olarak 1094 mm su uygulanmış ve TS konusunun bitki su tüketimi 1293 mm olarak belirlenmiştir. Ayrıca Konya koşullarında şeker pancarı yetiştiriciliğinde %40 su kısıntısı uygulanmasının verimde ciddi kayıplara sebep olmayacağını bildirmiştir. Bu konunun ortalama su tüketimi 890 mm bulunurken elde edilen yumru verimi 5,8 ton da⁻¹ olmuştur.

Elverenli (1985), farklı sulama ve azot düzeyleri oluşturduğu çalışmada şeker pancarı verim ve kalitesi üzerine etkilerini incelemiştir. Ulaştığı sonuçlar ışığında en yüksek bitki su tüketimi 975 mm; en yüksek yumru verimi 4,9 ton da⁻¹ olarak bulmuştur. Araştırmacı tüm konularını ele aldığı anda; şeker pancarı bitkisi için kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 50'si tükendiğinde sulama yapılmasını önermiştir.

Ayla (1988), şeker pancarından elde edilen yumru ve şeker verimini kısıntılı sulama koşulları altında araştırmak amacıyla Ankara koşullarında bir çalışma yapmıştır. Araştırmasında 0-90 cm derinliğindeki kullanılabilir nemin %30'u tüketildiğinde mevcut nemin tekrar tarla kapasitesine çıkarıldığı uygulamayı tanık konu olarak kullanmıştır. Oluşturduğu diğer deneme konularını ise tanık olarak ele aldığı konuya uyguladığı sulama suyunun %80'i, %60'ı, %40'ı, %20'si ve susuz konu olarak belirlemiştir. Elde edilen sonuçlara istatistiksel analizler uyguladıktan sonra yaptığı yorumda %40'luk bir su kısıntısının şeker pancarında yumru ve şeker veriminde büyük kayıplara sebep olmayacağını bildirmiştir. Bu konuya toplam 534 mm su uygulanırken elde edilen verimin 4,6 ton da⁻¹ olduğu belirtilmiştir.

Günbatılı (1989), kısıntılı sulamanın şeker pancarı verim parametreleri üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışma Tokat koşullarında yürütülmüş olup tam sulama, tam sulama konusuna verilen suyun %80, %60 ve %40'ının uygulandığı toplam 4 farklı sulama düzeyinden oluşmuştur. Araştırmada sulamalar kullanılabilir su tutma kapasitesi (KSTK) seviyesinin %50'ye düştüğünde uygulanmıştır. Tam sulama konusundaki su seviyesi tarla

kapasitesine çıkartılmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek yumru verimi tam sulama konusuna uygulanan suyun %80'inin uygulandığı konudan elde edilmiştir. Araştırmacı Tokat koşulları için şeker pancarı yetiştiriciliğinde %50 su kısıntısının uygulanmasının verimde kabul edilebilir kayıplara sebep olacağını ileri sürmüştür.

Yıldırım (1991), Ankara'da yürüttüğü çalışmada, şeker pancarının kısıntılı sulama düzeylerinin verime etkisini araştırmış ve 11 farklı sulama konusu planlamıştır. Sulama zamanını, kullanılabilir su tutma kapasitesinin %75'inin tüketildiği an olarak belirlemiş ve eksilen su miktarını %0'dan başlayarak %200'e kadar %20 seviyesinde arttırarak sulama konularını oluşturmuştur. Araştırmanın sonucunda mevsimsel olarak uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça; 800 mm ye kadar olan konularda verimde önemli bir artış meydana geldiği, bu miktardan sonra uygulanan sulama sularının verimde artışa sebep olmadığını veya azaldığını belirtmiştir.

Baçlın ve Çelik (1994), şeker pancarı bitkisinin kısıntılı sulama uygulamaları altında verim tepkilerini ölçtükleri çalışmada 5 farklı sulama düzeyi uygulanmıştır. Bu düzeyler; bitki sulama suyu ihtiyacının tamamının karşılandığı konu, bu konuya verilen suyun %80,%60 ve %40'ının uygulandığı konular ve sulama suyu uygulanmayan (susuz) konu olarak oluşturulmuştur. Araştırmada sulamalar tam sulama konusuna göre, kullanılabilir su tutma kapasitesindeki su miktarının %50'si tüketildiğinde yapılmıştır ve diğer konular bu su miktarına göre orantılanıp sulanmıştır. Sonuç olarak en yüksek yumru verimi %80 konusundan sağlanırken, en yüksek şeker verimi ise %60 konusundan elde edilmiştir.

Öğretir ve Güngör (1994), 6 farklı sulama düzeyi oluşturdukları çalışmada, Bursa koşullarında kısıntılı sulama uygulamalarının şeker pancarı verimine olan etkilerini incelemiştir. Çalışmada sulamalar 20 gün aralıklarla yapılmış ve uygulanacak sulama suyu miktarı 0-90 cm'deki tüketilen su değerine göre belirlenmiştir. Belirlenen su değerinin %100, %80, %60, %40, %20 ve %0'ının uygulandığı sulama konularından elde edilen en yüksek verim %80 konusunda bulunmuştur. Bitkinin ihtiyacı olan suyun %20 oranında kısıntı uygulandığı konunun şeker pancarı veriminde önemli değişikliklere sebep olmayacağı bildirilmiştir.

Abayomi (2002), şeker pancarında yaprak veriminin farklı dönemlerde uygulanan kısıntılı sulamalara tepkisini araştırdığı çalışmada; bitkinin ilk gelişim döneminde uygulanacak su kısıntısının yaprak verimini önemli derecede düşürdüğünü fakat orta ve geç dönemlerde yapılacak su stresinin yaprak gelişim değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir fark yaratmayacağını belirtmiştir. 3 farklı şeker pancarı çeşidinin kullanıldığı çalışmada elde edilen en yüksek yumru verimi Gala isimli çeşitte ve tam sulama konusunda 9,5 ton da⁻¹, en düşük yumru verimi ise Matador isimli çeşitte ve en az sulanan konuda 3,4 ton da⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Düzgün bir şekilde uygulanan kısıntılı sulama uygulamasının; şeker pancarı bitkisinin önemli bir verim parametresi olan şeker oranındaki sebep olacağı düşüşler, hastalık ve zararlılardan kaynaklanan ve hasat sırasında oluşan kayıplardan daha azdır. Bu uygulamalar şeker pancarından elde edilecek ürün kalitesini arttırabilmektedir. Kısıntılı sulama uygulamaları tam sulama uygulamalarından tamamen farklı olup, asıl amacı, verim üzerinde en az etkiye sahip sulamanın yapılmayarak su kullanım randımanını yükseltmektir (Kırda 2002).

Tognetti ve ark. (2003), kısıntılı sulama ve sulama tekniklerinin şeker pancarı bitkisinde verim, şeker oranı ve temel fiziksel özelliklerine olan etkisini araştırmak için 2000-2001 yıllarında İtalya'da bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada damla sulama ve yağmurlama sulama yöntemi olmak üzere 2 farklı sulama tekniği kullanılmıştır. Damla sulama sisteminde, tahmini evapotranspirasyonun (ET) %100'ü, %75'i ve %50'si olmak üzere 3; yağmurlama sulama sisteminde ise %100'ü ve %50'si olmak üzere 2 farklı sulama düzeyi oluşturmuşlardır. Ayrıca sulama suyu uygulanmayan bir kontrol konusu olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda en yüksek verim damla sulama yöntemiyle sulanan tam sulama konusundan 7,9 ton da⁻¹ olarak elde edilirken; en düşük verim 4 ton da⁻¹ olarak susuz konudan elde edilmiştir. Sadece modern sulama teknikleri kullanılarak sudan %25 tasarruf edilebileceğini ve damla sulama yöntemiyle sulanan parseller arasında yapılan istatistiksel analizler sonucunda şeker pancarı bitkisinde uygulanacak %25 su kısıntısının verimde önemli düşüslere sebep olmadığını belirtmişlerdir.

Bloch ve ark. (2006), 2002-2003 yıllarında Almanya'da sera koşullarında yürüttükleri çalışmada 3 farklı şeker pancarı çeşidinin kısıntılı sulama koşulları altında verim parametreleri, net fotosentez hızı, su kullanım etkinliği (WUE) ve karbon izotop ayrımı verilerinin değişimlerini incelemiştir. Su uygulamaları 3 farklı düzeyde oluşturulmuştur bunlar; bitkinin ihtiyacı olan suyun tamamının verildiği konu, %50'sinin verildiği konu ve %25'inin verildiği konulardır. Deneme sonucunda en yüksek verim ve fotosentez hızı değerleri tam sulama konusunda elde edilirken, WUE değerleri tam sulama konusunda $6,1 \text{ kg m}^{-3}$, %50 kısıntı uygulanan konuda $7,9 \text{ kg m}^{-3}$, %75 kısıntı uygulanan konuda $8,1 \text{ kg m}^{-3}$ olarak bulunmuştur.

Kızıloğlu ve ark. (2006), şeker pancarının su kullanım randımanı, şeker oranı, yaprak ve yumru verimi üzerine kısıntılı sulamanın etkilerini araştırmak için Erzurum'da bir çalışma yapmışlardır. Su kısıtları uyguladıkları konulardan elde ettikleri verimlerin tam sulama konularına göre düşük olduğunu ve evapotranspirasyon ile yumru verimi arasında doğrusal bir ilişkinin olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda hesapladıkları en yüksek WUE değerinin $9,2 \text{ kg m}^{-3}$ ile sulanmayan konuda, en düşüğü ise $6,8 \text{ kg m}^{-3}$ ile %40 kısıntı yapılan konuda olduğu görülmüştür. Elde edilen yumru verimlerinin en yükseği tam sulama konusunda 4 ton da^{-1} , en düşüğü ise su uygulanmayan konuda $2,1 \text{ ton da}^{-1}$ olarak bildirilmiştir.

Köksal (2006), çalışmasında 7 farklı sulama düzeyi oluşturmuş ve kısıntılı sulama uygulamalarının şeker pancarı bitkisinde verim, kalite ve fizyolojik özelliklerine etkisini belirlemiştir. 2004-2005 yılında Ankara'da yürütülen bu çalışmada S1, S2, S3, S4, S5, S6 ve S7 olmak üzere 7 farklı sulama konusu belirlenmiştir. Bu konulardan S7 konusuna elverişli nemin %50'si tüketildiğinde kalan 6 konuya ise 12 günde bir sulama suyu uygulanmıştır. S1 konusu bitkinin ihtiyacı olan sulama suyunun tamamın uygulandığı konu olarak belirlenirken, diğer konulara sırasıyla bu suyun %75'i, %50'si, %25'i ve %10'u uygulanmıştır. S6 konusu ise sulama suyu uygulanmayan (susuz) konu olarak belirlenmiştir. Çalışmanın ilk yılında en yüksek yumru verimi değeri $6,5 \text{ ton da}^{-1}$ ile S1, en düşük $1,6 \text{ ton da}^{-1}$ ile S6 konusunda görülürken, ikinci yılda en yüksek verim $7,0 \text{ ton da}^{-1}$ ile S7 konusunda, en düşük verim $2,2 \text{ ton da}^{-1}$ ile S6 konusunda görülmüştür.

Süheri (2007), 2005-2006 yıllarında Konya koşullarında yürüttüğü çalışmasında şeker pancarı bitkisinin farklı gelişme dönemlerinde farklı sulama suyu kısıtları uygulayarak bitkinin su-verim ilişkilerini incelemiş ve kısıntılı sulama imkânlarını araştırmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde her 2 yılda da en yüksek yumru verimi değerleri tam sulama konusundan 9,1 ve 7,9 ton da⁻¹ olarak, en düşük verimler ise en az sulanan konudan 3,3 ve 1,8 ton da⁻¹ olarak elde edilmiştir. En yüksek şeker veriminin ise 2005 yılında tam sulama konusundan 2006 yılında ise olgunlaşma döneminde %25 su kısıdı uygulanan konudan elde edildiğini belirtmiştir. Çalışma sonucunda ulaşılan k_y değerleri 2005 ve 2006 yılları için sırasıyla 0,96 ve 1,09 olarak bildirilmiştir.

Topak ve ark. (2010), farklı sulama düzeyi uygulamalarının şeker pancarında yumru ve şeker verimine etkisini araştırmak amacıyla Konya koşullarında 2 yıllık bir arazi denemesi yürütmüşlerdir. Araştırmada tam sulama, tam sulama konusuna uygulanan sulama miktarının %75'i, %50'si ve %25'i ve sulama suyu uygulanmayan (susuz) konu olmak üzere 5 farklı sulama düzeyi oluşturulmuştur ve sulama aralığı 10 gün olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek yumru ve şeker verimi değerlerinin her iki yılda da tam sulama konusundan elde edildiği fakat istatistiksel olarak %25 su kısıdı uygulanan konuyla aralarında önemli bir fark bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Esmaili (2011), şeker pancarında verim parametrelerinin değişimini incelemek amacıyla tam sulama, orta stresli ve sürekli stresli isimleriyle açıkladığı 3 farklı sulama düzeyi ve 4 farklı azot gübresi uygulamasını içeren deneme konuları oluşturmuştur. Elde edilen en yüksek yumru verimi değeri tam sulama konusunda 6,2 ton da⁻¹, en düşük yumru verimi değeri ise en az sulanan konuda 4,7 ton da⁻¹ olmuştur.

Baigü ve ark. (2012), farklı sulama miktarı ve yöntemlerinin (damla ve karık); şeker pancarında verim bileşenleri ve farklı kalite parametrelerinin üzerindeki etkilerinin araştırılması amacıyla 2010 yılında İran'da bir çalışma yürütmüşlerdir. Her sulama tekniği için tam sulama yapılan konu, %75 ve %50 sulama yapılan konu olmak üzere 3 farklı sulama düzeyi oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar yorumlandığında en yüksek şeker oranları her iki sulama için de %50 ve %75 konusundan elde edilirken, genel verim

açısından en uygun teknik ve sulama düzeyinin damla sulama yöntemiyle sulanan ve tam sulama konusuna verilen suyun %75'inin uygulandığı konunun olduğu belirtilmiştir. Bu konulardan sırasıyla 9,0 ton da⁻¹ ve 7,4 ton da⁻¹ verim elde edilmiştir.

Kıymaz ve Ertek (2015), 2 farklı şeker pancarı çeşidinin farklı sulama düzeylerine tepkilerini araştırmışlardır. A sınıfı buharlaşma kabı kullanılan çalışmada sulama düzeyleri kaptan buharlaşan su miktarına göre oluşturulmuştur. I1 konusu Kpc:0,5, I2 konusu Kpc:0,75 ve I3 konusu Kpc:1,00 katsayılarına göre sulanmıştır. 2 yıl süren arazi denemeleri sonucunda en yüksek verim en çok sulama suyu uygulanan I3 konusundan ilk sene için ortalama 8,3 ton da⁻¹, ikinci sene ise 5,9 ton da⁻¹ olarak elde edilmiştir. En düşük verim ise I1 konusundan ilk sene için ortalama 7,9, ikinci sene için ise 5,5 ton da⁻¹ bulunmuştur. WUE değerleri ise I1, I2 ve I3 konuları için sırasıyla; 22,4, 16,7 ve 13,7 kg m⁻³ olarak; IWUE değerleri ise 12,8, 10,5 ve 9,2 kg m⁻³ olarak bildirilmiştir.

Masri ve ark. (2015), yürüttükleri çalışmada damla ve yağmurlama yöntemleriyle sulanan şeker pancarı bitkisi üzerinde bu iki yöntemin oluşturacağı verim farklılıklarını incelemiş ve her yöntemi de kendi içinde farklı sulama düzeylerine tabii tutmuşlardır. Araştırmadan elde edilen verilere göre damla sulama yöntemiyle bitki su ihtiyacının tam karşılandığı konuda ortalama yumru verimi 5,6 ton da⁻¹ olurken; en az sulanan %50 kısıntı konusunda 4,13 ton da⁻¹ olmuştur. Şeker verimi değerleri arasında istatistiksel analizler sonucunda önemli farklılıklar görülmezken; su ihtiyacının %75'inin karşılandığı sulama konuları sakaroz içeriği açısından %20,13 değeriyle öne çıkan konu olmuştur. Tüm konular beraber değerlendirildiğinde yağmurlama sulama yöntemiyle uygulanan tam sulama konusu ve damla sulama yöntemiyle uygulanan %75 konusu değerleri benzer çıkmış ve sadece modern sulama tekniklerinin uygulanmasıyla verimde kayıp yaşanmadan %25 su tasarrufu sağlanabileceği görülmüştür.

Öksüz (2015), 2013 yılında Konya'da yürüttüğü çalışmasında damla sulama yöntemiyle; kısıntılı sulama ve farklı azot dozu uygulamalarının, şeker pancarında verim ve azot kullanımına olan etkilerini araştırmıştır. Çalışmasında; tam sulama, tam sulama konusuna verilen suyun %75'inin ve %50'sinin uygulandığı konu olmak üzere 3 farklı sulama düzeyi belirlemiştir. Sulama uygulamaları S1 konusu parsellerine ait şeker pancarının

etkili kök derinliği olan 90 cm toprak derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %35-40'ı tüketildiğinde yapılmıştır. Çalışma sonucunda en yüksek yumru verimi 8,4 ton da⁻¹ değeri ile tam sulama konusundan elde edilmiş fakat su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde şeker pancarı bitkisinde %25 su kısıdı uygulanabileceği belirtilmiştir.

Tarı ve ark. (2016), Orta Anadolu koşullarında yürüttükleri 2 yıllık çalışmalarında farklı sulama aralıkları ve sulama düzeylerinin şeker pancarı bitkisinin kalite parametreleri üzerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmada ana konu olarak 3 farklı sulama aralığı ve alt konu olarak A sınıfı buharlaşma kabından belirlenen sulama suyu miktarının %125'i, %100'ü, %75'i ve %50'si olmak üzere 4 farklı sulama düzeyi belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek şeker verimi 1,6 ton da⁻¹ değeri ile %125 konusundan alınmış, su kaynaklarının kısıtlı olması durumunda %100 konusu önerilmiştir. En yüksek şeker oranı ise %50 konusundan elde edilmiştir.

Topak ve ark. (2016), 2012-2013 yıllarında Konya'da yürüttükleri çalışmada kısmi kök kuruluğu tekniği ile damla sulama yöntemini, farklı sulama uygulamaları ve azot dozları etkisi altında karşılaştırmış ve şeker pancarında yumru verimi, şeker verimi, su kullanım etkinliği (WUE), gübre-azot kullanım etkinliği gibi parametrelerin değişimini gözlemlemişlerdir. Çalışmada tam sulama kontrol konusu olarak belirlenirken; kısmi kök kuruluğu yapılan damla sulama ve klasik damla sulama konuları için kontrol konusuna uygulanan suyun %75'i ve %50 sinin uygulandığı sulama düzeyleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda farklı azot düzeyleri verimde önemli değişikliklere sebep olmazken; farklı sulama teknikleri ve sulama kısıtları, verimi istatistiksel olarak önemli ölçüde değiştirmiştir. En yüksek yumru verimi klasik damla sulama yöntemiyle sulanan tam sulama konusundan 9,0 ton da⁻¹ değeriyle, en düşük verim ise 6,1 ton da⁻¹ değeriyle %50 su kısıntısı yapılan konudan elde edilmiştir. Çalışmada ulaşılan bir diğer çıktı ise WUE ve IWUE değerleridir. Bu değerler sırasıyla; 9,36 ile 11,25 ve 1,82 ile 2,40 kg m⁻³ arasında değişmiştir.

Abyaneh ve ark. (2017), şeker pancarında farklı sulama yöntemleri ve farklı azot dozlarının verime etkisini belirlemek amacıyla İran'da yürüttükleri çalışmada kısmi kök kuruluğu ve damla sulama yöntemlerini farklı sulama düzeyleri altında

karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda en yüksek yumru verimi tam sulama konularından alınırken (5,4 ton da⁻¹); en düşük verim ise bitkinin su ihtiyacının %65'inin uygulandığı konuda görülmüştür (2,6 ton da⁻¹). Kısmi kök kuruluğu tekniğiyle %15 su kısıntısı uygulanan konularda da kabul edilebilir verim kayıpları yaşandığı bildirilmiştir.

Tarkalson ve King (2017), Amerika'da yürüttükleri 3 yıllık çalışmada farklı kısıntılı sulama düzeyleri ve bu düzeylerin uygulandığı farklı dönemler oluşturarak şeker pancarı verimi için optimum kısıntı ve bu kısıntının uygulanması gereken dönemi araştırmışlardır. 1 tanesi susuz konu olmak üzere 8 farklı sulama konusu oluşturulan denemede en yüksek verim sezon boyunca tam sulama konusu uygulanan konudan ve bitkinin gelişim döneminde tam sulama uygulanan diğer dönemlerde %65 sulama suyu kısıntısı uygulanan konulardan elde edilmiştir. Verim değerleri 10,9 ile 0,6 ton da⁻¹ arasında değişmiştir.

Mahmoud ve ark. (2018), Mısır'da yürüttükleri çalışmalarında 3 farklı sulama düzeyi oluşturmuşlar ve farklı şeker pancarı çeşitlerinin su stresine verdikleri tepkileri 2 yetiştirme mevsiminde gözlemlemişlerdir. Farklı çeşitlerin su stresi koşullarına farklı tepkiler verdiği çalışmada su kısıntıları arttıkça bitki büyümesi, klorofil miktarları, yaprak alan indeksi gibi parametrelerde düşüşler gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda %30 kısıntının uygulandığı konuda toplam verim 10 ton da⁻¹ olarak bulunurken en düşük verim ise %70 sulama suyu kısıntısının uygulandığı konuda 4,6 ton da⁻¹ olarak bulunmuştur. En yüksek su kullanım etkinliği değerleri ise 12 ile 9,95 kg m⁻³ arasında değişmiştir.

Özbay (2018), Kütahya'da 2016 yılında yürüttüğü çalışmada farklı sulama teknikleri ve farklı kısıntılı sulama düzeylerinin şeker pancarında verim ve kalite özelliklerine etkisini araştırmıştır. Yağmurlama ve damla olmak üzere 2 farklı sulama yöntemi kullanılan çalışmada; damla sulama sistemiyle sulanan konulara bitkinin ihtiyacı olan suyun, %100'ünün, %66'sının ve %33'ünün verildiği 3 farklı sulama düzeyi uygulanmıştır. Çalışmadan elde edilen veriler değerlendirildiğinde en yüksek verime damla sulama sistemiyle sulanan tam sulama konusunda ulaşılrken (13,2 ton da⁻¹); en düşük verim ağır stres koşullarında %66 kısıntı uygulanan konuda bulunmuştur (1,2 ton da⁻¹).

Li ve ark. (2019a), 2017-2018 yıllarında Çin’de yürüttükleri çalışmada bitkinin ihtiyacı olan suyun %70’i, %50’si ve %30’unun uygulandığı olmak üzere 3 farklı sulama düzeyi oluşturarak kısıntılı sulamanın verim, su kullanım etkinliği (WUE) ve fotosentez parametrelerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonunda yapılan değerlendirmede kısıntılı sulama uygulamalarının şeker pancarında kuru madde miktarlarında önemli kayıplara sebep olduğu fakat 3 sulama düzeyi karşılaştırıldığında önemli verim kaybının sadece %30 konusunda olduğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen verim değerleri 11,7 ile 8,7 ton da⁻¹ arasında değişmiştir.

2.2. Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI)

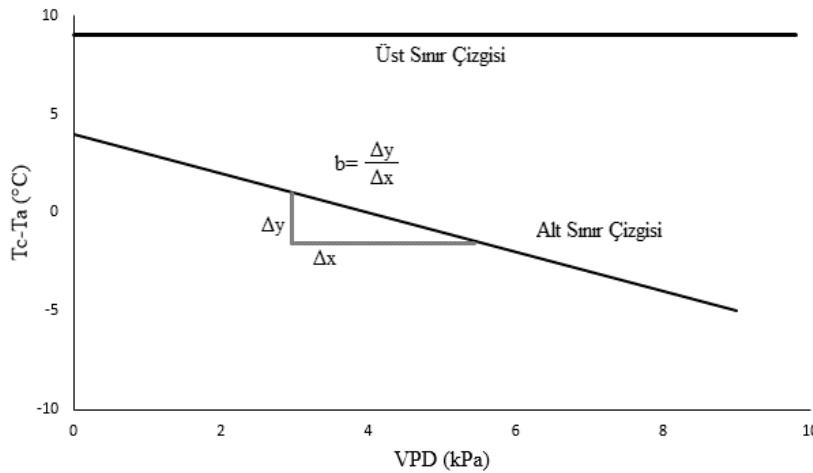
Bitki su stresi toprakta bulunması gereken su miktarından az su bulunduğu durumlarda, bitkide meydana gelen olumsuz etki olarak tanımlanabilir (Emekli 2005).

Bitkiler yetiştiği bölgelerdeki çevresel koşulların yarattığı etkilere oldukça duyarlıdır. Dolayısıyla sulama programlarının oluşturulmasında bitkinin temel alındığı ölçümlerin kullanılması oldukça büyük önem taşımaktadır. (Ödemiş ve Baştuğ 1999). Geçmişten günümüze kadar yapılan çalışmalarda mevsimsel olarak bitki yüzey sıcaklığının ölçülmesiyle ulaşılan bitki su stres indeksi (CWSI) değeri bitkilerin yaşadığı su stresine dair önemli sonuçlar bildirilmiştir. Bu sonuçlar dikkate alınarak belirlenecek sulama programlarıyla verim, kalite parametrelerinin artırılması ve su tasarrufu sağlanabileceğine dikkat çekilmiştir. (Idso ve ark. 1981, Reginato 1983, Sepaskhah ve Kashfipour 1994, Olufayo ve ark. 1996, Carcova ve ark. 1998, Irmak ve ark. 2000, Alderfasi ve Nielsen 2001, Orta ve ark. 2003, Cremona ve ark. 2004, Yuan ve ark. 2004).

Bitki yüzey sıcaklığının ölçülmesiyle elde edilen veriler değerlendirildikten sonra CWSI’nın belirlenmesi ve su stresinin sayısal olarak ortaya konulması için kullanılan 3 temel yaklaşım vardır. Bunlar; enerji dengesi yaklaşımı (Jackson ve ark. 1981), deneysel yaklaşım (Idso ve ark. 1981) ve ıslak termometre sıcaklığı yaklaşımıdır (Alves ve Pereira 2000).

Enerji dengesi yaklaşımı, bahsedilen bu denge ve aerodinamik bağıntıların kullanıldığı, bitki örtüsünün bulunduğu toprak yüzeyinden olan buharlaşmayla beraber radyasyon ve oluşan buhar basıncı açığının bir çıktısı olarak yüzey sıcaklığının ifade edildiği bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, sıcaklığa dayandırılmış su stresi indekslerine ve CWSI değerini niceliksel olarak ifade etmeye olanak sağlayan bitki su stresine rehberlik etmektedir. (Jackson ve ark. 1981). Yaklaşımına göre bitkilerin yapraklarının sıcaklığının azalması terlemelerine bağlıdır, dolayısıyla terleme gerçekleştikçe yaprak sıcaklıkları ortam sıcaklığının altına iner ve bu fark psikrometrik ölçümlerle belirlendikten sonra CWSI değerine ulaşılmaktadır (Jackson 1982).

Deneysel yaklaşım, enerji dengesi yaklaşımında ortaya konulan yaprak sıcaklığı ve ortam sıcaklığı arasındaki fark ile buhar basıncı açığı ilişkisine dayalı bitki su stres indeksi değerinin grafik üzerinde çözümlenerek elde edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Su stresi yaşamayan, ihtiyacı olan sulama suyu miktarı tamamen karşılanan ve optimum hızla terleme faaliyetlerini yerine getiren bitkilerden ölçülen taç sıcaklığı-ortam sıcaklığı farkı ve buhar basıncı açığı değerlerinin grafik üzerinde karşılıklı işaretlenmesinden alt sınır çizgisi; hiç terleme yapamayan, en çok su stresi yaşayan bitkiden elde edilen taç ve ortam sıcaklığı farkı ile buhar basıncı açığı değerlerinin karşılıklı işaretlenmesinden ise üst sınır çizgisi belirlenir. Elde edilen alt ve üst sınır çizgilerinin aynı grafikte belirtilmesiyle ana grafik elde edilir. Temel grafik ve elemanları Şekil 2.1’de gösterilmiştir (Idso ve ark. 1981).



Şekil 2.1. Deneysel yaklaşımı oluşturan temel grafik ve elemanları

Islak termometre sıcaklığı yaklaşımı, su stresi yaşamayan konulardan elde edilecek baz çizgisi için bahsedilen 2 yaklaşıma göre daha basit bir denklemi içeren yaklaşımdır. Öncelikle doymuş buhar basıncı eğrisinden gerçek buhar basıncı değerine ulaşılmakta ardından ise sırasıyla buhar basıncı farkına ve bitki yüzeyindeki buhar basıncı değerine ulaşılır. Bu yaklaşımın enerji dengesi yaklaşımına göre üstünlüğü bitki yüzey direnci değerine ihtiyaç duymamasıdır. Denklemin sahip olduğu diğer üstünlükler; gün doğumundan gün batımına istenildiği zaman alınabilmesi ve havanın tamamen kapalı olduğu günler dâhil olmak üzere her koşulda ölçüm yapılabilmesi şeklinde özetlenebilir.

Bu bölümde şeker pancarı bitkisiyle yapılmış bitki su stres indeksi çalışmalarına yer verilmiştir.

Brown ve Rosenberg (1973), bitki su tüketimi hesaplamak amacıyla şeker pancarı bitkisinde bir direnç yaklaşımı kullanmışlardır. Çalışmada ET bileşenlerinden hissedilebilir ısı ve hissedilemeyen ısı değişimlerini hesaplarken bitki yüzey sıcaklığından yararlanmışlardır. Bahsedilen direnç yaklaşımının belirlenmesinde enerji denge yaklaşımına ek olarak oluşturulan bir model kullanmışlar, kullanılan modelin temel dayanağı olarak ise 12 hissedilemeyen ısı değişiminin, bitki direncinin, hava direncinin ve net radyasyon ile toprak ısısının değişiminin farkını göstermişlerdir. Saatlik olarak ölçülen ET değerleri ve kullanılan model aracılığıyla belirlenen enerji dengesi ile aralarında %5 düzeyinde uyum tespit edilmiştir.

Pinter ve ark. (1979), tarafından yürütülen çalışmada, bitki yüzey sıcaklıklarının belirlenmesi amacıyla hastalık aşılana şeker pancarı ve pamuk bitkileri konuları oluşturulmuştur. Hastalık içeren bitkilerin sağlıklı bitkilerden 3 ile 5 °C daha sıcak olduğu belirlenmiş, ulaşılan sıcaklık farklarının, değişik toprak su düzeylerinde irdelenmesi ile bitkilerin yaşadığı biyolojik streslerin de yüzey sıcaklığı ölçümleriyle algılanabileceği ortaya konmuştur.

Sepaskhah ve ark. (1987), İran'ın Pars Eyaleti'nin Bajgah bölgesinde yürüttükleri çalışmalarında şeker pancarında yaprak su içeriklerinin tahmin edilmesi için örtü ve yaprak sıcaklıklarını ölçerek ulaştıkları bitki su stres indeksi değerlerini kullanmışlardır.

Bitki örtü yüzeyi-hava sıcaklığı farkını, buhar basıncı açığı (VPD) ve CWSI hesaplamaları için kullanmışlar ve doğrusal bir ilişki kurmuşlardır. Araştırma sonucunda şeker pancarının sulama zamanı için bulunan en uygun CWSI değeri 0,15; yaprak su potansiyeli değeri (Y) ise -1,45 MPa bulunmuştur. Şeker pancarının Y ve CWSI değerleri, hem yaş hem de kuru ağırlıkta yaprak su içerikleri ile ilişkilendirilmiştir.

Köksal ve Yıldırım (2011), yürüttükleri çalışmada bitki su stres indeksinin (CWSI), şeker pancarı bitkisinde kullanılma olanaklarını araştırmıştır. 7 farklı sulama konusundan oluşan çalışma Ankara koşullarında ağır bünyeli toprakta, 2004 ve 2005 yıllarında yürütülmüştür ve çalışmada tüm deneme konularının mevsimsel olarak bitki yüzey sıcaklığı ölçülmüştür. Buna eş zamanlı olarak ortam sıcaklığı ve buhar basıncı açığı değerleri de takip edilmiştir. Çalışma sonucunda deneme konularından elde edilen değerlerle CWSI hesabında kullanılan alt baz ve üst baz hatları deneysel olarak tespit edilmiştir. Üst limit değeri ilk yıl için 3,20°C bulunurken ikinci yıl için 3,47°C olarak belirlenmiştir. Alt baz hattı ise 2004 yılında kolerasyon katsayısı (r) 0,82 ve regresyon eşitliği “ $T_c - T_a = -2,17 \text{ VPD} + 0,95$ ”, 2005 yılında korelasyon katsayısı (r) 0,87 ve regresyon eşitliği “ $T_c - T_a = -2,75 \text{ VPD} + 3,17$ ” şeklinde belirlenmiştir. Aşırı su koşullarında CWSI değerlerinin 0’dan daha küçük, kurak bir mevsim için ise 1’e yaklaşabileceği sonucuna varılmıştır. Araştırmacılar CWSI parametresinin şeker pancarı sulama suyu yönetiminde etkili bir biçimde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Kovar ve Cerny (2016), 2013-2014 yıllarında Çek Cumhuriyeti’nde yürüttükleri çalışmada iki farklı şeker pancarı çeşidinde farklı sulama rejimlerinin oluşturduğu etkileri infrared termometre cihazıyla takip etmiş ve bitki su stresi indeksi hesabı yapmışlardır. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre iki çeşit şeker pancarının hava koşullarına ve hassasiyetine bağlı olarak vejetasyon dönemlerinde sıcaklık farkı (ΔT), bitki su stres indeksi (CWSI) ve stomal iletkenlik indeksleri değişiklikler göstermiştir. CWSI değerleri sezon boyunca 0 ile 1 arasında değişmiş fakat ortalamaların 1’i aştığı 2013 Temmuz ve 2014 Haziran ayları için yağışın hiç olmadığı ve stresin arttığı dönemler olarak bahsedilmiştir. Ayrıca infrared termometre ile yaprak sıcaklığının ölçülmesinin şeker pancarı bitkilerinin fizyolojik değişimlerini tanımlamak için güvenilir ve bitkiye zarar

vermeyen bir araç olduğu doğrulanmış, kuraklık stresleri bu şekilde takip edilerek hassas sulama teknikleri için sulama programları oluşturulabileceği belirtilmiştir.

Bahmani ve ark. (2017), İran'ın yarı kurak ikliminde 2 yıl boyunca şeker pancarının sulama planlamasında bitki su stres indeksinin kullanımını değerlendirmek için bir çalışma yürütmüşlerdir. CWSI ile verim, kalite parametreleri ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) arasındaki istatistiksel ilişkiler araştırılmış ve %100 (I100), %85 (I85), %70 (I50) ve %0 (I0) olmak üzere 4 farklı sulama düzeyi oluşturulmuştur. CWSI değerleri, tüm konular için hava sıcaklığı ve VPD değerleri ile bitki yüzey örtüsü sıcaklıklarının ölçümlerinden hesaplanmıştır. Elde edilen veriler değerlendirildiğinde üst limit 5,3°C bulunurken; alt baz hattı kolerasyon katsayısı (r) 0,6508 ve regresyon eşitliği $T_c - T_a = 0,832VPD + 2,1811$ şeklinde oluşmuştur. Tüm sulama konuları için CWSI değerleri ilk yıl 0,08-0,42 arasında; ikinci yıl ise 0,1-0,44 değerleri arasında değişmiştir. Şeker pancarının sulama zamanı için önerilen eşik CWSI değeri 0,3 bulunmuştur. En yüksek IWUE değeri, 2013 yılında yumru ve şeker verimi için sırasıyla 9,16 ve 1,66 kg m⁻³ değerleri ile I70 konusunda bulunmuştur.

Quebrajo ve ark. (2018), çalışmalarında insansız hava aracı üzerine monte edilmiş termal kamera ile elde edilen görüntüler ile şeker pancarı bitkilerinin yüzey sıcaklıklarını ve toprak sıcaklık değerlerini ölçerek, nem içeriklerine dair çıkarımlar yapmışlar; eş zamanlı olarak yapılan toprak nem ölçümleri ile desteklemişlerdir. Sonuçlara göre toprağın su durumu ile bitkinin taç sıcaklığı arasında doğrudan bir ilişki gözlemlenmiş ve yumru ağırlığı ve şeker içeriği parametreleri için katsayılar oluşturmuşlardır. Araştırmada iyi sulanan ve su stresi yaşayan konular olmak üzere 2 farklı sulama konusu ve killi ve kumlu olmak üzere 2 farklı toprak tipi bulunmaktadır. Termal kameralar aracılığıyla elde edilen bitki yüzey sıcaklığı verilerine göre şeker pancarı bitkisinin CWSI değerleri bulunmuştur. Bu değerlerin iyi sulanmış konuda killi topraklar için 0 ile 0,6, kumlu topraklar için -0,5 ile 0,5 değerleri arasında; su stresi yaşayan killi topraklar için 0 ile 0,5, kumlu toprak için -0,4 ile 1,0 değerleri arasında olduğu belirtilmiştir.

King ve ark. (2020), yürüttükleri çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nde 2 farklı lokasyonda 4 yıl süreyle farklı sulama düzeyleri koşullarında şeker pancarı için bitki su

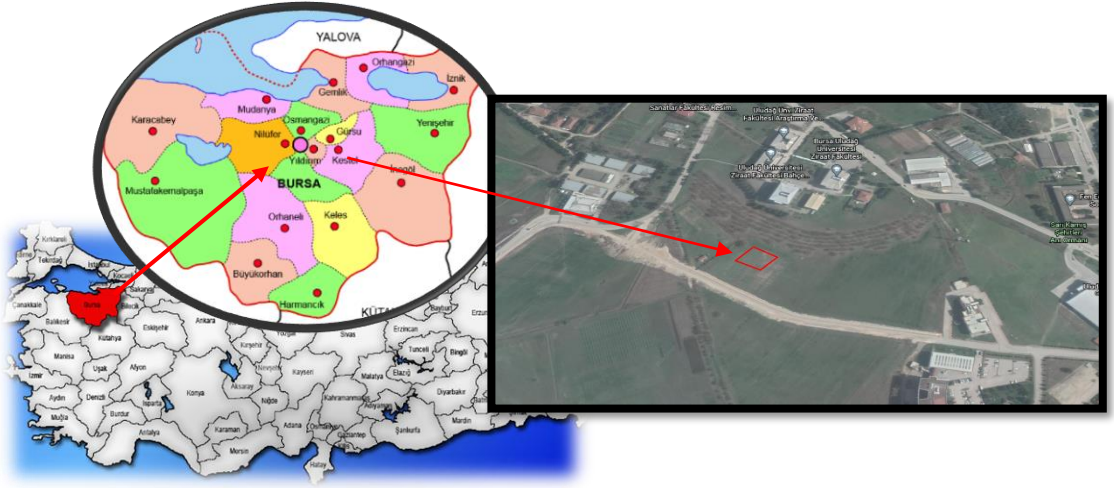
stres indeksi (CWSI) değerlerini hesaplamışlardır. Bu hesaplamaları yaparken elde ettikleri değerleri d6nemsel olarak belirlemişlerdir. Bu değerler araştırmanın ilk 2 yılının geğtiği 1. lokasyon için; Haziran ayının ortalarına kadar 0,1'den küçük, Ağustos ayının ortalarına kadar 0,2-0,4 arasında, hasada kadar olan kısımda ise 0,5 civarında olurken; 2. lokasyon için 0-0,9 arasında değişmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Araştırma alanı

Araştırma, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (TUAM) deneme arazisinde 2019 yılında yürütülmüştür. Deneme alanı ortalama denizden yüksekliği 112 m ve 40° 13' 33" kuzey (N) enlemi, 28° 51' 34"doğu (E) boylamında yer almaktadır. Araştırma alanının konumu Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme alanının konumu

3.1.2. İklim özellikleri

Marmara Bölgesi'nin güney-doğusunda yer alan Bursa ılıman bir iklime sahip olup, yazları sıcak ve kurak, kışları serin ve yağışlı geçmektedir (Candoğan ve ark. 2013).

Bursa ili için yetiştirme dönemi bazı iklim elemanlarının uzun yıllar iklim verileri (1960-2019) (MGM 2020a) ve deneme alanı 2019 yılı iklim verileri (MGM 2020b) Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bursa bölgesinin uzun yıllar iklim verileri incelendiğinde; yıllık ortalama sıcaklığın 14,6 °C olduğu görülmektedir. Aylık verilerde sıcaklık ortalaması en yüksek ay 24,4 °C ile Temmuz, en düşük ay ise 5,3 °C ile Ocak ayıdır. Aylık toplam yağış

miktarı ortalamaları toplandığında, bölgeye düşen yıllık toplam yağış miktarı 704.9 mm'dir. Şeker pancarı yetiştiricilik dönemleri için uzun yıllar yağış ortalaması 160,1 mm olmuştur. Yağışın en fazla olduğu ay 99.8 mm ile Aralık ayıdır. Yıllık ortalama bağıl nem %66'dır. 2019 yılı yetiştiricilik mevsimi aylarına bakıldığında ortalama sıcaklığı en yüksek uzun yıllar ortalamasından farklı olarak 24,5 derece ile Ağustos ayı olmuştur.

Çizelge 3.1. Bursa ili yetiştiricilik mevsimi 2019 yılı ve uzun yıllara ait aylık (1928-2019) ortalama iklim verileri

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)		Bağıl nem (%)		Rüzgâr hızı (m/s)		Yağış (mm)	
	2019	1960-2019	2019	1960-2019	2019	1960-2019	2019	1960-2019
Mayıs	19,6	17,6	67,3	68,1	2,3	2,0	40,4	46,0
Haziran	23,7	22,0	68,6	62,3	2,9	2,0	51,2	36,7
Temmuz	23,6	24,4	64,6	59,6	2,8	2,3	37,9	15,8
Ağustos	24,5	24,2	64,3	61,5	3,2	2,3	39,1	18,9
Eylül	21,3	20,3	63,5	66,8	2,9	1,9	11,3	42,7

3.1.3. Toprak özellikleri

Denemenin yürütüldüğü alanda bulunan toprak yapısının özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir (Candoğan 2009). Deneme alanı toprak bünye sınıfı kildir. 0-120 cm toprak derinliği için, 30 cm'lik toprak katmanları dikkate alındığında, hacim ağırlığı 1.35-1.38 g cm⁻³; tarla kapasitesi kuru ağırlık yüzdesi cinsinden %38.17-43.01 ve solma noktası %23.18-27.07 değerleri arasında değişmektedir. Şeker pancarı bitkisinin etkili kök derinliği (90 cm) dikkate alındığında, 0-90 cm toprak derinliği için kullanılabilir su tutma kapasitesi 163.3 mm olarak hesaplanmıştır.

3.1.4. Sulama suyunun ve kaynağının özellikleri

Araştırmada sulama suyu ihtiyacı, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi bünyesinde yer alan yaklaşık 125 ha sulama alanına sahip Yolçatı (Göbelye) Göleti'nden karşılanmıştır (Şekil 3.2). Göletten sulama amacı ile alınan su, sulama alanının en yüksek noktasında bulunan su toplama havuzuna pompalar yardımıyla getirilerek borulu sulama şebekesi ile sulama alanına iletilmekte ve dağıtımı hidrantlardan yapılmaktadır. Sulamada kullanılan su örneği laboratuvarında incelenmiş ve analiz sonucunda suyun pH değeri 7,12, elektriksel iletkenlik değeri

[(ECx10) 25 °C] 310 micromhos/cm, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) 0,23 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme alanında bulunan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)
0-30	24,32	26,18	49,50	C	1,35	38,17	27,07
30-60	23,28	26,22	50,50	C	1,36	40,01	27,03
60-90	21,88	24,62	53,50	C	1,34	43,01	26,75
90-120	21,64	37,86	40,50	C	1,38	40,05	23,18
Toprak Derinliği (cm)	EC (dS m ⁻¹)	pH	Saturasyon (%)	Yarayıslı (kg da ⁻¹)		Organik Madde (%)	
				Fosfor	Potasyum		
0-30	0,45	6,1	101	8,9	46	0,72	
30-60	0,45	6,4	109	3,5	36	0,43	
60-90	0,79	7,1	110	8,1	39	0,57	
90-120	0,64	8,0	101	6,9	25	0,17	

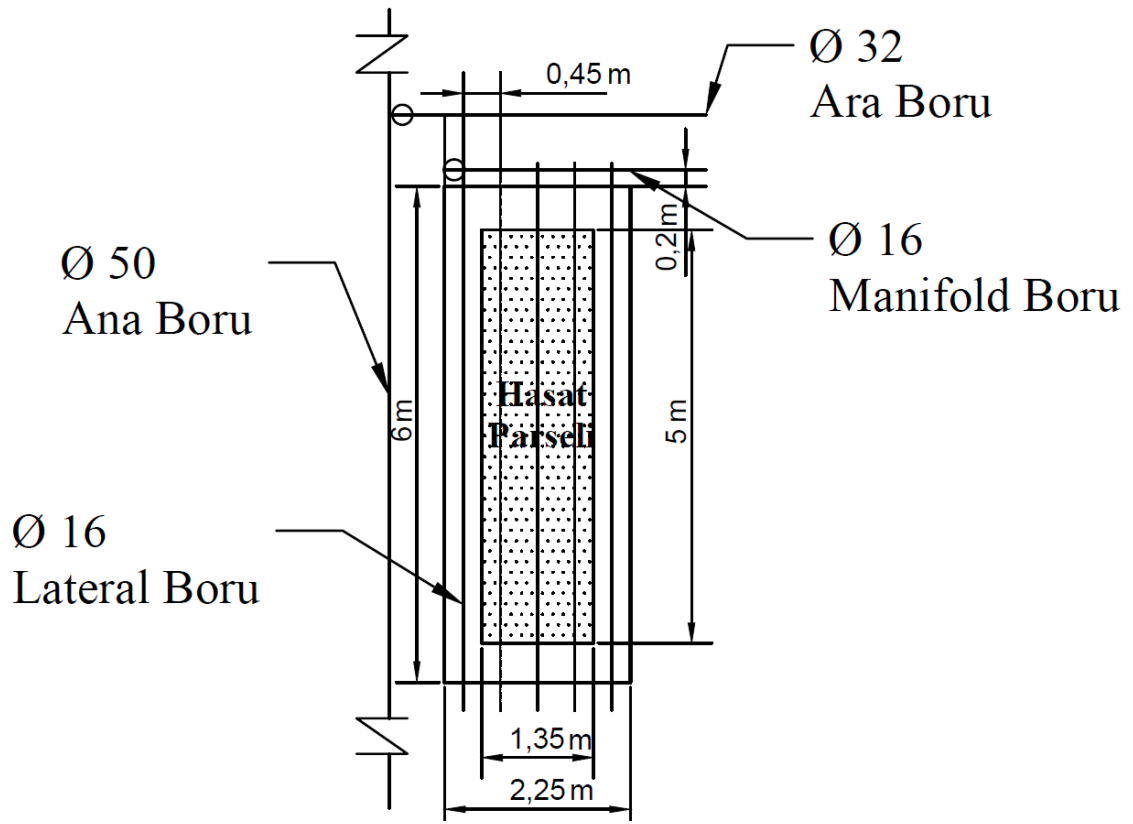


Şekil 3.2 Çalışmada su kaynağı olarak yararlanılan Yolçatı (Göbelye) Gölü

3.1.5. Sulama sisteminin özellikleri

Denemede kullanılan damla sulama sistemi parsel bazında Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Su kaynağından deneme arazisine ulaşan su öncelikle bir kontrol birimine ulaşmaktadır. Bu kontrol biriminde hidrosiklon (kum ayırıcı), kum-çakıl filtre tankı, elek filtre, vana ve giriş-çıkış basınç farkını göstermesi için 2 adet manometre bulunmaktadır. Deneme

alanına en yakın hidranttan 75 mm'lik PE boru ile gelen sulama suyu, küresel vana bağlantısı ile 50 mm'lik ana boru hattına bağlanmıştır. Ana boru hattından 32 mm'lik ara boru hatlarına geçilmiş ve yan boru hatları 16 mm'lik PE borulardan oluşmuştur. Uygulanan sulama suyunun; takibi için her blok başına bir adet sayaç, kontrolü için ise her parseldeki manifold hattı üzerine 1 adet mini kelebek vana yerleştirilmiştir (Şekil 3.4). Damla sulama sistemi bir parsel için, her bitki sırasına bir lateral gelecek şekilde, 16 mm çaplı PE borulardan ve 20 cm aralıklı ve debisi 1 atm basınç altında 2 L h^{-1} olan boylamasına geçik (in-line) basınç regülatörlü damlatıcılardan oluşmuştur.



Şekil 3.3. Damla sulama sistemi



Şekil 3.4. Blok başı sayacı ve mini kelebek vana

3.1.6. Bitki özellikleri

Araştırmada bitki materyali olarak KWS Türk Tarım Ticaret A.Ş.'den sağlanan “KWS Akazia” şeker pancarı (*Beta Vulgaris L.*) çeşidi kullanılmıştır. Üretici firma bilgilerine göre Rhizomania ve Cercospora gibi hastalıklara toleransı yüksek olan, sökümde toprak tutmayan ve usare safiyeti yüksek bir çeşittir (Anonim 2018b).

3.1.7. Araştırmada kullanılan donanımlar

Infrared Termometre

Bitki örtüsü yüzey sıcaklığının belirlenmesinde bir infrared termometre (Testo 845, Testo AG, Germany), kullanılmıştır (Şekil 3.5). Cihaz, 8-14 µm spektral bant aralığına sahiptir. Işık yansıtma katsayısı 0.10-1.00 arasında ayarlanabilmektedir.



Şekil 3.5. İnfrared termometre cihazı

Klorofil Ölçer

Araştırmada klorofil içeriğinin göstergesi olarak klorofil indeks değerleri (FieldScout CM 1000 Chlorophyll Meter, Spectrum Technologies, Inc., Aurora, IL, USA) bir klorofilmetre kullanılarak belirlenmiştir. (Şekil 3.6). Cihaz pille çalıştığından taşınabilir olup, arazide ölçüm yapmaya olanak sağlar ve bitkilere zarar vermez. Kırmızı LED dalga boyu 660 nm ve Infrared LED dalga boyu 840 nm'dir. İki saniyede bir ölçüm yapabilen cihazın ölçüm alanı 2x3 mm ve ölçüm doğruluğu ± 1.0 birimdir.



Şekil 3.6. Klorofil ölçer

Diğer Donanımlar

Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Arazi ve Su Kaynakları Anabilim Dalı Laboratuvar olanaklarından yararlanılmıştır. Bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleme seti, etüv ve hassas terazi çalışmada kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analizleri

Deneme alanına ait toprak örnekleri sistematik örnek alma yöntemine göre alınmıştır (Black 1965). Toprakların sahip olduğu bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Tüzüner (1990)'da ortaya koyulan ilkelere dayandırılarak; 120 cm toprak derinliğinde oluşturulan profillerin 30 cm'lik kısımlarından bozulmuş ve bozulmamış olarak alınan toprak örnekleriyle gerçekleştirilmiştir.

Toprak Būnyesi, hacim ağırlığı bozulmamış olan toprak Őrnekleriyle yapılmıştır. YŐntem olarak Bouyoucos Hidrometresi ve Silindir yŐntemi kullanılmıştır. Tarla kapasitesi belirlenirken basınçlı membran aleti kullanılmış ve bozulmamış toprak Őrneklerinin 1/3 atmosferde tuttıkları nem miktarı belirlenmiştir. Solma noktasının belirlenmesinde de basınçlı membran aleti kullanılmış; 15 atmosfer basınçta tuttıkları nem miktarı bulunmuştur.

Deneme alanına ait toprakların pH değeri, saturasyon çamurunda, cam elektrotlu Beckman pH-metre ile ŐlçŐlmüřtir. Amonyum asetat çŐzeltisinden geçiş yapan potasyum miktarı fleymfotometredeki değerin okunması ile alınabilir Potasyum (K_2O), belirlenmiştir. Scheibber kalsimetresiyle toprağın sahip olduğu kireç yŐzdesi hesaplanmıştır. Organik madde (%) ise, Walkley-Black YÖntemi'nin modifiye edilmiş Őekli uygulanarak belirlenmiştir. Alınabilir fosfor (P_2O_5), Olsen yöntemi ile belirlenmiştir (Candoğan 2009).

3.2.2. Tarımsal işlemler

Çalışmanın yapıldığı arazi; 27 Mart 2019 tarihinde pulluk, 2 Nisan 2019 tarihinde diskaro ve 25 Nisan 2019 tarihinde yapılan freze uygulamalarıyla toprak yetiştiriciliğine hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.7). Toprağın hazırlanmasının ardından 30 Nisan 2019 tarihinde damla sulama sistemi araziye serilmiş ve 1 Mayıs 2019 tarihinde ekim işlemi gerçekleşmiştir (Şekil 3.8). Tohumlar yaklaşık olarak 3 cm toprak derinliğine elle bırakılmıştır. Sıra arası mesafe 45 cm, sıra ũzeri mesafe ise 20 cm olarak ayarlanmıştır. Ekimden hemen sonra 15-15-15 NPK Gũbre uygulaması yapılmış ve ardından merdane ile parsellerin ũzerinden geçilmiştir.



Şekil 3.7. Deneme alanına ait toprağın hazırlanması



Şekil 3.8. Şeker pancarı ekim işlemleri

Çimlenme ve çıkış suyu yağmurlama sulama yöntemi kullanılarak uygulanmıştır. Konulu sulamalara 26 Haziran 2019 tarihinde geçilmiştir. Yabancı otlarla mücadele işlemi araştırma boyunca devam etmiş, 6 Mayıs 2019 tarihinde Adol 80 WP kodlu yabancı ot ilacı uygulaması yapılmıştır. Adol 80 WP, şeker pancarında ekim öncesi veya çıkış öncesi dönemde kullanılan seçici bir herbisittir. Yabancı otlarda Photosystem II engelleyicisi (fotosentez engelleyicisi) olarak çalışmaktadır. 13 Mayıs 2019 tarihinde çıkışlar tamamlanmış, 20 Mayıs 2019 tarihinde tekleme işlemi yapılmıştır. Haziran ayının sonlarında yapraklarda oluşan lekelerle karşı Azimut 320 SC kodlu fungusit edinilmiş ve deneme alanına her uygulamada 32 ml olmak üzere; 20 Haziran, 27 Haziran, 6 Eylül ve

16 Eylül 2019 tarihlerinde toplam 4 kere uygulanmıştır. 1 Ekim 2019 tarihinde hasat işlemi şeker pancarlarının topraktan sökülmesi suretiyle yapılmıştır.

3.2.3. Toprak su içeriğinin belirlenmesi

Toprak su içeriği gravimetrik olarak 7 günde bir sulama öncesi alınan toprak örnekleri ile takip edilmiştir (USSL 1954). Örnekleme her parselin ortasından 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm derinliklerinden alınan topraklar kuruyuncaya kadar (24 saat 105 °C’de) etüvde bekletilerek toprak su içerikleri kuru ağırlık cinsinden belirlenmiştir (Eşitlik 3.1.).

$$P_w = 100 * \frac{(W - W_s)}{W_s} \quad (\text{Eşitlik 3.1})$$

Eşitlikte;

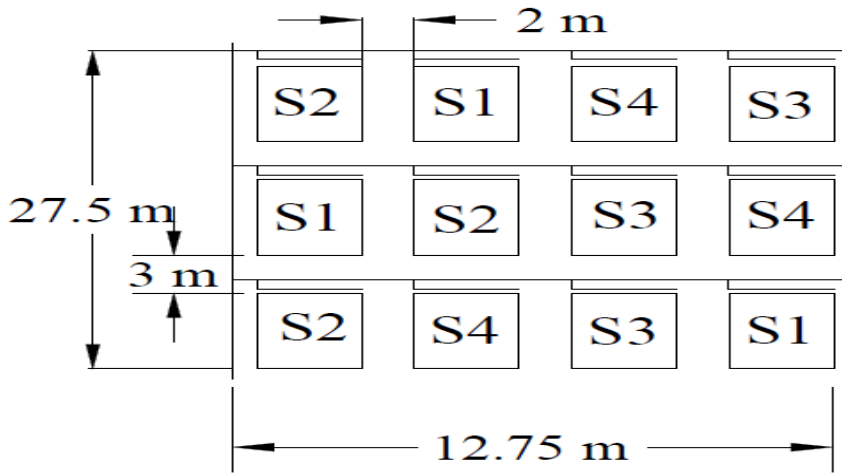
P_w : Toprağın kuru ağırlığının yüzdesi cinsinden nem miktarı (%),

W : Toprak örneğinin yaş ağırlığı (g),

W_s : Toprak örneğinin kuru ağırlığı (g) olarak ifade edilmektedir.

3.2.4. Deneme düzeni ve araştırma konuları

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. (Şekil 3.9). Parsel boyutları ekim de 2,25 m x 6,0 m = 13,5 m², hasatta 1,35 m x 5 m = 6,75 m²’dir. Her parsel arasında 2 m, her blok arasında 3 m mesafe bırakılmıştır. Deneme alanı ise 12,75 m x 27 m = 344,25 m²’dir. Deneme alanına ait drone görüntüsü Şekil 3.10’da verilmiştir.



Şekil 3.9. Tesadüf blokları deneme desenine göre parsellerin dağılımı

Araştırmada farklı sulama düzeyleriyle 4 farklı araştırma konusu oluşturulmuştur.

Araştırma konuları:

S1: Gelişme dönemi boyunca, her 7 günde bir 0–90 cm toprak derinliğinde tüketilen suyun % 100'ünün deneme parsellerine uygulanması,

S2: S1 konusuna verilmesi gereken sulama suyu miktarının $2/3$ 'ünün uygulanması,

S3: S1 konusuna verilmesi gereken sulama suyu miktarının $1/3$ 'ünün uygulanması,

S4: Sulama suyu uygulanmayan konu (Susuz) şeklindedir.



Şekil 3.10. Deneme alanına ait drone görüntüsü

3.2.5. Uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama süresinin belirlenmesi

Denemede her sulama uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesinde şeker pancarının etkili kök derinliği olan 90 cm göz önünde bulundurulmuş ve sulama uygulamaları 7 gün aralıklarla mevcut nemin tarla kapasitesine getirilmesi için gereken su miktarının belirlenmesi şeklinde ve Eşitlik 3.2 yardımıyla hesaplanmıştır (Yıldırım 2013);

$$I = \frac{TK-MN}{100} \gamma_t DP \quad (\text{Eşitlik 3.2.})$$

Eşitlikte;

I : Her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarı (mm),

TK : Tarla kapasitesi (%),

MN : Topraktaki mevcut nem (%),

γ_t : Toprağın hacim ağırlığı (g cm^{-3}),

D : Etkili kök derinliği (mm),

P : Islatılan alan oranı değerlerini göstermektedir.

Islatılan alan oranı (Güngör ve Yıldırım 1989, Yıldırım 2013);

$$P = k \frac{S_d}{S_l} \quad (\text{Eşitlik 3.3.})$$

Eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte;

P : Islatılan alan oranı,

k : Katsayı (Tarla bitkileri için k=1 alınmalıdır),

S_d : Damlatıcı aralığı (m),

S_l : Lateral aralığını (m) göstermektedir.

Çalışmada, ıslatılan alan oranı (P) 0,44 olarak belirlenmiştir. Çalışmada sulama süresi ise aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Kadayıfçı 1996);

$$t_s = \frac{d_n A}{q n_d} \quad (\text{Eşitlik 3.4.})$$

Eşitlikte;

t_s : Sulama süresi (h),

d_n : Sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı (mm),

A : Sulanacak parselin alanı (m^2),

q : Damlatıcı debisi ($L h^{-1}$),

n_d : Damlatıcı sayısı (adet) değerlerini göstermektedir.

3.2.6. Klorofilmetre okuması

Araştırmada klorofil okumaları Şekil 3.11'deki gibi yapılmıştır. Ölçümler infrared termometre ölçümleriyle eş zamanlı olarak (saat 13:00-14:00 arası) sulamadan öncesi ve sulama sonrası olacak şekilde haftada iki kez yapılmıştır. Her parselde 3 bitki her bitkide 2 yaprak olmak üzere toplam 6 yaprakta 3 tekrarlamalı olarak klorofil okumaları yapılmıştır.



Şekil 3.11. Klorofilmetre okuması

3.2.7. Bitki su tüketiminin belirlenmesi

Şeker pancarı bitkisinin bitki su tüketimi, toprak-su dengesi eşitliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır (Garrity ve ark. 1982, James 1988).

$$ET = I + P \pm \Delta S - D - R \quad (\text{Eşitlik 3.5.})$$

Eşitlikte;

ET: Bitki su tüketimi (mm),

I : Uygulanan sulama suyu miktarı (mm),

P : Düşen yağış (mm),

ΔS : İki toprak nemi ölçümü arasındaki değişim ($\text{mm } 90 \text{ cm}^{-1}$),

D : Drenaj miktarı (mm),

R : Yüzey akış miktarı (mm) olarak ifade edilmektedir.

Yağış verileri (*P*) Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Kampüsü içinde yer alan meteoroloji istasyonundan alınmıştır. İki toprak suyu ölçümü arasındaki değişimi (ΔS) hesaplamak amacıyla gravimetrik yöntem kullanılmış ve şeker pancarının etkili kök derinliği olan 90 cm derinliğine kadar olan ölçümler dikkate alınmış; 90-120 cm'lik kısımda ise meydana gelen nem artışı drenaj miktarı olarak belirlenmiştir. Yürütülen çalışmada sulamalar; topraktaki eksik nem miktarının tarla kapasitesine tamamlanması ilkesine dayandığından ve sulama suyu kontrollü olarak damla sulama yöntemiyle uygulandığından eşitlikte yüzey akış (*R*) ihmal edilmiştir (Oktem ve ark. 2003).

3.2.8. Yumru uzunluğu

Yumru uzunluğu belirlenirken; her parselden tesadüfen 5 adet yumru seçilmiş ve baş kısmından kesilmiştir. Kesildiği kısımla, kökün yaklaşık 2 cm'ye düştüğü nokta arasındaki mesafe şerit metre ile ölçülmüş daha sonra ölçümlerin ortalamaları alınmıştır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Yumru uzunluğunun belirlenmesi

3.2.9. Yumru çapı

Yumru çapı belirlenirken; her parselden tesadüfen 5 yumru seçilmiş ve çaplarının en geniş olduğu noktadan kesilmiştir. Kesilen kısımdan şerit metre ile çap ölçümleri yapılmış daha sonra ölçümlerin ortalamaları alınmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Yumru çapının belirlenmesi

3.2.10. Yaprak sayısı

Yaprak sayısı belirlenirken; uzunluğu ve çapları ölçülen yumrular üzerindeki yapraklar sayılmış ve sayılan yaprakların ortalamaları alınmıştır.

3.2.11. Yumru verimi

Her parselde kenar tesirleri belirlendikten sonra oluşan hasat parselinin içinde kalan şeker pancarları, baş kısımlarından kesilmiş ve topraklarından temizlenmiştir. Tüm yumrular kasalar yardımıyla tartılmış ve her parsel için kg cinsinden yumru verimleri bulunmuştur (şekil 3.14). Elde edilen bu değerlerden dekara yumru verimleri (ton da^{-1}) hesaplanmıştır.



şekil 3.14. Hasat parsellerinde yapılan verim işlemleri

3.2.12. Yaprak verimi

Hasat parsellerinde elde edilen şeker pancarı bitkilerinin yaprakları ayrılarak kasalar yardımıyla tartılmış ve her parsel için yaprak verimi bulunmuştur. Elde edilen değerlerden dekara yaprak verimi elde edilmiştir.

3.2.13. Toplam verim

Ulaşılan, dekara yumru ve yaprak verimleri değerleri toplanarak dekar başına toplam verim elde edilmiştir.

3.2.14. Yaprak su içeriği

Her parselden bir adet şeker pancarı örneklenmiş, en hızlı biçimde laboratuvara ulaştırılmış, yaprakları ve yumrusu ayrılmış ve hassas terazide yaş yaprak ağırlıkları (YA)

ölçülmüştür. Yaş ağırlıkları ölçülen yapraklar etüve konmuş ve 105°C’de 24 saat boyunca kurutulmuştur. 24 saat sonra etüvden alınan örneklerin kuru ağırlıkları (KA) ölçülüp aşağıdaki eşitlikle % cinsinden yaprak su içerikleri hesaplanmıştır (Bowman 1989, Penuelas ve ark. 1993).

$$YSİ = \left(\frac{YA-KA}{YA} \right) * 100 \quad (\text{Eşitlik 3.6.})$$

Eşitlikte;

YSİ : Yaprak su içeriği (%),

YA : Yaprak yaş ağırlığı (g),

KA : Yaprak kuru ağırlığı (g) olarak ifade edilmektedir.

3.2.15. Kuru madde oranı

Her parselden örneklenen ve laboratuvara ulaştırılan şeker pancarlarının yumru ve yapraklarının yaş ağırlığı hassas terazide belirlenmiştir. Yaş ağırlığı belirlenen örnekler kese kâğıtlarına yerleştirilip etüvde 105°C’de 24 saat boyunca kurutulmuştur. 24 saat sonra etüvden alınan örnekler hassas terazide ölçümleri yapıp aşağıdaki eşitlikle % cinsinden kuru madde oranları hesaplanmıştır.

$$KMO = \left(\frac{KA}{YA} \right) * 100 \quad (\text{Eşitlik3.7.})$$

Eşitlikte;

KMO: Kuru madde oranı (%),

KA : Kuru ağırlık (g) (Kuru yaprak ağırlığı ve kuru yumru ağırlığı toplanmıştır)

YA : Yaş ağırlık (g) (Yaş yaprak ağırlığı ve yaş yumru ağırlığı toplanmıştır) olarak ifade edilmektedir.

3.2.16. Ham şeker oranı

Ham şeker oranları, Bursa’da T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü’nde belirlenmiştir.

3.2.17. Ham şeker verimi

Her parselden elde edilen ham şeker oranlarının dekara oranlanması ile elde edilmiştir.

3.2.18. Mevsimlik su-verim ilişkisinin belirlenmesi

Literatürde su-verim ilişkilerinin incelendiği çeşitli modeller mevcuttur. Araştırmada yıllardır süre gelen ve en popüler eşitlik olan Stewart eşitliği kullanılmıştır (Stewart ve ark. 1976, Doorenbos ve Kassam 1979). Bu eşitlik su tüketiminde gerçekleşen oransal eksiklikler ile verimin oransal olarak azalması arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Kullanılan modele ait eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (\text{Eşitlik 3.8.})$$

Eşitlikte;

Y_a : Gerçek verim (su kısıntısı koşullarında),

Y_m : En yüksek verim (tam sulama koşulunda),

ET_a : Gerçek bitki su tüketimi (su kısıntısı koşullarında),

ET_m : En yüksek bitki su tüketimi (tam sulama koşullarında),

k_y : Su-verim tepki etmenini göstermektedir.

3.2.19. Bitki su stres indeksinin (CWSI) belirlenmesi

Araştırmada boyunca güneşin geliş açısı değiştiğinden ve gölgeleme faktörünü minimuma indirebilmek için infrared termometre ölçümleri; güneşin tam karşıya alınarak yapıldığı (solar azimut açısı) 0°'den başlanarak sırasıyla 90°, 180° ve 270° olarak toplam 4 yönde yapılmıştır. Her açıda 3 ölçüm olmak üzere her parselden toplam 12 ölçüm alınmıştır. IRT cihazı parsellere 55-70° zenith (düşey gözlem) açısı ile tutulmuş ve tutulduğu bölgede toprak yüzeyi değil tamamen bitki yüzeyi olmasına dikkat edilmiştir. Ölçümlere konulu sulamalara geçildikten sonra başlanmış ve ilk ölçüm 25 Haziran 2019, son ölçüm ise 13 Eylül 2019 tarihinde yapılmıştır. Ölçümler havanın tamamen açık

olduğu veya bulutların güneği engellemediği koşullarda haftada 2 kez (sulama öncesi ve sulama sonrası) yerel saat ile 13:00–14:00 arasında yapılmıştır. Tarımsal meteorolojik rasatlarına uygun bir siper, deneme parsellerinin bulunduğu alanda 1.50 m yüksekliğe yerleştirilmiş ve infrared ölçümlerinden hemen önce ve hemen sonra buhar basıncı açığıнын saptanması amacıyla ıslak (T_a) ve kuru termometre sıcaklıkları (T_w) aspiratörlü psikrometre aleti ile ölçülmüştür (Köksal 2008, Candogan ve ark. 2013). Ölçüm sonrası elde edilen değerlerden doygun buhar basıncı (e_a) ile gerçek buhar basıncı (e_d) her ölçüm zamanı için hesaplanarak buhar basıncı açığı (VPD) hesaplanmıştır.

Bitki su stresi indeksinin (CWSI) belirlenmesinde deneysel yaklaşım olarak bilinen yöntemden yararlanılmıştır (Idso ve ark. 1981). Idso ve ark. (1981)'e göre; alt sınır çizgisi, tam sulanan konuda (S1) yapılan ölçümlerden belirlenen T_c-T_a ve VPD değerlerinin doğrusal regresyonuyla; üst sınır çizgisi ise susuz konudan (S4) alınan ölçümlerden belirlenen verilerden yararlanarak temel grafik elde edilmiştir. Bu amaçla farklı buhar basıncı açığı koşullarında T_c-T_a 'nın değişimini belirlemek için sulama sonrası 2 Ağustos ve 9 Ağustos 2019 tarihlerinde saat 08:00-20:00 arası her saat başında S1 (tam sulama) ve S4 (susuz) konularından bitki yüzey sıcaklığı ölçümleri alınmıştır. Bitki su stresi indeksi değerleri ise elde edilen bu temel grafikten faydalanılarak belirlenmiştir.

Yönteme göre CWSI aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır;

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_a) - LL]}{(UL - LL)} \quad (\text{Eşitlik 3.9.})$$

Eşitlikte;

T_c : Bitki örtüsü sıcaklığını ($^{\circ}C$),

T_a : Hava sıcaklığını ($^{\circ}C$),

LL : Bitkide en az su stresi olan alt sınırı,

UL : Bitkilerin tamamen strete olduğu üst sınırı göstermektedir.



Şekil 3.15. Infrared termometre ölçümleri

3.2.20. Su ve sulama suyu kullanım etkinliği

Uygulanan farklı sulama düzeylerine göre oluşturulan konuların verimliliğini yorumlayabilmek için su kullanım etkinliği (WUE) (Bos 1980, Howell 2001, Pala ve ark. 2007) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerleri aşağıdaki eşitliklerle belirlenmiştir (Bos 1985, Zhang ve ark. 1999).

$$WUE = \frac{YLD}{ET_a} \quad (\text{Eşitlik 3.10.})$$

Eşitlikte;

YLD : Konulara göre yumru verimi, kg da⁻¹,

ET_a : Konulara göre mevsimlik bitki su tüketimi, mm dir.

$$IWUE = \frac{YLD - YLD_{rainfed}}{IRR} \quad (\text{Eşitlik 3.11.})$$

Eşitlikte;

IRR : Konulara göre mevsimlik sulama suyu miktarı, mm,

YLD_{rainfed} : Susuz konudan elde edilen yumru verimi, kg da⁻¹ olarak tanımlanmaktadır.

3.2.21. Verilerin değerlendirilmesi

Araştırma sonucunda, konulara göre elde edilen verilere tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizleri uygulanmış ve istatistiksel farklı grupların belirlenmesinde Asgari nemli Farklılık (AF-LSD) testi kullanılmıştır (Turan 1995). Varyans analizlerinde 0.01 ve 0.05 düzeyleri dikkate alınmış, farklı grupların belirlenmesinde ise 0.05 olasılık düzeyi kullanılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Uygulanan Sulama Suyu Miktarı

Araştırma boyunca, oluşturulan deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve bu sulamaların yapıldığı tarihler Çizelge 4.1’de verilmiştir. Şeker pancarı bitkilerinin sulama uygulamalarına ekimin ertesi günü olan 02 Mayıs 2019 tarihinde başlanmıştır. Konulu sulamalara ise 26 Haziran 2019 tarihinde geçiş yapılmıştır. Şeker pancarı ekiminden hasat tarihine kadar deneme alanına düşen yağış miktarı 166,6 mm olarak ölçülmüştür.

Çizelge 4.1. Deneme konularına mevsim boyunca uygulanan sulama suyu miktarları

Tarih	S1	S2	S3	S4
02.05.2019	30,0	30,0	30,0	30,0
10.05.2019	15,0	15,0	15,0	15,0
17.05.2019	15,0	15,0	15,0	15,0
24.05.2019	15,0	15,0	15,0	15,0
31.05.2019	20,0	20,0	20,0	20,0
06.06.2019	20,0	20,0	20,0	20,0
13.06.2019	20,0	20,0	20,0	20,0
26.06.2019	45,6	30,4	15,2	0
03.07.2019	41,4	27,6	13,8	0
10.07.2019	43,8	29,2	14,6	0
17.07.2019	41,2	27,5	13,7	0
24.07.2019	47,8	31,9	15,9	0
31.07.2019	53,9	35,9	18,0	0
07.08.2019	60,6	40,4	20,2	0
14.08.2019	64,9	43,3	21,6	0
21.08.2019	41,5	27,7	13,8	0
28.08.2019	61,9	41,3	20,6	0
04.09.2019	59,3	39,6	19,8	0
11.09.2019	53,4	35,6	17,8	0
Mevsimlik toplam (mm)	750,3	545,4	340,0	135,0

Deneme boyunca şeker pancarı bitkileri toplam 19 kez sulanmıştır. Tam su uygulanan S1 konusuna toplam 750,3 mm, S2 konusuna 545,4 mm, S3 konusuna 340,0 mm ve S4 konusuna 135,0 mm sulama suyu uygulanmıştır.

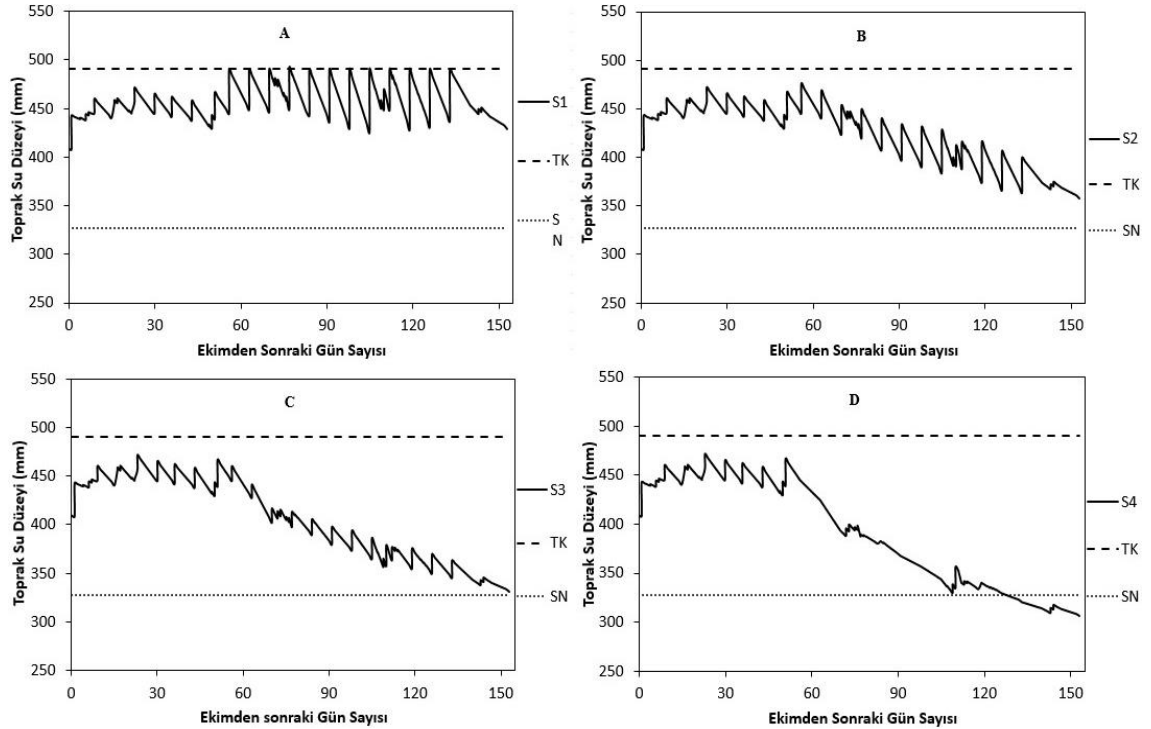
Köksal (2006), Ankara koşullarında yürüttüğü çalışmasının ilk yılında en çok sulanan araştırma konusuna 865 mm su uygularken, en az sulanan konuya 65 mm sulama suyu uygulamıştır. Araştırmanın ikinci senesinde ise bu değerler 837 mm ile 80 mm arasında değişmiştir. Öksüz (2015) yürüttüğü çalışmasında tam sulama, %25 ve %50 kısıntı olmak üzere 3 farklı sulama düzeyi belirlemiş ve bu konulara sırasıyla 854,2, 645,6 ve 437,1 mm su uygulamıştır. Topak ve ark. (2016) farklı sulama teknikleri ve su kısıtlarının etkisini araştırdıkları çalışmada en yüksek ve en düşük sulama suyu miktarlarını; tam sulama konusunda 848 mm ve %50 su kısıntısı uyguladığı konuda 434 mm olarak belirlemişlerdir. Tarı ve ark. (2016), farklı sulama programlarının şeker pancarına etkisini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışma boyunca farklı konulara verdikleri sulama suyu miktarının 279 mm ile 668 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Özbay (2018) tarafından yürütülen çalışmada yağmurlama ve damla sulama teknikleri arasındaki farklar ve farklı sulama düzeylerinin etkisi araştırılmıştır. Deneme süresi boyunca yağmurlama sulama sistemiyle sulanan tam sulama konusuna 975 mm, damla sulama sistemiyle sulanan tam sulama konusuna 867 mm, %33 ve %66 su kısıtı uygulanan konulara sırasıyla 572 mm ve 286 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sulama suyu miktarları açısından bahsedilen çalışmalar, bu çalışma ile paralellikler taşımaktadır.

Süheri (2007), yürüttüğü çalışmasının ilk yılında uyguladığı sulama suyu miktarını 103 mm ile 1123 mm aralığında tutarken, ikinci yılında ise en az su uyguladığı konuya 70 mm en fazla su uyguladığı konuya ise 912 mm sulama suyu tatbik etmiştir. Poçan (2008), şeker pancarında farklı sulama aralıkları uygulayarak yürüttüğü çalışmasında ilk yıl en çok sulanan konuda 19 kere sulama yapmış ve toplam 1003 mm su uygulamış, en az sulanan konuda ise 5 kere sulama yapmış ve 625 mm su uygulamıştır. İkinci yılda en fazla su uygulanan konu 16 kere sulanıp 1009 mm su uygulanırken, en az sulanan konuya 5 kerede toplam 720 mm su verilmiştir. Topak ve ark. (2010) 4 farklı sulama düzeyi oluşturdukları çalışmalarında tam sulama konusuna 977 mm, en az sulanan konuya 244,2 mm sulama suyu miktarı uygulamışlardır. Bahsedilen araştırmalarda uygulanan sulama

suyu miktarları ile bu çalışmada uygulanan miktarlar arasında farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıkların sulama programları ve araştırmaların farklı iklim özelliklerine sahip bölgelerde yürütülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.2. Toprak Su İçeriği

Araştırma boyunca gerçekleştirilen 19 sulama olayı ve meydana gelen yağışlar sonucunda oluşan toprak su içeriği grafikleri Şekil 4.1’de gösterilmiştir. S1 konusuna her sulamada (7 günde bir) topraktaki su miktarını tarla kapasitesine çıkartacak kadar sulama suyu uygulanırken (Şekil 4.1 a), S2 konusunda toprak su içeriği her zaman tarla kapasitesinin altında seyretmiş ve S1 konusuna uygulanan su miktarının 2/3’ü uygulanmıştır (Şekil 4.1 b). S3 konusuna bu miktarın 1/3’ü uygulanırken (Şekil 4.1 c), S4 konusuna ise sulama suyu uygulanmamış, sadece yağışla birlikte toprak su içeriği artışları meydana gelmiştir (Şekil 4.1 d). Ekimden yaklaşık 130 gün sonra toprak su içeriği değeri susuz konuda solma noktasının altına düşmüştür.



Şekil 4.1. Deneme konularına göre sezonluk toprak su içeriği değişimleri

4.3. Bitki Su Tüketimi

Araştırma sonucunda her deneme konusu için belirlenen mevsimlik bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Deneme konularının mevsimlik bitki su tüketimi değerleri

Deneme Konuları	Sulama Suyu Miktarı (mm)	Yağış (mm)	Bitki Su Tüketimi (mm)	Sulama Suyu Tasarrufu (%)
S1	750,3		896,9	0,0
S2	545,4	166,6	751,2	27,3
S3	340,0		558,7	54,7
S4	135,0		362,3	82,0

Mevsimlik bitki su tüketimi değerleri deneme konularına göre farklılıklar göstermiştir. Tam sulama konusu olan S1 konusunda şeker pancarının mevsimlik bitki su tüketimi 896,9 mm olarak hesaplanırken, S2 konusunda 751,2 mm, S3 konusunda 558,7 mm ve sulama suyu uygulanmayan S4 konusunda 362,3 mm olarak belirlenmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarlarındaki farklılıklar sebebiyle mevsimlik bitki su tüketim değerleri de farklılıklar göstermiş ve sulama suyu miktarı arttıkça bitki su tüketimi değerlerinde artış görülmüştür. Konulu sulamalara geçene kadar gerçekleşen sulama olayları da göz önüne alındıktan sonra tam sulama konusuna uygulanan sulama suyu miktarına göre; S4 konusuna %82, S3 konusuna %54,7 ve S2 konusuna %27,3 oranında daha az sulama suyu uygulanmıştır.

Köksal (2006) tarafından Ankara koşullarında yürütülen çalışmada farklı sulama düzeylerinden elde edilen bitki su tüketimi değerleri ilk yıl 338,5 mm ile 1002,6 mm arasında; ikinci yıl 436,1 mm ile 1009,9 mm arasında değişmiştir. Topak ve ark. (2010) 4 farklı su kısıntı düzeyi altında yürüttükleri çalışmalarında bitki su tüketimi değerlerinin 374,5 mm ile 1036,0 mm arasında değiştiği sonucuna varmışlardır. Öksüz (2015) tarafından yürütülen çalışmadan ulaşılan bitki su tüketimi değerleri tam sulama konusundan elde edilen 958,2 mm değeri ile %50 su kısıdı uygulanan konudan elde edilen 588,2 mm değeri arasında değişmiştir. Tarı ve ark. (2016), 2 yıl boyunca yürüttükleri çalışmalarında en yüksek bitki su tüketimi değerlerine en çok sulanan konularda, en

düşük değerlere ise en az sulanan konularda ulaşmışlardır. Bu değerler 407 mm ile 821 mm arasında değişmiştir. Tarkalson ve King (2017) şeker pancarı üzerinde 3 yıl boyunca yürüttükleri çalışmaları sonucu hesapladıkları en yüksek bitki su tüketimi değerinin 879 mm, en düşük değer ise 190 mm olduğunu belirtmişlerdir. Özbay (2018), şeker pancarı bitkisinde bitki su tüketimi değerlerinin 313 mm ile 1002 mm arasında değiştiğini bildirmiştir. Belirtilen çalışmalar ile bu çalışma arasında bitki su tüketimi değerleri açısından benzerlikler olduğu görülmüştür.

Süheri (2007), Konya koşullarında yürüttüğü çalışmasının ilk yılında; en yüksek bitki su tüketimi değerini en fazla sulama suyu uyguladığı S7 konusundan 1177 mm olarak, en düşük bitki su tüketimi değerini ise en az sulanan S14 konusundan 203 mm olarak belirlediğini bildirmiştir. Poçan (2008), çalışmasında 4 farklı sulama düzeyi belirlemiş ve bu konulardan elde ettiği iki yıllık ortalama bitki su tüketimi değerleri en çok sulanan konudan en az sulanan konuya sırasıyla; 1158 mm, 1051 mm, 927 mm ve 866 mm olmuştur. Yukarıda belirtilen çalışmaların mevsimlik bitki su tüketimi değerlerinin bu çalışma ile farklılar göstermesinin; uygulanan farklı sulama programları ve çalışmaların farklı şeker pancarı çeşitleri ile farklı iklim şartları altında yürütülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4. Verim, Verim Bileşenleri ve Kalite Özellikleri

4.4.1. Yumru uzunluğu

Farklı sulama düzeylerinin şeker pancarında yumru uzunluğuna etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'de, deneme konularından elde edilen ortalama yumru uzunluğu ile LSD testine ilişkin sonuçlar ise Çizelge 4.4'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre maksimum yumru uzunluğuna sahip bitki 24,5 cm ile tam sulama konusunda, en kısa şeker pancarı ise 19,7 cm ile S4 konusunda ölçülmüştür.

Çizelge 4.3. Yumru uzunluğuna ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	0,3267	0,1633	0,4236 ^{öd}
Sulama Konusu	3	46,7567	15,5855	40,4236**
Hata	6	2,3133	0,3855	
Genel	11	49,3967	4,4906	

^{öd}: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.4. Yumru uzunluğu LSD testi sonuçları

Konu	Yumru Uzunluğu (cm)
S ₁	24,5 a ¹
S ₂	23,9 a
S ₃	21,2 b
S ₄	19,7 c
LSD _{0,05}	1,241

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.3 incelendiğinde farklı sulama uygulamalarının şeker pancarı bitkisinde yumru uzunluğuna etkisinin p<0.01 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır. Çizelge 4.4’de verilen LSD testi sonuçlarına göre 3 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. S1 ve S2 konusu istatistiksel olarak aynı grupta yer almış ve en yüksek yumru uzunluğu değerlerine sahip grubu oluşturmuşlardır. S4 konusu ise en düşük değere sahip istatistiksel grubu oluşturmuştur. Bu değerlendirmelere göre şeker pancarı bitkisinde uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça yumru uzunluklarında azalma görüleceği söylenebilir.

Özbay (2018), Kütahya koşullarında yürüttüğü çalışmasında farklı sulama teknikleri (yağmurlama ve damla) ve kısıntı düzeyleri oluşturarak şeker pancarının verim, kalite ve fizyolojik özelliklerini incelemiştir. Bu kısıntı düzeyleri, yağmurlama sulama için tam sulama (Y_{1.00}); damla sulama için tam sulama (D_{1.00}), hafif stres (D_{0.66}) ve ağır stres(D_{0.33}) şeklindedir. Araştırma sonucunda D_{1.00} konusundan 27,4 cm ile en yüksek değer elde edilirken onu Y_{1.00} konusu 27,3 cm ile takip etmiştir. En düşük yumru uzunluğu değeri D_{0.66} konusundan elde edilmiştir. En yüksek değerlerin elde edildiği konular bu çalışmayla benzerlik gösterirken en düşük değerlerin farklı olması bahsedilen çalışmada susuz konu olmamasına bağlanmıştır.

Hussein ve ark. (2008), Mısır'da 2 yıl boyunca yürüttükleri çalışmada 2 farklı şeker pancarı çeşidinin farklı sulama düzeyleri altında gelişim ve fotosentez değerlerini gözlemlemiştir. Çalışmada her çeşit için 3 farklı sulama düzeyi oluşturulmuştur. Bu düzeyler su tutma kapasitesinin %80, %60 ve %40 oranında tüketildiğinde yapılan sulamalardır. Çalışma sonunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde her iki çeşit için de en yüksek değerler en çok sulama suyu uygulanan konudan elde edilirken, en düşük değerler en az sulama suyu uygulanan konuda bulunmuştur. Araştırmada kullanılan ilk şeker pancarı çeşidinde elde edilen en yüksek ve en düşük yumru uzunluğu değerleri 21,7 ve 16,3 cm olurken ikinci çeşitte bu değerler 24,0 ve 19,0 cm olmuştur. Çeşitlerin değerleri değişse de en çok sulanan konularda en yüksek değerler, en az sulanan konularda ise en düşük değerlerin elde edildiği görülmüş ve bu çalışmayla benzerlikler saptanmıştır.

4.4.2. Yumru çapı

Çalışmada uygulanan farklı sulama düzeylerinin şeker pancarında yumru çapına etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.5'de, deneme konularından elde edilen ortalama yumru uzunluğu ile LSD testine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.6'da verilmiştir. Denemede en yüksek yumru çapına sahip şeker pancarı 14,7 cm ile S1 konusunda, en düşük yumru çapı değeri ise 8,4 cm ile S4 konusunda bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Yumru çapına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	0,9017	0,4508	1,4556 ^{öd}
Sulama Konusu	3	44,0067	14,6689	47,3614**
Hata	6	1,8583	0,3097	
Genel	11	46,7667	4,2515	

^{öd}: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.6. Yumru çapı LSD testi sonuçları

Konu	Yumru Çapı (cm)
S ₁	14,7 a ¹
S ₂	12,2 b
S ₃	11,4 b
S ₄	9,4 c
LSD _{0,05}	1,112

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Varyans analizi sonuçlarının değerlendirildiğinde sulama uygulamalarının şeker pancarı bitkisinde yumru çapına etkisinin $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Çizelge 4.6'da verilen LSD testi sonuçlarına göre araştırma sonucunda 3 farklı istatistiksel grup elde edilmiştir. S1 konusunun oluşturduğu istatistiksel grup en yüksek yumru çapı değerlerine sahip grup olurken; S4 konusu en düşük değere sahip istatistiksel grup olmuştur. S2 ve S3 konularına ait değerler istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Bu değerlendirmelere göre uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça yumru çapında artış gözlemlendiği söylenebilir.

Bu bulgulara paralel olarak Özbay (2018) tarafından yürütülen çalışmada şeker pancarının verim, kalite ve fizyolojik özellikleri yağmurlama ve damla sulama tekniği kullanarak 3 farklı sulama düzeyi altında incelenmiştir. Sonuçlara göre sulama düzeyleri önemli istatistiksel gruplar oluşturmuş ve en yüksek yumru çapı değerleri 13,2 cm ile tam sulama (D_{1.00} ve Y_{1.00}) konularından, en düşük değer ise 8,54 cm damla sulama sistemiyle sulanan ağır stres (D_{0.33}) konusundan elde edilmiştir.

Hussein ve ark. (2008), yürüttükleri çalışmada şeker pancarında gelişim ve fotosentez değerlerini farklı çeşitler ve sulama düzeylerinin etkileri altında takip etmişlerdir. Araştırmanın sonucunda en yüksek yumru çapı değeri 6,35 cm ile sulama suyu miktarının en fazla olduğu %80 konusundan elde edilirken en düşük değer 5,20 cm ile en az sulanan %40 konusunda bulunmuştur. Bulunan değerler bu çalışmayla karşılaştırıldığında yumru uzunluğu farklılıkları sulama düzeyleri, iklim özellikleri, çeşit farklılıkları, ölçümün yapıma tekniği gibi sebeplere bağlansa da, en yüksek ve en düşük değerlerin bulunduğu konuların aynı olduğu görülmüştür.

4.4.3. Yaprak sayısı

Şeker pancarı bitkisinde farklı sulama düzeylerinin yaprak sayısına etkisinin incelendiği varyans analizine ait sonuçlar Çizelge 4.7’de, deneme konularından elde edilen ortalama yaprak sayısı değerleri ile LSD testine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.8’de verilmiştir. Denemede en yüksek yaprak sayısı 35 adet ile S2 konusunda, en düşük yaprak sayısı değeri ise 20,6 cm ile S4 konusunda olmuştur.

Çizelge 4.7. Yaprak sayısına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	0,9017	0,4508	1,4556 ^{öd}
Sulama Konusu	3	44,0067	14,6689	47,3614**
Hata	6	1,8583	0,3097	
Genel	11	46,7667	4,2515	

^{öd}: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.8. Yaprak sayısı LSD testi sonuçları

Konu	Yaprak Sayısı
S ₁	29,0 b ¹
S ₂	35,0 a
S ₃	25,1 c
S ₄	20,6 d
LSD _{0,05}	3,286

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde oluşturulan deneme konularının şeker pancarı bitkisinde yaprak sayısı üzerinde etkisi p<0.01 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Çizelge 4.8’de verilen LSD testi sonuçlarına göre araştırma sonucunda 4 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. S2 konusu en yüksek değerlere sahip grubu oluştururken; onu sırasıyla S1 ve S3 konuları izlemiş, S4 konusu verileri ise en düşük değerlere sahip grubu oluşturmuştur. Veriler incelendiğinde yarı nemli iklim koşullarında şeker pancarı yetiştiriciliğinde uygulanacak sulama suyu miktarının hesabında dikkate alınacak %33’lük bir su kısıdı ile yaprak sayısında tam sulama konusuna göre artış gözlemleneceğini söylemek mümkündür.

Hussein ve ark. (2008), 2 farklı şeker pancarı çeşidi ve 3 farklı sulama düzeyi içeren çalışmalarında en yüksek yaprak sayısı değerlerini 22,35 adet ile su tutma kapasitesinin %80'e geldiği noktada sulama yapılan konuda, en düşük yaprak sayısı değerini ise 17,65 ile %50'ye geldiği noktada sulama yapılan konuda bulmuştur. Bahsedilen çalışmada tam sulama konusu olmaması ve sulama düzeylerinin farklı olması değerlerin farklılığını açıklarken en düşük yaprak sayısı değerleri bu çalışmayla benzerlik göstermiştir.

4.4.4. Yumru verimi

Çalışmada uygulanan farklı sulama düzeylerinin yumru verimine etkisine dair varyans analizi sonucu Çizelge 4.9'da, konulardan elde edilen farklı ortalama yumru verimi değerleri ile LSD testine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Çalışma sonucunda en yüksek yumru verimi değeri 8,6 ton da⁻¹ ile S1 konusunda, en düşük yumru verimi değeri ise 2,9 ton da⁻¹ ile S4 konusunda olmuştur.

Çizelge 4.9. Yumru verimine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	0,3301	0,1651	1,0322 ^{öd}
Sulama Konusu	3	59,8613	19,9537	124,7927**
Hata	6	0,9594	0,1599	
Genel	11	61,1508	5,5591	

^{öd}: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.10. Yumru verimi LSD testi sonuçları

Konu	Yumru Verimi (ton da ⁻¹)
S ₁	8,6 a ¹
S ₂	7,6 b
S ₃	5,0 c
S ₄	2,9 d
LSD _{0,05}	0,799

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.9 incelendiğinde, farklı sulama düzeylerinin yumru verimi üzerinde etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (p<0.01). Çizelge 4.10'da verilen LSD

testi sonuçlarına göre araştırma sonucunda yumru verimi ortalamalarında 4 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. S1 konusu en yüksek değerlere sahip istatistiksel grubu oluştururken; S4 konusu ortalamaları ise en düşük değerlere sahip istatistiksel grubu oluşturmuştur. Veriler incelendiğinde yarı nemli iklim koşullarında şeker pancarı yetiştiriciliğinde uygulanan sulama kısıdı arttıkça verimde oransal olarak kayıplar yaşanacağı söylenebilir.

Önceki çalışmalar değerlendirildiğinde elde edilen bulgularla paralellik gösteren sonuçlara sahip araştırmaların olduğu görülmüştür. Süheri (2007), Konya’da yürüttüğü çalışmasında şeker pancarı bitkisine uyguladığı farklı sulama suyu miktarları sonucunda tam sulama konusundan 9,1 ton da⁻¹ verim değeri elde ederken, sulama düzeyinin en az olduğu konudan 3,3 ton da⁻¹ yumru verimi elde etmiştir. Topak ve ark. (2011), yürüttükleri çalışmalarında 2 yıllık arazi denemeleri sonucunda şeker pancarının verim ve kalite parametrelerini değerlendirmişlerdir. Oluşturdukları 4 farklı sulama düzeyinden en yüksek yumru verimi değeri tam sulama konusunda 7,7 ton da⁻¹ olurken, en düşük yumru verimi değeri ise 2,8 ton da⁻¹ ile %75 su kısıntısı uygulanan konudan olmuştur. Öksüz (2015), Konya koşullarında yürüttüğü çalışmasında farklı azot uygulamaları ve su kısıdı düzeylerinin şeker pancarı bitkisinde verimi nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre en yüksek yumru verimi değeri 8,4 ton da⁻¹ ile tam sulama (TS) konusundan elde edilmiştir. Bu değeri 7,5 ton da⁻¹ ile tam sulama konusuna verilen suyun %75’inin uygulandığı (KS75) konu ve 6,0 ton da⁻¹ ile %50’sinin uygulandığı (KS50) konu takip etmiştir. Tarkalson ve King (2017), çalışmaları sonucunda yumru verimi değerlerini tam sulama konusundan 10,9 ton da⁻¹, su uygulaması yapılmayan konudan ise 2,2 ton da⁻¹ olarak elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Köksal (2006), Ankara koşullarında yürüttüğü çalışmasının ilk senesi sonunda en yüksek yumru verimi değerine 6,5 ton da⁻¹ olarak 12 gün aralıklarla mevcut nemin tarla kapasitesine çıkarıldığı konuda; en düşük verime 1,6 ton da⁻¹ ile sulanmayan konuda ulaştığını bildirmiştir. Çalışmanın ikinci senesine ait sonuçlar değerlendirildiğinde en yüksek yumru verimi değeri 7,0 ton da⁻¹ ile topraktaki elverişli nemin %50’si tüketildiğinde nemin tekrar tarla kapasitesine ulaştırıldığı konudan, en düşük verimin ise 2,2 ton da⁻¹ ile yine susuz konudan elde edilmiştir. Abyaneh ve ark. (2017), yaptıkları

çalışmada kısmi kök kuruluğu ve damla sulama yöntemlerini farklı sulama düzeyleri altında karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek yumru verimini 6,0 ton da⁻¹ ile tam sulama konularından alırken en düşük verim 3,4 ton da⁻¹ değeri ile en az sulanan konularda bulunmuştur. Bahsedilen çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile bu çalışma arasında meydana gelen yumru verimlerine ait değer farklılıklarının en büyük sebebi en az su uygulanan konulara verilen sulama suyu miktarındaki farklılıklar olarak değerlendirilmiştir. Çalışmaların yürütüldüğü alanlara ait iklim özelliklerinin ve bitki materyallerinin çeşit farklılıkların da diğer sebepler olabileceği düşünülmektedir.

4.4.5. Yaprak verimi

Şeker pancarı bitkisinin farklı sulama düzeyleri altında oluşan yaprak verimlerine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.11’de, elde edilen farklı ortalama yaprak verimi değerleri ile LSD testine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.12’de verilmiştir. Veriler incelendiğinde, en yüksek yaprak verimi değeri 1,2 ton da⁻¹ ile S2 konusunda belirlenirken, en düşük değer ise 0,6 ton da⁻¹ ile susuz konuda belirlenmiştir.

Çizelge 4.11. Yaprak verimine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	0,0031	0,0015	0,2551 ^{öd}
Sulama Konusu	3	0,6158	0,2052	30,2795**
Hata	6	0,04067	0,0067	
Genel	11	0,6595	0,0599	

^{öd}: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.12. Yaprak verimi LSD testi sonuçları

Konu	Yaprak verimi (ton da ⁻¹)
S ₁	1,0 a ¹
S ₂	1,2 a
S ₃	0,8 b
S ₄	0,6 c
LSD _{0,05}	1,241

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.11 incelendiğinde, farklı sulama uygulamalarının şeker pancarı bitkisinde yaprak verimi değerleri üzerinde etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Çizelge 4.12’de verilen LSD testi sonuçlarına göre araştırma sonucunda yaprak verimi ortalamalarında 3 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. S1 ve S2 konusu en yüksek değerlere sahip istatistiksel grubu oluştururken, onu S3 konusu takip etmiş ve S4 konusu ortalamaları ise en düşük değerlere sahip istatistiksel grubu oluşturmuştur. Bu bilgiler ışığında %33 su kısıdı uygulanan durumlarda şeker pancarı yaprak veriminde kayıp olmadığı, su stresinin bu oranı aştığı durumlarda ise yaprak veriminde kayıplar yaşanacağını söylemek mümkündür.

Yolcu (2005), yürüttüğü çalışmada farklı sulama aralıkları ve sulama düzeylerinin şeker pancarı verim parametreleri üzerine etkisini araştırmıştır. Paylaşılan sonuçlara göre sulama aralıkları etkisi altında, en çok su verilen sulama konuları 1,01 ve 0,95 ton da^{-1} değerleri ile istatistiksel olarak en yüksek değerleri içeren grupta yer almıştır. Yaprak veriminin en düşük olduğu konu ise 0,2 ton da^{-1} ile sulama yapılmayan yani kontrol konusu olmuştur. Toprağın içerdiği nem seviyesi etkisi altında ise en yüksek yaprak verimi değeri 1,3 ton da^{-1} değeri ile %50 konusunda, en düşük değer ise 0,2 ton da^{-1} ile kontrol konusunda bulunmuştur. Bu çalışma ile yukarıda değinilen çalışmalar arasında oluşan farklılıklar sulama programları ve iklim farklılıklarıyla ilişkilendirilmiştir.

Mahmoud ve ark. (2018), 2 yıl boyunca 3 farklı sulama düzeyi altında şeker pancarında verim değerlerini incelemişlerdir. Bitkinin sulama suyu ihtiyacının %70’inin, %50’sinin ve %30’unun verildiği sulama konularından oluşan çalışmanın verileri değerlendirildiğinde, en yüksek yaprak verimi değerine 0,77 ton da^{-1} ile %70 sulama suyu uygulanan konuda ulaşılırken, en düşük değer 0,12 ton da^{-1} ile %30 su uygulanan konuda ulaşılmıştır. Bu çalışmadaki değerlerle yukarıda ulaşılan değerler arasında paralellik bulunmaktadır.

4.4.6. Toplam verim

Toplam verim değerlerinin farklı sulama düzeyleri etkisi altında değişimine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13’de, bu düzeylerin tesiriyle elde edilen toplam verim

değerleri ile LSD testine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.14’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde toplam verim değerlerinin en yüksek olduğu konu 9,6 ton da⁻¹ ile S1, en düşük verim değerlerine ulaşılan konu 3,5 ton da⁻¹ ile S4 olmuştur.

Çizelge 4.13. Toplam verime ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	0,3176	0,1585	0,9690 ^{öd}
Sulama Konusu	3	71,7754	23,9251	145,9840**
Hata	6	0,9833	0,1638	
Genel	11	73,0763	6,6433	

^{öd}: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.14. Toplam verim LSD testi sonuçları

Konu	Toplam verim (ton da ⁻¹)
S ₁	9,6 a ¹
S ₂	8,8 b
S ₃	5,8 c
S ₄	3,5 d
LSD _{0,05}	0,809

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.13 incelendiğinde şeker pancarı bitkisinde toplam verim değerlerinin farklı sulama düzeylerinin oluşturduğu sonuçlardan p<0.01 düzeyinde etkilendiği görülmektedir. Çizelge 4.14’de verilen LSD testi sonuçlarına göre araştırma sonucunda toplam verim ortalamalarında her sulama düzeyi için ayrı olmak üzere 4 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. S1 konusu en yüksek değerlere sahip istatistiksel grubu oluştururken; onu sırasıyla S2, S3 ve S4 konuları izlemiştir. Sonuçlar yorumlandığında yarı nemli iklim koşullarında su kısıntısı arttıkça şeker pancarı veriminde önemli düşüşler olduğu söylenebilir.

Yolcu (2005), Van yöresinde yürüttüğü ve farklı sulama aralıkları ve sulama miktarları koşullarının şeker pancarı verim parametreleri üzerine etkisini araştırdığı çalışmada; sulama aralıklarına göre en yüksek toplam verim değerine en çok sulanan konuda, en düşük değerlere ise sulanmayan kontrol konusunda ulaşmıştır. Topraktaki nem seviyesine göre yapılan sulamalar sonucunda en yüksek toplam verim değeri 5,4 ton da⁻¹ ile nemin

%50'ye düştüğü anda sulama yapılan konuda bulunurken, en düşük toplam verim değeri 0,7 ton da⁻¹ ile sulama olmayan kontrol konusunda bulunmuştur. Bu çalışmayla yukarıda değinilen çalışma arasında oluşan verim değeri farklılıklarının Van ve Bursa yöreleri arasındaki büyük iklim özellikleri ve sulama miktarlarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Mahmoud ve ark. (2018), 2 yıl boyunca 3 farklı sulama düzeyi uyguladıkları çalışmalarında şeker pancarında verim değerlerini incelemiştir. Toplam verim değerleri incelendiğinde en yüksek değerlerin ilk yılda 8,4 ton da⁻¹, ikinci yılda ise 9,6 ton da⁻¹ ile en çok sulanan konularda bulunduğu belirtilmiştir. En düşük toplam verim değerlerinin ise ilk yılda 3,3 ton da⁻¹, ikinci yılda ise 3,8 ton da⁻¹ ile en az sulanan konuda olduğu belirtilmiştir. Çalışmada 5 farklı şeker pancarı çeşidi denenmesi ve verim değerlerinin ortalama olarak paylaşılması oluşan verim farklılıklarını açıklarken, en yüksek ve en düşük değerlerin bulunduğu konular açısından bu çalışmayla paralellik göstermiştir.

4.4.7. Yaprak su içeriği

Farklı sulama düzeylerinin şeker pancarında yaprak su içeriğine etkisinin incelendiği varyans analizine ait sonuçlar Çizelge 4.15'de, her konudan elde edilen farklı ortalama yaprak su içeriği değerleri ile LSD testine ilişkin sonuçlar ise Çizelge 4.16'da verilmiştir. Deneme sonucunda minimum ve maksimum yaprak su içeriği değerleri %65,1-%78,0 arasında değişmiştir.

Çizelge 4.15. Yaprak su içeriğine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	19,3338	9,6669	3,7837 ^{öd}
Sulama Konusu	3	308,2904	102,7634	40,2227**
Hata	6	15,3292	2,5554	
Genel	11	342,9534	31,1777	

^{öd}: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.16. Yaprak su içeriği LSD testi sonuçları

Konu	Yaprak su içeriği (%)
S ₁	78,0 a ¹
S ₂	76,9 a
S ₃	72,4 b
S ₄	65,1 c
LSD _{0,05}	3,193

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Çalışmadaki farklı sulama düzeylerinin yaprak su içeriği değerlerindeki etkilerinin varyans analizi sonuçları değerlendirildiğinde; $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Çizelge 4.16’da verilen LSD testi sonuçlarına göre ise yaprak su içeriği ortalamalarında 3 farklı istatistiksel grup olduğu görülmektedir. S1 ve S2 konuları en yüksek değerlere sahip grubu oluştururken; onları S3 konusu takip etmiş ve S4 konusu ortalamaları ise en düşük değerlere sahip istatistiksel grubu oluşturmuştur. Ulaşılan sonuçlara göre; tam sulama değerinin 1/3 ü kadar kısıntı; yaprak su içeriği değerlerinde önemli kayıplara sebep olmazken, bu orandan yüksek kısıntının ise düşüslere sebep olacağı söylenebilir.

Özbay (2018), yürüttüğü çalışmasında 2 farklı sulama tekniği (yağmurlama ve damla) ve 4 farklı kısıntı düzeyi oluşturarak şeker pancarının verim, kalite ve fizyolojik özelliklerini incelemiştir. Çalışma sonunda belirlenen yaprak su içeriği değerleri; yağmurlama sulama sistemiyle sulanan tam sulama konusu için %64, damla sulama sistemiyle sulanan tam sulama konusu için %66, hafif stres konusu için %55,9, ağır stres konusu için %53 şeklindedir. Elde edilen değerler bu çalışma ile benzerlik göstermiş olup, damla sulama sistemiyle sulanan şeker pancarının yağmurlama sulama sistemine göre avantajlarının yorumlanması için de fırsat vermiştir.

Hussein ve ark. (2008), yürüttükleri çalışmanın sonucunda elde ettikleri yaprak yaş ve kuru ağırlık değerlerini paylaşmışlardır. Bu veriler değerlendirildiğinde; su tutma kapasitesinin %20’si tüketildiğinde sulama yapılan konuda yaprak su içeriği değeri %97, %40’ı tüketildiğinde sulama yapılan konuda %93, %60’ı tüketildiğinde sulama yapılan konuda %71 olarak bulunmuştur. Ulaşılan yüzdeler bu çalışmayla karşılaştırıldığında görülen farkın sebebi iklim ve sulama programlarının farklılığına

bağlanabilirken, su stresi arttıkça değerlerde görülen azalış açısından paralellik taşıdığı görülmektedir.

4.4.8. Kuru madde oranı

Kuru madde oranı değerlerine ait farklı sulama düzeylerinin etkisi altında varyans analizlerinin sonucu Çizelge 4.17’de, bu etkiler sonucu oluşan ortalama değerler ile LSD testine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.18’de verilmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek kuru madde oranı S4 konusunda %33,2 olarak hesaplanırken, en düşük kuru madde oranı ise S1 konusunda %26,1 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.17. Kuru madde oranına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	0,9612	0,4811	0,9612öd
Sulama Konusu	3	28,2822	9,4274	28,2822**
Hata	6	6,2189	1,0364	
Genel	11	96,1537	8,7412	

öd: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.18. Kuru madde oranı LSD testi sonuçları

Konu	Kuru madde oranı (%)
S ₁	26,1 c
S ₂	27,3 bc
S ₃	29,2 b
S ₄	33,2 a ¹
LSD _{0,05}	2,034

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.17 incelendiğinde şeker pancarı bitkisinin sulanmasında farklı sulama suyu miktarı uygulamalarının kuru madde oranı üzerinde etkisi p<0.01 düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Çizelge 4.18’de verilen LSD testi sonuçlarına göre elde edilen kuru madde oranı ortalamalarında 3 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. S4 konusu en yüksek değerlere sahip istatistiksel grubu oluştururken; onu S3 konusundaki değer oluşturduğu grup takip etmiştir. En düşük kuru madde oranı değerlerine sahip grubu ise

S1 konusu oluşturmuştur. S2 konusu ise içerdiği ortalamalarla beraber kendisine hem S3, hem de S1 grubunun oluşturduğu grupta yer bulmuştur. Sonuçlar incelendiğinde yarı nemli iklim koşullarında şeker pancarı yetiştiriciliğinde uygulanan su kısıntısı arttıkça kuru madde oranlarında artış gözlemlendiği söylenebilir.

Özbay (2018), farklı sulama teknikleri ve kısıntı düzeylerinin etkisi altında şeker pancarında kuru madde oranlarına ulaşmıştır. Tam sulama konusu, hafif stres konusu ve ağır stres konusu olmak üzere 3 farklı sulama düzeyi oluşturulan çalışmada tam sulama konusu yağmurlama ve damla sulama olmak üzere 2 farklı teknikle incelenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen kuru madde oranları: yağmurlama sulama sistemiyle sulanan tam sulama konusundan %27,9, damla sulama sistemiyle sulanan; tam sulama konusundan %24,8, hafif stres konusundan %23, ağır stres konusundan %29 olarak bulunmuştur. Bulunan değerlerin bu çalışma sonuçlarıyla paralellik taşıdığı görülmüştür.

Kuru madde oranının değerlendirildiği bir diğer çalışma ise Hussein ve ark. (2008) tarafından yürütülmüştür. Bu çalışmada oluşturulan 3 farklı sulama programının verim parametrelerine etkileri değerlendirilmiş ve sonuçlarında kullanılabilir su tutma kapasitesinin %80'e geldiği noktada sulama yapılan konuda kuru madde oranı %27,1, %60'a geldiği an sulanan konuda %29,3 ve %40'a geldiği noktada sulanan konuda %30,4 olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmayla benzerlikleri açısından değerlendirildiğinde su stresinin artmasıyla kuru madde oranlarının arttığı görülmüş susuz konu olmamasından dolayı en yüksek kuru madde oranı değerlerinde farklılıklara rastlanmıştır.

4.4.9. Ham şeker oranı

Araştırmada oluşturulan farklı sulama düzeylerinin şeker pancarında ham şeker oranına etkileri sonucunda elde edilmiş değerlere ait varyans analizi Çizelge 4.19'da, farklı konulardan elde edilen ortalama ham şeker oranı değerleri ile LSD testine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.20'de verilmiştir. En yüksek ham şeker oranı %17,1 ile S3 konusunda, en düşük değer %15,2 ile S4 konusunda bulunmuştur.

Çizelge 4.19. Ham şeker oranına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	0,7159	0,3579	4,6342 ^{öd}
Sulama Konusu	3	5,8054	1,9351	25,0541**
Hata	6	0,4634	0,0772	
Genel	11	6,9847	0,6349	

^{öd}: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.20. Ham şeker oranı LSD testi sonuçları

Konu	Ham şeker oranı (%)
S ₁	15,7 bc ¹
S ₂	15,9 b
S ₃	17,1 a
S ₄	15,2 c
LSD _{0,05}	0,555

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.19'a göre farklı sulama uygulamalarının şeker pancarı bitkisinde ham şeker oranı değerleri üzerinde etkisinin p<0.01 düzeyinde önemlidir. Çizelge 4.20'de verilen LSD testi sonuçlarına göre ham şeker oranı ortalamalarıyla oluşan gruplar incelendiğinde; S3 konusunun en yüksek ortalama değerlere sahip grubu oluşturduğu onu S2 konusunun takip ettiği, S4 konusunun ise en düşük ortalama değerlere sahip grubu oluşturduğu görülmektedir. S1 konusunun ise; hem S2 konusunun oluşturduğu grupta, hem de S4 konusunun oluşturduğu grupta yer aldığı görülmüştür. Elde edilen sonuçlar yorumlandığında, şeker pancarı bitkisinde uygulanan sulama suyu kısıtları arttıkça ham şeker oranlarında artış görüldüğü fakat yüksek kısıntılar olsa da bitkinin tamamen susuz bırakılmaması gerektiğini söylemek mümkündür.

Elde edilen sonuçlara paralel olarak gösterilebilecek bir çalışma Masri ve ark. (2015) tarafından yürütülmüştür. Araştırmacılar çalışmada damla ve yağmurlama sistemleriyle suladıkları şeker pancarı bitkisinde şeker oranı değerlerini incelemiştir. Araştırmacıların ilk ve ikinci yılın sonuçlarını ayrı ayrı değerlendirdiklerinde her iki yıl için de; yağmurlama sulama ile sulanan şeker pancarı bitkileri için su kısıntılarının şeker oranı üzerinde önemli etkiler oluşturmadığını tespit ederken, damla sulama sistemiyle

uygulanan %25 su kısıntısının en yüksek şeker oranı değerini verdiğini belirtmişlerdir. Çalışmada damla sulama sistemi için su kısıntısı yapıldığında şeker oranında gözlenen artış açısından benzerliklere rastlanmıştır. Bu benzerliğin görüldüğü başka bir çalışmada Li ve ark. (2019b) farklı dönemlerde farklı sulama suyu miktarlarıyla 7 farklı deneme konusunun şeker oranı değişimlerini incelemişlerdir. Yapılan araştırmanın sonunda şeker pancarında en yüksek şeker oranı değerlerinin tarla kapasitesinin %50'sinin tüketildiği anda yapılan sulamalarda ulaşılacağı bildirilmiştir. Özbay (2018), yürüttüğü çalışmanın sonucunda yağmurlama sulama sistemiyle sulanan tam sulama konusundan %16,28, damla sulama sistemiyle sulanan; tam sulama konusundan %16,66, tam sulama konusuna verilen suyun %66'sının verildiği konudan %16,62, toplam sulama suyu ihtiyacının %33'ünün uygulandığı konudan %18,97 oranında şeker oranı elde edilmiştir. Sulama düzeyleri ve elde edilen şeker oranları karşılaştırıldığında bu çalışmayla arasında büyük benzerlikler olduğu görülmüştür.

Öksüz (2015), farklı kısıntılı sulama ve azot seviyeleri uyguladığı çalışmasında ham şeker oranlarını belirlemiştir. Ulaşılan değerler tam sulama (TS) konusunda %18,84, tam sulama konusuna verilen suyun %75'inin (KS75) uygulandığı konuda %19,48 ve %50 sinin (KS50) verildiği konuda %19,87 olmuştur. Değerlerin sulama düzeylerine göre değişimi bu çalışmayla paralellik göstermiş aralarındaki farklar ise farklı azot dozu uygulamalarına ve sulama suyu miktarlarına bağlanmıştır. Tarı ve ark. (2016), tarafından yürütülen çalışmada 4 günde ve 12 günde bir yapılan sulamalar için en yüksek şeker oranı değerleri sırasıyla %16,15 ve %16,12 ile en az sulanan konularda görülürken, 8 günde bir sulanan konuda en yüksek şeker oranı değeri tam sulanan parsellerde görülmüştür. En düşük şeker oranı değerleri ise; 4 ve 12 günde bir sulanan konular için yüzey buharlaşmasının 1,25 katı kadar su uygulanan parsellerde sırasıyla %15,62 ve %15,35, 8 günde bir sulanan konuda ise sulama suyu ihtiyacının %75'inin uygulandığı parsellerde %15,47 olarak belirlenmiştir. 4 ve 12 günde bir sulanan konularda bu çalışmayla benzer şeker oranı değerlerine rastlanırken; 8 günde bir sulanan konuda değerlerin farklılık göstermesi, karşılaştırılan 2 çalışmanın en fazla ve en az sulama suyu uygulanan parsellerine verilen toplam su miktarı arasındaki farklılara bağlanmıştır.

4.4.10. Ham şeker verimi

Farklı sulama düzeylerinin şeker pancarında ham şeker verimi üzerine etkisine ait varyans analizi sonuçları Çizelge 4.21’de, bu etkiler altında konulardan elde edilen ortalama ham şeker verimlerini içeren LSD testine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.22’de verilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen en yüksek ham şeker verimi değeri 1,4 ton da⁻¹, en düşük ham şeker verimi değeri ise 0,7 ton da⁻¹ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.21. Ham şeker verimine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	0,0013	0,0006	0,1437 ^{öd}
Sulama Konusu	3	0,8299	0,2766	58,1290**
Hata	6	0,0285	0,0047	
Genel	11	0,8598	0,0781	

^{öd}: önemli değil

** : p<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.22. Ham şeker verimi LSD testi sonuçları

Konu	Ham şeker verimi (ton da ⁻¹)
S ₁	1,4 a ¹
S ₂	1,2 b
S ₃	1,2 b
S ₄	0,7 c
LSD _{0,05}	0,138

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

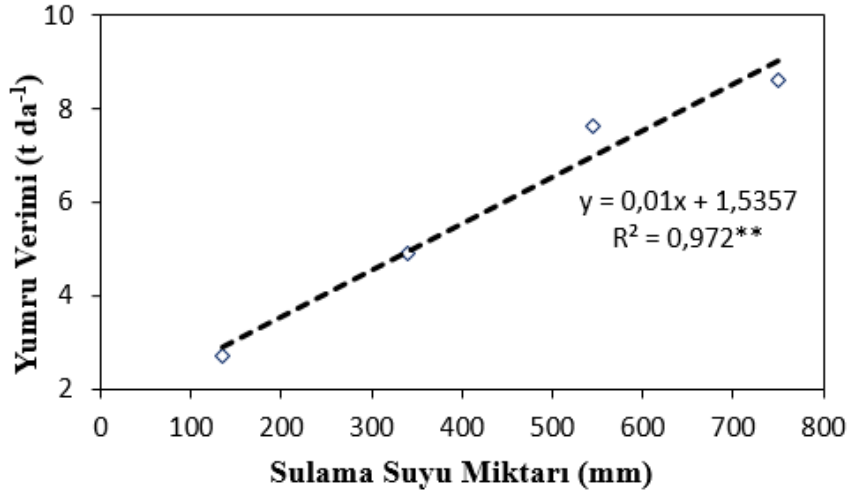
Ham şeker verimi değerlerinin farklı sulama düzeyleri etkisi altındaki değişimi istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.21). Çizelge 4.22’de verilen LSD testi sonuçlarına göre araştırma sonucunda 3 farklı istatistiksel grup oluşmuştur. S1 konusu en yüksek ham şeker verimi değerlerine sahip grubu oluştururken; S4 konusu en düşük değere sahip istatistiksel grubu oluşturmuştur. S2 ve S3 konusu içerdiği ortalama değerlerin birbirlerine eşit bulunması sebebiyle aynı grupta yer almıştır. Analizler sonucunda su kısıntısı arttıkça ham şeker verimlerinde kayıplar yaşanacağı söylenebilir.

Poçan (2008) tarafından yürütülen çalışmada şeker pancarında 4 farklı sulama konusu oluşturulmuş ve en yüksek şeker verimi 1,1 ton da⁻¹ ile en çok sulanan konudan en düşük verim ise 0,7 ton da⁻¹ ile en az sulanan konudan elde edilmiştir. Topak ve ark. (2016) yürüttükleri çalışma sonucunda ham şeker veriminin sulama suyu ile doğru orantılı olduğunu ve sulama teknikleri değişse de en çok sulanan konulardan en yüksek, en az sulanan konulardan en düşük şeker verimini elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bahsedilen çalışmalardan elde edilen ham şeker verimi değerleri ile bu çalışma arasında benzerliklere rastlanmıştır.

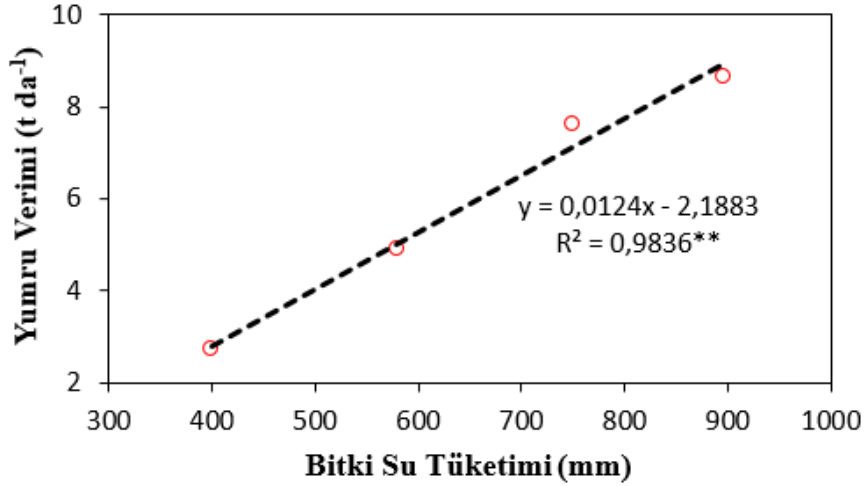
Mahmoodi ve ark. (2008) şeker pancarında şeker verimi bulgularını paylaştığı çalışmalarında tarla kapasitesinin %30'unun tüketildiği zaman sulama yapılan konuda 0,9 ton da⁻¹ ile en yüksek, %70'i tüketildiği zaman sulama yapılan konuda 0,7 ton da⁻¹ ile en düşük şeker oranı değerlerine ulaşmışlardır. Mahmoud ve ark. (2018) 2 sene süren arazi denemeleri sonucunda en çok sulama suyu uygulanan konu olan %30 kısıntılı konudan 1,0 ton da⁻¹ ile en yüksek şeker verimi değerini elde etmişlerdir. En düşük verim ise %70 su kısıdı uygulanan konudan 0,8 ton da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Bahsedilen çalışmalarda elde edilen en yüksek ham şeker verimi değerlerinin, sulama programı farklılıkları sebebiyle bu çalışmadan elde edilen değerlerden farklı olduğu söylenebilir.

4.5. Su-Verim İlişkileri

Araştırma sonucunda elde edilen şeker pancarı yumru verimi ile konulara göre uygulanan sulama suyu miktarları arasındaki ilişki Şekil 4.2'de, yumru verimi ile hesaplanan bitki su tüketimi değerleri arasındaki ilişki ise Şekil 4.3'de verilmiştir.



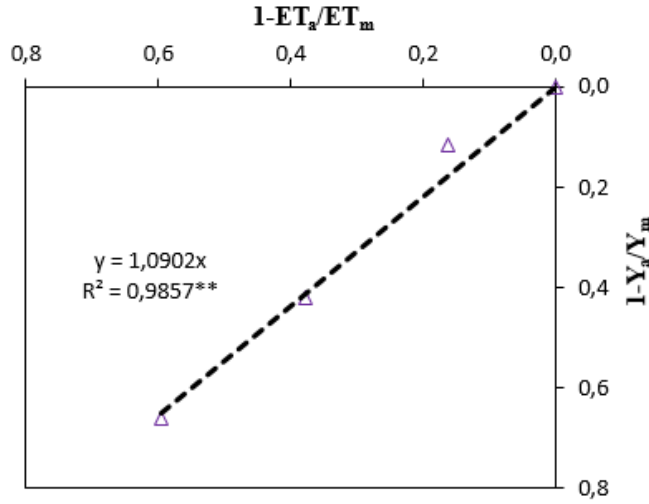
Şekil 4.2. Sulama suyu miktarı ve yumru verimi arasındaki ilişki



Şekil 4.3. Bitki su tüketimi ve verim arasındaki ilişki

Bulgular yorumlandığında deneme konularına göre bitki su tüketimi ve yumru verimi değerleri arasındaki doğrusal ilişki $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğundan verim tepki etmeni (k_y) analizine geçilmiştir.

Bu aşamada, çalışmanın sulama düzeylerine ait oransal su tüketimi eksilişi ($1 - ET_a/ET_m$) ve oransal yumru verimi azalışı ($1 - Y_a/Y_m$) değerleri belirlenmiştir. Bu parametrelerin arasındaki ilişki Şekil 4.4'de, değerleri ise Çizelge 4.23'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Oransal su tüketimi eksilişi ile yumru verimi azalışı arasındaki ilişki

Çizelge 4.23. Şeker pancarı bitkisinde oransal su tüketimi ve yumru verimi azalışları

Konular	1-ET _a /ET _m	1-Y _a /Y _m
S1	0,000	0,000
S2	0,162	0,117
S3	0,377	0,421
S4	0,596	0,660

Bitkisel üretimde su eksikliğinin verime etki derecesinin bir ölçüsü olan mevsimlik verim tepki etmeni (k_y) değeri şeker pancarı bitkisi için 1,09 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4).

Kodal (1994), şeker pancarının mevsimlik verim tepki etmenini belirlediği 2 yıllık bir arazi denemesi yürütmüştür. Ankara koşullarında gerçekleşen çalışmada iki yılın değerleri sırasıyla 0,7 ve 1,1 olarak bulunmuştur. Süheri (2007), çalışmasında şeker pancarına ait 2 yıllık k_y değerlerini ilk yıl 0,96, ikinci yıl ise 1,01 olarak bildirilmiştir. Shrestha ve ark. (2010), çalışmalarında şeker pancarının k_y değerinin 1,01 olduğunu belirtmişlerdir. Bahsedilen çalışmalardan elde edilen k_y değerleri ile bu çalışmada ulaşılan sonuçlar arasında benzerlik olduğu görülmüştür.

Kızıloğlu ve ark. (2006), Erzurum koşullarında yürüttükleri çalışmalarında oransal su tüketimi ve verim azalışları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırma sonunda mevsimlik verim tepki etmeni (k_y) 0,95 olarak belirlenmiştir. Pejic ve ark. (2011), Sırbistan koşullarında yürüttükleri 5 yıllık bir çalışma için ortalama verim tepki etmeni

değerini 0,45 olarak belirlemişlerdir. Topak ve ark. (2011), yürüttükleri çalışmalarında şeker pancarında mevsimlik verim tepki etmeni değerini 0,93 olarak belirlemişlerdir. Sonuçları paylaşılan çalışmalara ait k_y değerleri ile bu çalışmaya ait değer farklı olmasının sebebi; araştırmaların yürütüldüğü bölgelere ait iklim özelliklerinin, sulama konularının ve şeker pancarı çeşitlerinin farklılık göstermesi olarak değerlendirilmiştir.

4.6. Su ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği

Şeker pancarı bitkisinin farklı sulama kısıntıları üzerine oluşturulan deneme konularına ait WUE ve IWUE değerleri Çizelge 4.24’de verilmiştir.

Çizelge 4.24. Su Kullanım Etkinliği ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği Sonuçları

Deneme Konuları	WUE (kg m^{-3})	IWUE (kg m^{-3})
S1	9,6	8,7
S2	10,1	11,4
S3	8,9	10,1
S4	8,1	-

Çizelge 4.24 değerlendirildiğinde WUE değerlerinin 8,1 ile 10,1 kg m^{-3} arasında değiştiği; en yüksek WUE değerinin S2 konusuna, en düşük değer ise S4 konusuna ait olduğu belirlenmiştir. IWUE değerleri ise 8,7 ile 11,4 kg m^{-3} arasında değişmiş, en yüksek değerler yine S2 konusunda görülmüştür. Veriler değerlendirildiğinde yetiştiricilik boyunca toplamda %27,3 su tasarrufu sağlanan S2 konusunun en yüksek WUE ve IWUE değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Elde edilen verim değerleri de göz önüne alındığında, S2 konusu su tasarrufu bakımından en uygun konu olarak kabul edilebilir.

Şeker pancarında su kullanım etkinliğinin araştırıldığı çeşitli çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde farklı iklim koşullarında WUE değerlerinin 2,1 ile 10,0 kg m^{-3} arasında değiştiği görülmüştür (Brown ve ark. 1987, Dunham 1993). Kaffka ve ark. (2003) yürüttükleri arazi denemesi sonucunda şeker pancarı bitkisi için WUE değerlerinin 9,29-10,68 kg m^{-3} arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Süheri (2007), 14 farklı deneme konusu bulunan çalışmada ilk yıl için en yüksek WUE değerinin 10,0 kg m^{-3} , en düşük değer ise 3,0 kg m^{-3} olduğunu belirtmiştir. Aynı yıl için IWUE değerleri 5,9 ile 14,2 kg

m^{-3} arasında değişmiştir. Araştırmanın ikinci yıl sonuçlarında ise WUE değerleri 4,0-7,3 $kg\ m^{-3}$ arasında değişirken, en düşük IWUE değeri 7,1 $kg\ m^{-3}$, en yüksek değer ise 11,4 $kg\ m^{-3}$ olmuştur. Topak ve ark. (2016) farklı sulama tekniklerinin ve su kısıtlarının şeker pancarında verime olan etkisini araştırdıkları çalışmalarında WUE değerlerini belirlemişlerdir. Yaptıkları istatistiksel analiz sonucunda 3 farklı grup oluşmuş ve en yüksek WUE değerlerine sahip grupta %50 su kısıdı uygulanan konuların bulunduğunu bildirilmiştir. En yüksek değer 11,25 $kg\ m^{-3}$ iken en düşük değer ise 9,39 $kg\ m^{-3}$ ile tam sulama konusuna aittir. Topak ve ark. (2011), araştırmaları sonucunda WUE değerlerinin 7,4 ile 8,3 $kg\ m^{-3}$ arasında IWUE değerlerinin ise 7,9-11,5 $kg\ m^{-3}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bahmani ve ark. (2017), iki yıllık çalışmalarında farklı sulama düzeyleri içeren konulara ait sulama suyu kullanım etkinliklerini değerlendirmişlerdir. İlk sene için yüksek IWUE değeri %30 sulama kısıdı uygulanan konuda 9,17, en düşük değer ise tam sulama konusunda 7,77 $kg\ m^{-3}$ bulunmuştur. İkinci sene ise değerler 7,40 ile 8,55 $kg\ m^{-3}$ arasında değişmiş, en düşük ve en yüksek değerlere sahip konular aynı kalmıştır. Bahsedilen araştırmalarda mevcut olan sulama konuları ve sulama suyu miktarları değerlendirildiğinde ulaşılan WUE ve IWUE değerlerinin bu çalışmayla paralel olduğu görülmektedir.

Özby (2018), 3 farklı sulama düzeyi bulunan çalışmasında en yüksek WUE değerini tam sulama konusunda 15,2 $kg\ m^{-3}$ olarak ulaşıırken, en düşük değere 11,4 $kg\ m^{-3}$ ile %33 su kısıdı uygulanan konuda ulaşmıştır. Li ve ark. (2019b), 7 farklı sulama düzeyi olan çalışmalarının sonucunda IWUE değerlerinin 6,9 ile 29,0 $kg\ m^{-3}$ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Araştırmaların farklı sulama konuları barındırması ve farklı iklim koşulları altında yürütülmesi bu farklılıkların temel sebepleri olarak değerlendirilmiştir.

4.7. Klorofilmetre Okuması

Şeker pancarı bitkisinde farklı sulama düzeylerinin mevsimlik klorofil ortalamalarına etkisinin incelendiği varyans analizine ait sonuçlar Çizelge 4.25’de, deneme konularından elde edilen mevsimlik ortalama klorofil okumaları değerleri ile LSD testine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.26’de verilmiştir.

Çizelge 4.25. Mevsimlik klorofil okuması ortalamalarına ait varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Blok	2	168,5110	84,2557	1,5490öd
Sulama Konusu	3	4190,2500	1396,7500	25,2805**
Hata	6	331,5030	55,2505	
Genel	11	4690,2517	426,3865	

öd. önemli değil

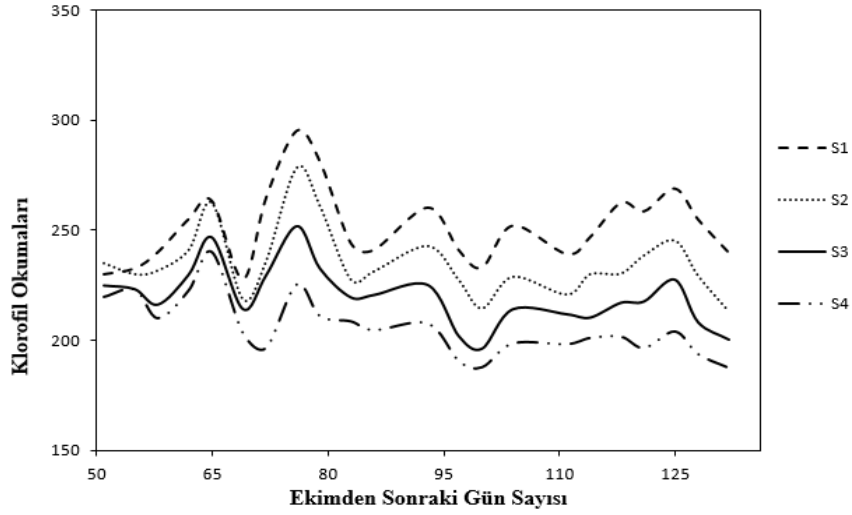
** : $p < 0,01$ düzeyinde önemli

Çizelge 4.26. Mevsimlik klorofil okumaları ortalamaları LSD testi sonucu

Konu	Klorofil Okumaları
S ₁	249,1 a ¹
S ₂	233,0 b
S ₃	217,6 c
S ₄	203,3 d
LSD _{0,05}	14,850

¹Küçük harfler önemli farklılıkları göstermektedir.

Çizelge 4.25 incelendiğinde, sulama düzeyleri arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve farklı sulama uygulamalarının şeker pancarı bitkisinde klorofil değerlerine etkisinin $p < 0.01$ düzeyinde önemli olduğu görülmektedir. Çizelge 4.26'de verilen LSD testi sonuçlarına göre; mevsimlik klorofil değeri ortalamaları 4 farklı istatistiksel grupta yer almıştır. S1 konusu ortalamaları en yüksek değerlere; S4 konusu ortalamaları ise en düşük değerlere sahip istatistiksel grubu oluşturmuştur. Elde edilen veriler ve Şekil 4.5 incelendiğinde yarı nemli iklim koşullarında şeker pancarı yetiştiriciliğinde uygulanan sulama kısıdı sebebiyle klorofil değerlerinde azalmalar görüleceği sonucuna varılmıştır.



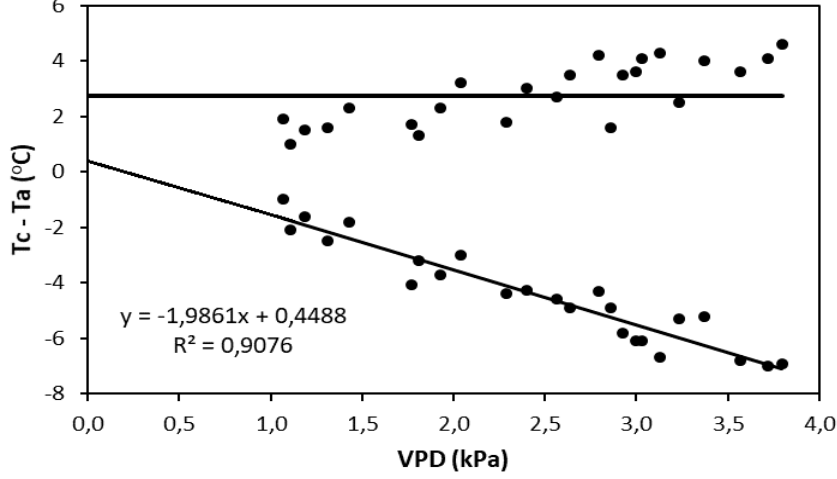
Şekil 4.5. Yetiştirme dönemi boyunca klorofil okumalarının konulara göre değişimi

Şeker pancarında klorofil okumaları yapılan sulama çalışmaları incelendiğinde Köksal (2006), paylaştığı klorofil içeriği değerlerinin ilk yıl için 0,2 mg ve 1,3 mg arasında, ikinci yılda ise 0,2 mg ile 1,1 mg arasında değiştiğini ve her iki sene içinde değerlerin farklı sulama düzeylerinden etkilendiği bildirmiştir. Araştırmanın ilk yılında değerlerin vejetasyon döneminin ortalarında maksimuma ulaştığı belirlenirken, ikinci senesinde hasat tarihine kadar çok değişmediği vejetasyonun son döneminde ise düşüşe geçtiği görülmüştür. Mahmoud ve ark. (2018), çalışmalarında farklı çeşitlere ve sulama düzeylerine ait klorofil içeriklerinin ekimden 125, 150, 175 ve 200 gün sonraki değerlerini paylaşmışlardır. Sonuçlar incelendiğinde şeker pancarı bitkisinde farklı çeşit ve farklı sulama düzeylerinin klorofil içeriği parametresi üzerinde etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Bahsedilen çalışmalarda belirlenen değer klorofil içeriği olduğundan bu çalışma ile aralarında farklılıklar bulunmaktadır. Öte yandan farklı sulama düzeylerinin meydana getirdiği etkiler değerlendirildiğinde bu çalışmadan elde edilen sonuçlarla paralellik taşıdıkları görülmüştür.

4.8. Bitki Su Stres İndeksi

Araştırmada, susuz konu olan S4 konusunda hesaplanan $T_c - T_a$ farkı değerleriyle ile üst baz hattı $2,73\text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak belirlenmiştir. S1 konusundan ulaşılan sonuçlar ile de alt baz hattı determinasyon katsayısı (R^2) 0,9076 ve regresyon denklemi " $T_c - T_a = -1,9861\text{VPD} + 0,4488$ " olarak belirlenmiştir. Ölçülen $T_c - T_a$ farkı ve VPD değerlerinin değişimini daha

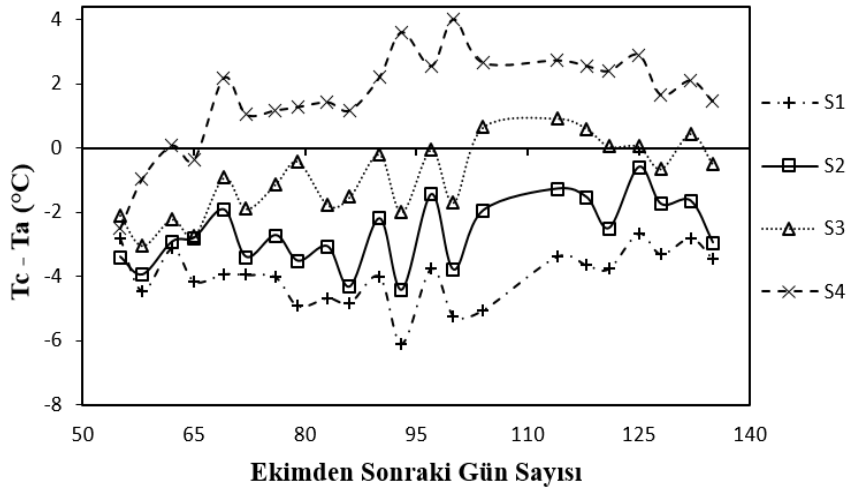
iyi yorumlayabilmek adına elde edilen temel grafik Şekil 4.6’de verilmiştir. Bitki su stres indeksi değerleri alt ve üst baz hatlarından ulaşılan bu değerlerle hesaplanmıştır.



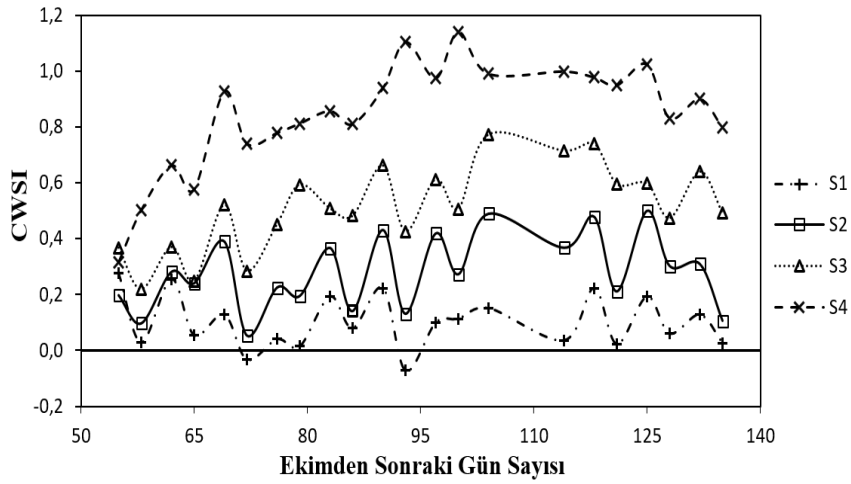
Şekil 4.6. Konulara göre Tc-Ta ve buhar basıncı açığı ilişkisi

Ölçülen Tc-Ta farkı değerleri araştırma boyunca hava sıcaklığından, buhar basıncı açığından ve belirlenen farklı sulama suyu miktarı uygulamalarından etkilenmiştir (Şekil 4.7). Şekil 4.7 incelendiğinde Tc-Ta farkına ait en yüksek değer 4,0°C ile S4 konusunda, en düşük değerin ise -6,1°C S1 konusunda meydana geldiği görülmektedir. Mevsim boyunca yapılan ölçümler değerlendirildiğinde tam sulanan konudan susuz konuya doğru gidildikçe, bitki taç örtüsü sıcaklığının arttığı saptanmıştır.

Alt ve üst baz hatlarına bağlı olarak, Tc-Ta farkına dayalı bir biçimde hesaplanan CWSI değerleri, deneme konularına ait farklı su kısıntısı düzeylerinden etkilenmiştir (Şekil 4.8). Araştırma boyunca görülen en yüksek CWSI değerine S4 konusunda 1,14 değeri ile ulaşılırken en düşük CWSI değeri S1 konusunda -0,07 olarak bulunmuştur. Konulara ait sezonluk ortalama CWSI değerleri; S1 konusu için 0,12, S2 konusu için 0,28, S3 konusu için 0,51 ve S4 konusu için 0,85 olarak belirlenmiştir. Genel olarak uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça CWSI değerlerinin azaldığı görülmüştür.

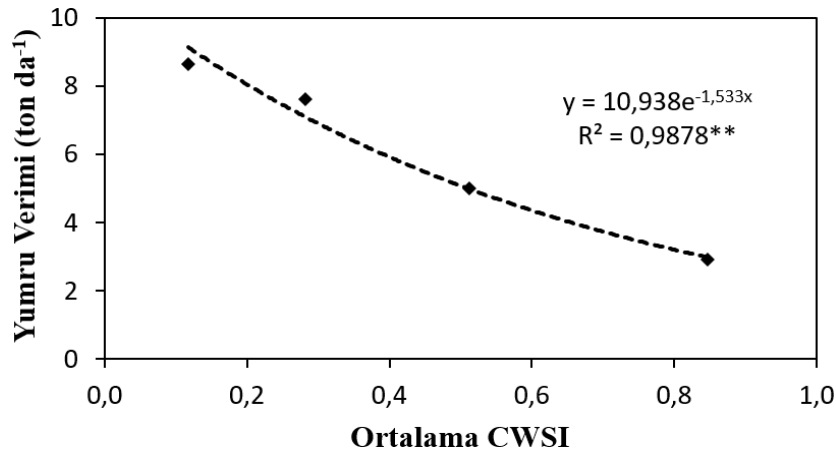


Şekil 4.7. Sulama konularına ait sezonluk Tc-Ta değişimi



Şekil 4.8. Sulama konularına ait sezonluk CWSI değişimi

Şekil 4.9’da farklı sulama konularına ait şeker pancarı yumru verimleri ve CWSI değerleri arasındaki ilişki verilmiştir. Elde edilen ilişkidен yararlanılarak yarı nemli iklim koşullarında şeker pancarının yumru verimi tahmininde CWSI değerlerinin kullanımı için determinasyon katsayısı $R^2=0,98$ ile $YV(\text{yumru verimi})=10,938e^{-1,533CWSI}$ regresyon denkleminе ulaşılmıştır. Ortalama CWSI ile yumru verim değerleri arasındaki ilişki istatistiksel açıdan $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur.



Şekil 4.9. Sulama konularına ait ortalama yumru verimi ve CWSI ilişkisi

Köksal ve Yıldırım (2011), Ankara koşullarında yürüttükleri çalışmalarında şeker pancarında CWSI değerlerini belirlemişlerdir. Farklı sulama düzeylerinin bulunduğu çalışmada 2 yıl boyunca bitki taç sıcaklığı buhar basıncı açığı (VPD) ve hava sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Çalışma sonucunda alt ve üst baz hatları deneysel olarak tespit edilmiştir. Üst limit değeri iki yıl için sırasıyla 3,20°C ve 3,47°C olarak belirlenmiştir. Alt baz hattı ise ilk yıl $r=0,82$, “ $T_c-T_a=-2,17 VPD + 0,95$ ” denklemi ile ikinci yıl ise $r=0,87$, “ $T_c-T_a=2,75VPD+3,17$ ” denklemi ile ifade edilmiştir. Aşırı su koşullarında CWSI değerlerinin 0’dan daha küçük, kurak bir mevsim için ise 1’e yaklaşabileceği sonucuna varılmıştır. Bahmani ve ark. (2017), yarı kurak iklim koşullarında şeker pancarı bitkisi için sulama zamanının planlamasında bitki su stres indeksinin kullanım olanaklarını değerlendirmiştir. 4 farklı sulama düzeyi bulunan çalışmanın sonucunda elde edilen veriler değerlendirildiğinde üst limit 5,3°C bulunurken; alt limit $R^2=0,6508$, “ $T_c-T_a=0,832VPD+2,1811$ ” şeklinde ifade edilmiştir. Tüm sulama konuları için CWSI değerleri ilk yıl 0,08-0,42 arasında; ikinci yıl ise 0,1-0,44 değerleri arasında değişmiştir. Araştırmacılar şeker pancarı bitkisinin sulama zamanı için önerilen CWSI değerini 0,3 olarak belirtmişlerdir. Elde edilen üst ve alt baz hatlarına ait değerlerin önceki çalışmalarla farklı sonuçlara sahip olmasının sebebi araştırmaların yürütüldüğü iklim özellikleri ve bitki çeşidi farklılıkları olarak yorumlanmıştır. CWSI değerlerinin değişim aralıkları değerlendirildiğinde bahsedilen çalışmalarla benzerliklere rastlanmıştır.

5. SONUÇ

Yetiştiriciliği yarı nemli iklim koşullarında yapılan ve damla sulama yöntemiyle sulanan şeker pancarı bitkisinde, su verim ilişkilerinin belirlenmesi ve sulama zamanının planlanmasında bitki su stres indeksinin kullanım olanaklarının araştırılması amacıyla arazi koşullarında yürütülen bu çalışmanın sonuçları bu bölümde özetlenmiştir.

Çalışma boyunca farklı deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı 135,0 mm ve 750,3 mm arasında, ulaşılan mevsimlik bitki su tüketimi değerleri ise 362,3 mm ile 896,9 mm arasında değişim göstermiştir. Uygulanan sulama suyu miktarları değerlendirildiğinde S1 konusuna verilen suya oranla; S2 konusundan %27,3, S3 konusundan %54,7 ve S4 konusunda %82,0 oranında daha az su uygulanmıştır.

Şeker pancarında farklı sulama düzeylerinin, yumru uzunluğu, yumru çapı, yaprak sayısı, yumru verimi, yaprak verimi, toplam verim, yaprak su içeriği, kuru madde oranı, ham şeker oranı ve ham şeker verimi parametrelerine $p < 0.01$ olasılık düzeyinde önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir.

Yumru uzunluğu, yumru çapı, yaprak sayısı, yumru verimi, yaprak verimi, toplam verim ve yaprak su içeriği parametrelerinde en düşük ortalama değerler susuz konuda (S4) elde edilmiştir. Tam ve kısıntılı sulama düzeyine göre sulanan konularda (S1, S2 ve S3) ise sözü edilen verim parametrelerinin ortalama değerleri yükselmiştir. Bunun aksine kuru madde oranına ait en düşük ortalama değerler tam sulama konusuna (S1) aitken, en yüksek ortalama değerler susuz konudan (S4) elde edilmiştir.

Kalite yönünden önemli bileşenler olan ham şeker oranı ve ham şeker verimi parametreleri değerlendirildiğinde, en yüksek ham şeker oranı en az sulanan (S3) ve en yüksek ham şeker veriminin ise tam sulanan konuda (S1) elde edildiği görülmüştür. Ham şeker verimi değerlerinin yumru verimindeki artışa paralel olarak uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça, arttığı sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırma sonucunda uygulanan sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi ile yumru verimi arasında doğrusal ilişkiler ($p<0.01$) belirlenmiş ve en yüksek yumru verimi değeri, tam sulama konusu olan S1 konusundan elde edilmiştir (8,6 ton da^{-1}). Ulaşılan diğer yumru verimi ortalamaları değerlendirildiğinde, su kısıntısının artmasıyla verimde düşüş yaşanacağı sonucuna varılmış ve en düşük ortalama yumru verimi değeri susuz konu olan S4 konusunda görülmüştür (2,9 ton da^{-1}). Araştırma sonuçlarına göre, mevsimlik verim tepki etmeni (k_y), 1,09 olarak belirlenmiştir.

Çalışmaya ait deneme konularının sulama düzeyleri arasındaki farkın, klorofil okumaları üzerine etkisi $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. S1 konusu sezonluk ortalama 249,1 ile en yüksek klorofil değerlerine; S4 konusu ise 203,3 ile en düşük klorofil değerlerine sahip konular olmuşlardır. Yarı nemli iklim koşullarında şeker pancarı yetiştiriciliğinde uygulanan su kısıntısı sebebiyle klorofil okuması değerlerinde azalmalar görüleceği belirlenmiştir.

Şeker pancarının su kullanım etkinliği (WUE) değerleri 8,1-10,1 $kg\ m^{-3}$ arasında değişmiştir. En yüksek WUE değeri S2 deneme konusunda, en düşük WUE değeri ise S4 deneme konusunda belirlenmiştir. Diğer taraftan, sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerleri ise 8,7 ile 10,1 $kg\ m^{-3}$ arasında değişmiştir. En yüksek IWUE değeri yine S2 konusunda saptanmıştır.

Araştırma sonucunda şeker pancarı yetiştiriciliğinde sulama zamanı planlamasında infrared termometre tekniği ile belirlenen bitki su stresi indeksinin (CWSI) kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Bulgular değerlendirildiğinde, CWSI değerlerinin belirlenmesi için gerekli olan üst sınır çizgisi susuz konudan 2,73°C, alt sınır denklemi ise tam sulama konusundan “ $T_c-T_a=-1,9861VPD+ 0,4488$ ” olarak elde edilmiştir. Yarı nemli iklim koşullarında CWSI değeri 0,12’ye düştüğünde sulamaya başlanmasının yüksek verim ve kaliteli ürün açısından daha uygun olacağı söylenebilir. Ancak su tasarrufu açısından; ulaşılan su ve sulama suyu kullanım etkinlikleri de göz önüne alındığında, su kaynaklarının kısıtlı ve/veya su ücretlerinin yüksek olduğu bölgeler için S2 konusundan elde edilen 0,28’lik CWSI değeri sulama zamanının belirlenmesinde eşik değer olarak önerilmektedir. Oluşturulan 4 farklı sulama konusuna ait yumru verim ve

CWSI değerleri arasındaki ilişki “ $Y=10,938e^{-1,533CWSI}$ ” regresyon denkleminle elde edilmiş ve istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuş ve CWSI değerlerinden, sulama zamanının planlanmasının yanı sıra şeker pancarında yumru verimi tahmininde de yararlanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, şeker pancarı yetiştiriciliğinde kısıntılı sulama işletmeciliğinin oldukça dikkatli planlanması gerektiği ve seçilecek kısıntı düzeylerinin şeker pancarı verim ve kalite parametreleri üzerinde önemli düzeyde etkili olacağını söylemek mümkündür. Yarı nemli iklim kuşağında ve damla sulama yöntemiyle sulanan şeker pancarı yetiştiriciliğinde; uygulanan birim sulama suyundan maksimum verim sağlanması ve su kaynaklarının korunması amacıyla, WUE ve IWUE değerlerinin en yüksek olduğu S2 konusu (%33 su kısıntısı) sulama programı olarak önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Abayomi, Y.A. 2002.** Sugarbeet Leaf Growth And Yield Response To Soil Water Deficit. *Afr. CropSci. J.*, 10(1):51-66.
- Abyaneh, H.Z., Jovzi, M., Albaji, M. 2017.** Effect of regulated deficit irrigation, partial root drying and N-fertilizer levels on sugar beet crop (*Beta vulgaris* L.). *Agricultural Water Management*, 194(1):13-23.
- Aküzüm, T., Çakmak, B., Gökalp, Z. 2010.** Türkiye’de Su Kaynakları Yönetiminin Değerlendirilmesi. *TABAD Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1): 67-74.
- Alderfasi, A.A., Neilsen, D.C. 2001.** Use of crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in wheat. *Agricultural Water Management*, 47(1):69-75.
- Alves, I., Pereira, L.S. 2000.** Non-water-stressed baselines for irrigation scheduling with infrared thermometers: A New Approach. *Irrigation Science*, 19(1):101-106.
- Anonim, 2018a.** Şeker Pancarının Önemi, <http://www.ereglipancar.com.tr/Kooperatif/> (Erişim tarihi: 03.02.2020).
- Anonim, 2018b.** <https://www.tarimburada.com/Akazia-yeni-Seker-Pancari-Tohumu,PR336.html>, (Erişim Tarihi: 23.09.2019).
- Anonim, 2019.** FAO statistical database, <http://www.fao.org/faostat/en/#home> (Erişim tarihi: 11.06.2020).
- Asadi, M. 2006.** Beet-Sugar Handbook, Editörler: Asadi, M., Wiley, J., New Jersey, ABD, 884 s.
- Ayla, Ç. 1988.** Ankara koşullarında kısıntılı su uygulaması ile şeker pancarının su verim ilişkisi. K.H. Ankara Araştırma Enstitüsü. Genel Yayın No:146, Seri No:67.
- Baçın, M., Çelik, S. 1994.** Tokat-Kazova Koşullarında Kısıntılı Su Uygulamasında Şeker Pancarının Su-verim İlişkisi. Şeker Pancarı Yetiştirme Tekniği Sempozyumu, II. Gübreleme ve Sulama. 6-7 Mayıs 1994, Konya.
- Bahmani, O., Sabziparvar, A.A., Khosravi, R. 2017.** Evaluation of yield, quality and crop water stress index of sugar beet under different irrigation regimes. *Water Science and Technology: Water Supply*, 17(2):571-578.
- Baigy, M.J., Sahebi, F.G., Pourkhiz, I., Asgari, A., Ejlali, F. 2012.** Effect of deficit-irrigation management on components and yield of sugar beet. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 3(Özel Sayı):781-787.
- Bilgin, Y. 1992.** Şeker Pancarı Verim ve Kalitesini Etkileyen Bazı Faktörler. Türkiye Şeker Fabrikaları, A.Ş. Şeker Enstitüsü Seminer Notları, Ankara.

- Black, C.H. 1965.** Methods of Soil Analysis. *Amer. Soc. of Agro.* Madison, Wisconsin, 63-66 pp.
- Bloch, D., Hoffmann, C.M., Märlander, B. 2006.** Impact of water supply on photosynthesis, water use and carbon isotope discrimination of sugar beet genotypes. *Eur. J. Agron.*, 3(24):218-225.
- Bos, M.G. 1980.** Irrigation efficiencies at crop production level. *ICID Bulletin*, 29(1):18-25.
- Bos, M.G. 1985.** Summary of ICID definitions of irrigation efficiency. *ICID Bulletin*, 34(1):28-31
- Bowman, W.D. 1989.** The relationship between leaf water status, gas exchange, and spectral reflectance in cotton leaves. *Remote Sens. Environ.*, 30(1):249-255.
- Brown, K.F., Messem, A.B., Dunham, R.J., Biscoe, P.V. 1987.** Effect of Drought On Growth and Water Use of Sugar Beet. *Journal of Agricultural Sciences (Cambridge)*, 109(3):437-444.
- Brown, K.W., Rosenberg, N.J. 1973.** A resistance model to predict evapotranspiration and its application to a sugar beet field. *Agronomy J.*, 65(3):341-347.
- Candoğan, B.N. 2009.** Soya fasulyesinin su-verim ilişkisi. *Doktora Tezi*, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Bursa.
- Candoğan, B.N., Sincik, M., Buyukcangaz, H. 2013.** Yield, quality and crop water stress index relationships for deficit-irrigated soybean (*Glycine max (L.) Men.*) in sub-humid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 118(1):113–121.
- Carcova, J., Maddoni, G.A., Ghera, C.M. 1998.** Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. *Field Crops Res.*, 55(1):165-174.
- Cremona, M.V., Stutzel, H., Kage, H. 2004.** Irrigation scheduling of kholrabi (*brassica oleracea var. gongylodes*) using crop water stress index. *Hort. Sci.*, 39(2):276-279.
- Çalışkan, M.E., Çalışkan, S., Demirel, U., Aksoy, E., Arıoğlu, H.H. 2020.** Nişasta Ve Şeker Bitkileri Üretiminde Mevcut Durum ve Gelecek. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik kongresi bildiriler kitabı-1, 439, Ankara.
- Çetin, Ö., Uygan, D., Boyacı, H. 2006.** Damla Sulama Yönteminde Farklı Lateral Aralıkları ve İslatma Alanı Yüzdelerinin Domateste Verim ve Su Kullanımı Randımanına Etkisi. Proje no: KHGM-03220E01. Eskişehir.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H. 1979.** Yield Response to Water. Irrigation and Drainage Paper No: 33 FAO, Rome, p. 193.

Dunham, R.J. 1993. Water Use and Irrigation. The Sugar Beet Crop: Science into Practice. Editörler: Cooke, D.A., Scott, R.K., Dordrecht, 279-309 pp.

Dunham, R.J. 1995. The sugar beet crop: water use and irrigation. Editörler: Cooke, D.A., Scott, R.K., Chapman and Hall, London, 285-297 pp.

Elverenli, M.A. 1985. Çeşitli azotlu gübre seviyeleriyle sulamanın şeker pancarı verimine ve kalitesine etkileri. *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Ankara.

Emekli, Y. 2005. Antalya koşullarında bermuda (*Cynodon dactylon* L.) çiminde bitki su stresi indeksinin (CWSİ) değerlendirilmesi ve sulama programlaması amacıyla infrared termometre tekniğinden yararlanma olanakları. *Yüksek Lisans Tezi*, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya.

English, M.J., Musick, J.T., Murty, V.V. 1990. Manegement of Farm Irrigation Systems, Deficit Irrigation. Editörler: Hoffman, G.J., Howell, T.A., Solomon, K.H., An ASAE Monograph, St. Joseph., MI, USA, 631-663 pp.

Erdal, G., Esengün, K., Erdal, H., Gündüz, O. 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, 32(1): 35-41.

Ertaş, M.R. 1984. Konya Ovası Koşullarında Sulama Suyu Miktarında Yapılan Kısıntının Şeker Pancarı Verimine Etkileri. Köy Hizmetleri Gn. Md. Konya Bölge Toprak Su Araştırma Ens. Md. Yayınları, Genel Yayın No. 100, Rapor No. 82, Konya.

Esmaeili, M.A. 2011. Evaluation of the Effects of Water Stress and Different Levels of Nitrogen on Sugarbeet (*Beta Vulgaris*). *Int. J. Biol.*, 3(2):89-93.

FAO, 2002. Deficit Irrigation Practices, Natural Resources Management and Environment Department. FAO Water Reports. 22, Rome, Italy.

FAOSTAT, 2018. The Food and Agriculture Organization (FAO), <http://www.fao.org>. (Erişim tarihi: 14.04.2020).

Garrity, P.D., Watts, D.G., Sullivan, C.Y., Gilley, J.R. 1982. Moisture Deficits and Grain Sorghum Performance: Evapotranspiration-Yield Relationships, *Agron. J.*, 74(1):815-820.

Günbatlı, F. 1989. Tokat Kazova Koşullarında Kısıntılı Su Uygulamasında Şeker Pancarının Su – Verim İlişkisi. Tokat Bölge toprak-su Araştırma Enstitüsü. Genel Yayın No:95, Rapor Serisi No:57, Tokat.

Güngör, Y., Yıldırım, O. 1989. Tarla Sulama Sistemleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1155 p.

Howell, T.A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agronomy Journal*, 93(1):281-289.

- Hussein, M.M., Kassab, O.M., Ellil, A.A. 2008.** Evaluating water stress influence on growth and photosynthetic pigments of two sugar beet varieties. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(6):936-941.
- 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. *Agric. Meteorol.*, 24(1):45-55.
- Irmak, S., Haman, D.Z., Baştug, R. 2000.** Determination of crop water stress index for irrigation timing and yield estimation of corn. *Agronomy J.*, 92(1):1221-1227.
- Jackson, R.D. 1982.** Canopy Temperature and Crop Water Stress. *Advances in Irrigation*. Editörler: Danieli, H., Academic Press, 1:43-85. New York, London.
- Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J., Pinter, P.J.JR. 1981.** Canopy Temperature as a Crop Water Stress Indicator. *Water Resources Research*, 17(4):1133-1138.
- James, L.G. 1988.** Principles of farm irrigation systems design. Editörler: Wiley, J., Sons L., New York, 543 p.
- Kadayıfçı, A. 1996.** Ayçiçeğinin Su-verim İlişkileri, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.
- Kaffka, R.S., Peterson, R.G., Kirby, D. 2003.** Irrigation Cutt Of Dates For Sugarbeets in The Tulelake Region. University of California, Davis, USA, 21-24 pp.
- Kanber, R., Ünlü, M., Tekin, S., Koç, L., Kapur, B. 2007.** Akdeniz İklim Koşullarında Kimi Tarla Bitkilerinin Su Kullanım Randımanlarının İrdelenmesi. Türkiye VII. Tarla Bitkileri Kongresi, 25-27 Haziran 2007, Erzurum.
- Kırda, C. 2002.** Deficit Irrigation Scheduling Based on Plant Growth Stages Showing Water Stres Tolerance. *Deficit Irrigation Practices*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Kızıloğlu, F.M., Şahin, U., Angın, İ., Anapalı, Ö. 2006.** The Effect of Deficit Irrigation on Water – Yield Relationship of Sugar Beet (*Beta Vulgaris L.*) 115 Under Cool Season and Semi-Arid Climatic Conditions. *Int. Sugar Journal*, 108(1):90-94.
- Kıymaz, S., Ertek, A. 2015.** Yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris L.*) at different water and nitrogen levels under the climatic conditions of Kırşehir, Turkey. *Agricultural Water Management*, 158(1):156-165.
- King, B.A., Tarkalson, D.D., Sharma, V., Bjerneberg, D.L. 2020.** Thermal Crop Water Stress Index Base Line Temperatures for Sugarbeet in Arid Western US. *Agricultural Water Management*, 243(1): 106459.
- Kodal, S. 1994.** Yeterli ve Kısıntılı Su Koşullarında Şeker Pancarı Sulaması. Şeker Pancarı Şetiştirme Tekniği Sempozyumu, II. Gübreleme ve Sulama, Konya.

Kovar, M., Cerný, I. 2016. Evaluation of Water Regime in Sugar Beet Plants by Infrared Thermography. *Listy Cukrovarnické a Reparské*, 132(2):54.

Köksal, E., Yıldırım, Y. 2011. Şeker Pancarı Sulama Zamanı Belirlenmesinde Bitki Su Stres İndeksinin Kullanılma Olanakları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(1):57-62.

Köksal, E.S. 2006. Sulama suyu düzeylerinin şekerpancarının verim, kalite ve fizyolojik özellikleri üzerindeki etkisinin, infrared termometre ve spektro-radyometre ile belirlenmesi. *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.

Köksal, E.S. 2008. Irrigation water management with water deficit index calculated based on oblique viewed surface temperature. *Irrigation Science*, 27(1):41–56.

Li, Y., Fan, H., Su, J., Fei, C., Wang, K., Tian, X., Ma, F. 2019b. Regulated Deficit Irrigation at Special Development Stages Increases Sugar Beet Yield. *Agronomy Journal*, 111(3):1293-1303.

Li, Y., Liu, N., Fan, H., Su, J., Fei, C., Wang, K., Ma, F., Kisekka, I. 2019a. Effects of deficit irrigation on photosynthesis, photosynthate allocation, and water use efficiency of sugarbeet. *Agric. Water Manage.*, 223(1): 10570.

Mahmoodi, R., Maralian, H., Aghabarati, A. 2008. Effects of limited irrigation on root yield and quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *African Journal of Biotechnology* 7, 2(1):4475– 4478.

Mahmoud, E.S.A., Hassanin, M.A., Borham, T.I., Emara, E.I. 2018. Tolerance of some sugar beet varieties to water stress. *Agricultural Water Management*, 201(1):144-151.

Masri, M.I., Ramadan, B.S.B., El-Shafai, A.M.A., El-Kady, M.S. 2015. Effect Of Water Stress And Fertilization On Yield And Quality Of Sugarbeet Under Drip And Sprinkler Irrigation Systems in Sandy Soil. *International Journal of Agriculture Sciences*, 5(3):414-425.

MGM, 2020a. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Bursa Merkez Meteoroloji İstasyonu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.

MGM, 2020b. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Bursa Nilüfer Meteoroloji İstasyonu, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.

Moosavi, S.G.R., Ramazani, S.H.R., Hemayati, S.S., Gholizade, H. 2017. Effect of drought stress on root yield and some morpho-physiological traits in different genotypes of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *J. Crop Sci. Biotech*, 20(3):167–174.

Okman, C., Bilgin, Y. 1973. Ankara Şartlarında Şekerpancarının Su Tüketimi Ve Sulanması. *Şeker*, 23(87):71 – 76.

Oktem, A., Simşek, M., Oktem, A.G. 2003. Deficit Irrigation Effects on Sweet Corn (Zea Mays Saccharata Sturt) with Drip Irrigation System in a Semi Arid Region I. Water-Yield Relationship. *Agric. Water Management*, 61(1): 63-74.

Olufayo, A., Baldy, C., Ruelle, P. 1996. Sorgum yield, water use and canopy temperatures under different levels of irrigation. *Agricultural Water Management*, 30(1):77-90.

Orta, A.H., Erdem, Y., Erdem, T. 2003. Crop water stress index for watermelon. *Scientia Horticulturae*, 98(1):121-130.

Ödemiş, B., Baştuğ, R. 1999. Infrared termometre tekniği kullanılarak pamukta bitki su stresinin değerlendirilmesi ve sulamaların programlanması, *J of Agric. And Forestry*, 23(1):31-37.

Öğretir, K., Güngör, H. 1994. Bursa (M. Kemalpaşa) Koşullarında Kısıntılı Su Uygulamasında Şekerpancarının Su – Verim İlişkileri. Şeker Pancarı Yetiştirme Tekniği Sempozyumu, II. Gübreleme ve Sulama. 6-7 Mayıs 1994. Konya.

Öksüz, A. 2015. Damla yöntemiyle kısıntılı sulama koşulları altında kısıntılı azotlu gübreleme uygulamasının Şekerpancarının verimi ve azot kullanımı üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Konya.

Özbay, S. 2018. Farklı Sulama Yöntemleri ve Düzeylerinin Şeker Pancarında Verim, Kalite ve Fizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Çanakkale.

Pala, M., Ryan, J., Zhang, H., Singh, M., Harris, H.C. 2007. Water-use efficiency of wheat-based rotation systems in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 93(1):136-144.

Pejić, B., Čupina, B., Dimitrijević, M., Petrović, S., Milić, S., Krstić, D., Jaćimović, G. 2011. Response of sugar beet to soil water deficit. *Romanian agricultural research*, 28(1):151-155.

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. Remote Sensing*, 14(10):1887-1905.

Pinter, P.J.JR., Zipoli, G., Reginato, R.J., Jackson, R.D., Idso, S.B., Hohman, J.P. 1990. Canopy temperature as an indicator of differential water use and yield performance among wheat cultivars. *Agricultural Water Management*, 18(1):35-48.

Pinter, P.J.JR., Stanghellini, M.E., Reginato, R.J., Idso, S.B., Jenkins, A.D., Jackson, R.D. 1979. Remote detection of biological stresses in plants with infrared thermometry. *Science*, 205(1):585-587.

Pişkin, A. 2013. Damla sulama sistemi ile şeker pancarına (beta vulgaris l.) verilen azot ve potasyumun verim ve kalite üzerine etkisi ile azotun son uygulama zamanının belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Ankara.

Poçan, M. 2008. Farklı Sulama Aralıklarında Sulanan Şeker Pancarının Verim ve Kalitesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Konya.

Quebrajo, L., Perez-Ruiz, M., Pérez-Urrestarazu, L., Martínez, G., Egea, G. 2018. Linking thermal imaging and soil remote sensing to enhance irrigation management of sugar beet. *Biosystems Engineering*, 165(1):77-87.

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

Scott, R.K., Jaggard, K.W. 1993. Crop physiology and agronomy. In: The sugar beet crop: science into practice. Editörler: Cooke, D.A., Scott, R.K., Chapman and Hall, London, 179-233 pp.

Sepaskhah, A., Nzemsadat, M., Kamgarhaghghi, A. 1987. Water stress of sugarbeet as related to leaf and canopy temperatures and to leaf Water content. *Iran Agricultural Research*, 6(1):29-43.

Sepaskhah, A.R., Kashefipour, S.M. 1994. Relationships between leaf water potential, CWSI, yield and fruit quality of sweet lime under drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 25(1):13-22.

Sepaskhah, S., Tavakoli, A.S., Mousavi, S.A. 2006. Principles and Applications of Water Deficits. National Committee on Irrigation and Drainage Publications. Tehran, Iran, 83-89 pp.

Shrestha, N., Geerts, S., Raes, D., Horemans, S., Soentjens, S., Maupas, F., Clouet, P. 2010. Yield response of sugar beets to water stress under Western European conditions. *Agricultural Water Management*, 97(2):346-350.

Stewart, J.I., Hagan, R.M., Pruitt, W.O. 1976. Production Functions and Predicted Irrigation Programs for Principal Crops as Required for Water Resources Planning and Increased Water use Efficiency. Tech. Bureau Recl. No: 14-06-D. 7329, USA, p. 80.

Süheri, S. 2007. Farklı Gelişme Safhalarında Uygulanan Farklı Sulama seviyelerinin Şekerpancarı Verimi Üzerine Etkileri. *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Tarı, A., Özbahçe, A., Ata, G., Bilgiç, C. 2016. Farklı Sulama Programlarının Şekerpancarında Kaliteye Etkisi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(Özel Sayı):55-60.

- Tarı, A.F., Yazar, A. 2010.** Konya-İlgın ovasındaki bireysel yağmurlama sulama sistemlerinin bazı performans parametreleri. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(1): 45-56
- Tarkalson, D.D., King, B.A. 2017.** Effect of deficit irrigation timing on sugarbeet. *Agronomy Journal*, 109(5):2119-2127.
- Testi, L., Goldhamer, D.A., Iniesta, F., Salinas, M. 2008.** Crop water stress index is a sensitive water stress indicator in pistachio trees. *Irrigation Science*, 26(1):395-405.
- Tognetti, R., Palladino, M., Minnocci, A., Defline, S., Alvino, A. 2003.** The Response of Sugar Beet to Drip and Low-Pressure Sprinkler Irrigation in Southern Italy. *Agricultural Water Management*, 60(1):135-155.
- Topak, R., Acar, B., Uyanöz, R., Ceyhan, E. 2016.** Performance of partial root zone drip irrigation for sugar beet production in a semi-arid area. *Agricultural Water Management*, 176(1):180-190.
- Topak, R., Süheri, S., Acar, B. 2011.** Effect of different drip irrigation regimes on sugar beet (*Beta vulgaris* L.) yield, quality and water use efficiency in Middle Anatolian, Turkey. *Irrigation Science*, 29(1): 79-89.
- Topak, R., Süheri, S., Yavuz, D. 2010.** Kısımlı sulamanın şekerpancarının verim ve kalitesine etkisi. Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, Araştırma Projesi No:08401048, Konya.
- Turan, Z.M. 1995.** Araştırma ve Deneme Metotları. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Notları No: 62, Bursa, 302 s.
- TÜİK, 2019.** Türkiye İstatistik Kurumu, Bitkisel Üretim İstatistikleri, <http://www.tuik.gov.tr>. (Erişim tarihi: 14.04.2020).
- Tüzüner, A. 1990.** Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 180 s.
- USSL, 1954.** Diagnosis and Improvement of Saline and alkali soils, Agriculture Handbook No: 60, USA, 160 s.
- Vamerali, T., Guarise, M., Ganis, A., Mosca, G. 2009.** Effects of water and nitrogen management on fibrous root distribution and turnover in sugar beet. *Eur. J. Agron*, 31(2):69-76.
- Yıldırım, O. 1991.** Ankara Koşullarında Şekerpancarının Su-Verim İlişkileri ve Su Tüketimi: I. Su-Verim İlişkileri. *Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(2):101-111.
- Yıldırım, O. 2013.** Sulama sistemlerinin tasarımı. A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları 4. Baskı. No. 330, Ankara, 72 s.

Yolcu, A. 2005. Van Şartlarında Şekerpancarının Kısıtlı Sulama Programının belirlenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Van.

Yuan, G., Luo, Yi., Sun, X., Tang, D. 2004. Evaluation of a crop water stress index for detecting water stress in winter wheat in the north china plain. *Agricultural Water Management*, 64(1):29-40.

Zhang, H., Wang, X., You, M.Z., Liu, C.M. 1999. Wateryield relations and water-use efficiency of winter wheat in the North China Plain. *Irrigation Science*, 19(1):37-45.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ali Kaan YETİK
Doğum Yeri ve Tarihi : Fatih / 24.07.1993
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Bursa Anadolu Erkek Lisesi
Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans : Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü

İletişim (e-posta) : alikaanyetik@ohu.edu.tr

Yayınları :

Yetik, A.K., Candoğan, B.N. 2020. The Effects of Deficit Irrigation on Net Photosynthesis Rate, Stomatal Conductance, Intracellular CO₂ Concentration and Transpiration Rate in Sugar Beet. II. International Agricultural, Biological and Life Science Conference, 1-3 Eylül, 2020, Edirne.

Yetik, A.K., Şen, B. 2020. Importance and Techniques of Water Harvesting Systems. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(1):46-53.