



**TOPRAK ALTI DAMLA SULAMA YÖNTEMİ
İLE SULANAN SERİN VE SICAK İKLİM
ÇİMLERİNDE SU KISITI**

Cansu ERGEN

Yüksek Lisans Tezi

**Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. A. Halim ORTA**

2021

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**TOPRAK ALTI DAMLA SULAMA YÖNTEMİ İLE SULANAN SERİN
VE SICAK İKLİM ÇİMLERİNDE SU KISITI**

Cansu ERGEN

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. A. Halim ORTA

TEKİRDAĞ-2021

Her hakkı saklıdır.



Bu tez TÜBİTAK tarafından 119O088 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TOPRAK ALTI DAMLA SULAMA YÖNTEMİ İLE SULANAN SERİN VE SICAK İKLİM ÇİMLERİNDE SU KISITI

Cansu ERGEN

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. A. Halim ORTA

Bu çalışma, toprak altı damla sulama yöntemi ile sulanan serin ve sıcak iklim çim türlerinin kısıtlı sulama koşullarında bitkinin gelişim ve kalitesi üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla, Tekirdağ-İstanbul il sınırında Gümüşyaka Mahallesi'nde yer alan Silivri Belediyesi'ne ait Tarımsal Üretim ve Araştırma Merkezi (TÜRAM) deneme alanında, 2020 yılı yaz döneminde yürütülmüştür. Araştırmada, iki ayrı çim türü için (K: Serin iklim çim türleri karışımı ve B: Sıcak iklim çimi) üç farklı sulama düzeyi (S₁:Tam sulama, S₂:1/3 kısıt, S₃:2/3 kısıt) tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde, üç tekrarlı olarak denenmiştir. Deneme süresince serin iklim çimlerine 28 sulama yapılmış ve bu süre içerisinde S₁ konusuna toplam 559,9 mm, S₂ konusuna 377,9 mm, S₃ konusuna 196,5 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sıcak iklim çimine (Bermudagrass) ise sezon boyunca 23 sulama yapılmış ve deneme süresince S₁ konusuna 464,8 mm, S₂ konusuna 316,0 mm, S₃ konusuna 167,7 mm sulama suyu uygulanmıştır. Uygulanan sulama sayıları ve toplam sulama suyu miktarları açısından karşılaştırıldığında, sıcak iklim çimine daha az sayıda sulama ile ortalama %16 daha az sulama suyu uygulandığı belirlenmiştir. Toplam bitki su tüketimleri serin iklim çim karışımında, 771,2 mm ile 413,9 mm, günlük bitki su tüketimleri 5,8 mm/gün ile 3,1 mm/gün, sıcak iklim çiminde ise aynı değerler 575,4 mm ile 451,0 mm, ve 4,3 mm/gün ile 3,4 mm/gün arasında değişmiştir. Deneme süresince su kısıtının yapılmadığı S₁ konularında elde edilen bitki su tüketimi değerleri serin iklim çim karışımında, sıcak iklim çimine göre %34 daha fazla olduğu gözlenmiştir. Deneme konularına göre hesaplanan bitki su stres indeksi (CWSI) değerlerinin ortalaması, serin iklim çimlerinde 0,10-0,35, sıcak iklim çiminde ise 0,10-0,26 arasında değişmiş, sulama öncesindeki ortalama CWSI değerleri ise serin iklim çimlerinde 0,12-0,49, sıcak iklim çiminde ise 0,13-0,38 olarak bulunmuştur. Çim türlerinde farklı kısıt düzeylerinin yoğunluk, renk, kalite vb. özelliklerinde yarattığı etkiler dikkate alındığında en yüksek değerlerin S₁ konularında elde edildiği ancak 1/3 su kısıtı uygulanan S₂ konularında tatmin edici sonuçlar yarattığı belirlenmiş bu nedenle %33'lük bir su tasarrufu sağlayan S₂ konusu önerilmiştir. Serin iklim çim karışımı için su tüketimi tahmininde referans bitki su tüketimi eşitliklerinin kullanılması durumunda en iyi tahmin eşitliğinin Blaney Criddle yöntemi (B-C), sıcak iklim çim türü için Penman Monteith yöntemi (P-M) olduğu saptanmış ve bu yöntemlere ilişkin bitki katsayısı eğrileri oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler: Çim türleri, Sulama yöntemi, Kısıtlı sulama, Bitki su tüketimi, Bitki su stres indeksi (CWSI)

2021, 101 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DEFICIT IRRIGATION OF COOL AND WARM SEASON TURFGRASS VARIETIES UNDER SUB-DRIP IRRIGATION METHOD

Cansu ERGEN

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. A. Halim ORTA

The aim of this study is to determine the effects of deficit irrigation applications at different levels on the cool-season and warm-season turfgrass species irrigated by subsurface drip irrigation. Field experiments were conducted in the Agricultural Production and Research Center (TURAM) of Silivri Municipality in Gümüşyaka District located between the boundaries of Tekirdağ and Istanbul-TURKEY, at growing season 2020. In this research, two different turfgrass types (K: Cool season turfgrass and B: Warm season turfgrass), at three different irrigation threshold (S_1 : Full irrigation, S_2 : 1/3 deficiency, S_3 : 2/3 deficiency) were examined in split-plots in randomized blocks design with three replications. During the experimental season 28 times and 23 times irrigation were applied for cool and warm season turf varieties, respectively. Irrigation water applied for cool season turfgrass types in different irrigation strategies varied between 559,9 mm - 196,5 mm, seasonal evapotranspiration values varied between 771,2 mm - 413,9 mm, and daily evapotranspiration values varied between 5,8 mm/day - 3,1 mm/day. As for warm-season turfgrass types the same values varied between 464,8 mm - 167,7 mm; 575,4 mm - 451,0 mm, and 4,3 mm/day - 3,4 mm/day, respectively. In the 5-months period (May-June-July, August and September) the amount of seasonal irrigation water were 16% less in the warm season turfgrass than that of cool season turfgrass. When seasonal actual evapotranspiration values were compared, it was observed that it was 34% more in cool-season turfgrass than in warm-season turfgrass. Average CWSI values calculated for different irrigation treatments were 0,10-0,35 for cool-season turf, 0,10-0,26 for warm-season turf besides, average CWSI values before irrigation application were 0,12-0,49 for cool-season turf, 0,13-0,38 for warm-season turf. Changes in the vegetation height, fresh yield, dry yield, plant density, color, and quality properties were monitored depending on the irrigation levels. When parameters mentioned above are evaluated together full irrigation treatment gave the best quality for both grass varieties. But, S_2 treatment for both varieties, which supplied acceptable quality, has suggested to save irrigation water of 1/3. Besides, Blaney-Criddle method and Penman-Monteith method were chosen as the best equation for cool and warm season turf types, respectively, and crop coefficient (kc) curves were prepared for both turfgrass species.

Key words: Turfgrass varieties, Irrigation method, Deficit irrigation, Evapotranspiration, Crop water stress index (CWSI)

2021, 101 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
ŞEKİL DİZİNİ	viii
TEŞEKKÜR	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Çim Türleri ve Özellikleri	4
2.2. Çim Bitkisinin Su - Kalite İlişkileri	8
2.3. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI).....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Materyal	16
3.1.1. Araştırma Alanı ve Toprak Özellikleri	16
3.1.2. Araştırma Alanı İklim Özellikleri.....	18
3.1.3. Su Kaynağı ve Sulama Suyunun Sağlanması	20
3.1.4. Sulama Sistemi Unsurları	20
3.1.5. Toprak Nem Takibi.....	23
3.1.6. A Sınıfı Buharlaşma Kabı.....	24
3.1.7. Infrared Termometre.....	25
3.1.8. Denemede Kullanılan Çim Türlerinin Özellikleri	26
3.1.8.1. Bermudagrass (Cynodon spp).....	26
3.1.8.2. Lolium perenne (Çok yıllık çim)	27
3.1.8.3. Festuca rubra rubra (Kırmızı yumak)	27
3.1.8.4. Festuca arundinacea (Kamışsı yumak)	28
3.1.8.5. Poa pratensis (Çayır salkım otu).....	28
3.1.9. Kullanılan Bilgisayar Paket Programları	29
3.2. Yöntem	29
3.2.1. Arazi Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	29
3.2.1.1. Toprak ve su örneklerinin alınması ve analizi	29
3.2.1.2. Toprağın su alma hızının belirlenmesi.....	29
3.2.1.3. Günlük buharlaşma miktarının ölçülmesi	30

3.2.1.4. Bitki su stres indeksi (CWSI)' nin belirlenmesi	30
3.2.2. Deneme Düzeni ve Araştırma Konuları	31
3.2.3. Sulama Suyunun Uygulanması.....	32
3.2.4. Tarım Tekniği	33
3.2.5. Laboratuvar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	34
3.2.5.1. Topraktaki nem miktarının takibi	34
3.2.5.2. Damla sulama sisteminde damlatıcı ve lateral aralığının saptanması.....	35
3.2.5.3. Sulama zamanı, uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama süresinin saptanması	35
3.2.6. Bitki Su Tüketiminin Saptanması.....	36
3.2.6.1. Uygun bitki su tüketim tahmin eşitliklerinde ve bitki katsayısı eğrilerinin eldesinde kullanılan yöntemler	37
3.2.6.2. Bitki Su Stres indeksi (CWSI)' nin belirlenmesi.....	42
3.2.7. Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı	43
3.3. Bitkiler Üzerinde Yapılan Ölçüm, Gözlem ve Analizler.....	44
3.3.1. Vejetasyon Yüksekliği.....	44
3.3.2. Çim Kalitesi.....	44
3.3.3. Renk.....	44
3.3.4. Yoğunluk	44
3.3.5. Yeşil Ot Verimi.....	45
3.3.6. Kuru Ot Verimi.....	45
3.3.7. İstatistiksel Analizler	45
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	46
4.1. Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları	46
4.1.1. Toprağın Fiziksel Özellikleri.....	46
4.1.2. Sulama Suyu Kalite Sınıfı	46
4.2. A Sınıfı Kaptan Ölçülen Buharlaştırma Değerleri	47
4.3. Uygulanan Sulama Suyu Miktarı ve Ölçülen Bitki Su Tüketimi	48
4.4. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI).....	55
4.5. Çim Çeşitlerinin Bazı Morfolojik Özellikleri ve Yüzey Kaplama Değerlerine İlişkin Sonuçlar	62
4.5.1. Vejetasyon Yüksekliği.....	62
4.5.2. Kalite.....	63
4.5.3. Renk.....	64

4.5.4. Yoğunluk	66
4.5.5. Yeşil Ot Verimi.....	67
4.5.6. Kuru Ot Verimi.....	68
4.6. Sulama Suyu Kullanım Randımanı ve Su Kullanım Randımanına İlişkin Sonuçlar....	69
4.6.1. Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE)	69
4.6.2. Su Kullanım Randımanı (WUE).....	71
4.7. Uygun Bitki Su Tüketimi Tahmin Eşitliği ve Bitki Katsayısı Eğrileri.....	72
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	77
KAYNAKLAR.....	79
ÖZGEÇMİŞ	89



ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1.Araştırma alanına ilişkin bazı iklim verilerinin uzun yıllık (1989-2019) ortalamaları ve yıllık değerleri (2020) (Anonim, 2021).....	19
Çizelge 3.2. Araştırma alanında deneme süresince ölçülen bazı iklim verilerinin onar günlük ve aylık ortalamaları.....	20
Çizelge 4. 1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri.....	46
Çizelge 4. 2. Sulama suyu analiz sonuçları.....	47
Çizelge 4. 3. A sınıfı kaptan ölçülen buharlaşma miktarları (mm).....	47
Çizelge 4. 4. Sulama tarihleri ve uygulanan net sulama suyu miktarları (mm).....	48
Çizelge 4.5. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimleri.....	50
Çizelge 4. 6. Deneme konularına ilişkin vejetasyon yükseklikleri (cm).....	62
Çizelge 4. 7. Vejetasyon yüksekliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	63
Çizelge 4. 8. Vejetasyon yüksekliklerine ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları.....	63
Çizelge 4. 9. Deneme konularına ilişkin kalite değerleri.....	64
Çizelge 4. 10. Kalite değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	64
Çizelge 4. 11. Kalite değerlerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	64
Çizelge 4. 12. Deneme konularına ilişkin renk değerleri.....	65
Çizelge 4. 13. Renk değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları.....	65
Çizelge 4. 14. Renk değerlerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	65
Çizelge 4. 15. Deneme konularına ait yoğunluk değerleri.....	66
Çizelge 4. 16. Yoğunluk değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	66
Çizelge 4. 17. Yoğunluk değerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	67
Çizelge 4. 18. Deneme konularına ilişkin yeşil ot verimi değerleri (g/m ²).....	67
Çizelge 4. 19. Yeşil ot verimine (g/m ²) ilişkin varyans analizi sonuçları.....	68
Çizelge 4. 20. Yeşil ot verimine ilişkin ortalama değerler (g/m ²) ve önemlilik grupları.....	68
Çizelge 4. 21. Deneme konularına ilişkin kuru ot verimi değerleri (g/m ²).....	69
Çizelge 4. 22. Kuru ot verimine (g/m ²) ilişkin varyans analizi sonuçları.....	69
Çizelge 4. 23. Kuru ot verimine ilişkin ortalama değerler (g/m ²) ve önemlilik grupları.....	69
Çizelge 4. 24. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ortalama değerleri (kg/da/mm).....	70

Çizelge 4. 25. Sulama suyu kullanım randımanına (kg/da/mm) ilişkin varyans analizi sonuçları	70
Çizelge 4. 26. Sulama suyu kullanım randımanı değerlerine ilişkin ortalama değerler (kg/da/mm) ve önemlilik grupları	71
Çizelge 4. 27. Su kullanım randımanı (WUE) ortalama değerleri (kg/da/mm)	71
Çizelge 4. 28. Su kullanım randımanına (kg/da/mm) ilişkin varyans analizi sonuçları.....	72
Çizelge 4. 29. Su kullanım randımanına ilişkin ortalama değerler (kg/da/mm) ve önemlilik grupları	72
Çizelge 4. 30. Ölçülen bitki su tüketimi (ETc) ve bazı yöntemlerle hesaplanan referans bitki su tüketimi (ETo) değerleri.....	73
Çizelge 4. 31. Ölçülen bitki su tüketimi (ETc) ile referans bitki su tüketimi (ETo) arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	74
Çizelge 4. 32. Bitki su tüketimi tahmin eşitlikleri için elde edilen kc bitki katsayıları ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip bitki katsayısı eşitlikleri.....	76

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme alanının coğrafik konumu	16
Şekil 3.2. Deneme parsellerinin görünüşü	17
Şekil 3.3. Deneme alanında kullanılan otomatik meteoroloji istasyonu	18
Şekil 3.4. Deneme parselleri ve sulama sistemi	21
Şekil 3.5. Parsel detayı	22
Şekil 3.6. Toprak nem ölçüm aracı (PR2 Probe ve HH2 Soil Moisture Meter, Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK).....	23
Şekil 3.7. Toprak nem ölçüm aracına ilişkin kalibrasyon doğrusu ve eşitliği	24
Şekil 3.8. A sınıfı buharlaşma kabı ve püliviyometre	25
Şekil 3.9. Infrared (Kızılötesi) termometre	26
Şekil 3.10. İnfrared termometre ile bitki yüzey sıcaklığının ölçülmesi.....	31
Şekil 3.11. Deneme düzeni ve araştırma konuları	32
Şekil 3.12. İlaçlama işlemi	33
Şekil 3.13. Gravimetrik yöntem ile toprak nem ölçümü	34
Şekil 4.1. Deneme konularına göre ölçülen günlük bitki su tüketimlerinin deneme süresince değişimleri	55
Şekil 4.2. Serin iklim çimleri için alt ve üst sınır çizgileri: En yüksek ve en düşük stres koşullarında yaprak–hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) ile buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ilişki	56
Şekil 4.3. Sıcak iklim çimi için alt ve üst sınır çizgileri: En yüksek ve en düşük stres koşullarında yaprak–hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) ile buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ilişkiler	56
Şekil 4.4. KS_1 konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	58
Şekil 4.5. KS_2 konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	58
Şekil 4.6. KS_3 konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	59
Şekil 4.7. BS_1 konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	59
Şekil 4.8. BS_2 konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	60
Şekil 4.9. BS_3 konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	60
Şekil 4.10. Deneme konuları için ortalama CWSI değerleri	61
Şekil 4.11. Deneme konuları için sulama başlangıcındaki ortalama CWSI değerleri.....	61
Şekil 4.12. Blaney-Criddle yöntemi için serin iklim çim karışım türünde kc katsayısı eğrisi .	75
Şekil 4.13. Penman-Monteith yöntemi için sıcak iklim çim türünde kc katsayısı eğrisi	75

SİMGELER ve KISALTMALAR

% : Yüzde

α : Yeryüzüne ulaşan radyasyonun atmosfere yansıma oranı, %

ΔS : Ölçülen dönem için toprak nem içeriğinde oluşan değişim, mm

γ_t : Toprağın hacim ağırlığı, $g.cm^{-3}$

$^{\circ}C$: Santigrat derece

atm : Basınç

c : Minimum oransal nem, güneşlenme süresi ve rüzgar tahminlerine bağlı bir düzeltme faktörü

cm : Santimetre

C_p : Kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarı, mm

C_T, C_1, C_2 : Amirik katsayılar ($C_2 = 7.3$ $^{\circ}C$ sabit)

CH, T_x : Amirik katsayılar

CWSI : Bitki su stres indeksi

D : Etkili kök derinliği, mm

da : Dekar

d_n : Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, mm

D_p : Sulama ve yağıştan sonra meydana gelen derine sızma kayıpları, mm

d_t : Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı, mm

e_2 : Yörede yılın en sıcak ayında ortalama maksimum sıcaklıktaki doymuş buhar basıncı, mb

e_a : Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, mb

e_d : Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı, mb

e_l : Yörede yılın en sıcak ayında ortalama minimum sıcaklıktaki doymuş buhar basıncı, mb

E_p : Kaptan ölçülen buharlaşma miktarı, $mm.gün^{-1}$

ET : Bitki su tüketimi, mm

ETc : Ölçülen bitki su tüketimi, $mm.gün^{-1}$

ET_o : Referens bitki su tüketimi, mm.gün⁻¹
ET_p : Potansiyel bitki su tüketimi, mm.gün⁻¹
f : İklim faktörü
f(ed) : Buhar basıncı fonksiyonu
f(n/N) : Güneşlenme oranı fonksiyonu
f(t) : Sıcaklık fonksiyonu
f(u) : Rüzgar fonksiyonu
h : Saat
H : Yükseklik, m
I : Uygulanan sulama suyu miktarı, mm
I_s : Toprağın su alma hızı, mm.h⁻¹
IWUE : Sulama suyu kullanım randımanı, kg.m⁻³
k_c : Bitki katsayısı
kg : Kilogram
km : Kilometre
k_p : Buharlaşma kabı katsayısı
KSTK : Kullanılabilir su tutma kapasitesi
L : Litre
m : Metre
m³ : Metreküp
mm : Milimetre
MN : Mevcut nem, %
n : Gün boyunca ölçülen güneşli saatler, h.gün⁻¹
N : Gün boyunca olası maksimum güneşli saatler, h.gün⁻¹
p : Yıllık ortalama güneşlenme süresi yüzdesi, %
P : Deneme süresince düşen yağış miktarı, mm

P : Islatılan alan yüzdesi, %

R_a : Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon, mm.gün⁻¹

R_f : Deneme parsellerine giren veya çıkan yüzey akış miktarı, mm

RH : Ortalama bağıl nem, %

R_n : Eş değer buharlaşma cinsinden net radyasyon, mm.gün⁻¹,

R_{n1} : Uzun dalgalı net radyasyon, mm.gün⁻¹

R_{ns} : Kısa dalgalı net radyasyon, mm.gün⁻¹

R_s : Solar radyasyon, mm.gün⁻¹

SN : Solma noktası, %

t : Ortalama sıcaklık, °C

T : Toplam sulama süresi, h

T_a : Hava sıcaklığı, °C

T_c : Bitki yüzey sıcaklığı, °C

$(T_c - T_a)A$: Bitkide su stresinin olmadığı alt sınır

$(T_c - T_a)Ü$: Bitkinin tamamen stres altında olduğu üst sınır

TK : Tarla kapasitesi, %

u_2 : 2 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, km/gün

u_z : z m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, m.s⁻¹

VPD : Buhar basıncı açığı

WUE : Su kullanım randımanı, kg.m⁻³

W : Ağırlık faktörü

Y : Yeşil ot verimi, kg.da⁻¹

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince beni hiçbir konuda yalnız bırakmayan, bana her türlü konuda destek olup yol gösteren, sabrını, zamanını hiçbir zaman esirgemeyen ve sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmama ışık tutan danışman hocam Prof. Dr. A. Halim ORTA'ya ve çalışma süresince deneyimlerinden yararlandığım sayın hocam Prof. Dr. Metin TUNA'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışmalarım sırasında, deneme alanı tahsisi ve yardımları için Silivri Belediye Başkanı Özcan IŞIKLAR'a ve ihtiyacım olan her an yardıma koşan TÜRAM çalışanlarına, çalışmaya başlamamda büyük katkısı olan, öneri ve düşünceleriyle her zaman yanımda hissettiğim Ziraat Yüksek Mühendisi Süleyman BEZİRGAN ve Ziraat Yüksek Mühendisi Havva AYANOĞLU'na, çalışmam boyunca yardım ve emeği ile sürekli yanımda olan, benimle birlikte çalışan Biyosistem Yüksek Mühendisi Seray KUYUMCU ve Biyosistem Mühendisi Tuğçe ADANALI'ya, her konuda yardımını esirgemeyen GÜÇLÜ ailesine ayrı ayrı teşekkür ederim.

Ayrıca, TÜBİTAK 119O088 nolu "Farklı Sulama Yöntemleri ile Sulanan Serin ve Sıcak İklim Çimlerinde Su Kısıtı" başlıklı projesinin bir kısmını kapsayan çalışmamın gerçekleştirilmesindeki desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak bugünlere gelmemde çok büyük emek ve fedakarlık gösteren, hayatım boyunca attığım her adımda, her koşulda yanımda olan, benden maddi manevi desteklerini ve sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen başta babam Sezai ERGEN, annem Memnune ERGEN ve abim Fatih ERGEN olmak üzere tüm aileme en derin duygularım ile teşekkür ederim.

Temmuz, 2021

Cansu ERGEN
Biyosistem Mühendisi

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında nüfus kırsal alanlarda azalırken, kentlerde artış göstermektedir. Bu artış sonucunda kentlerdeki doğal alanlar yok olmakta ve insanların yeşil alanlara olan ihtiyacı artmaktadır. Bir şehri oluşturan beton bloklar, asfalt yollar, trafikteki araçlar vb. saymakla bitmeyecek modern yaşamın olmazsa olmaz unsurları insan psikolojisi üzerinde olumsuz bir etki yaratmaktadır. İnsan yaratılışı gereği yeşil alanlara ve doğal ortamlara ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle, modern şehirlerin planlanmasında yeşil alanlara oldukça fazla yer verilmektedir (Özköse, 2012). Kentlerde bulunan çim alanlar; park, bahçe vb. rekreasyon alanlarına estetik güzellik sağlamakta, peyzaj mekânlarına, derinlik, huzur, berraklık, temizlik ve düzen getirmekle birlikte, taze yeşil renkleriyle göze ve ruha hitap ederek dinlendirici ve ferahlatıcı etki yaratmaktadırlar (Bilgili, 2002; Salman, 2008). Ayrıca, kent içerisinde bulunan büyük yeşil alanlar bulunduğu bölgenin hava sıcaklığını etkileyerek, termal koşullarını iyileştirmektedir (Yüksel, 2008).

İnsan üzerine yarattıkları etkiler ile yeşil alanların vazgeçilmez unsurları haline gelen çim bitkileri gün geçtikçe büyük bir önem kazanmaktadır. Bu nedenle, bu alanların tesisi üzerinde önemle durulması, amaca ve yöreye uygun çim tür ve çeşitlerinin kullanılması gerekmektedir. Gerek estetik ve fonksiyonel, gerekse ekonomik yönden başarılı bir uygulama için doğru çim tür ve çeşitlerinin seçimi ve doğru bakım işlemlerinin yapılması gerekmektedir (İnce, 2010). Yeşil alanların kullanım amacına uygun çim tür ve çeşitlerinin belirlenmesi, çim tesisinin uzun ömürlü olmasının ön koşulları arasındadır. Bu yüzden kullanılacağı yerin iklimine, zamana ve amaca uygun çim tür ve çeşidinin seçiminde dikkat edilecek hususlar; biyotik (hastalık ve zararlı) ve abiyotik (kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklık) strese dayanıklılık yabancı otlarla rekabet edebilme, ve arzulanan renk ve textüre sahip olması olarak sıralanabilir (Alagöz ve Türk, 2017).

Genel olarak çim türleri serin iklim ve sıcak iklim çim türleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Serin iklim çim türlerinin su ihtiyaçları sıcak iklim çim türlerine göre daha fazladır (Orta ve Türk, 2019; Ayanoğlu ve Orta 2019; Avcıoğlu ve Geren, 2012). Ülkemizde peyzaj alanlarında yaygın olarak serin iklim çim türleri kullanılmaktadır. Ancak, serin iklim türlerinin sığa ve kuraklığa olan duyarlılığı sulama aralığını kısaltmaktadır. Kısıtlı sulama suyu kaynaklarının doğru yönetimi ve sulama ihtiyacını karşılayabilmek adına serin iklim türlerinin yerine sıcak iklim çimlerinin tercih edilmesi doğaldır. Yaz dönemi boyunca daha az

su tüketmelerine karşın yeşil renklerini koruyabilmeleri nedeniyle, kısıtlı su kaynağı koşullarında sıcak iklim çim türleri tercih edilmektedir (Avcıoğlu, 1997).

Günümüzde özellikle peyzaj uygulamalarında, sulama suyunun kısıtlı olduğu yerlerde sudan tasarruf edebilmek amacıyla kısıtlı sulama uygulamaları alternatif olarak göz önünde bulundurulabilir. Bu amaçla, peyzaj tasarımlarında kullanılan türlerin görsel açıdan doku ve form özelliklerini kaybetmemeleri adına, her türe özel kısıntı değeri belirlenerek uygulama yapılabilir. Bu sayede peyzaj alanlarının canlı materyali olan bitkilerin hayatta kalması sağlanırken aynı zamanda da su tasarrufu sağlanmış olur (Bayramoğlu, Ertek ve Demirel, 2013).

Rekreasyon alanlarının yeşil tutulmasında en önemli rol sulamaya düşmektedir. Yüksek yatırım gideriyle oluşturulan yeşil alanların hedeflenen kalitede olması ancak etkili bir bakım ve tekniğine uygun olarak yapılacak sulamalar ile olasıdır. Birkaç yıl öncesine kadar yeşili korumakla sorumlu saha mühendisleri sadece ortamı yeşil tutmak için çalışırken, şimdi bu işi çok fazla su ve enerji kullanmadan yapmanın yollarını aramaktadırlar. Su kaynaklarının kantitatif ve kalitatif özelliklerinin günden güne azalması, dolayısıyla sulama suyu maliyetlerinin artması, sulama yönteminin daha hassas yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Sulamadan beklenen faydanın sağlanabilmesi ise ancak, iyi bir planlama ve projelendirme, iyi uygulama ve iyi bir işletme ile olasıdır (Orta, 2017).

Peyzaj alanlarını sulamak için kullanılan su miktarı, daha etkili sulama sistemleri tercih edilerek azaltılabilir ve böylelikle sulama verimliliği artırılabilir. Yeşil alanların sulanmasında yaygın olarak kullanılan yağmurlama sulama yönteminin yüzey akışı, rüzgar ve buharlaşma gibi faktörlerden dolayı önemli kayıplara yol açtığı bilinmektedir. Toprak altı damla sulama yöntemi ise, suyu doğrudan kök bölgesine uygulayarak akış, rüzgar, buharlaşma ve doğadaki canlıların zarar vermesi gibi sorunlardan etkilenmemektedir. Toprak altı damla sulama yönteminin; daha düşük sulama suyu ihtiyacı, düşük işletme basıncı nedeniyle enerji tasarrufu, bitki yüzeyinin ıslatılmamasından dolayı düşük hastalık olasılığı, sulama işlemi esnasında yayalar ve çim biçme makinelerinden zarar görebilecek herhangi bir üst aksamının bulunmaması gibi sağladığı kazanımlar çim alanların sulanmasında kullanılmasını avantajlı ve özel kılmaktadır (Öncel, Todorovic ve Orta, 2019; Ayanoglu ve Orta, 2019; Leinauer ve Devitt, 2013).

Yeni dönemde ortaya çıkan küresel ısınma, iklimsel faktörleri değiştirmekte ve mevcut peyzaj uygulamalarını, kuraklık sorunu nedeniyle, yeşil alanlar oluşturma açısından yetersiz kılmaktadır. Küresel ısınma ve sıcaklık artışının getirdiği kuraklık yeşil alanları etkilemekte bu da kent içindeki park ve bahçe gibi alanlarda birtakım sorunlara yol açmaktadır. Sıcaklık artışıyla birlikte kent içindeki yeşil alanlarda, küresel ısınmanın artışından önceki iklim şartlarına uygun seçilen bitkisel materyal nedeniyle yoğun su tüketimi olmaktadır (Barış, 2007). Kişi başına düşen tatlı su miktarının gün geçtikçe azalması, peyzaj alanlarında suyun çok etkin kullanılması gerektiğini açıkça göstermektedir.

Azalan su kaynakları ile rekreasyon alanlarındaki su ihtiyacının karşılanması, etkin bir sulama yöntemi ve yüksek su kullanım randımanı ile mümkün olacaktır. Bu nedenle, bu araştırma, rekreasyon alanlarında yaygın olarak kullanılan serin ve sıcak mevsim çim türlerinin ihtiyaç duyduğu sulama suyu miktarını azaltarak daha ekonomik kullanılmasını sağlayacak sonuç ve önerilerin eldesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma sürecince, Trakya yöresinde serin ve sıcak iklim çimlerinin toprak altı damla sulama yöntemi altındaki bitki su tüketimleri ve sulama suyu ihtiyaçları belirlenmiş, kısıtlı sulamaya verdikleri tepkiler ölçülerek kıyaslanmış sonuçta, yeşil alanlarda kullanılan serin ve sıcak iklim çimleri için en uygun sulama suyu miktarları saptanarak su tasarrufu için gereken bilgiler ortaya konmaya çalışılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, araştırmada yer alan serin iklim (*Lolium perenne*, *Festuca rubra rubra*, *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis*) ve sıcak iklim (Bermudagrass (*Cynodon spp.*)) çimlerinin özellikleri, bitki-su-kalite ilişkileri ve bitki su stres indeksi (CWSI) değerlerinin sulama zamanı planlamasında kullanım olanakları ile ilgili olarak ülkemizde ve yurtdışında yapılan bazı çalışmalar özetlenmiştir.

2.1. Çim Türleri ve Özellikleri

Toprak yüzeyini örten ve homojen bir dağılım oluşturan bitki topluluklarından meydana gelen çim alanlar, insanoğlunun yeşile ve doğaya olan ihtiyacını karşılamak, yaşam alanlarını iyileştirip, ferahlaştırmak ve dinlenme ortamı oluşturmak için dünyada ve ülkemizde rekreasyon alanlarının vazgeçilmez unsurları haline gelmiştir. İyi bir yeşil alan oluşturmak için, çim tür ve çeşitlerinin kullanıldığı bölgeye ve belirlenen amaca uygun olması çok büyük önem taşımaktadır.

Başarılı bir çim tesisi, çimin nasıl kullanılacağı, nerede yetiştirileceği ve kabul edilebilir devamlılık düzeyinin ve görüntüsünün ne olduğunun bilinmesiyle ilgilidir. Çünkü her çim türünün iyi ve kötü özellikleri, güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır (Arslan ve Çakmakçı, 2004). Uzun ömürlü, amaca uygun, az bakım gerektiren, renk ve kalite bakımından üstün, çok fazla biçim istemeyen, kaplama hızı ve oranı yüksek, olumsuz koşullardan asgari düzeyde etkilenen, kendini yenileme kabiliyeti yüksek olan ve bu özelliklerini bütün yıla yayabilen bir çim alanının oluşturulması ve anılan özellikleri uzun süre koruması ancak bir uzmanın bilgisi dâhilinde ve özel bir bakım programı uygulaması ile gerçekleştirilebilir. Çünkü istenilen koşulları sağlayan bir çim alanının oluşturulmasında karşılaşılan en büyük sorun, hatalı çim bitkisi türünün veya karışımının uygulanması ile yanlış, eksik ve zamanlama hatası yapılan bakım işlemleridir. Her şeyden önce başarılı bir çim tesisi için o bölgede yapılan araştırma sonuçlarına mutlaka dikkat edilmelidir (Kuşvuran ve Tansı, 2009).

Yeşil alanlarda kullanılan çimler, ekolojik koşullara ve tesis amaçlarına göre, bir kaç farklı cinsten oluşmakta (Avcıoğlu, 1997), serin ve sıcak iklim çim bitkileri olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Geleneksel olarak ülkemizde çim deyince akla hemen *Lolium perenne* (çok yıllık çim), *Festuca arundinaceae* (kamışsı yumak), *Festuca rubra* (kırmızı

yumak), ve *Poa pratensis* (çayır salkım otu) gibi serin iklim çim türleri gelmektedir. Serin iklim çim türleri ile oluşturulmuş yeşil alanlarda yeşil rengi muhafaza etmek ve bitki örtüsündeki seyrelmeleri önlemek için sık sık sulama ve gübreleme gereklidir (Avcıoğlu ve Geren, 2012).

Ülkemizin doğal florası *Lolium perenne* L. (çok yıllık çim) genotiplerince zengin bir çeşitlilik göstermektedir ve yurdumuzun hemen her yerinde farklı çeşitlerine rastlamak mümkündür (Elçi, 2005). Ancak tek bir tür ile kaliteli bir çim alan oluşturmak oldukça güçtür. Bu durumu ortadan kaldırmak için ekolojiye uygun iki veya daha fazla türden oluşan karışımların kullanılması tercih edilmektedir.

Arslan ve Çakmakçı (2004), Antalya ili sahil kuşağında 7 çim türüne ait 19 çeşidin adaptasyonlarının ve performanslarının belirlenmesi amacıyla yürütmüş oldukları çalışmada; yaz döneminde yeşil alan oluşturmada *Cynodon dactylon* Pers. (köpekdişi) türünün Bermudagrass çeşidinin başarıyla kullanılabileceğini, kış döneminde ise *Lolium perenne* L. türünün Belrawo ve Ovation çeşitleri, *Festuca rubra* L. subsp. *rubra* (rizomlu kırmızı yumak) türünün Franklin ve *Festuca arundinacea* Schreb. türünün Villageoare çeşidi gibi kış koşullarında iyi performans gösteren çimler ile üstten tohumlama yapılabileceğini belirtmişlerdir.

Arslan (2010) yaptığı bir çalışmanın sonucunda, içinde *L. perenne* bulunan karışımların çıkış hızı bakımından daha iyi değerlere sahip olduğunu saptamıştır. Kaplama hızı özelliğine ilişkin tür ve karışımların ortalamalarını incelediğinde, *L. perenne* parselin % 75'ini 26,7 günde kaplayarak en yüksek kaplama hızına, *F. rubra* var. *rubra* parselin % 75'ini 41,3 günde kaplayarak en yavaş kaplama hızına sahip olduğu sonucuna ulaşmıştır. Karışımlar içerisinde ise en hızlı kaplama süresini 32 gün ile *L. perenne* + *F. arundinacea* + *F. rubra* var. *rubra* karışımından, en geç kaplama süresini 36,3 gün ile *P. pratensis* + *F. rubra* var. *commutata* + *F. rubra* var. *Rubra* karışımından elde etmiştir.

Kumral, Bilgili ve Açıkgöz (2012)' ün iki yıl süre ile Bursa koşullarında yürüttükleri çalışmada; *Festuca. arundinacea* Schreb. (kamuşu yumak)' in her iki yılda da en az zarar gören çim türü olduğunu ve böceklere karşı oldukça toleranslı olup, çok az oranda larva zararı saptandığını belirtmişlerdir.

Varoğlu, Avcıoğlu ve Değirmenci (2015)'nin İzmir Bornova koşullarında *Festuca arundinaceae* Schreb., *Poa pratensis*, *Festuca rubra* ve *Lolium perenne* L. çeşitlerinin çim

alan özelliklerini belirlemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, dört mevsim ortalaması olarak renk özelliği açısından kamışsı yumak çeşitlerinin ilk sırada yer aldığını tespit etmişlerdir. Çalışma sonucunda, Akdeniz ikliminin hüküm sürdüğü yörelerde önerilebilecek çim bitkilerinin *Festuca arundinaceae* Schreb. ve *Lolium perenne* L. olduğu kanaatine varmışlardır. İyi bakım koşullarında, *Lolium perenne* L.'nin yaz mevsimini çok zarar görmeden atlatabileceğini, *Festuca arundinaceae* Schreb.'in ise Akdeniz iklim koşullarında kullanılabilir en dayanıklı yeşil alan bitkisi olduğunu saptamışlardır.

Deniz (2018) yaptığı çalışmada, *Lolium perenne*, *Festuca rubra rubra*, *Festuca rubra commutata*, *Festuca rubra trichophylla*, *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis* çeşitlerinin Akdeniz iklim koşulları altındaki bazı özelliklerini incelemiştir. Bu amaçla, çıkış yüzdeleri, renk, kaplama oranı, yabancı ot ile rekabeti, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, kışa dayanıklılık ve genel görünüm parametrelerini ele almıştır. Elde edilen sonuçlara göre; Akdeniz iklim koşulları altında *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* ve *Poa Pratensis* çimlerinin *Festuca rubra rubra*, *Festuca rubra commutata* ve *Festuca rubra trichophylla* çimlerine göre birçok açıdan daha olumlu sonuç verdiğini gözlemlemiştir.

Koçak (2019), Tekirdağ ekolojik şartlarında iki yıl süre ile yalın ve karışık ekilen bazı çim çeşitlerinin yeşil alan performanslarını belirlemek amacıyla, yeşil alan oluşturmak için kullanılan karışımlarda en çok tercih edilen; *Lolium perenne* L., *Festuca arundinacea* Schreb., *Festuca rubra commutata*, *Poa pratensis* L. türlerini dikkate almıştır. Araştırma sonucunda; açık yeşil renkli, hızlı çıkışlı bir yeşil alan istendiğinde *Lolium perenne*' in yüksek oranda olduğu karışımların tercih edilebileceğini belirtmiş ayrıca, *Festuca arundinacea* karışımlarının, yabancı ot kontrolü, soğuğa dayanıklılık ve çim örtüsü skor kriterleri bakımından en iyi performansı gösterdiğini tespit etmiştir.

Arslan, Ayar ve Acar (2020), Samsun iklim koşullarında kullanılabilir en uygun çim karışımlarını saptamak amacıyla yaptıkları bir çalışmada, park ve bahçe alanları için en iyi kaplama hızına sahip olan *Lolium perenne* ve *Festuca arundinacea* türlerini, kış koşullarının değişken ve riskli olduğu durumlarda *Festuca rubra commutata* ve *Agrostis Tenius* türlerini biçim güçlüğü çekilen tesisler için ise yeşil ot verimi düşük olan *Poa pratensis* ve *Poa trivalis* türlerini ve bunların yer aldığı karışımları önermişlerdir.

Kısıtlı sulama suyu kaynaklarının doğru yönetimi ve sulama ihtiyacını karşılayabilmek adına serin iklim çimlerinin yerine sıcak iklim çimleri tercih edilmektedir.

Yaz dönemi boyunca daha az su tüketmeleri yeşil renklerini koruyabilmeleri ve kısıtlı su kaynağı koşullarına uygun olmaları sıcak iklim çimlerinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır (Avcioğlu, 1997).

Bermudagrass (*C. dactylon*), Akdeniz iklimine sahip olan bölgelerin ince yapraklı ve sık yapılı bir sıcak iklim çim türüdür. Çok uzun rizom ve stolonları vardır. Her türlü toprakta ve bakımda yetişebilir, fazla boylanmaz. Serin iklim bölgelerinde kullanıldığında, sonbahar başından ilkbahara kadar sarı bir örtü oluşturur, ilkbaharda havaların ısınmaya başlamasıyla yeni taze sürgünler verir. Uzun ömürlüdür, sıcağa ve kurağa çok dayanıklıdır. En iyi gelişmesini ortalama 25°C’de yapar, toprak sıcaklığı 15°C’nin altına düşünce dinlenme devresine girer ve yaprakları sararır. Toprak sıcaklığı 18°C’nin üzerine çıkınca dinlenme dönemi biter ve yeniden sürgün vererek yapraklanır. Özellikle yaz aylarında kullanılabilen ve bakımı yapılan yazlık villalar, parklar ve oteller için ideal bir çimdir (Altan, 1989).

Kuraklığa dayanıklı, hızlı büyüme kabiliyetinde, açık yeşilden koyu yeşile kadar değişen tonlarda çim rengine sahip Bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.) güçlü stolonları ve rizomları ile hızla yayılarak bulunduğu alanı kaplaması nedeniyle basılma veya çiğnenmeye karşı dayanıklıdır (Emmons, 2000; Christians, 2004). Buna karşın, düşük sıcaklıklara duyarlı ve gölgeye dayanıklılığı en az olan çim türlerinden biridir (Mcbee ve Holt, 1966; Beard, 1998; Emmons, 2000). Bu özellikleri bakımından Bermudagrass, ülkemizde sadece Akdeniz ve Ege bölgelerinde değil, geçiş iklim bölgelerinde tesis edilecek yeşil alanlarda da kullanım açısından önemli bir potansiyele sahiptir (Bilgili, Zere ve Yönter, 2017).

Salman (2008), İzmir (Bayındır) iklim koşulları altında 2006-2007 yıllarında yürüttüğü bir çalışmada, bazı sıcak iklim çim çeşitlerinin (*Cynodon dactylon*, *Paspalum vaginatum*, *Pennisetum clandestinum*, *Stenotaphrum secundatum*, *Zoysia japonica*) kaplama derecesi, renk, yabancı ot oranı, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, kuru ot oranı, doku, stolon boyu ve dormanside kalma sürelerini incelemiştir. Araştırma sonucunda, *P. vaginatum* ve *C. dactylon* türlerinin yöre koşulları için en iyi sonuç veren çim türleri olduğunu saptamıştır.

Karagüzel vd. (2009), bazı sıcak iklim çim türlerinin Akdeniz Bölgesi’nde Bermudagrass (*C. Dactylon*) ile karşılaştırılması ve kurağa dayanımlarının belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışma sonucunda, Akdeniz Bölgesi kıyısal alanları için *C. dactylon* türünün vazgeçilmez olduğunu ortaya koymuşlardır.

Gürbüz (2010)'ün Akdeniz sahil koşullarında yaptığı araştırmaya göre, *C. Dactylon*'un Eylül, Ekim ve Kasım aylarındaki çim rengi kabul edilebilir düzeydedir. Aralık ayı ile birlikte kabul edilebilir düzey olan 6 renk skalasının altına düşmüştür. Ocak ayındaki don olayına kadar düşmeye devam etmiştir ve dondan sonra tamamen saman sarısı rengini almıştır. İlkbaharda, Mart ayı başlangıcında dormansiden çıkmaya başlamıştır. Sıcak iklim çim türlerinin kullanıldığı ve kış sıcaklığının 7 °C'nin altına düştüğü alanlarda fizyolojileri gereği sıcak iklim çimlerinin dinlenme dönemine girerek yeşil renklerini kaybetmeleri önemli bir sorun olarak görülmektedir. Genel olarak yeşil renkle özdeşleştirilen çim alanların sararması kabul edilememektedir. Bu nedenle sıcak iklim çimlerinin çim alanlarda kullanıldığı bölgelerde kış döneminde çim alanın yeşil rengini muhafaza etmesi için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalar içinde dinlenme dönemine girmeden önce yapılan gübreleme uygulamaları da bulunmaktadır.

Schiavon, Leinauer, Sevostianova, Serena, ve Maier (2011), NewMexico Eyaleti'nde yaptıkları dört yıllık bir çalışmada, toprak altı damla sulama yöntemiyle sulanan Bermudagrass ve bazı farklı sıcak iklim çim türlerinin performanslarını araştırmışlardır. Sıcaklığın 20 °C' nin üzerine çıktığı yaz aylarında kalite değerinin ortalama 6.4, ilkbahar aylarında 5.5 ve sonbahar aylarında ise 5.4 olarak gözlemlediklerini bildirmişlerdir. Sonuç olarak, kurak bölgelerde uzun vadede başarılı bir çim alan oluşturmak istenildiğinde, toprak altı damla sulama yöntemi ve sıcak iklim çim türlerinin kullanılması durumunda, büyüme mevsimi boyunca kabul edilebilir bir kalite değeri elde ederek, sulama suyundan tasarruf sağlanabileceğini bildirmişlerdir.

2.2. Çim Bitkisinin Su - Kalite İlişkileri

Bitkilerin optimum düzeyde gelişmelerini tamamlaması için gerekli koşullardan biri olan sulama, büyüme dönemi boyunca kök bölgesinde yeteri miktarda suyun bulundurulmasıdır. Bu suyu sağlayan kaynaklardan birisi doğal yağışlardır. Bu yağışların bitki kök bölgesinde depolanan kısmı bitki su gereksinimini karşılayamaz ise, eksik olan miktar sulama suyu ile karşılanır. Bu nedenle sulama, bitkinin normal gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yağışlarla karşılanamayan suyun, bitki kök bölgesindeki toprağa, gereken zamanda, gereken miktarda ve kontrollü olarak verilmesidir (Yıldırım, 2013).

Başarılı bir sulama uygulamasında, öncelikle mevcut koşulların gerektirdiği sulama yönteminin seçilmesi gerekir. Bu bağlamda, su kaynağı, toprak özellikleri, topoğrafik

özellikler, bitki özellikleri, iklim koşulları, ekonomik koşullar ile sosyal ve kültürel durumun belirlediği tercihler çok önemli rol oynar. Belirtilen faktörler dikkate alınarak sulama yöntemi seçilir, ardından sulama sistemi planlanır ve alana applike edilir. Sulama yöntemleri genel olarak yüzey ve basınçlı olmak üzere iki grupta toplanır. Rekreasyon alanlarında genel olarak basınçlı sulama yöntemleri kullanılmaktadır (Orta, 2017). Toprak altı damla sulama yöntemi basınçlı sulama yöntemlerinden biri olup, gün geçtikçe kullanımı hızla yayılmaktadır. Bu yönteminin kullanımı, diğer sulama yöntemlerine kıyasla, ekonomik koşullara bağlı olarak yakın gelecekte de artmaya devam edecektir.

Stroud (1987); Chevallier, Corbet ve Guerin (1981), toprak altı damla sulama yönteminin kullanıldığı alanlarda %50'ye varan su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir. Leinauer ve Makk, (2004), Güney Portekiz golf sahalarında toprak altı damla sulama yöntemiyle sulanan çimlerin kalitesinde herhangi bir düşüş olmadığını ve yağmurlama sulama yöntemi kullanılan bölgelere oranla %50 daha az sulama suyu talep ettiğini saptamışlardır.

NewMexico Eyalet Üniversitesi'nde, çim bitkisinin yüzey kaplama ve çimlenme süresi üzerine yapılan fizibilite çalışmasında, çimlerin sulanması için toprak altı damla sulama yöntemi kullanıldığında, yüzeyde başarılı, tekdüze çim oluşumu ve su dağılımı olduğu gözlemlenmiştir (Leinauer, Serena, Schiavon ve Singh, 2010).

Suarez-Rey, Choi, Waller ve Kopec (2000), Bermudagrass'ın toprak altı damla sulama ve yağmurlama sulama yöntemi altında atık suya verdiği tepkileri araştırmışlardır. Sezon boyunca yaptıkları değerlendirmeler sonucunda görsel kalite açısından toprak altı damla sulama yöntemiyle sulanan parsellerin, yağmurlama sulama yöntemiyle sulanan parsellere oranla daha yüksek değerlere sahip olduğunu saptamışlardır.

Borup ve Tyau (2003), Hawai Laie'de, yedi yıl süreyle yürüttükleri bir proje kapsamında, toprak altı damla sulama yöntemi altında arıtılmış atık su kullanarak başarılı bir çim alanı oluşturmayı hedeflemişlerdir. Yaptıkları araştırmada, özellikle futbol ve rugby sahalarına, arıtılmış atık suyun su birikintisi olmadan toprak altı damla sulama yöntemi ile rahatlıkla verilebileceğini bildirmişlerdir.

Schiavon, Leinauer, Sevostianova ve Rimi (2010), kurak iklim koşullarında yaptıkları bir çalışmada, toprak altı damla sulama yöntemiyle sulanan serin iklim çimlerinin dört yıl boyunca görsel kalitesinde ve sistem performansında düşüş olmadığını bildirmişlerdir. Aynı bölge şartlarında Schiavon vd., (2011), toprak altı damla sulama yöntemi ile sulanan sıcak

iklim çimlerinin de, görsel kalitesinde herhangi bir düşüş olmadan istikrarlı ve yüksek bir performans gösterdiğini belirtmişlerdir.

Güngör (2005), peyzaj uygulamalarında, bitkilerin ihtiyaçlarına göre sulama sistemlerinin farklı biçimlerde tasarlanabileceğini vurgulamıştır. Çünkü her bitkinin su ihtiyacı birbirinden farklıdır ve bitkilerin topraktan ihtiyacı olan miktarda su almaları gerekmektedir. Carrow, Shearman ve Watsoni (1990), yaptıkları çalışmada, çim bitkisinin en fazla su tüketen bitki olduğunu tespit etmişlerdir. Çim bitkisi için su tüketimi; çeşide, yöresel iklim koşullarına, uygulanan sulama programına ve kültürel işlemlere (biçim, gübreleme ve sulama) bağlı olarak değişmektedir (Carrow vd., 1990; Richie vd., 2002).

Bitki yapraklarından olan terleme ve toprak yüzeyinden olan buharlaşmanın toplamı biçiminde tanımlanan bitki su tüketimi, doğrudan ölçülebildiği gibi, iklim verilerinden yararlanarak geliştirilen bazı yöntemlerle de tahmin edilebilmektedir. Bitki su tüketiminin ölçülmesi zaman aldığından ve pahalı olduğundan, sulama projelerinde ve sulama zamanının planlanmasında, genellikle, su tüketimi tahminleri kullanılmaktadır. Bitki su tüketiminin doğrudan arazide ölçülmesi ise, yöre koşullarına uygun su tüketimi tahmin yöntemlerinin saptanması ya da geliştirilmesi ve bu yöntemlere ilişkin bitki katsayılarının kalibrasyonu amacıyla yapılmaktadır (Burman, Nixon, Wright ve Pruitt, 1983; Orta, 1997; Orta ve Ener, 2001).

İklim verilerinden yararlanarak bitki su tüketiminin tahmini amacıyla, birçok araştırmacı tarafından sayısız ampirik eşitlik geliştirilmiştir. Bu eşitliklerin bazıları, su tüketimine etkili birçok iklim elemanını kapsayan nispeten daha karmaşık eşitliklerdir ve günlük, haftalık, on günlük gibi kısa periyotlar için yeterli sıklıkta su tüketimi tahminleri vermektedirler (Jensen, Burman ve Ailen, 1990). Çim bitkisi temel alınarak geliştirilen iklim verilerine dayalı kıyas bitki su tüketimi tahmininde kullanılan en yaygın yöntemler; Blaney - Criddle, Penman, A Sınıfı Buharlaşma Kabı ve Penman-Monteith yöntemleridir (Ayanoğlu ve Orta, 2019; Orta ve Türk, 2019; Öncel, Todorovic ve Orta, 2019).

Baştuğ ve Büyüктаş (2003), Akdeniz iklim kuşağında yetiştirilen golf sahalarındaki çim bitkisine dört farklı sulama suyu miktarı uygulayarak, bitki su tüketimi ve en ekonomik sulama düzeyini belirlemeyi amaçlamışlardır. A sınıfı buharlaşma kabından okunan buharlaşma miktarının %100'ü, %88'i, %75'i ve %50'si sulama suyu olarak uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, %75 düzeyinin sulama suyu için yeterli olacağı sonucuna varmışlardır.

Araştırmanın yapıldığı golf sahasında %15 düzeyinde su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir.

Şahin ve Kara (2005), yaptıkları bir çalışmada çim bitkisinin günlük ve mevsimlik su tüketimini belirlemek için, hem arazi denemeleri ile normal ve kısıtlı sulama koşullarında ölçüm işlemlerini gerçekleştirmiş, hem de meteorolojik verilere dayalı yöntemlerle hesaplama yapmışlardır. Elde edilen değerler yardımıyla normal ve kısıtlı sulama (Faydalı su kapasitesinin %60, %50, %40, %30'u kadar sulama suyu) koşullarındaki çim bitki katsayılarını belirlemişlerdir. Deneme sonuçlarına göre, Mayıs-Ekim aylarını kapsayan sulama döneminde çim bitkisi su tüketimi; normal sulamada 771 mm, kısıtlı sulamalarda ise sırası ile; 657, 563 ve 459 mm olarak ölçmüşlerdir. Normal sulama koşullarında deneme ile bulunan günlük su tüketimine en yakın değerleri, meteorolojik verilere dayalı hesap yöntemlerinden Penman-Monteith yönteminin verdiğini (789.1) saptamışlar ve bitki katsayısı (kc) değerlerini 0.91-1.01 arasında bulmuşlardır.

Emekli ve Baştuğ (2007)'un, Antalya koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, farklı sulama uygulamalarının, Bermudagrass çiminin su tüketimine etkisini ve kıyas bitki su tüketimi hesaplanmasında kullanılan bazı deneysel eşitliklerin geçerliliğini araştırmışlardır. Anılan çalışmada, A sınıfı buharlaşma kabından 2 gün arayla meydana gelen buharlaşmanın %100'ü, %75'i, %50'si ve %25'i oranında su uygulanmıştır. Sonuç olarak, sulama konuları arasında farkın önemli olduğunu ancak, aylar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığını ve A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın %75'i düzeyinde sulama yapılmasının bermuda çimi için yeterli olacağı, anılan çim bitkisi için en iyi tahmin eşitliklerinin sırasıyla FAO Radyasyon, Orjinal Penman ve Penman-Monteith eşitlikleri olduğunu bulmuşlardır.

Bezirgan (2018)'ın Trakya yöresinde farklı çim çeşitlerinin sulama zamanlarının planlaması amacıyla yaptığı çalışmada, yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan iki farklı çim çeşidi için, toprak neminin izlenmesi esasına dayalı olarak üç farklı sulama başlangıcı (KSTK (kullanılabilir su tutma kapasitesi)'nin %30, %50 ve %70'i tüketildiğinde) denemiştir. Sonuçta, sulama konularının serin ve sıcak iklim çim çeşitleri arasında bitki su tüketiminden, çim kalitesine kadar istatistiksel açıdan önemli farklar oluşturduğunu belirtmiştir. Serin iklim çim karışımında farklı sulama konularında uygulanan sulama suyu miktarları 502 mm - 239 mm, toplam bitki su tüketimi değerleri 611 mm - 318 mm, günlük bitki su tüketimleri değerleri 10,0 mm.gün⁻¹ - 3,4 mm.gün⁻¹; sıcak iklim çiminde ise aynı değerler sırasıyla 417

mm - 141 mm, 489 mm - 211 mm, 9,0 mm.gün⁻¹ - 2,4 mm.gün⁻¹ arasında değişmiştir. Deneme koşullarında en uygun bitki su tüketimi tahmin eşitliğinin serin iklim çim karışımları için A sınıfı buharlaşma kabının FAO modifikasyonu, sıcak iklim çim çeşidi için ise Blaney-Criddle yöntemi olduğunu saptamıştır.

Carus (2019), Şanlıurfa koşullarında toprak altı damla sulama yönteminin çim bitkisinin sulamasında kullanım olanaklarını araştırmıştır. Çalışma kapsamında yetiştirilen çim bitkisinin 15 cm derinliğine serilen toprak altı damla sulama sistemi ile suyun kök bölgesine uygulanması ve farklı sulama suyu miktarlarının çim bitkisinin bitki su tüketimine, yeşil ve kuru ot verimine etkileri araştırılmıştır. A sınıfı buharlaşma kabından okunan buharlaşma miktarının %50, %75, %100 %125 ve %150'si sulama suyu olarak uygulanmıştır. Denemenin 1. ve 2. dönemlerinde uygulanan toplam sulama suyu miktarlarının dönemlere göre sırasıyla, 815.50 – 2488.60 ve 561.90 – 1901.20 mm arasında değişiklik seyrettiği, 1. dönemde konulara uygulanan sulama suyunun ortalamasının 1652.40 mm, 2. dönemde ise 1231.90 mm olduğu sonucuna ulaşmıştır. Mevsimlik ET değerlerinin dönemlere göre sırasıyla 836.55 - 2509.65 mm ve 669.50 – 2008.80 mm arasında değiştiğini belirtmiştir. Deneme sonucunda, Şanlıurfa koşullarında A sınıfı buharlaşma kabından okunan buharlaşma miktarının %75'nin sulama suyu olarak uygulanmasının çim bitkisi için yeterli olacağı sonucuna varılmıştır.

Ayanoğlu ve Orta (2019), Trakya yöresinde, sezon boyunca toprak altı damla sulama yöntemiyle sulanan serin ve sıcak iklim çimlerinde sulama suyu ihtiyacının; serin iklim çimlerinde 324,2 ile 195,7 mm arasında değişirken, sıcak iklim çiminde 298,6 ile 117,1 mm arasında değiştiğini saptamışlardır. Araştırmada, sıcak iklim çiminin serin iklim çimlerine göre %43 daha az sulama suyu talep ettiği ve %52 daha az su tükettiğini belirtmişlerdir. Benzer bir çalışma sonucunda Öncel, Todorovic ve Orta (2019), toprak altı damla sulama yöntemi altında sıcak iklim çim türüne, serin iklim çim türlerine oranla %53 daha az sulama suyu uygulandığını ve ölçülen bitki su tüketimi değerlerinin %26 daha az olduğu sonucuna varmışlardır.

2.3. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, sulama zamanının belirlenmesi amacıyla, yaygın olarak kullanılan bitkiye dayalı ölçüm yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır. Geliştirilen bu yöntemlerden biri de bitki taç sıcaklığı ölçümüdür. Anılan yöntem ile bitki taç sıcaklıkları

ölçülebilmekte ve bitkinin su stresi altında olup olmadığı uzaktan algılama yöntemleri ile belirlenebilmektedir. Bitki taç örtüsü sıcaklığı ile havanın sıcaklık farkından ve buhar basıncı açığından faydalanılarak bitki su stres indeksi (CWSI) hesaplanabilmektedir (Jackson, Pinter, Reginato ve Idso, 1980). Anılan bu teknik ile sulama zamanı belirlenebilmekte ancak, sulama suyu miktarı hesaplanamamaktadır (Orta, Erdem ve Erdem, 2002; Orta, Erdem ve Erdem, 2003; Gençel, 2009).

O'Toole ve Hatfield (1983), bitki su stresinin sezinlenmesinde en kritik aşamanın CWSI değerini belirlemek için gerekli temel grafiğe ilişkin, bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan üst sınır ile potansiyel düzeyde transpirasyon yaptığı varsayılan alt sınırın belirlenmesi olduğunu vurgulamışlardır. Alt sınır ve üst sınır çizgilerinin belirlenmesine ilişkin farklı yöntemler geliştirilmiş olmasına rağmen, Jackson, Idso, Reginato ve Pinter (1981) tarafından geliştirilen enerji dengesi yöntemi, Idso, Jackson ve Pinter (1981) tarafından geliştirilen deneysel yöntem ve Alves ve Pereira (2000) tarafından geliştirilen ıslak termometre sıcaklığı yöntemi olmak üzere üç temel yöntem bulunmaktadır. Enerji dengesi yöntemi, bitki yüzeyindeki enerji dengesi denkleminde dayanan temel bir yöntem olup diğer yöntemlere rehberlik etmektedir. Bu yöntem, taç sıcaklığı ve hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) ile buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ampirik ilişkinin teorik açıklaması olarak tanımlanır. Anılan yöntemde, çevresel parametrelerin (net radyasyon, rüzgar hızı vb.) ve potansiyel transpirasyonda bitkinin yüzey direnci (r_{cp}) gibi parametrelerin bilinmesi gerekir.

Al-Faraj, Meyer ve Horst (2001), *Festuca arundinacea* Schreb. çim çeşidinde sulama programlaması için kontrollü çevre koşullarında yaptıkları çalışmalarında; $T_c - T_a$ değerinin bitki su durumu, radyasyon miktarı ve VPD düzeyinden etkilendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, anılan çalışmada orta düzeyde ve aşırı stres koşullarındaki bitkiler için $T_c - T_a$ ile VPD arasındaki ilişkinin çok düşük bir korelasyona sahip olduğu bu durumun, stresin değişikliğinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir.

Emekli, Baştuğ, Büyüктаş ve Emekli (2007), Antalya iklim koşulunda Bermudagrass (*Cynodon dactylon* L.) için bitki su stres indeksinin (CWSI) değerlendirilmesi ve sulama programlamasında infrared termometre tekniğinden yararlanma olanaklarının belirlenmesi amacıyla yürüttükleri bir çalışmada, A sınıfı buharlaşma kabından alınan değerlere göre dört farklı sulama düzeyi (%100, 75, 50 ve 25) uygulamışlardır. Ayrıca, deneme alanı içerisinde araştırma süresince hiç sulanmayan bir susuz parsel de oluşturulmuştur. Bitki su stres indeksinin hesaplanabilmesi için gerekli, bitki ve yöreye özgü olan baz çizgileri tarla

koşullarında yapılan infrared termometre ölçümleriyle belirlenmiştir. Araştırmada, A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın %75'i oranında 2 gün ara ile sulama yapılması durumunda Bermudagrass için mevsim boyunca kabul edilebilir renk kalitesinin sürdürülebileceği, infrared termometre tekniği yardımı ile sulama programlaması durumunda, ise mevsim boyunca CWSI değerinin 0,102 civarında tutulması gerektiği ve anılan tekniği yörede çim sulama programlaması amacıyla kullanılabilceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Emekli ve Baştuğ (2007)'un Akdeniz Bölgesi'nde yapmış oldukları çalışmada, rekreasyon alanlarında kullanılan Bermudagrass'ın bitki su stres indeksinin (CWSI) belirlenmesi ve sulama zamanının programlanması için infrared termometrenin kullanım olanaklarını incelemişlerdir. A sınıfı buharlaşma kabından alınan değerlere göre dört farklı sulama konusu, CWSI değerlerini belirlemek için de susuz bir konu oluşturulmuştur. Araştırmacılar Antalya koşullarında Bermudagrass'ın sulama zamanı planlamasında CWSI'nın iyi bir kriter olarak kullanılabilceğini bildirmişlerdir.

Bijan-zadeh vd. (2013), İran'daki Shiraz Üniversitesi'nde yaygın bermuda çim alanlarının (*Cynodon dactylon* L. Pers.) sulama programlarını belirlemek için CWSI yaklaşımını incelemişlerdir. 2012 ilkbahar ve yaz aylarında, dört sulama konusu (%100, %75, %50 ve %25) üzerinde çalışmışlar ve sonuç olarak, tüm sulama konuları için aylık en yüksek CWSI değerine Ağustos ayında ulaşmışlar ve Eylül ayında bir miktar düşüş gözlemlenmişlerdir. Mevsimsel CWSI'nın 0,15 civarında tutulmasıyla, görsel çim kalitesinde herhangi bir kayıp olmadan uygulanan su miktarının %75'e düşürülebileceğini belirtmişlerdir.

Orta ve Türk (2019), serin ve sıcak iklim çimlerinin, farklı sulama düzeylerinde (KSTK'nın %30, %50 ve %70'i tüketildiğinde) CWSI değerlerinin belirlenerek sulama zamanı planlamasında kullanım olanaklarının irdelenmesi amacıyla yaptıkları araştırma sonucunda, deneme konularına göre hesaplanan CWSI değerlerinin ortalaması, serin iklim çimlerinde 0,19-0,45 sıcak iklim çiminde ise 0,19-0,32 arasında değişmiş, sulama öncesindeki ortalama CWSI değerleri ise önerilen serin iklim çim konusunda (%50) 0,52, sıcak iklim çim konusunda (%70) 0,65 olarak bulunmuştur. Benzer bir çalışma Öncel vd. (2019) tarafından yapılmış ve sulama öncesindeki CWSI değerleri sulama konuları arasındaki gibi, çim türlerinde de farklılık göstermiştir.

Kuyumcu (2021), yürüttüğü yüksek lisans çalışmasında kısıtlı sulama koşullarında yağmurlama yöntemiyle sulanan serin ve sıcak iklim çim türlerinin bitki su stres indeksi

değerlerinin belirlenerek sulama zamanı planlanmasının kullanım olanaklarını incelemiştir. Araştırmada sulama konularına göre hesaplanan bitki su stres indeksi (CWSI) ortalamasının, serin iklim çimlerinde 0,57 - 0,66, sıcak iklim çiminde ise 0,52 - 0,66 arasında değiştiğini saptamıştır. Sıcak iklim çim çeşidinde sulama zamanı planlanması oluşturulmak istendiğinde CWSI değeri 0,64 eşik değerine ulaştığında sulamaya başlanabileceğini bildirmiştir.

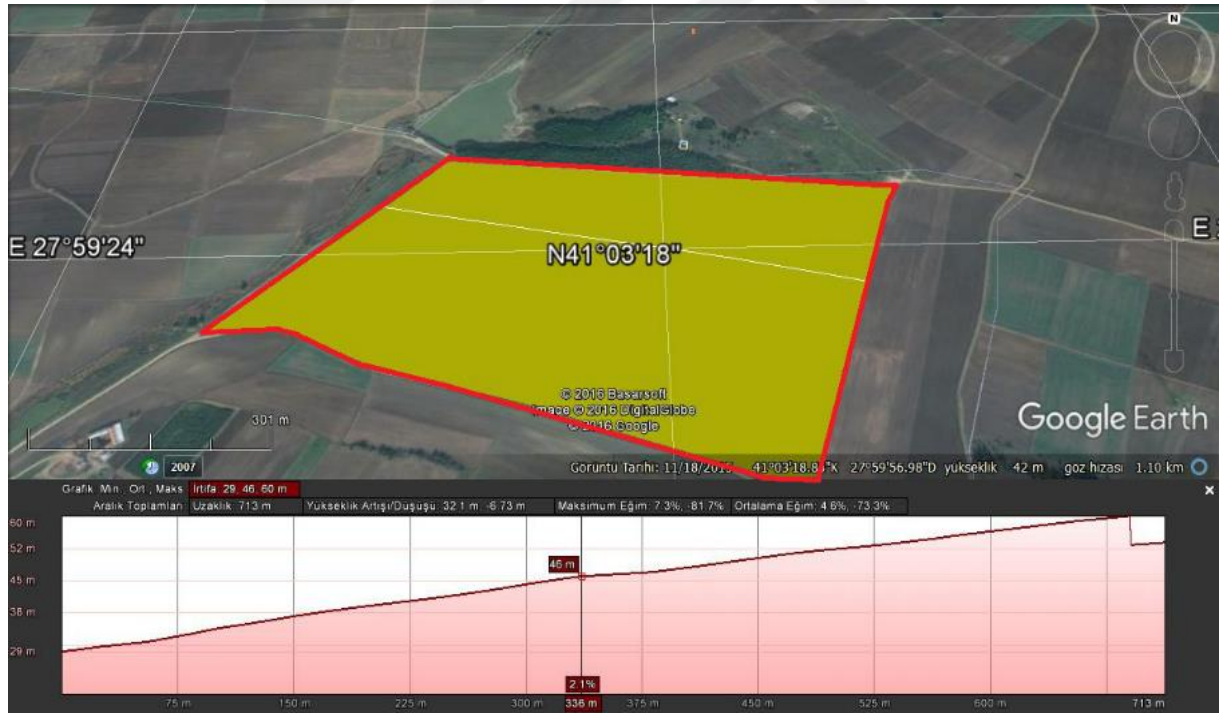


3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanı ve Toprak Özellikleri

Deneme, İstanbul - Tekirdağ il sınırında yer alan Silivri ilçesine bağlı Gümüşyaka Mahallesi'nde bulunan, 350 da büyüklüğündeki Silivri Belediyesi Tarımsal Üretim ve Araştırma Merkezi (TÜRAM) arazisinde gerçekleştirilmiştir. Alan, 41°03' Kuzey enlemi ile 28°00' Doğu boylamı arasında kesişen koordinatlarda yer almaktadır, denizden olan ortalama yüksekliği 46 m, eğimi %2 ile %7 arasında, doğudan batıya doğrudur (Şekil 3.1). Araştırma merkezi sınırları içerisinde bulunan topraklar genellikle tınlı bünyeye sahiptir. Ayrıca, araştırmanın yürütüldüğü alanda taban suyu, tuzluluk ve sodyumluk gibi sorunlar bulunmamaktadır. Denemenin toplam alanı 220 m², toplam parsel alanı ise 72 m² 'dir (Şekil 3.2).



Şekil 3.1. Deneme alanının coğrafik konumu



Şekil 3.2. Deneme parsellerinin görünüşü

3.1.2. Araştırma Alanı İklim Özellikleri

Araştırma alanı yarı kurak iklim özelliklerine sahiptir. Deneme alanına en yakın olan Florya Meteoroloji İstasyonu'ndan sağlanan 1989-2019 yılları arasındaki uzun yıllar ortalamalarına göre, yıllık ortalama sıcaklık değeri 14,9 °C 'dir. En soğuk ay 6,1 °C ile Ocak, en sıcak ay ise 24,9 °C ile Ağustos ayıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 644,6 mm, yıllık ortalama bağıl nem %74,5'dur (Çizelge 3.1). Araştırmada ihtiyaç duyulan iklim verileri alanda bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir (Şekil 3.3). Ayrıca, günlük buharlaşma değeri deneme alanına yerleştirilen A sınıfı buharlaşma kabından ölçülmüş ve bazı iklim elemanlarının onar günlük değeri ile birlikte Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.3. Deneme alanında kullanılan otomatik meteoroloji istasyonu

Çizelge 3.1.Araştırma alanına ilişkin bazı iklim verilerinin uzun yıllık (1989-2019) ortalamaları ve yıllık değerleri (2020) (Anonim, 2021)

	İklim Verileri	Aylar												Yıllık
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ort.
Uzun yıllar ortalamaları (1989-2019) (İstanbul-Florya Meteoroloji İstasyonu)	Ortalama Sıcaklık (°C)	6,05	6,26	8,29	12,36	17,16	21,87	24,65	24,93	21,00	16,49	12,09	8,01	14,93
	Ortalama Güneşlenme Süresi (saat/gün)	3,27	3,90	4,73	6,43	8,60	10,13	11,07	10,19	7,55	5,26	3,98	2,77	77,87
	Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13,03	12,00	10,55	8,61	6,03	5,06	2,16	3,32	6,16	8,84	10,42	13,45	99,65
	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	70,40	76,34	59,99	47,01	33,13	33,08	21,07	23,64	42,27	72,61	73,37	91,66	644,58
	Ortalama Bağıl Nem (%)	79,03	78,33	75,57	73,06	73,11	70,28	68,27	69,92	71,83	77,29	78,35	78,89	74,49
	Buharlaşma (mm)	28,78	27,23	35,41	70,13	87,96	125,08	165,69	167,87	115,08	80,09	55,15	42,11	1000,58
	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	2,51	2,55	2,36	2,15	2,08	2,17	2,52	2,59	2,26	2,25	2,29	2,65	2,36
2020 yılı (Deneme Alanı)	Ortalama Sıcaklık (°C)	6,60	7,85	10,11	11,53	16,05	20,75	24,04	24,66	20,57	19,21	12,50	11,16	15,42
	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	104,80	61,81	40,20	27,20	93,20	110,00	2,20	6,80	17,40	82,6	35,8	22,6	604,61
	Ortalama Bağıl Nem (%)	77,65	74,80	74,88	69,94	78,93	78,89	69,09	67,90	70,73	77,09	79,10	81,80	75,07
	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	1,75	1,73	1,73	2,27	1,33	1,32	1,92	1,89	1,86	2,26	2,50	2,64	1,93

Çizelge 3.2. Araştırma alanında deneme süresince ölçülen bazı iklim verilerinin onar günlük ve aylık ortalamaları

Aylar	Günler	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	*Buharlaşma Miktarları (mm)	Yağış (mm)
Mayıs 2020	20-31	15,0	80,0	1,5	38,2	30,8
	20-31	15,0	80,0	1,5	38,2	30,8
Haziran 2020	1-10	18,4	79,2	1,2	16,3	48,6
	11-20	21,5	80,5	1,3	25,1	17,0
	21-30	22,3	77,0	1,4	49,1	44,4
	1-30	20,8	78,9	1,3	90,5	110
Temmuz 2020	1-10	24,9	72,3	1,9	86,9	0,6
	11-20	22,2	68,4	2,0	88,5	1,4
	21-31	25,0	66,5	1,9	87,7	0,2
	1-31	24,0	69,1	1,9	263,1	2,2
Ağustos 2020	1-10	25,1	71,3	2,1	69,6	1,2
	11-20	24,7	63,0	2,1	71,6	0
	21-31	24,1	69,4	1,5	82,4	5,6
	1-31	24,7	67,9	1,9	223,6	6,8
Eylül 2020	1-10	23,4	69,0	2,2	71,6	1,4
	11-20	20,8	68,1	2,1	72,2	9,2
	21-30	17,5	75,1	1,3	41,0	6,8
	1-30	20,6	70,7	1,9	184,8	17,4
Toplam					800,2	167,2

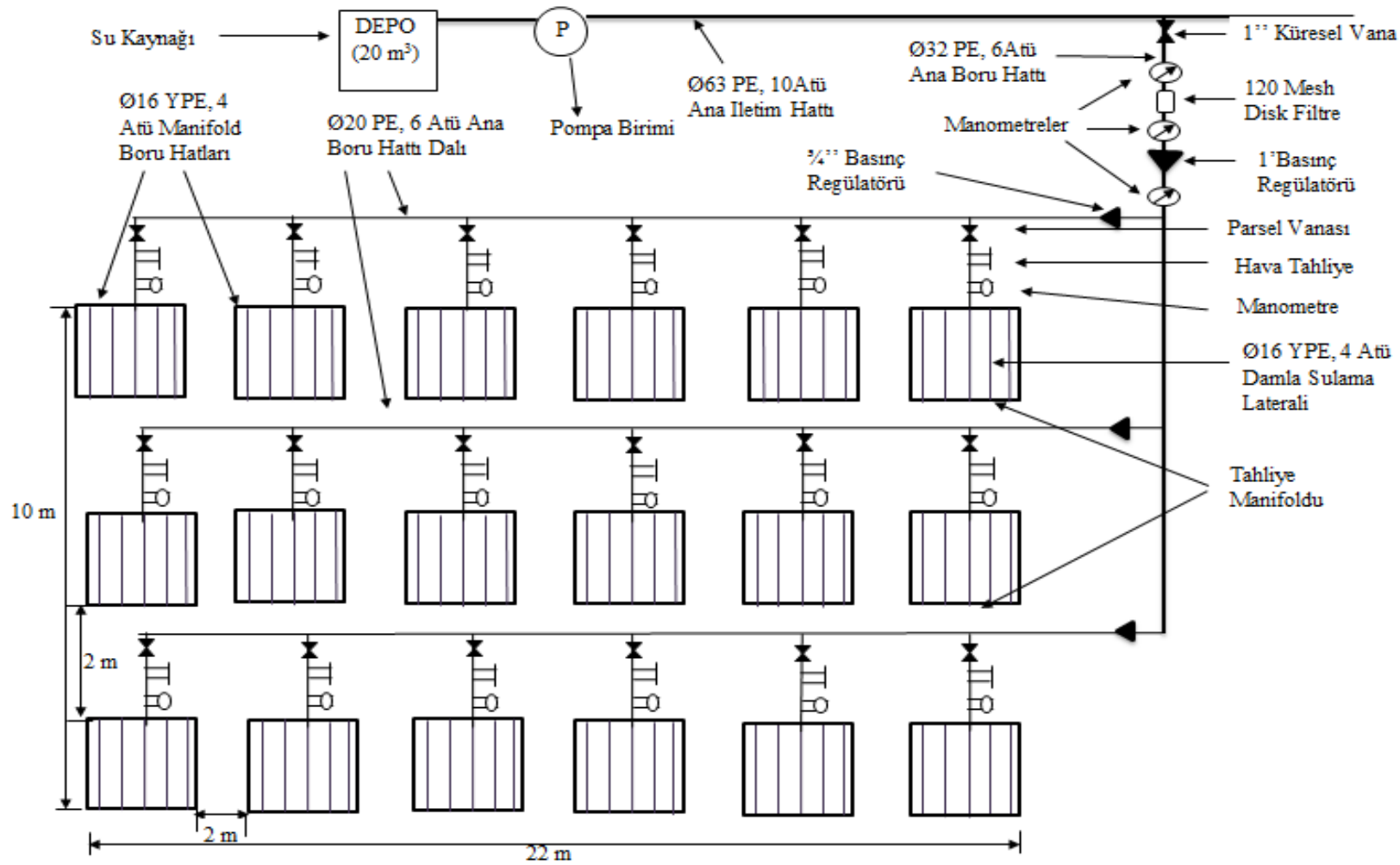
*: A sınıfı buharlaşma kabından elde edilmiştir.

3.1.3. Su Kaynağı ve Sulama Suyunun Sağlanması

TÜRAME arazisinde kullanılan sulama suyu, işletmenin batı sınırında yer alan göletten alınarak, 186 m uzaklıktaki 10'ar m³'lük iki adet depoya iletilmektedir. Buradan 7.5 HP'lik elektropomp yardımıyla alınan su, 63 mm dış çaplı 10 atm işletme basınçlı PE borular ile 350 da'lık alana dağıtılmaktadır. Denemede kullanılan sulama suyu bu sistemden alınarak, basıncı ve debisi düzenlendikten sonra parsellere verilmiştir.

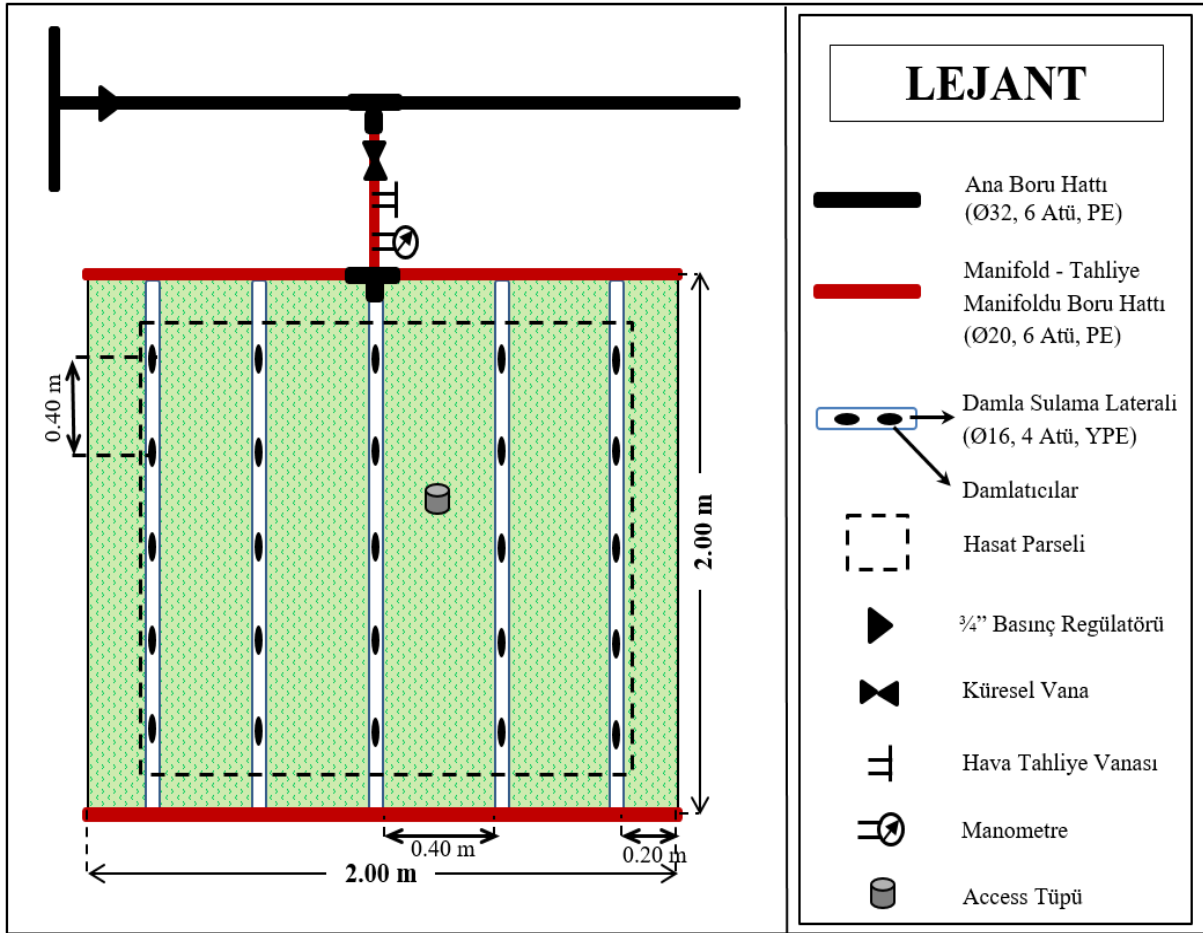
3.1.4. Sulama Sistemi Unsurları

Parsellerde kullanılacak sulama suyu, alana 86 m uzaklıktaki 63 mm dış çaplı 10 atm işletme basınçlı PE boru hattından alınarak, filtre, manometre, vanalar ve basınç regülatöründen oluşan kontrol biriminden sonra parsellere iletilmiştir (Şekil 3.4). Kontrol birimi girişinde 5-6 atm olan işletme basıncı, çıkıştaki basınç regülatörü aracılığıyla önce 3.2 bar'a daha sonra ana boru hattı dallarına yerleştirilen üç adet regülatör ile parsel girişlerinde 1.4bar'adüşürülmektedir.



Şekil 3.4. Deneme parselleri ve sulama sistemi

Boyutları 2 m x 2 m olan toprak altı damla sulama parsellerinde kullanılan damlatıcılar, 1 atm işletme basıncı üzerinde 2.3 L/h debi veren, kendinden basınç regülatörlü, in-line damlatıcılardır. Bu nedenle, gerek Yıldırım (2005)'da verilen damlatıcı aralığı eşitliği yardımıyla, gerekse alanda yapılan ıslatma çapı ölçümleri ile damlatıcı aralığı 45 cm civarında belirlenmiştir. Piyasada bu değere en yakın damlatıcı aralığına sahip (Sd: 40 cm) toprak altı damla sulama lateralleri, 16 mm dış çaplı, 4 atm işletme basınçlı, yumuşak PE borulardır. Islatma oranının %100 olmasını sağlamak amacıyla lateral aralığı da 40 cm alınmış ve 10-15 cm derinliğe gömülmüştür. Her bir parsel girişine yerleştirilen vana, vantuz ve manometreler ile sulama uygulamalarının sağlıklı bir biçimde yapılması sağlanmıştır (Şekil 3.5). Ayrıca, lateral sonlarına yerleştirilen tahliye manifoldları ile sistem basıncı dengelenmiş ve damlatıcıların tıkanmaksızın çalışması sağlanmıştır.



Şekil 3.5. Parsel detayı

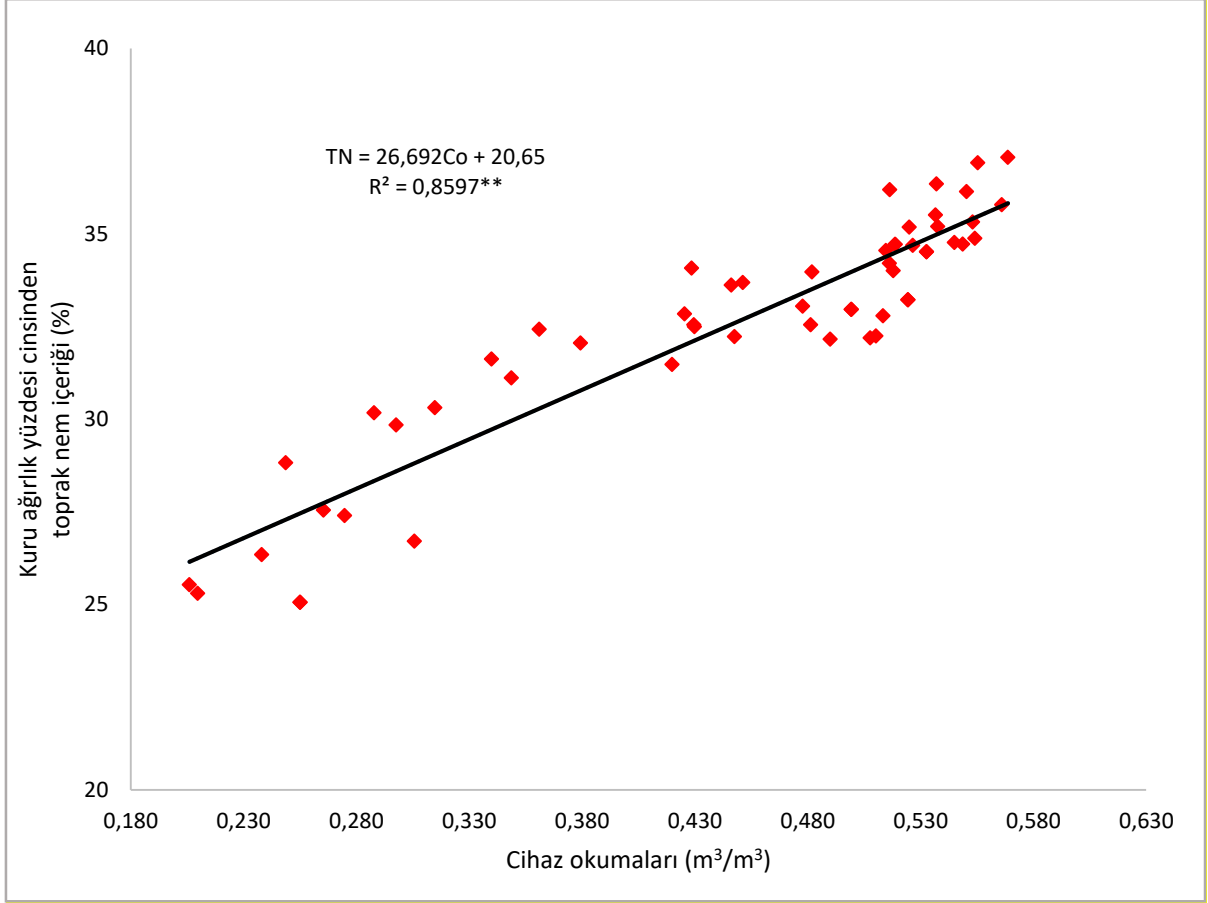
3.1.5. Toprak Nem Takibi

Denemede toprak nemi, Time Domain Reflectometer (TDR) esasına göre çalışan PR2 Probe ve HH2 Soil Moisture Meter aracı ile izlenmiştir (Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK) (Şekil 3.6). Toprak nemini belirlemek amacıyla her parselde access (ölçüm) tüpleri yerleştirilmiştir. Bu tüpler, 25,4 mm çapında, 100 cm boyunda fiberglas malzemedan üretilmiştir. İçerisine su girişini önlemek amacıyla üstleri lastik tapa ile kapatılmıştır.



Şekil 3.6. Toprak nem ölçüm aracı (PR2 Probe ve HH2 Soil Moisture Meter, Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK)

Arazi koşullarında cihazın kalibrasyonu, 2017 yılında Bezirgan (2018) ve Ayoanoğlu ve Orta (2019) tarafından yapılmış ve her bir 30 cm'lik toprak katmanı için kalibrasyon denklemleri elde edilmiştir (Evelt, Howell, Steiner ve Cresap, 1993). Değişik katmanlar için hazırlanan kalibrasyon eğrilerine ilişkin denklemler, Yurtsever (1984), tarafından verilen esaslara göre test edilerek homojen oldukları belirlenmiş, bu nedenle, tüm katmanlara ilişkin kalibrasyon eğrileri ve eşitlikleri yerine tüm profili temsil eden bir eğri ve eşitlik kullanılmıştır (Şekil 3.7) (Ayoanoğlu ve Orta, 2019; Bezirgan, 2018).



Şekil 3.7. Toprak nem ölçüm aracına ilişkin kalibrasyon doğrusu ve eşitliği

3.1.6. A Sınıfı Buharlaşma Kabı

Günlük buharlaşma miktarının ölçülmesinde, A sınıfı buharlaşma kabından yararlanılmıştır. Her gün saat 09:00'da buharlaşma kabındaki su düzeyi 127.5 mm çapındaki ölçekli kap aracılığıyla ölçülmüştür. Araç, 121 cm çapında, 25,5 cm yüksekliğinde, 2 mm galvanizli saçtan yapılmış üstü açık bir silindirden ibarettir (Şekil 3.8). Kabın yerleştirileceği yere 5 cm dolgu yapılarak sıkıştırılmış, üzerine 10 cm yüksekliğinde ahşap platform konulmuş, daha sonra kap yerleştirilmiş ve tesviye sağlanmıştır. Kap içerisindeki suyun hayvanlar tarafından içilmesini önlemek amacıyla kabın üzeri kafes tel bir örtü ile kapatılmıştır (Yıldırım ve Madanoğlu, 1985).



Şekil 3.8. A sınıfı buharlaşma kabı ve püliviyometre

3.1.7. Infrared Termometre

Infrared (kızılötesi) termometre temassız sıcaklık ölçüm aracıdır. Bu araç, nesnenin yüzeyinden yayılan kızılötesi enerji miktarını ölçerek nesnenin yüzey sıcaklığını belirlemektedir (Fluke Comp. 2005). Bitkiler terledikçe yaprak sıcaklığı azalmakta ve hava sıcaklığının altına düşmektedir. Taç-hava sıcaklığı farkından ve psikrometrik ölçümlerden yararlanılarak bitki su stres indeksi (CWSI) belirlenmektedir (Jackson, 1982). Anılan yöntemde, ölçümler sırasında bitkiye temas edilmediğinden, bitkilere zarar verilmemekte, hızlı ve doğru ölçümler yapılabilmektedir (Zipoli, 1990). Çevreden, bitkinin fenolojik durumundan ve topraktaki nem eksikliğinden etkilenen bitki taçı sıcaklığı portatif infrared termometre (IRT) ile ölçülebilmektedir. Bu çalışmada, F8e model 574 hassas portatif infrared termometre (IRT), serin ve sıcak iklim çimlerinin yüzey sıcaklığını ölçmek için kullanılmıştır (Şekil 3.9). Araç, 8-14 μ dalga boyundaki ışınları algılayan filtrelere sahip olup, emissivite katsayısı 0.98, görüş açısı (FOV) 3°'dir. Ölçüm aralığı -30 ile +900 °C olan IRT, hedef alanı

tespit etmek için 3 noktalı lazer gönderimi yaparak, 23-25 °C çalışma ortam sıcaklıklarında $\pm\% 0,75$ hata ile okuma alabilmektedir (Fluke Comp. 2005).



Şekil 3.9. Infrared (Kızılötesi) termometre

3.1.8. Denemede Kullanılan Çim Türlerinin Özellikleri

Araştırmada sıcak iklim çim türü olarak Bermudagrass (*Cynodon spp.*), serin iklim çim türleri olarak ise yörede yaygın olarak kullanılan, *Lolium perenne* (% 30), *Festuca rubra rubra* (% 25), *Festuca arundinacea* (% 35), *Poa pratensis* (% 10) çeşitlerinden oluşan 4'lü karışım kullanılmıştır. Kullanılan çim türlerinin bazı özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

3.1.8.1. Bermudagrass (*Cynodon spp*)

Bermudagrass, çok uzun rizom ve stonları olan, Akdeniz iklimine sahip bölgelerin ince yapraklı, sık bir yapıya sahip çim türüdür. Serin iklim bölgelerinde kullanıldığı zaman sonbaharın ilk aylarında toprak sıcaklığının 15⁰C'nin altına düşmesiyle dinlenme evresine girerek yapraklarını sarartırlar, ilkbahara kadar sarı bir görüntü oluşturarak ilkbaharda hava sıcaklığının artmasıyla ve toprak sıcaklığının 18⁰C'nin üzerine çıkmasıyla birlikte dinleme

dönemi biter ve yeni taze sürgünler vererek yapraklanır. Sıcağa ve kuraklığa oldukça dayanıklı olduğu gibi basılmaya ve çiğnenmeye karşıda oldukça dayanıklıdır.

Bermuda (*Cynodon* sp.) türleri, çok sık, güçlü ve yoğun yapılı bir çim tabakası meydana getirmektedir. Yaprak ayalarının eni dar olduğundan ince, çok ince veya orta dokulu bir yapı oluşturmakta, renk çok açık yeşilden koyu yeşile kadar değişirken, büyüme stolon ve rizomlarla tümüyle yatık bir formda gerçekleşmektedir. Tüm bermuda tiplerinin üretimi, yolma veya biçme, çelikler ve köklü çeliklerle vejetatif olarak gerçekleştirilirken, sadece *Cynodon dactylon*, tohumlarıyla da üretilmektedir (Avcıoğlu, 1997; Açıköz, 1993).

3.1.8.2. *Lolium perenne* (Çok yıllık çim)

Çok yıllık bir yeşil alan buğdaygili olan *Lolium perenne*'nin bazı çeşitleri, yazları nemli ve serin, kışları ılıman geçen bölgelerde daha uzun ömürlüdür. Çok yıllık çim esas olarak serin-nemli iklimlerin, kış ayları sert olmayan ve serin-nemli yazlara sahip bulunan yörelerine adapte olmuştur. Sıcaklığın aşırı yüksek veya aşırı düşük olmaması koşuluyla, çok yıllık olan ömrü daha da uzayan türün, sıcaklığa dayanıksız olduğu belirtilmiştir. Günümüzde Dünya ticaretinde yer alan ve değişik ülkelerin farklı ekolojilerinde kullanılan farklı cinslere ait, yüzlerce çim tür ve çeşidinin bulunduğu bir gerçektir (Avcıoğlu, 1997).

Koyu yeşil yaprakları tüysüz ve parlaktır. Çok kardeşlenen bir bitki olduğundan, uygun bir şekilde ekilen ve bakımı yapılan çok çim üniform bir bitki örtüsü oluşturur. Çok yıllık çim park ve bahçeler, spor alanları, karayolları refüjlerinde ve değişik amaçlı çim alanların tesisinde kullanılır. Tohumla üretilir. Oldukça iri olan tohumları kolayca çimlenir ve gelişir. Hızlı gelişmesi, alanı kolayca kapatması nedeniyle karışımdaki *Poa sp.*, *Festuca sp.*, ve *Agrostis sp.* gibi türleri kolayca bastırır. Çim alanları için özel olarak ıslah edilen, birim alanda bol kardeş geliştiren, ince yapraklı ve kısa boylu çeşitler basılmaya ve çiğnenmeye karşı çok dayanıklıdır. Bu nedenle futbol sahaları gibi aşırı kullanılan ve yıpranan alanlar için ideal bir bitki olarak kabul edilir (Açıköz, 1993).

3.1.8.3. *Festuca rubra rubra* (Kırmızı yumak)

Yeşil alanlarda en çok kullanılan serin mevsim çim türüdür. İnce dokulu, sık sürgünlü, üniform ve kaliteli bir doku oluşturur, rizomlu kırmızı yumak koyu yeşil renkte ve güçlü kökler oluşturur. Serin yağışlı iklimlere adapte olan tür, sıcak stresine az dayanıklı olduğundan sıcak-nemli iklimlere uygun değildir. Gölgeye çok dayanıklı olan rizomlu kırmızı

yumak, kurağa da çok dayanıklı olan ve suyu çok ekonomik kullanan bir buğdaygildir. Tuzlu ve aşırı sulanan ortamlarda ise başarılı olamamaktadır. Bu varyete; kurak, sıcak ve gölge koşullarda parklar, mezarlıklar, bina çevreleri, gezinti yerleri ve yolları, yol kenarları ve hava alanları gibi çok değişik amaçlara yönelik ortamlarda kullanılabilir (Mutlu, 2006).

3.1.8.4. Festuca arundinacea (Kamışsı yumak)

Kamışsı yumak koyu yeşil renkli yapraklara sahip, çok sık yapıda dolgun bir çim örtüsü oluşturur. Her türlü toprağa uyum sağlayabilir ve toprak seçiciliği pek yoktur. Çok az gübreleme ve sulama şartlarına rağmen yüksek kalitede çim örtüsü oluşturarak kurağa ve susuzluğa çok dayanıklıdır (Altan, 1989).

Uzun boylu, kaba yapılı, kalın ve sert yapraklıdır. Tohumla üretilir, yumak şeklinde gelişir, derin köklüdür, soğuğa ve gölge koşullara orta derece dayanıklıdır. Derin biçimden zarar görür (Oral, 1998). Rizom oluşturarak gelişir ve hızlı bir gelişim evresinden sonra yavaşlayarak gelişmesini sürdürür. Çok yüksek sıcaklıkta çim dokusu tek düzeliğini kaybeder. Biçim yüksekliği ise 4 cm'den kısa olmamalıdır (Korkut, 2007). Islak veya kuru, asitli veya alkali topraklarda da yetişebilmektedir. Fakat verimli ve su düzeni iyi olan topraklarda en iyi gelişmesini sağlar. Üstün kaliteli bir çim örtüsü meydana getirmediği halde çiğnenmeye karşı dayanıklı olduğu için spor sahalarının, oyun parklarının, hava alanlarının ve çiğnenen diğer sahaların yeşillendirilmesinde kullanılır (Tosun, 1966).

3.1.8.5. Poa pratensis (Çayır salkım otu)

Poa pratensis daha çok kısa kök boğazına yakın boğum rizomları ile tanınır. Yaprakları dar ve orta genişlikte (2-5 mm). *Poa pratensis* çok yıllık ve uzun ömürlüdür. Ortalama 40- 60cm kadar boylanabilir. Kumlu, kil topraklar ve ılıman iklim en iyi yetişme ortamıdır. Soğuğa oldukça dayanıklı olup, yeşil rengini daima korur, sürekli kuraklıklarda direnme devresine girer ve ilk nemlerde yeniden canlılık gösterir. Bu yüzden kuraklığa dayanıklı çim türleri arasında yer alır. Kurak dönemlerde sulanmak suretiyle yeşil örtü sürekliliği sağlanır (Uluocak, 1994). Yaprakları tipik kayak şeklinde, tüysüz, mavi-yeşil renklidir. Çimlenme ve sürme hızının yavaş olması nedeniyle tesisi oldukça zordur. Gölgeye çok dayanıklı değildir. Tam güneş ışığı alan veya yarı gölge bölgelere ekilmelidir (Açıkgöz, 1993).

3.1.9. Kullanılan Bilgisayar Paket Programları

Araştırmada, istatistiksel analizlerin yapılması ve çeşitli denklemlerin eldesinde Microsoft Excel, Tarist ve Mstat, uydu görüntülerinin alınmasında ise Google Earth Pro paket programları kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu bölümde, toprak, sulama suyu ve bitki analizleri, deneme düzeni ve sulama uygulamaları, bitki su stres indeksi ve su tüketimi hesaplamaları ile sonuçlara uygulanacak istatistiksel analizler hakkında bilgi verilmiştir.

3.2.1. Arazi Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

3.2.1.1. Toprak ve su örneklerinin alınması ve analizi

Deneme parselleri oluşturulmadan önce, araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri ve verimlilik analizlerini belirlemek amacıyla, 2 noktada, 90 cm derinliğe kadar toprak profilleri açılarak 0-30, 30-60 ve 60-90 toprak katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmamış toprak örneklerinden hacim ağırlığı ve tarla kapasitesi, bozulmuş toprak örneklerinden ise solma noktası ve bünye sınıfı değerleri Blake (1965) ile Benami ve Diskin (1965)'de verilen esaslara göre belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan sulama suyunun kalite sınıfını belirlemek amacıyla, Ayyıldız (1990)'da belirtilen ilkelere göre örnekler alınmış ve sulama suyu kalitesi T2A1 olarak belirlenmiştir. Ayrıca, deneme süresince sulama suyunun tuzluluk ve pH değerleri izlenmiştir.

3.2.1.2. Toprağın su alma hızının belirlenmesi

Toprağın su alma hızının saptanmasında gerek uygulama kolaylığı gerekse kısa sürede sonuç vermesi nedeniyle çift silindirli infiltrometre yöntemi uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasında Yıldırım (1993), tarafından belirtilen ilkelere uygun biçimde ölçümler yapılmış ve değerlendirilmiştir (Ayanoğlu ve Orta, 2019 ; Bezirgan, 2018).

3.2.1.3. Günlük buharlaşma miktarının ölçülmesi

Günlük buharlaşma miktarının ölçülmesinde A sınıfı buharlaşma kabından yararlanılmıştır. Bu amaçla, her gün saat 09:00'da buharlaşma kabındaki su düzeyi ölçülmüştür. Kabin üst seviyesinden itibaren 5 cm'lik kısım boş kalacak şekilde su ile doldurulan kaptan buharlaşan günlük su miktarı, kabin içerisindeki ölçüm çubuğunun üst seviyesine kadar su ilave edilerek belirlenmiştir. İlave edilen su miktarı mm birimi cinsinden günlük buharlaşma miktarını göstermektedir (Yıldırım ve Madanoğlu, 1985 ; Doorenbos ve Pruitt, 1977).

3.2.1.4. Bitki su stres indeksi (CWSI)' nin belirlenmesi

Bitkiler terledikçe yaprak sıcaklığı azalmakta ve hava sıcaklığının altına düşmektedir. Taç-hava sıcaklığı farkından ve psikrometrik ölçümlerden yararlanarak bitki su stres indeksi (CWSI) belirlenmektedir (Jackson, 1982). Anılan yöntemde ölçümler sırasında bitkiye temas edilmediğinden, bitkilere zarar verilmemekte, hızlı ve doğru ölçümler yapılabilmektedir (Zipoli, 1990).

Çevreden, bitkinin fenolojik durumundan ve topraktaki nem eksikliğinden etkilenen bitki tacı sıcaklığı portatif infrared termometre (IRT) ile ölçülmektedir. Denemede taç sıcaklığı ölçümlerinde, 8-14 µ dalga boyundaki ışınları geçiren filtrelere sahip ve emissivite katsayısı 0.98 olan IRT kullanılmıştır. Aletin görüş açısı (FOV) 3°'dir. Toprak yüzeyini IRT'nin görüş alanı dışında tutmak için IRT yatayla 30-40° 'lik bir açıyla bitki yüzeyine yöneltilerek kanopy sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. Taç sıcaklığı (Tc), Temmuz – Ağustos aylarında, havanın tamamen açık olduğu veya bulutların güneşi engellemediği koşullarda, saat 11.00-14:00 arasında her saat başında ölçülmüştür. Ölçümler, günde 4 kere 4 yönden el tipi infrared termometre ile yapılmış (Şekil 3.10) ve her bir parsel için günlük toplam 16 değer ortalaması alınarak o parsel için ortalama taç sıcaklığı bulunmuştur (Orta, Başer, Şehirli, Erdem ve Erdem, 2004).

Ayrıca, her iki çim çeşidinde de üst baz çizgisini belirlemek amacıyla, 30.06.2018 tarihinde su kısıtı yapılmayan parsellerin kenarlarından 0.50 x 0.50 m boyutlarında toprağıyla birlikte alınan çimler farklı bir alana yerleştirilmiştir. Bu bitkilerde hiç sulanmaksızın maksimum stres yaratılmış ve 01-09 Temmuz tarihleri arasında, 10:00-16:00 saat aralığında, her saat başında bitki yüzey sıcaklığı ölçülmüştür. Serin iklim çimi 9 Temmuz tarihinde

tamamen kurumuş ve ölçümler sonlandırılmıştır (Orta ve Türk, 2019; Öncel, Todorovic ve Orta 2019).



Şekil 3.10. İnfrared termometre ile bitki yüzey sıcaklığının ölçülmesi

3.2.2. Deneme Düzeni ve Araştırma Konuları

Araştırmada, toprak altı damla sulama yöntemi altında, 2 farklı çim çeşidi için 3 farklı sulama düzeyi denenmiştir. Dikkate alınan deneme konuları aşağıda açıklanmıştır;

Çim türleri (Ana konular);

K : Serin iklim çim türleri karışımı (% 30 *Lolium perenne*, % 25 *Festuca rubra rubra*, % 35 *Festuca arundinacea*, % 10 *Poa pratensis*)

B : Sıcak iklim çim türü (Bermudagrass (*Cynodon sp*))

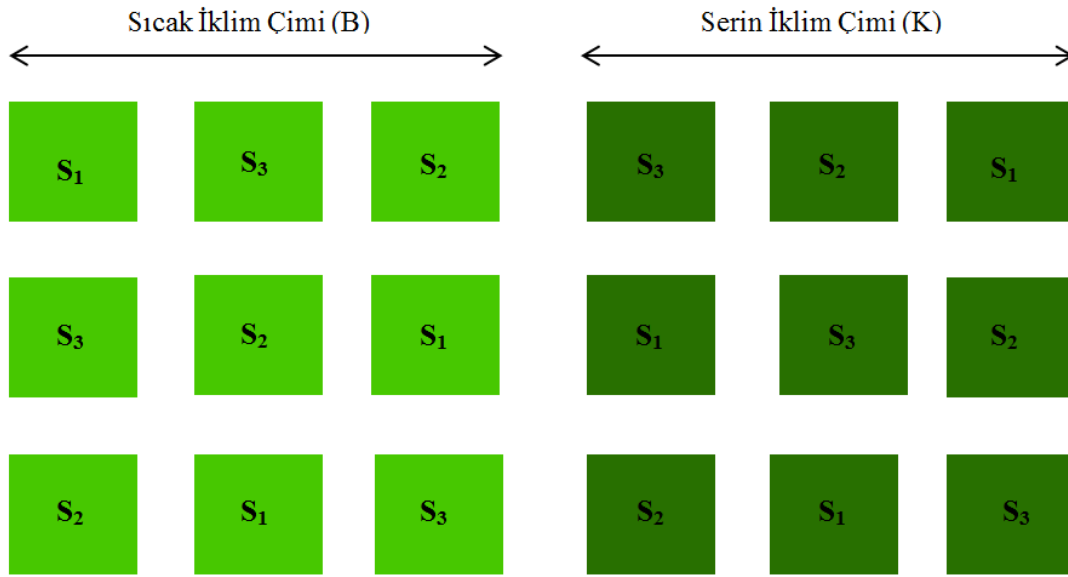
Sulama düzeyleri (Alt konular);

S₁: 30 cm'lik etkili kök derinliğinde, kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %40'ı tüketildiğinde sulamaya başlanarak tarla kapasitesine çıkarılacak biçimde sulama suyu uygulama

S₂: S₁ konusuna uygulanan suyun 2/3'ü kadar sulama suyu uygulama

S₃: S₁ konusuna uygulanan suyun 1/3'ü kadar sulama suyu uygulama

Araştırma, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür (Şekil 3.11). Deneme, boyutları 2.00 x 2.00 m olan, 18 adet 4.00 m²'lik parsellerden oluşan 72 m² alanda olmak üzere toplam 220 m² alanda gerçekleştirilmiştir. Tüm kenarlardan 0.20 m kenar etkisi göz önüne alınarak hasat parseli dışında bırakılmıştır. Böylece, hasat parseli boyutları 1.80 x 1.80 m olmak üzere toplam 3.24 m² olmuştur. Farklı sulama uygulamalarında sızma yoluyla oluşabilecek yan etkileri önlemek amacıyla blok ve parseller arasında 2'şer metre boşluk bırakılmıştır.



Şekil 3.11. Deneme düzeni ve araştırma konuları

3.2.3. Sulama Suyunun Uygulanması

Deneme parsellerine sulama suyunun uygulanması toprak altı damla sulama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. İşletme basıncı 4 atm, dış çapı 16 mm olan lateral boru hatları 40 cm ara ile toprak yüzeyinin 10-15 cm altına döşenmişlerdir. Üzerinde 40 cm aralıklı, 1 bar ve üzerindeki işletme basıncında 2,3 L.h⁻¹ sabit debi veren basınç regüleli damlatıcılar bulunmaktadır.

Sulama zamanının belirlenmesinde, topraktaki nem değerleri esas alınmıştır. Bu değişimler günlük olarak TDR cihazı (HH2 Soil Moisture Meter) ile izlenmiştir. Uygulanacak sulama suyu miktarları, çimin etkili kök derinliği olan 30 cm'lik toprak katmanı dikkate alınarak belirlenmiş ve S1 konularına, kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %40'ı tüketildiğinde tarla kapasitesine ulaşacak kadar sulama suyu verilmiştir. Diğer sulama

konularına verilecek sulama suyu miktarı, S₁ konusuna uygulanan suyun 2/3 ve 1/3'ü alınarak belirlenmiştir.

3.2.4. Tarım Tekniği

Deneme 2017 yılında kurulmuş, sıcak iklim çim türü olan Bermudagrass araziye, 30 x 30 cm aralıklarla fide olarak 05.05.2017 tarihinde dikilmiştir. Serin iklim çim türlerinin karışımı ise her bir parsel için 50 g/m² tohum gelecek şekilde serpmeye yöntemi ile 07.05.2017 tarihinde ekilmiştir (Ayanoglu ve Orta, 2019; Bezirgan, 2018). Mevcut parsellerde bulunan çim bitkilerinin gelişimlerinin engellenmesini önlemek amacıyla sürekli olarak yabancı ot mücadelesi yapılmıştır. Bu mücadele el ile veya herbisit (yabancı ot ilacı) uygulayarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.12). Kullanılan yabancı ot ilacının olası yan etkilerini azaltmak için ilaçlama sabah erken saatlerde ya da akşam geç saatlerde ve rüzgârsız koşullarda yapılmıştır. Deneme süresince gerçekleşen ekstrem hava şartlarından dolayı bitkilerin belirli bölümlerinde pas hastalığı belirtileri görülmüş ve ilaçlama yapılarak yayılması engellenmiştir. Deneme başlangıcı, Haziran ve Temmuz sonunda 20 kg/da olacak biçimde üre gübresi uygulanmıştır.



Şekil 3.12. İlaçlama işlemi

Deneme süresince, bitkiler 10-15 cm yüksekliğe geldiğinde 5 cm yükseklikten biçilmiştir. Biçimler her üç sulama düzeyinde de başta vejetasyon yüksekliği olmak üzere, çevresel faktörler ve iklim koşulları dikkate alınarak belli aralıklarla yapılmıştır. Elde edilen yeşil ve kuru ot verimleri tartılarak belirlenmiştir.

3.2.5. Laboratuvar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

3.2.5.1. Topraktaki nem miktarının takibi

Deneme süresince, parsellerin ortasına gelecek şekilde 1 m derinliğe kadar yerleştirilen nem ölçüm tüplerinden yararlanarak, PR2 probe ve HH2 Soil Moisture Meter cihazı ile her gün aynı saatte (09:00) nem okumaları yapılmıştır. Elde edilen değerler ile daha önce hazırlanan kalibrasyon eğrisinden yararlanarak anlık toprak nem değerleri m^3/m^3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca her on günde bir, her parselden 0-30 ve 30-60 cm toprak derinliklerinden burğu ile bozulmuş alınan örneklerden gravimetrik yöntem ile nem değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Gravimetrik yöntem ile toprak nem ölçümü

TDR ile belirlenen 0-30 cm toprak derinliğindeki nem değerleri, uygulanacak sulama suyu miktarının, gravimetrik yöntem ile belirlenen 0-60 cm toprak derinliğindeki değerler ise bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılmıştır.

3.2.5.2. Damla sulama sisteminde damlatıcı ve lateral aralığının saptanması

Lateral boru hattı boyunca damlatıcı aralığı;

$$S_d = 0,9 \sqrt{\frac{q}{I}} \quad (3.1)$$

eşitliği ile belirlenmiştir (Papazafiriou 1980). Bu eşitlikte;

S_d : Damlatıcı aralığı, m,

q : Damlatıcı debisi ($L.h^{-1}$),

I : Toprağın su alma hızı, $mm.h^{-1}$ 'tir.

Damlatıcı aralığı, $q=2,3 L/h$ ve $I=9,4 mm/h$ değerleri (3.1) nolu eşitlikte yerine konarak $S_d=0,44 m$ hesaplanmış, piyasadan bu değere en yakın olan 0,40 m damlatıcı aralıklı toprak altı damla sulama lateralleri alınmış ve kullanılmıştır. Alanın her yerini ıslatabilmek için lateral aralığı da 0,40 m olarak uygulanmıştır.

3.2.5.3. Sulama zamanı, uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama süresinin saptanması

Sulama zamanının belirlenmesinde, topraktaki nem miktarı değişimleri esas alınmıştır. Sulamada ıslatılacak toprak derinliği olarak, çim bitkisinin etkili kök derinliği olan 30 cm, dikkate alınmıştır (Orta, 1994). Su kısıtı uygulanmayan S_1 konusunda, etkili kök derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %40 'ı tüketildiğinde sulamaya başlanmıştır.

Toprak nem ölçümlerine, 20 Mayıs 2020 tarihinde başlanmış ve 30 Eylül 2020 tarihine kadar devam edilmiştir. S_1 konusunda toprak nem değeri sulama başlangıcına düştüğünde uygulanacak sulama suyu miktarı, mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak biçimde;

$$dn = ((TK-MN)/100) * V_t * D * P \quad (3.2)$$

eşitliği ile belirlenmiştir. Eşitlikte;

dn= Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı (mm),

TK= Tarla kapasitesi (%),

MN= Mevcut nem (%),

Υ_t = Toprağın hacim ağırlığı (g.cm^{-3}),

D= Etkili kök derinliği (mm),

P= Islatılan alan yüzdesi (%100) ni göstermektedir.

Derinlik cinsinden mm olarak belirlenen sulama suyu, parsel alanı ($3,26 \text{ m}^2$) ile çarpılarak, hacim cinsine (L) çevrilmiş ve 1.4 bar sabit basınçta zaman tutularak parsellere uygulanmıştır. Diğer sulama konularına verilecek sulama suyu miktarı, Eşitlik (3.2) ile belirlenen değerin $2/3$ ve $1/3$ 'ü alınarak uygulanmıştır.

3.2.6. Bitki Su Tüketiminin Saptanması

Bitki su tüketimi, 10 günlük periyotlar için 60 cm toprak derinliğindeki nem değişimi yöntemine göre saptanmıştır. Bu amaçla, her ayın 10.; 20.; 30. ya da 31. günleri alet ile yapılan nem ölçmelerine ilave olarak, her bir konudan burgu ile bozulmuş toprak örnekleri alınmış ve gravimetrik yöntem ile nem değerleri belirlenmiştir (Güngör ve Yıldırım, 1989). Periyot başlangıcında 60 cm toprak katmanındaki nem miktarına, periyot boyunca uygulanan sulama suyu ve varsa yağış miktarı eklenerek elde edilen toplamdan; periyot sonunda 60 cm toprak katmanında ölçülen nem değeri çıkartılarak bitki su tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen değerler 10 ya da 11 güne bölünerek ortalama günlük bitki su tüketimi değerleri belirlenmiştir (Orta, 1994).

Her bir deneme konusuna ilişkin gerçek bitki su tüketiminin (ET) hesaplanmasında Su Bütçesi Yaklaşımı (Kanber, 1997) kullanılmıştır.

$$ET = I + P + C_p - D_p \pm R_f \pm \Delta S \quad (3.3)$$

ET : Bitki su tüketimi, mm,

I : Uygulanan sulama suyu miktarı, mm,

P : Yağış miktarı, mm,

C_p : Kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarı, mm,

D_p : Sulama ve yağıştan sonra meydana gelen derine sızma kayıpları, mm,

R_f : Deneme parsellerine giren veya çıkan yüzey akış miktarı, mm,

ΔS : Ölçülen dönem için toprak nem içeriğinde oluşan değişim, mm dir.

Araştırma alanında taban suyu bulunmadığından, kapılar hareketle bitki kök bölgesine su girişi olmadığı varsayılarak C_p , sulama yöntemi gereği yüzey akış söz konusu olmadığından R_f değeri ihmal edilmiştir.

3.2.6.1. Uygun bitki su tüketim tahmin eşitliklerinde ve bitki katsayısı eğrilerinin eldesinde kullanılan yöntemler

Birçok araştırmacı tarafından geliştirilen kısa ve uzun periyotlu bitki su tüketimi eşitlikleri Jensen (1973), ve Doorenbos ve Pruitt (1977), tarafından özetlenmiştir. Son zamanlarda, bitki su tüketiminin tahmini için önce belirli koşulları yansıtan potansiyel bitki su tüketimi elde edilmekte ve daha sonra bu değer bitki katsayısı ile düzeltilmektedir (Orta, 2017).

$$ET = k_c \cdot ET_p \quad (3.4)$$

Bu eşitlikte;

ET : Bitki su tüketimi, mm/gün,

k_c : Bitki katsayısı,

ET_p : Potansiyel bitki su tüketimi, mm.gün⁻¹'dür.

Potansiyel bitki su tüketiminin tanımlanmasında gerek farklı ülkelerdeki araştırmacılar gerekse aynı ülkenin araştırmacıları arasında bile henüz fikir birliği sağlanamadığından potansiyel bitki su tüketimi yerine, referans bitki su tüketiminin kullanılması ağırlık kazanmıştır. Bu amaçla, belirli koşulları yansıtan yonca ya da çayır bitkileri referans olarak alınmakta, bu bitkilerin su tüketimi ampirik eşitliklerle tahmin edilmekte ve daha sonra bitki katsayısı ile düzeltilerek belirli bir bitkiye ilişkin su tüketim değerleri elde edilmektedir (Doorenbos ve Pruitt, 1977).

$$ET = k_c \cdot ET_0 \quad (3.5)$$

Bu eşitlikte;

ET : Bitki su tüketimi, mm/gün,

k_c : Bitki katsayısı,

ET_0 : Potansiyel bitki su tüketimi, mm.gün⁻¹'dür.

Kısa periyotlu potansiyel bitki su tüketiminin tahmininde **JENSEN-HAISE YÖNTEMİ** oldukça sağlıklı sonuçlar vermektedir. Bu yöntemle potansiyel bitki su tüketiminin tahmini aşağıdaki eşitliklerle yapılmaktadır (Jensen, 1973).

$$ET_p = C_T(T - T_x)R_s \quad (3.6)$$

$$C_t = \frac{1}{C_1 + C_2 C_H} \quad (3.7)$$

$$C_1 = 38 - \left(\frac{2H}{305}\right) \quad (3.8)$$

$$C_H = \frac{50}{e_2 - e_1} \quad (3.9)$$

$$T_x = -2.5 - 0,14(e_2 - e_1) - \frac{H}{550} \quad (3.10)$$

Bu eşitliklerde;

ET_p : Potansiyel bitki su tüketimi, mm.gün⁻¹,

C_T C_1 , C_2 , C_H , T_x Ampirik katsayılar ($C_2 = 7.3$ °C sabit),

T : Ortalama sıcaklık, °C,

H : Yükseklik, m,

e_2 : Yörede yılın en sıcak ayında ortalama maksimum sıcaklıktaki doymuş buhar basıncı, mb,

e_1 : Yörede yılın en sıcak ayında ortalama minimum sıcaklıktaki doymuş buhar basıncı, mb,

R_s : Solar radyasyon, mm/gün değerlerini göstermektedir.

Kısa periyotlu bitki su tüketimi tahminlerinde sağlıklı sonuçlar veren Penman yöntemi, çayır bitkileri referans alınarak Doorenbos ve Pruitt (1977), tarafından modifiye edilmiştir (FAO modifikasyonu). **PENMAN YÖNTEMİNİN FAO MODİFİKASYONU** ile referans bitki su tüketimi aşağıdaki eşitliklerden yararlanarak tahmin edilmektedir.

$$ET_o = c \left[W.R_n + (1 - W).f_{(u)}. (e_a - e_d) \right] \quad (3.11)$$

$$e_d = e_a \frac{RH}{100} \quad (3.12)$$

$$f_{(u)} = 0.27 \left(1 + \frac{u_z}{100} \right) \quad (3.13)$$

$$R_n = R_{n_s} - R_{n_l} \quad (3.14)$$

$$R_s = (0.25 + 0.50 \frac{n}{N}) R_a \quad (3.15)$$

$$R_{n_s} = (1 - \alpha) R_s \quad (3.16)$$

Bu eşitliklerde;

ET_0 : Referens bitki su tüketimi, mm.gün⁻¹,

c : Düzeltme faktörü,

W : Ağırlık faktörü,

R_n : Eş değer buharlaşma cinsinden net radyasyon, mm/gün,

$f(u)$: Rüzgar fonksiyonu,

e_a : Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, mb,

e_d : Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı, mb,

RH : Ortalama bağıl nem, %,

u_2 : 2 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, km.gün⁻¹,

R_{n_s} : Kısa dalgalı net radyasyon, mm.gün⁻¹,

R_{n_l} : Uzun dalgalı net radyasyon, mm.gün⁻¹,

n : Gün boyunca ölçülen güneşli saatler, h.gün⁻¹,

N : Gün boyunca olası maksimum güneşli saatler, h.gün⁻¹,

R_a : Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon, mm.gün⁻¹,

α : Yeryüzüne ulaşan radyasyonun atmosfere yansıma oranı, %,

$f(t)$: Sıcaklık fonksiyonu,

$f(e_d)$: Buhar basıncı fonksiyonu,

$f(n/N)$: Güneşlenme oranı fonksiyonu değerlerini göstermektedir.

Penman yönteminin FAO modifikasyonunda kullanılan ve yukarıda belirtilen eşitliklerdeki bazı parametreler, Doorenbos ve Pruitt (1977)'in verdiği çizelge ve grafiklerden doğrudan alınmaktadır.

Orijinal Penman yönteminin, özellikle FAO modifikasyonu da dikkate alınarak bir diğer modifikasyonu Penman ve Monteith tarafından yapılmıştır (Smith, 1991). **PENMAN-MONTEITH** yönteminde kullanılan eşitlikler aşağıda sıralanmıştır:

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \frac{900}{T + 273.15} u_2 (u_a - u_d) \quad (3.17)$$

$$\delta = \frac{4098 e_a}{(T + 273.3)^2} \quad (3.18)$$

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T \quad (3.19)$$

$$\gamma = 0.0016286 \frac{P}{\lambda} \quad (3.20)$$

$$\gamma^* = \gamma (1 + 0.34 u_2) \quad (3.21)$$

$$R_n = R_{n_s} - R_{n_a} \quad (3.22)$$

$$R_{n_s} = 0.75 R_s \quad (3.23)$$

$$R_{n_a} = 2.451 f_{(T)} f_{(e_d)} f_{\left(\frac{n}{N}\right)} \quad (3.24)$$

$$R_s = (0.25 + 0.50 \frac{n}{N}) R_s \quad (3.25)$$

$$e_d = e_a \frac{RH}{100} \quad (3.26)$$

$$u_2 = u_z \left(\frac{z}{z_0}\right)^{0.2} \quad (3.27)$$

Bu eşitliklerde;

ET_o : Referans bitki su tüketimi, mm/gün,

U : Buhar basıncı eğrisinin eğimi, $kPa \cdot ^\circ C^{-1}$,

γ^* : Modifiye psikometrik sabite, $kPa \cdot ^\circ C^{-1}$,

γ : Psikometrik sabite, $kPa \cdot ^\circ C^{-1}$,

P : Atmosfer basıncı, kPa,

R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyon, $MJ \cdot m^{-2} \cdot gün^{-1}$,

R_a : Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon, $MJ \cdot m^{-2} \cdot gün^{-1}$,

R_s : Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon, $MJ \cdot m^{-2} \cdot gün^{-1}$,

R_{ns} : Kısa dalgalı net radyasyon, $MJ \cdot m^{-2} \cdot gün^{-1}$,

- R_{nl} : Uzun dalgalı net radyasyon, $MJ.m^{-2}.gün^{-1}$,
- $f_{(T)}$: Sıcaklık fonksiyonu,
- T : Sıcaklık, $^{\circ}C$,
- $f_{(ed)}$: Buhar basıncı fonksiyonu,
- e_d : Ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı, kPa,
- e_a : Ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncı, kPa,
- $f_{(n/N)}$: Güneşlenme oranı,
- n : Güneşlenme süresi, h,
- N : Olası maksimum güneşlenme süresi, h,
- G : Topraktaki ısı akımı, $MJ.m^{-2}.gün^{-1}$,
- Λ : Buharlaşma gizli ısı, $MJ.kg^{-1}$,
- u_2 : 2 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, $m.s^{-1}$,
- u_z : Z m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, $m.s^{-1}$,
- Z : Rüzgâr hızının ölçüldüğü yükseklik, m,
- RH : Ortalama bağıl nem değerlerini göstermektedir. Bu eşitliklerde de bazı parametreler Smith (1991)'in verdiği çizelge ve grafiklerden doğrudan alınabilmektedir.

Bitki su tüketimi tahmin yöntemlerinden biri de tarım alanlarına yerleştirilen buharlaşma kaplarından ölçülen buharlaşma miktarları ile bitki su tüketimi arasında ilişki kurmaktır. Kapta gerçekleşen buharlaşmaya etkili olan iklim faktörlerinin tamamı, aynı zamanda bitki su tüketimine de benzer biçimde etkili olduğundan özellikle kısa periyotlar için bu yöntemle sağlıklı sonuçlar elde edilebilmektedir (Goldberg, Gornat ve Rimon, 1976; Doorenbos ve Pruitt, 1977; Yıldırım, 1993).

BUHARLAŞMA KAPLARINDAN yararlanarak referans bitki su tüketimi;

$$ET_o = E_p \cdot k_p \quad (3.28)$$

eşitliği ile belirlenmektedir. Bu eşitlikte;

ET_o : Referans bitki su tüketimi, $mm.gün^{-1}$,

E_p : Kaptan ölçülen buharlaşma miktarı, $mm.gün^{-1}$,

k_p : Buharlaşma kabı katsayısı değerlerini göstermektedir.

Yukarıdaki eşitliklerdeki k_p katsayıları, iki farklı çevre koşulu için Doorenbos ve Pruitt (1977) tarafından tanımlanmış ve bu katsayılara ilişkin değerler bir çizelgede toplanmıştır.

Doorenbos ve Pruitt (1977)'den alınmış **BLANEY-CRIDDLE YÖNTEMİNİN** eşitliği aşağıdaki gibidir.

$$ET_o = c \cdot f \quad (3.29)$$

$$f = p(0.46t + 8) \quad (3.30)$$

Eşitlikte;

ET_o : Referans bitki su tüketimi, mm.gün⁻¹,

p : Yıllık ortalama güneşlenme süresi yüzdesi, %,

f : İklim faktörü,

t : Ortalama sıcaklık, °C,

c : Minimum oransal nem, güneşlenme süresi ve rüzgar tahminlerine bağlı bir düzeltme faktörüdür.

Eşitliğin çözümü için gerekli olan sıcaklık (t), gündüz rüzgârı (u_2) ve minimum oransal nem (RH_{min}) değerleri deneme alanına kurulan meteoroloji istasyonundan, gerçek güneşlenme süresi (n) değerleri ise Tekirdağ Meteoroloji İstasyonu'ndan alınmıştır. Yıllık ortalama güneşlenme süresi yüzdesi (p) ve olası güneşlenme süresi (N) değerleri Doorenbos ve Pruitt (1977)'den alınmıştır.

Araştırmada çim bitkisinin su tüketimi belirlemeleri ve referans bitki su tüketimi hesaplamaları, sulama konularına başlanması (20.05.2020) ile denemenin sona erdirildiği tarih (30.09.2020) arasındaki 133 günlük periyot için yapılmıştır.

Referans bitki su tüketimi ile gerçek bitki su tüketimi arasındaki ilişki 10 günlük periyotlar için belirlenmiştir. Çalışmada hata kareler ortalaması (RMS) en düşük, korelasyon katsayısı en yüksek (r) ve mevsimlik bitki su tüketimini karşılama yüzdesi (%ET) 100'e en yakın olan referans bitki su tüketimi tahmin yöntemi / yöntemlerinin daha sağlıklı sonuçlar verdiği varsayılmıştır (Orta, 1994; Berk ve Efe, 1995).

3.2.6.2. Bitki Su Stres indeksi (CWSI)'nin belirlenmesi

Bitki su stresi (CWSI)'nin belirlenmesinde deneysel yaklaşım olarak bilinen Idso modeli kullanılmıştır (Idso vd. 1981, Gardner vd. 1992). Bu amaçla, su stresine sokulmayan

deneme konularında yapılan IRT ölçümlerinden belirlenen $(T_c - T_a)$ ile araştırma alanında bulunan meteoroloji istasyonundan alınmış VPD değerlerinin doğrusal regresyonu ile alt sınır çizgisi, hiç sulanmaksızın maksimum su stresine sokulan parsellerden alınan ölçümlerden yararlanılarak da üst sınır çizgisi eşitliği elde edilmiştir. Daha sonra elde edilen temel grafiklerden yararlanarak her bir parsel için günlük $(T_c - T_a)$ ve VPD değerleri aşağıdaki eşitlikte yerine konularak CWSI değerleri belirlenmiştir (Orta ve Türk, 2019).

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_{\bar{u}}]}{[(T_c - T_a)_A - (T_c - T_a)_{\bar{u}}]} \quad (3.31)$$

Eşitlikte;

T_c : Taç sıcaklığı, °C,

T_a : Hava sıcaklığı, °C,

$(T_c - T_a)_A$: Bitkide su stresinin olmadığı alt sınır,

$(T_c - T_a)_{\bar{u}}$: Bitkinin tamamen stres altında olduğu üst sınır değerlerini göstermektedir.

3.2.7. Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı

Deneme konularına uygulanan sulama suyu, ölçülen bitki su tüketimi ve hasat verimlerine göre her bir konu için sulama suyu kullanım randımanı;

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.32)$$

eşitliğiyle bulunmuştur (Howell vd., 1990). Su kullanım randımanı ise;

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (3.33)$$

eşitliğiyle hesaplanmıştır (Kanber vd., 1992). Eşitliklerde;

$IWUE$: Sulama suyu kullanım randımanı, $kg.m^{-3}$,

WUE : Su kullanım randımanı, $kg.m^{-3}$,

Y : Yeşil ot verimi, $kg da^{-1}$,

I : Uygulanan sulama suyu miktarı, mm,

ET : Ölçülen bitki su tüketimi, mm'dir.

3.3. Bitkiler Üzerinde Yapılan Ölçüm, Gözlem ve Analizler

Farklı sulama uygulamalarının bitkinin gelişimi ve çim kalitesi üzerine olan etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, vejetasyon yüksekliği, çim kalitesi, renk, yoğunluk, yeşil ot verimi ve kuru ot verim değerleri gibi parametreler, aşağıda açıklandığı biçimde, gözlemler ve ölçümler ile belirlenmiştir.

3.3.1. Vejetasyon Yüksekliği

Biçimler öncesinde, her parselde gelişigüzel seçilen 10 ayrı noktada, toprak yüzeyinden bitkinin en uç noktasına kadar olan kısmı ölçülerek, ortalama bitki örtüsü yüksekliği, cm cinsinden belirlenmiştir. Bu işlem bütün parsellerde belirli aralıklarla uygulanmış ve biçim, ortalama bitki boyunun serin iklim çim türlerinde yaklaşık 15 cm'ye, sıcak iklim çim türünde ise yaklaşık 10 cm'ye ulaştığında, toprak yüzeyinden 5 cm yükseklikte olacak şekilde gerçekleştirilmiştir (Brede ve Duich, 1984; Avcıoğlu, 1997).

3.3.2. Çim Kalitesi

Her parselde biçim öncesi, kalite değerlerinin görsel olarak belirlenmesi için çimin tekdüzeliği, sıklığı ve yabancı otlardan temizliği dikkate alınarak 1-9 ölçeğine göre (1: En kötü, 9: En iyi) kalite değerleri saptanmıştır (Avcıoğlu, 1997).

3.3.3. Renk

Her parselde biçim sonrası, biçimin yapılmadığı dönemlerde ise belli aralıklarla çim renginin görsel olarak belirlenmesi amacıyla, 1-9 ölçeğine göre (1: Sarı, 9: koyu yeşil) çim rengi Fieldscout TCM 500 RGB Turf Color Meter aleti ile saptanmıştır (Brede ve Duich, 1984; Avcıoğlu, 1997).

3.3.4. Yoğunluk

Çim yoğunluğu birim alandaki sürgün miktarının görsel olarak tahmin edilmesidir. Sürgün yoğunluğu yılın farklı zamanlarına göre değişir. Yoğunluk gözlemleri deneme süresince gerçekleştirilmiş ve görsel olarak 1-9 skalası kullanılmıştır (Yılmaz vd., 2018).

3.3.5. Yeşil Ot Verimi

Her hasat parselinde biçim sonrası elde edilen yeşil ot miktarı, hassas terazi ile tartılarak g.m^{-2} cinsinden saptanmıştır (Brede ve Duich, 1984; Avcıoğlu, 1997).

3.3.6. Kuru Ot Verimi

Biçim sonrası, her parselden 500 g, (bunun çıkmadığı durumlarda ise elde edilen otun tamamı) yeşil ot örneği olarak alınmış ve bünyesindeki fazla suyun uzaklaşması için serada bir süre bekletilmiştir. Daha sonra, 78 °C'de 24 saat süreyle kurutma dolabında tutularak hassas terazide tartılmış ve sonuç g.m^{-2} cinsinden saptanmıştır (Brede ve Duich, 1984; Avcıoğlu, 1997).

3.3.7. İstatistiksel Analizler

Deneme konularından elde edilen değerlerin varyans analizi, ortalamalar arasındaki farklılıkların önemlilik kontrolü, incelenen karakterler arasındaki korelasyonlar, Yurtsever (1984), ile Düzgüneş, Kesici, Kavuncu ve Gürbüz (1987)'ün belirttiği esaslara göre değerlendirilmiştir. Deneme konularından elde edilen vejetasyon yüksekliği, kalite, renk, yeşil ot verimi, kuru ot verimi ve yoğunluk değerleri arasındaki farklılıklar varyans analiziyle tespit edilmiş; konuların sınıflandırılması LSD testi ile yapılmıştır (Düzgüneş vd., 1987; Yurtsever, 1984). Bu amaçla Microsoft Excel, Tarist ve Mstat isimli bilgisayar programlarından yararlanılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde, araştırma alanı topraklarının fiziksel özelliklerine ilişkin sonuçlar, sulama suyu kalite analizi sonuçları, A sınıfı kaptan olan buharlaşma değerleri, uygulanan sulama suyu miktarları, ölçülen bitki su tüketimi değerleri, bitki su stres indeks (CWSI) değerleri, farklı bitki su tüketimi tahmin yöntemleri için elde edilen kc değerleri ile deneme konularının çimin gelişimi ve kalitesi üzerine etkileri değerlendirilmiştir.

4.1. Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları

4.1.1. Toprağın Fiziksel Özellikleri

Araştırma, 2020 yılının yaz döneminde gerçekleştirilmiştir. Deneme alanındaki toprağın fiziksel özelliklerine ilişkin bünye sınıfı, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası ve kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Tüm katmanlarda toprak bünye sınıfı killi tındır. Kullanılabilir su tutma kapasitesi değeri 0-30 cm toprak katmanı için 48,4 mm, 0-60 cm toprak katmanı için ise 90,7 mm’dir.

Araştırma alanında infiltrasyon testleri çift silindir infiltrometre yöntemiyle yapılmıştır. Testler, toprak örneği alınan 2 adet profilin yakınında 3’er tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve ölçümler sonucunda toprağın gerçek su alma hızı $9,4 \text{ mm.h}^{-1}$ bulunmuştur (Ayanoğlu ve Orta, 2019; Bezirgan, 2018).

Çizelge 4. 1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri

Toprak Katmanı (cm)	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	Tarla Kapasitesi		Solma Noktası		KSTK	
			%	(mm)	%	(mm)	%	(mm)
0-30	CL	1.60	29.3	140.6	19.2	92.2	10.1	48.4
30-60	CL	1.60	28.6	137.3	19.8	95.0	8.8	42.3
60-90	CL	1.54	30.8	142.3	20.5	94.5	10.3	47.8

4.1.2. Sulama Suyu Kalite Sınıfı

Yapılan analizler sonucunda elde edilen sulama suyu parametreleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi, su kalite sınıfı T2A1’dir.

Çizelge 4. 2. Sulama suyu analiz sonuçları

pH	ECx10 ³ 25°C	Kasyonlar (me/L)			Anyonlar (me/L)			Sınıfı
		Na ⁺	Ka ⁺	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	
7,48	555,70	2,54	0,16	4,35	2,98	0,33	3,74	T2A1

4.2. A Sınıfı Kaptan Ölçülen Buharlaşma Değerleri

Deneme süresince, A sınıfı kaptan ölçülen buharlaşma miktarları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelge 4.3'ten izleneceği gibi, 20 Mayıs 2020 ile 30 Eylül 2020 tarihleri arasında ölçülen toplam buharlaşma miktarı 800,2 mm'dir. En yüksek buharlaşma, ortalama 8,9 mm/gün ile 11-20 Temmuz tarihleri arasında, en düşük buharlaşma ise ortalama 1,6 mm.gün⁻¹ ile 1-10 Haziran tarihleri arasındaki dönemde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4. 3. A sınıfı kaptan ölçülen buharlaşma miktarları (mm)

Aylar	Günler	Buharlaşma Miktarları (mm)
Mayıs	20-31	38,2
	20-31	38,2
Haziran	1-10	16,3
	11-20	25,1
	21-30	49,1
	1-30	90,5
Temmuz	1-10	86,9
	11-20	88,5
	21-31	87,7
	1-31	263,1
Ağustos	1-10	69,6
	11-20	71,6
	21-31	82,4
	1-31	223,6
Eylül	1-10	71,6
	11-20	72,2
	21-30	41,0
	1-30	184,8
Toplam	20.05 - 30.09	800,2

4.3. Uygulanan Sulama Suyu Miktarı ve Ölçülen Bitki Su Tüketimi

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları, S₁ konusunda 30 cm etkili kök derinliğindeki toprak nem değerlerinin günlük ölçümlerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Bu amaçla her gün aynı saatte (09:00) PR2 Probe-HH2 Soil Moisture Meter toprak nem ölçüm aracı ile ölçülen mevcut nemin izin verilen değere düşüp düşmediği kontrol edilmiş ve düşmüş ise tarla kapasitesine çıkaracak kadar sulama suyu uygulanmıştır. S₂ ve S₃ konularına uygulanan sulama suyu miktarları da S₁ konusuna uygulanan miktarın 2/3 ve 1/3'ü alınarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

Arazi denemelerine ve toprak nem ölçümlerine 20 Mayıs 2020 tarihinde başlanmış olup, ilk sulama 21 Mayıs 2020 tarihinde uygulanarak tüm konular tarla kapasitesine çıkartılmıştır. Deneme süresince serin iklim çimlerine 28 sulama yapılmış ve bu süre içerisinde S₁ konusuna toplam 559,9 mm, S₂ konusuna 377,9 mm, S₃ konusuna 196,5 mm sulama suyu uygulanmıştır (Çizelge 4.4). Sıcak iklim çimine (Bermudagrass) ise sezon boyunca 23 sulama yapılmış ve deneme süresince S₁ konusuna 464,8 mm, S₂ konusuna 316,0 mm, S₃ konusuna 167,7 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sonuç olarak, uygulanan sulama sayıları ve toplam sulama suyu miktarları açısından karşılaştırıldığında, sıcak iklim çimine daha az sayıda sulama ile ortalama %16 daha az sulama suyu uygulanmıştır.

Çizelge 4. 4. Sulama tarihleri ve uygulanan net sulama suyu miktarları (mm)

Tarih	Serin İklim Çimi (4'lü Karışım)			Sıcak İklim Çimi (Bermudagrass)		
	S ₁	S ₂	S ₃	S ₁	S ₂	S ₃
21.5	14,6	14,6	14,6	19,0	19,0	19,0
9.6	19,5	13	6,5	-	-	-
13.6	19,7	13,1	6,6	20	13,3	6,7
20.6	19,7	13,1	6,6	19,4	13	6,5
2.7	22,6	15	7,5	-	-	-
3.7	-	-	-	20,9	13,9	7,0
5.7	20,5	13,7	6,8	-	-	-
11.7	23,6	15,7	7,9	20,2	13,5	6,7
13.7	21,2	14,1	7,1	-	-	-
15.7	-	-	-	21,3	14,2	7,1
16.7	20,3	13,6	6,8	-	-	-

Çizelge 4.4. Sulama tarihleri ve uygulanan net sulama suyu miktarları (mm) (Devamı)

18.7	19,6	13,1	6,5	-	-	-
19.7	-	-	-	21	14	7
22.7	19,7	13,1	6,6	-	-	-
23.7	-	-	-	19,8	13,2	6,6
25.7	19,7	13,1	6,6	-	-	-
27.7	-	-	-	20,4	13,6	6,8
28.7	19,6	13,0	6,5	-	-	-
30.7	18,0	12,0	6,0	19,0	12,7	6,3
3.8	20,2	13,4	6,7	20,4	13,6	6,8
7.8	20,4	13,6	6,8	20,6	13,7	6,9
10.8	19,7	13,2	6,6	-	-	-
12.8	-	-	-	22,3	14,8	7,4
13.8	19,9	13,2	6,6	-	-	-
15.8	19,7	13,2	6,6	21,2	14,1	7,1
21.8	20,3	13,5	6,8	19,9	13,3	6,6
25.8	20,2	13,5	6,7	-	-	-
26.8	-	-	-	21,1	14,1	7,0
29.8	21,0	14,0	7,0	19,4	12,9	6,5
2.9	-	-	-	20,1	13,4	6,7
5.9	20,1	13,4	6,7	-	-	-
7.9	-	-	-	20,5	13,6	6,8
9.9	20,7	13,8	6,9	-	-	-
10.9	-	-	-	-	-	-
11.9	-	-	-	19,4	12,9	6,5
12.9	19,5	13,0	6,5	-	-	-
15.9	-	-	-	-	-	-
16.9	20,1	13,4	6,7	19,8	13,2	6,6
21.9	20,0	13,3	6,7	-	-	-
22.9	-	-	-	19,4	12,9	6,5
26.9	19,8	13,2	6,6	19,7	13,1	6,6
Toplam	559,9	377,9	196,5	464,8	316,0	167,7

Bitki su tüketimi hesaplarında çimin etkili kök derinliği 30 cm olmasına karşın, olası derine sızmaları belirleyebilmek amacıyla 60 cm toprak derinliğindeki nem değişimleri gözlemlenmiştir. Bu amaçla bitki su tüketimi deneme süresince yağış miktarı, uygulanan sulama suyu miktarı ve 10 günlük periyotlarda 60 cm toprak katmanındaki nem değişimine göre hesaplanmıştır (Çizelge 4.5 ve Şekil 4.1). Toprak nem içeriğindeki değişimler, her gün aynı saatte TDR aleti ve on günde bir gravimetrik yöntemle ölçülerek kontrolü sağlanmıştır. Bu şekilde bitki su tüketimi, önce 10 günlük periyotlar için hesaplanmış, daha sonra ortalaması alınarak günlük bitki su tüketimi belirlenmiştir. Bitki su tüketimi hesaplarında, gravimetrik yöntem ile 60 cm toprak derinliğinde ölçülen nem miktarına, periyot boyunca ölçülen yağış ve uygulanan sulama suyu miktarı eklenmiş ve toplamdan, periyot sonunda yine 60 cm derinlikte ölçülen nem miktarı çıkartılmıştır.

Çizelge 4.5. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimleri

Konu	Tarih	Toprak Nemi (mm/60cm)	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Derine Sızma (mm)	Toplam Bitki Su Tüketimi (mm)	Ortalama Bitki Su Tüketimi (mm/gün)
KS ₁	20.5	296,5	30,8	14,6	18,6	35,4	3,5
	30.5	287,9	48,6	19,5	10,0	62,6	5,7
	10.6	283,4	17,0	19,7	5,5	40,5	4,0
	20.6	274,1	44,4	19,7		62,0	6,2
	30.6	276,2	0,6	43,1		52,0	5,2
	10.7	267,9	1,4	84,7		72,0	7,2
	20.7	282,0	0,2	59,0	4,1	56,9	5,7
	30.7	280,2	1,2	58,6	2,3	67,0	6,1
	10.8	270,7	5,4	59,3		72,4	6,6
	21.8	263,0	0,2	61,5		65,0	6,5
	31.8	259,7	0,6	40,8		55,0	5,5

Çizelge 4.5. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimleri (Devamı)

	10.9	246,1					
			3,0	39,6		59,4	5,9
	20.9	229,3					
			13,6	39,8		71,0	7,1
	30.9	211,7					
	Toplam	84,8	167,0	559,9	40,5	771,2	5,8
KS₂	20.5	203,1					
			30,8	14,6		39,0	3,9
	30.5	209,5					
			48,6	13,0		45,1	4,1
	10.6	226,0					
			17,0	13,1		35,0	3,5
	20.6	221,1					
			44,4	13,1		47,7	4,8
	30.6	230,9					
			0,6	28,7		31,0	3,1
	10.7	229,2					
			1,4	56,5		53,0	5,3
	20.7	234,1					
			0,2	39,2		43,0	4,3
	30.7	230,5					
			1,2	39,0		49,5	4,5
10.8	221,2						
		5,4	39,6		53,9	4,9	
21.8	212,3						
		0,2	41,0		45,0	4,5	
31.8	208,5						
		0,6	27,2		30,0	3,0	
10.9	206,3						
		3,0	26,4		32,0	3,2	
20.9	203,7						
		13,6	26,5		50,0	5,0	
30.9	193,8						
	Toplam	9,3	167,0	377,9		554,2	4,2
KS₃	20.5	203,7					
			30,8	14,6		30,0	3,0
	30.5	219,1					
			48,6	6,5		40,7	3,7
10.6	233,5						
		17,0	6,6		28,0	2,8	
20.6	229,1						

Çizelge 4.5. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimleri (Devamı)

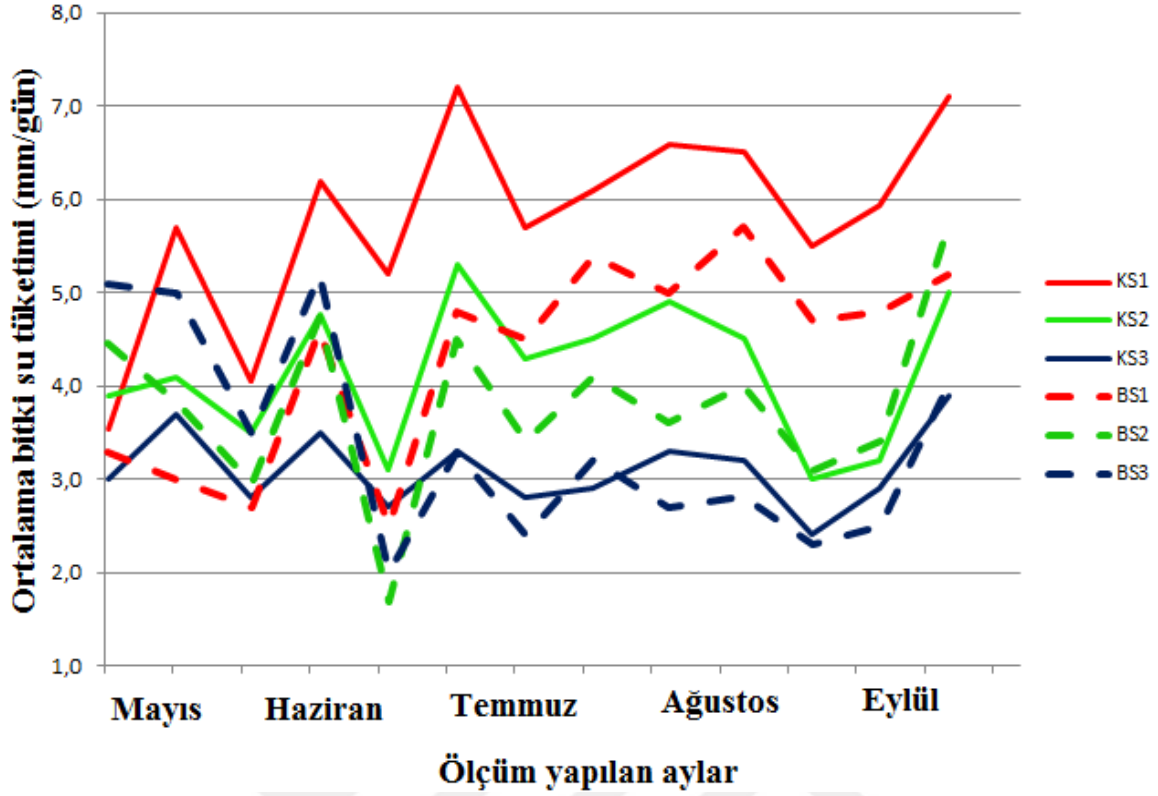
			44,4	6,6		35,0	3,5
	30.6	245,1	0,6	14,3		27,0	2,7
	10.7	233,0	1,4	28,3		33,0	3,3
	20.7	229,7	0,2	19,7		28,0	2,8
	30.7	221,6	1,2	19,5		31,9	2,9
	10.8	210,4	5,4	19,8		36,3	3,3
	21.8	199,3	0,2	20,5		32,0	3,2
	31.8	188,0	0,6	13,6		24,0	2,4
	10.9	178,2	3,0	13,2		29,0	2,9
	20.9	165,4	13,6	13,3		39,0	3,9
	30.9	153,3					
	Toplam	50,4	167,0	196,5		413,9	3,1
BS₁	20.5	312,2	30,8	19,0	34,3	33,0	3,3
	30.5	294,7	48,6	0,0	16,8	33,0	3,0
	10.6	293,5	17,0	20,0	15,6	27,0	2,7
	20.6	287,9	44,4	19,4	10,0	46,0	4,6
	30.6	295,7	0,6	20,9	17,8	25,0	2,5
	10.7	274,4	1,4	62,5		48,0	4,8
	20.7	290,3	0,2	40,2	12,4	45,0	4,5
	30.7	273,3	1,2	60,0		59,4	5,4
	10.8	275,1	5,4	43,5		55,0	5,0
	21.8	269,0	0,2	60,4		57,0	5,7

Çizelge 4.5. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimleri (Devamı)

	31.8	272,6						
	10.9	266,8	0,6	40,6		47,0	4,7	
	20.9	261,0	3,0	39,2		48,0	4,8	
	30.9	261,7	13,6	39,1		52,0	5,2	
	Toplam	50,5	167,0	464,8	106,9	575,4	4,3	
BS₂	20.5	282,4						
	30.5	283,2	30,8	19,0	4,5	44,5	4,5	
	10.6	284,5	48,6	0,0	5,3	42,0	3,8	
	20.6	278,6	17,0	13,3	6,6	29,6	3,0	
	30.6	288,0	44,4	13,0	0,7	47,3	4,7	
	10.7	275,5	0,6	13,9	10,1	16,9	1,7	
	20.7	273,6	1,4	41,7		45,0	4,5	
	30.7	266,6	0,2	26,8		34,0	3,4	
	10.8	262,7	1,2	40,0		45,1	4,1	
	21.8	257,4	5,4	28,9		39,6	3,6	
	31.8	257,9	0,2	40,3		40,0	4,0	
	10.9	254,5	0,6	27,0		31,0	3,1	
	20.9	249,6	3,0	26,1		34,0	3,4	
	30.9	232,2	13,6	26,0		57,0	5,7	
		Toplam	50,2	167,0	316,0	27,2	506,0	3,8
	BS₃	20.5	277,7					
		30.5	276,5	30,8	19,0		51,0	5,1
10.6		270,1	48,6	0,0		55,0	5,0	

Çizelge 4.5. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimleri (Devamı)

	20.6	258,9	17,0	6,7		34,9	3,5
	30.6	257,8	44,4	6,5		52,0	5,2
	10.7	245,4	0,6	7,0		20,0	2,0
	20.7	234,6	1,4	20,8		33,0	3,3
	30.7	224,2	0,2	13,4		24,0	2,4
	10.8	210,1	1,2	20,0		35,3	3,2
	21.8	200,3	5,4	14,5		29,7	2,7
	31.8	192,5	0,2	20,1		28,1	2,8
	10.9	183,6	0,6	13,5		23,0	2,3
	20.9	174,7	3,0	13,1		25,0	2,5
	30.9	161,4	13,6	13,1		40,0	4,0
	Toplam	116,3	167,0	167,7		451,0	3,4

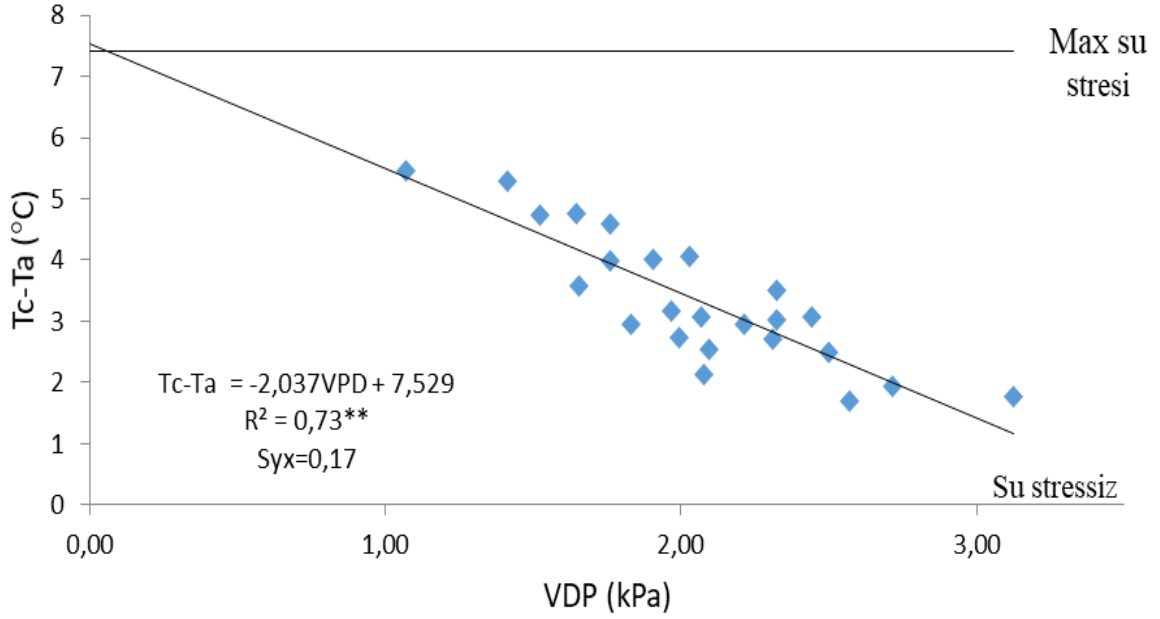


Şekil 4.1. Deneme konularına göre ölçülen günlük bitki su tüketimlerinin deneme süresince değişimleri

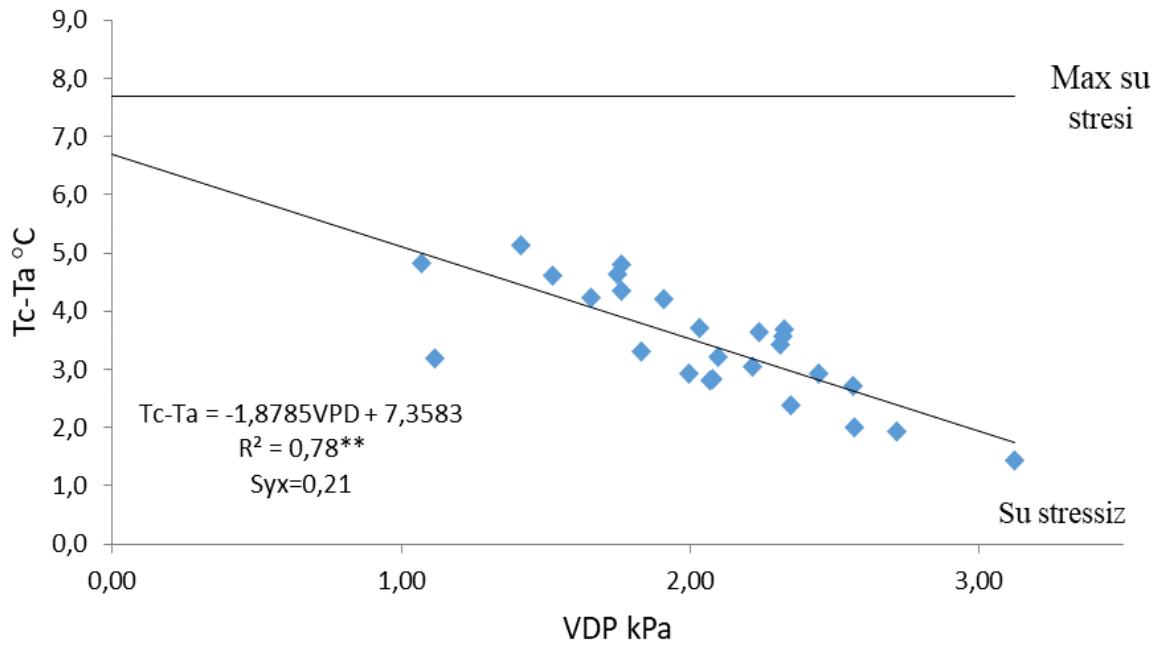
Çizelge 4.5'ten izlenebileceği gibi, serin iklim çimlerinin; yaklaşık 5 aylık yaz periyodunca olan toplam bitki su tüketimleri 771,2 mm ile 413,9 mm, günlük bitki su tüketimleri 5,8 mm/gün ile 3,1 mm/gün, sıcak iklim çiminde ise; toplam bitki su tüketimi 575,4 mm ile 451,0 mm, günlük bitki su tüketimleri 4,3 mm/gün ile 3,4 mm/gün arasında değişmiştir. Deneme süresince 5 aylık dönemde su kısıtının yapılmadığı S₁ konularında elde edilen bitki su tüketimi değerleri serin iklim çim karışımında, sıcak iklim çimine göre %34 daha fazla olmuştur.

4.4. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)

Deneme koşullarında elde edilen alt ve üst baz çizgilerini gösteren temel grafikler Şekil 4.1 ve Şekil 4.2' de verilmiştir (Orta ve Türk, 2019; Öncel vd., 2019). Üst baz değerleri; serin iklim çim türleri için 7,41 °C, sıcak iklim çimi için ise 7,68 °C olmuştur. Alt baz çizgileri için elde edilen denklemler ve belirtme katsayıları ilgili şekillerde görülmektedir.



Şekil 4.2. Serin iklim çimleri için alt ve üst sınır çizgileri: En yüksek ve en düşük stres koşullarında yaprak–hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) ile buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ilişki

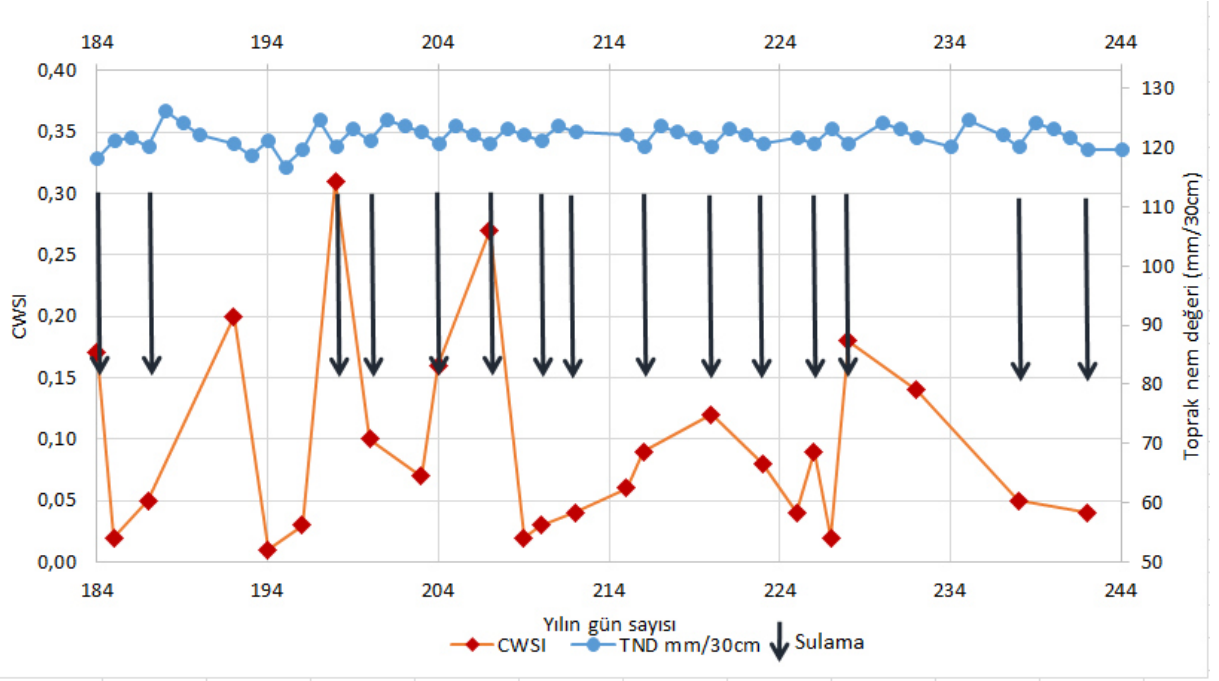


Şekil 4.3. Sıcak iklim çimi için alt ve üst sınır çizgileri: En yüksek ve en düşük stres koşullarında yaprak–hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) ile buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ilişkiler

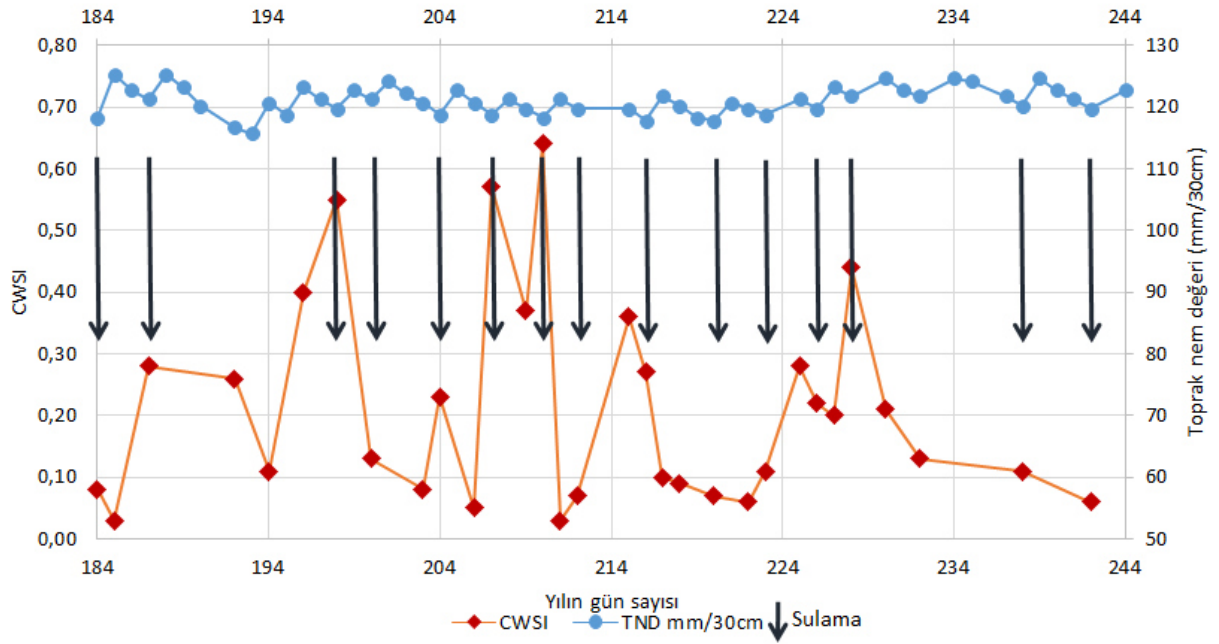
Araştırma konularından alınan infrared termometre ölçümleri ile Şekil 4.2 ve 4.3'te görülen alt-üst sınır çizgilerinden yararlanılarak elde edilen CWSI değerlerinin değişimi Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da verilmiştir. İnfrared termometre

(IRT) ölçümleri, serin iklim çim karışımında ve sıcak iklim çiminde 2 Temmuz- 31 Ağustos tarihleri arasında, havanın bulutlu ve yağışlı olmadığı günlerde yapılmıştır. Hesaplanan CWSI değerlerinden 0-1 aralığında olmayanlar dikkate alınmamıştır (Gardner ve Shock 1989; Idso vd., 1981). Alderfasi ve Nielsen (2001)' de açıklandığı üzere, uygulamada bu aralığın dışına çıkan çok sayıda değer elde edilebilmektedir. Bu durumun infrared termometre okumaları sırasında gerçekleşebilecek okuma hatalarından ve denklemlerin eldesinde yararlanılan VPD' ye ilişkin ölçüm hatalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

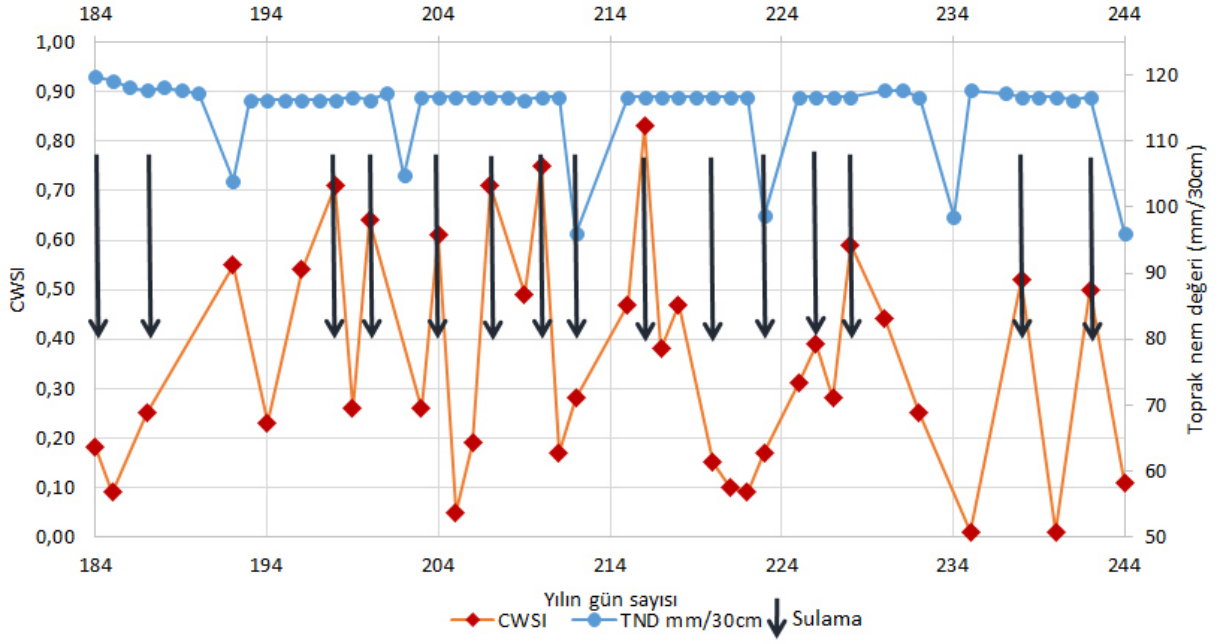
İlgili grafikler incelendiğinde, tüm sulama konularında 30 cm etkili kök derinliğindeki nem değeri azaldığında CWSI değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Ayrıca, infrared termometre ölçümlerinin yapıldığı süre boyunca elde edilen mevsimlik ortalama CWSI değerleri Şekil 4.10'da verilmiştir. Şekilden izleneceği gibi, sıcak iklim çiminde S_1 , S_2 ve S_3 kısıt düzeylerine göre ortalama CWSI değerleri sırasıyla 0,10, 0,17, 0,26 aynı değerler serin iklim çimlerinde ise sırasıyla 0,10, 0,21, 0,35 olarak görülmektedir. Her iki çim çeşidinde de kısıt düzeylerine göre CWSI değerleri karşılaştırıldığında S_1 konusunun en düşük, S_3 konusunun ise en yüksek değere sahip olduğu belirlenmiştir. Sulama öncesindeki CWSI değerleri dikkate alınarak elde edilen ortalamalar Şekil 4.11'de verilmiştir. Bermudagrass çim çeşidinin sulamaya başlanmasında ölçülen CWSI değerleri farklı iklim koşullarında farklı değerlerde bulunmuştur. Buna göre Tucson kentinde bermudagrass çim çeşidinin sulanmaya başlaması için su stres indeksi (CWSI) değerleri 0,16 (Jalali-Farahani vd., 1993), Antalya kentinde 0,10 (Emekli vd., 2007), Shiraz kentinde 0,15 olarak saptamıştır (Bijanzadeh vd., 2013). Sonuçlardan görüldüğü gibi elde edilen CWSI değerleri literatür değerlerine yakın bulunmuştur.



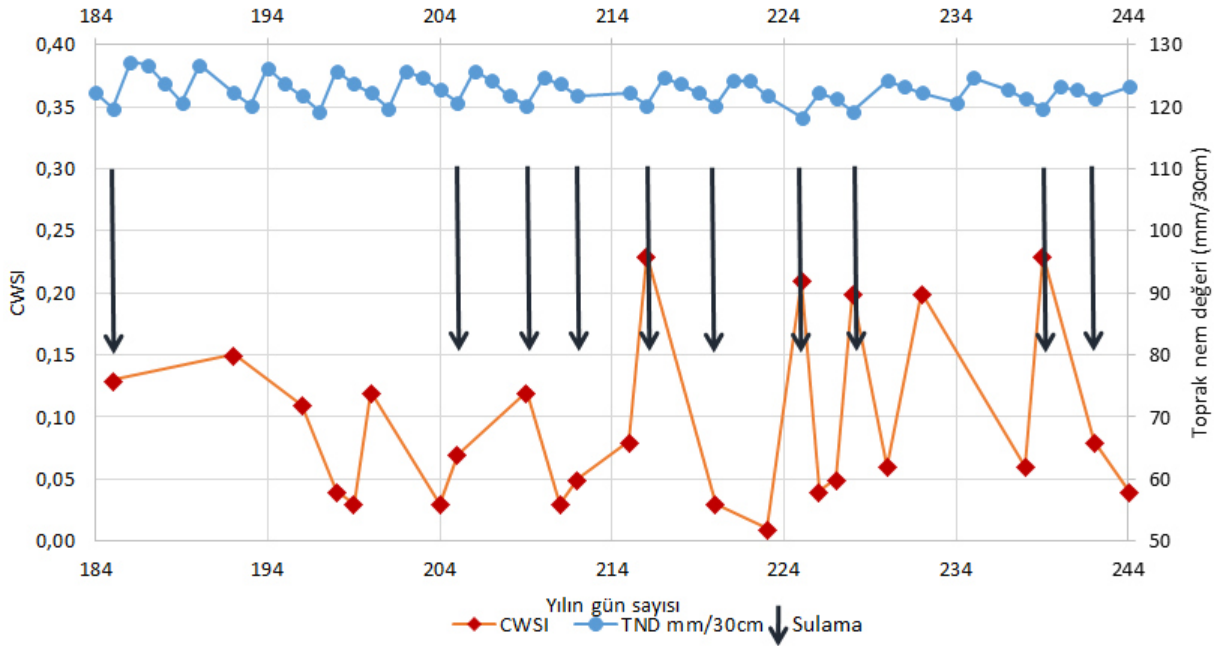
Şekil 4.4. KS₁ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



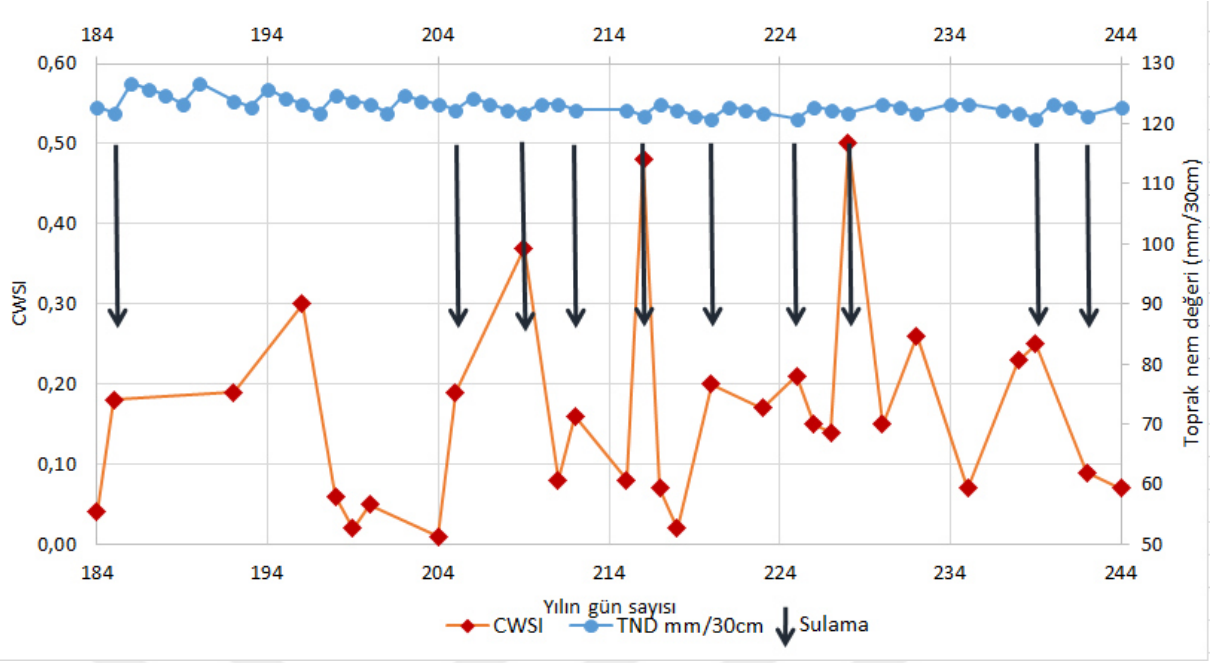
Şekil 4.5. KS₂ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



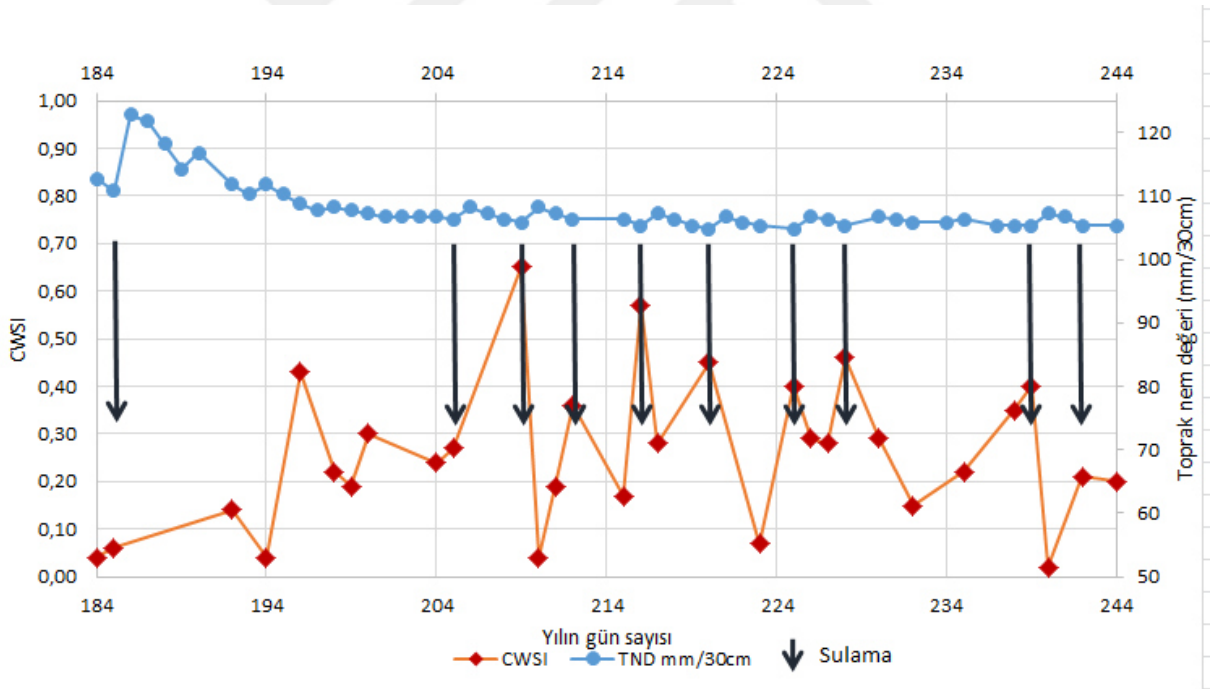
Şekil 4.6. KS₃ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



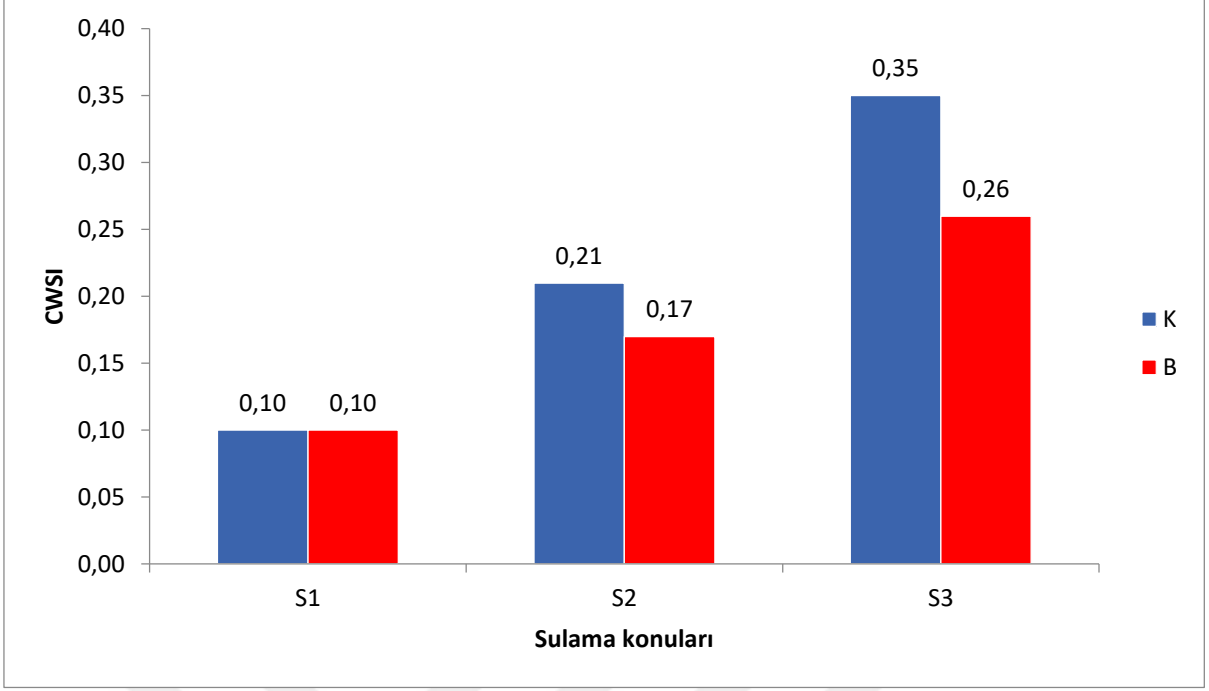
Şekil 4.7. BS₁ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



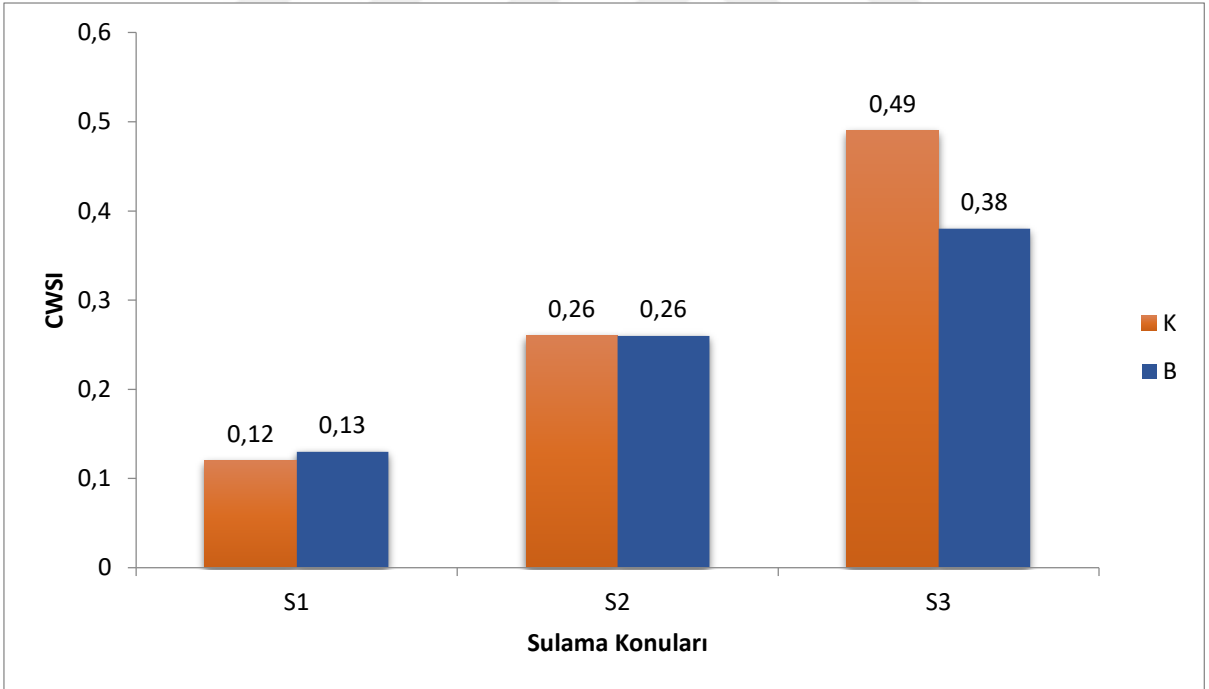
Şekil 4.8. BS₂ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



Şekil 4.9. BS₃ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



Şekil 4.10. Deneme konuları için mevsimlik ortalama CWSI değerleri



Şekil 4.11. Deneme konuları için sulama başlangıcındaki ortalama CWSI değerleri

4.5. Çim Çeşitlerinin Bazı Morfolojik Özellikleri ve Yüzey Kaplama Değerlerine İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde, deneme konularından elde edilen vejetasyon yüksekliği, kalite, yoğunluk renk, yeşil ot ve kuru ot verimlerine ilişkin sonuçlar tartışılmıştır.

4.5.1. Vejetasyon Yüksekliği

Serin ve sıcak iklim çim türlerinin vejetasyon yüksekliklerine ait değerler Çizelge 4.6'da görülmektedir. İlgili çizelgeden de izleneceği gibi, gerek çim türleri arasında gerekse sulama konuları arasında vejetasyon yüksekliği açısından farklılıklar olduğu gözlemlenmektedir. Sıcak iklim çiminde vejetasyon yükseklikleri 12,0 cm ile 10,5 cm arasında, serin iklim çim karışımında ise bu değerler 11,3 cm ile 9,8 cm arasında değişmiştir. Sulama konuları açısından bakıldığında ise her iki çim türünde de S₁ konularında en yüksek değerler elde edilmiştir.

Bu farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD (Least Significant Difference) testi sonuçları Çizelge 4.7 ve 4.8'de özetlenmiştir. Çizelge 4.7 incelendiğinde, bloklar arasında istatistiksel açıdan önemli düzeyde fark bulunmamış ancak türler arasında $p \leq 0,05$ ve kısıt düzeyleri arasında ise $p \leq 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar görülmüştür. TürxKısıt interaksyonu arasında istatistiksel açıdan önemli düzeyde fark bulunmamıştır. Çizelge 4.8'den görüleceği gibi çim türleri arasında sıcak iklim çimi, sulama konuları arasında ise S₁ konusu ilk grubu oluşturmuştur.

Çizelge 4. 6. Deneme konularına ilişkin vejetasyon yükseklikleri (cm)

Çim Türleri	Kısıt Düzeyi	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama
B	S ₁	12,1	11,7	12,3	12,0
	S ₂	11,3	10,8	11,4	11,2
	S ₃	10,4	10,7	10,3	10,5
K	S ₁	10,9	11,1	11,9	11,3
	S ₂	10,4	10,4	10,0	10,3
	S ₃	9,9	9,9	9,7	9,8

Çizelge 4. 7. Vejetasyon yüksekliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Tekrarlama	2	0.084	0.042	1.462 ns
Türler (T)	1	2.569	2.569	88.923*
Hata-1	2	0.058	0.029	
Kısıt düzeyi (KD)	2	7.048	3.524	27.341**
T*KD	2	0.054	0.027	0.211 ns
Hata	8	1.031	0.129	
Genel	17	10.844	0.638	

ns: önemsiz, *: 0.05 düzeyinde önemli, **: 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4. 8. Vejetasyon yüksekliklerine ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları

Çim Türleri (T)	Kısıt düzeyleri (KD)			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	12.033	11.167	10.467	11.222 a
K	11.300	10.267	9.833	10.467 b
Ortalama	11.667 a	10.717 b	10.150 b	
LSD	T: 0.345	KD: 0.695	T*KD: -	

4.5.2. Kalite

Deneme konuları için belirlenen kalite değerleri Çizelge 4.9'da görülmektedir. Çizelgeden görüleceği gibi, gerek çim türleri arasında gerekse sulama konuları arasında kalite açısından farklılıklar olduğu gözlemlenmektedir. Sıcak iklim çiminde kalite 8,3 ile 7,5 değerleri arasında değişirken, serin iklim çim karışımında bu değerler 7,7 ile 6,3 arasında değişmiştir. Sulama konuları açısından bakıldığında ise her iki çim türünde de S₁ konularında en yüksek değerler elde edilmiştir. Bilgili ve Açıkgoz (2005) 'ün belirttiği gibi çim bitkisinde kabul edilebilir kalite değeri en düşük 6'dır. Çizelge 4.9 dikkatlice incelendiğinde, serin iklim çim karışımında S₃ konusunun sınırın hemen üzerinde olduğu görülmektedir.

Elde edilen farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelge 4.10 incelendiğinde, bloklar arasında istatistiksel açıdan önemli düzeyde fark bulunmamış ancak türler arasında ve kısıt düzeyleri arasında $p \leq 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar görülürken, TürxKısıt interaksyonu arasında $p \leq 0,05$ düzeyinde önemli farklılık bulunmuştur. LSD testinden elde edilen sonuçlara bakıldığında sıcak iklim çiminin S₁ konusu ilk grubu oluştururken, S₂ konusu ikinci grubu oluşturmuştur. Serin iklim çim karışımının S₃ konusu ise sonuncu grupta

kalmıştır. Bu sonuçlara göre her iki çim çeşidinde kalite özellikleri açısından su kısıtından etkilenmiş bu etkileşim serin iklim çim karışımında daha fazla olmuştur.

Çizelge 4. 9. Deneme konularına ilişkin kalite değerleri

Çim Türleri	Kısıt Düzeyi	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama
B	S ₁	8,3	8,4	8,2	8,3
	S ₂	7,8	7,8	7,8	7,8
	S ₃	7,7	7,4	7,4	7,5
K	S ₁	7,5	7,7	7,9	7,7
	S ₂	7,1	7,0	7,2	7,1
	S ₃	6,5	6,2	6,2	6,3

Çizelge 4. 10. Kalite değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Tekrarlama	2	0.013	0.007	0.333 ns
Türler (T)	1	3.125	3.125	156.250**
Hata-1	2	0.040	0.020	
Kısıt düzeyi (KD)	2	3.630	1.815	77.786**
T*KD	2	0.310	0.155	6.643*
Hata	8	0.187	0.023	
Genel	17	7.305	0.430	

ns: önemsiz, *: 0.05 düzeyinde önemli, **: 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4. 11. Kalite değerlerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Çim Türleri (T)	Kısıt düzeyleri (KD)			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	8.300 a	7.800 b	7.500 c	7.867 a
K	7.700 bc	7.100 d	6.300 e	7.033 b
Ortalama	8.000 a	7.450 b	6.900 c	
LSD	T: 0.662 KD: 0.296 T*KD: 0.285			

4.5.3. Renk

Deneme konularına ilişkin renk değerleri Çizelge 4.12’de görülmektedir. Çizelge 4.12’den izleneceği gibi, çim türleri ve sulama konuları arasında renk açısından farklılıklar olduğu gözlemlenmektedir. Sıcak iklim çim türünde renk değerleri 6,4 ile 5,1 arasında değişirken serin iklim çim karışımında 6,6 ile 4,9 arasında değişmiştir. Sulama konuları açısından bakıldığında ise her iki çim çeşidinde de en yüksek değerler S₁ konularında, en düşük değerler ise S₃ konularında elde edilmiştir. Renk parametresinde kabul edilebilir en düşük değer 6’dır (Turgeon, 1999). Çizelge 4.12 incelendiğinde sıcak ve serin iklim çimlerinde S₂ ve S₃

konularında renk değerlerinin kabul edilebilir en düşük değer olan 6.0' dan daha düşük olduğu görülmektedir.

Değınilen farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.13 ve 4.14'te verilmiştir. Türler arasında önemli düzeyde fark bulunmamış ancak sulama konuları arasında istatistiksel açıdan $p \leq 0,01$ düzeyinde, Tür x Kısıt interaksyonu arasında ise $p \leq 0,05$ düzeyinde önemli farklar gözlemlenmiştir. LSD testi sonuçları incelendiğinde her iki çim türünün S₁ konusu ilk grubu oluştururken, sıcak iklim çim türünün S₂ konusu ikinci grubu oluşturmuştur. Bu sonuçlara göre tatmin edici bir yeşilin eldesi için serin iklim çiminde su kısıtı yapılamayacağı, sıcak iklim çiminde ise renk parametresinden biraz taviz verilerek 1/3 düzeyinde kısıt uygulanabileceği söylenebilir.

Çizelge 4. 12. Deneme konularına ilişkin renk değerleri

Çim Türleri	Kısıt Düzeyi	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama
B	S ₁	6,5	6,5	6,2	6,4
	S ₂	5,8	5,7	5,8	5,7
	S ₃	5,5	4,9	4,8	5,1
K	S ₁	6,5	6,6	6,7	6,6
	S ₂	5,5	5,2	5,5	5,4
	S ₃	4,9	4,8	4,9	4,9

Çizelge 4. 13. Renk değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Tekrarlama	2	0.093	0.047	0.750 ns
Türler (T)	1	0.067	0.067	1.080 ns
Hata-1	2	0.124	0.062	
Kısıt düzeyi (KD)	2	7.143	3.572	128.580**
T*KD	2	0.254	0.127	4.580*
Hata	8	0.222	0.028	
Genel	17	7.905	0.465	

ns: önemsiz, *: 0.05 düzeyinde önemli, **: 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4. 14. Renk değerlerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Çim Türleri (T)	Kısıt düzeyleri (KD)			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	6.400 a	5.767 b	5.067 d	5.744
K	6.600 a	5.400 c	4.867 d	5.622
Ortalama	6.500 a	5.583 b	4.967 c	
LSD	T: - KD: 0.323 T*KD: 0.315			

4.5.4. Yoğunluk

Araştırma alanındaki deneme konularına ait yoğunluk değerleri Çizelge 4.15' te verilmiştir. Ortalamalara bakıldığında, sıcak iklim çim türünde sulama konuları arasında fark gözlenmezken, serin iklim çimlerinde ise yoğunluk değerlerinin 8,0 ile 6,1 arasında değiştiği görülmektedir. Serin iklim çimlerinde en yüksek değer S₁ konusuna, en düşük değer ise S₃ konusunda izlenmiştir.

Farklı konuların parsellerdeki yoğunluk üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.16 ve 4.17'de görülmektedir. Çizelge 4.16 dikkatlice incelendiğinde, bloklar arasında önemli düzeyde bir farklılık bulunamamış ancak türler, sulama düzeyleri ve Tür x Kısıt interaksyonu arasında $p \leq 0,01$ düzeyinde önemli farklılık gözlenmiştir. Çizelge 4.17'den de izleneceği gibi, sıcak iklim çim türünde üç farklı sulama konusunda herhangi bir farklılık olmamış ve hepsi birinci grupta yer almıştır. Yılmaz vd. (2018)'nin belirttiği gibi çim çeşitlerinde kabul edilebilir en düşük yoğunluk değeri 7.0'dır. Serin iklim çim karışımında ise S₁ konusu ikinci, S₂ konusu üçüncü ve S₃ konusu da dördüncü grupta yer almıştır. Başka bir deyişle su kısıtı sıcak iklim çiminde yoğunluk üzerinde olumsuz bir etki oluşturmazken serin iklim çim karışımında çok etkili olmuştur.

Çizelge 4. 15. Deneme konularına ait yoğunluk değerleri

Çim Türleri	Kısıt Düzeyi	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama
B	S ₁	9,0	9,0	9,0	9,0
	S ₂	9,0	8,8	9,0	8,9
	S ₃	8,8	8,6	9,0	8,8
K	S ₁	8,0	8,1	7,9	8,0
	S ₂	7,5	7,2	7,2	7,3
	S ₃	6,2	6,0	6,1	6,1

Çizelge 4. 16. Yoğunluk değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Tekrarlama	2	0.054	0.027	1.000 ns
Türler (T)	1	14.222	14.222	522.449**
Hata-1	2	0.054	0.027	
Kısıt düzeyi (KD)	2	3.388	1.694	138.591**
T*KD	2	2.214	1.107	90.591**
Hata	8	0.098	0.012	
Genel	17	20.031	1.178	

ns: önemsiz, *: 0.05 düzeyinde önemli, **: 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4. 17. Yoğunluk değerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Çim Türleri (T)	Kısıt düzeyleri (KD)			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	9.000 a	8.933 a	8.800 a	8.911 a
K	8.000 b	7.300 c	6.100 d	7.133 b
Ortalama	8.500 a	8.117 b	7.450 c	
LSD	T: 0.772	KD: 0.214	T*KD: 0.300	

4.5.5. Yeşil Ot Verimi

Araştırmanın 3.3.5. bölümünde detaylı olarak açıklanan şekilde belirlenen yeşil ot verimleri Çizelge 4.18’de görülmektedir. Çizelgeden görüleceği gibi, sıcak iklim çim konularında yeşil ot verim değerleri 401,7 ile 235,6 g.m⁻² arasında değişirken, serin iklim çim konularında 116,8 ile 51,2 g.m⁻² arasında değişmiştir. Sulama konularına bakarak her iki çim türü içinde en yüksek değerlerin S₁ konusunda, en düşük değerlerin ise S₃ konusundan elde edildiği görülmektedir.

Gözlemlenen farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.19 ve Çizelge 4.20’ de verilmiştir. Çizelge 4.19’ dan görüleceği gibi, bloklar ve Tür x Kısıt interaksiyonu arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde fark bulunamamış ancak, çim türleri ve sulama konuları arasında p≤0,01 düzeyinde önemli farklılıklar gözlenmiştir. Çizelge 4.20’den izleneceği gibi çim türleri içerisinde sıcak iklim çim türü ve kısıt düzeyleri dikkate alındığında S₁ konusu ilk grubu oluşturmuştur. Yeşil alanların işletilmesinde elde edilen otun hiçbir ekonomik değeri yoktur ancak belirtmek gerekir ki, sıcak iklim çim çeşidinin toprak üstü aksamındaki kabalaşma ve ürettiği yeşil ot miktarı biçme işlemini önemli düzeyde güçleştirmiştir ve bu özellik saha mühendisleri tarafından dikkate alınmalıdır.

Çizelge 4. 18. Deneme konularına ilişkin yeşil ot verimi değerleri (g.m⁻²)

Çim Türleri	Kısıt Düzeyi	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama
B	S ₁	355,7	513,1	336,4	401,7
	S ₂	294,0	240,7	246,3	260,3
	S ₃	256,9	225,3	224,5	235,6
K	S ₁	116,5	96,5	137,3	116,8
	S ₂	94,1	92,6	68,7	85,1
	S ₃	37,0	46,3	70,2	51,2

Çizelge 4. 19. Yeşil ot verimine (g.m⁻²) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Tekrarlama	2	1435.330	717.665	0.376 ns
Türler (T)	1	207733.094	207733.094	108.699**
Hata-1	2	3822.188	1911.094	
Kısıt düzeyi (KD)	2	43552.963	21776.482	9.811**
T*KD	2	11123.508	5561.754	2.506 ns
Hata	8	17756.642	2219.580	
Genel	17	285423.725	16789.631	

ns: önemsiz, *: 0.05 düzeyinde önemli, **: 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4. 20. Yeşil ot verimine ilişkin ortalama değerler (g.m⁻²) ve önemlilik grupları

Çim Türleri (T)	Kısıt düzeyleri (KD)			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	401.733	260.333	235.567	299.211 a
K	116.767	85.133	51.167	84.356 b
Ortalama	259.250 a	172.733ab	143.367b	
LSD	T: 204.534	KD: 91.257	T*KD: -	

4.5.6. Kuru Ot Verimi

Deneme konuları için belirlenen kuru ot ağırlığı değerleri Çizelge 4.21' de verilmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi, çim türleri ve sulama konuları arasında kuru ot ağırlığı açısından önemli düzeyde farklılıklar olduğu görülmektedir. Sıcak iklim çim konularında kuru ot ağırlığı değerleri 192,7 ile 109,2 g.m⁻² arasında değişirken, serin iklim çim konularında 48,7 ile 29,6 g.m⁻² arasında değişmiştir. Sulama konularına göre değerlendirildiğinde her iki çim türü için en yüksek değerler S₁ konusunda, en düşük değerler ise S₃ konusundan elde edilmiştir.

Bu farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.22 ve 4.23'te özetlenmiştir. Bloklar arasında önemli düzeyde fark bulunmamış ancak, çim türleri ve sulama düzeyleri arasında p≤0,01, Tür x Kısıt interaksyonu arasında istatistiksel açıdan p≤0,05 düzeyinde önemli farklılıklar gözlenmiştir (Çizelge 4.22). Bu sonuçlar eşliğinde yapılan LSD testi gruplarına bakıldığında, çim türlerinde sıcak iklim çimi ve kısıt düzeyleri dikkate alındığında S₁ konusu ilk grubu oluşturmuştur. Bu sonuçlara göre sıcak iklim çimi kısıtlı sulama koşullarında bile serin iklim çim karışımına göre çok daha fazla kuru ot ürettiği ancak bu değerlerin yeşil alan işletmeciliğinde herhangi bir öneme sahip olmadığı söylenebilir.

Çizelge 4. 21. Deneme konularına ilişkin kuru ot verimi değerleri (g.m⁻²)

Çim Türleri	Kısıt Düzeyi	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama
B	S ₁	166,6	236,3	175,1	192,7
	S ₂	140,6	117,9	112,6	123,7
	S ₃	119,8	104,5	103,2	109,2
K	S ₁	50,4	42,2	53,5	48,7
	S ₂	47,6	57,3	40,0	48,3
	S ₃	19,3	24,2	45,1	29,6

Çizelge 4. 22. Kuru ot verimine (g.m⁻²) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Tekrarlama	2	248.281	124.141	0.415 ns
Türler (T)	1	44700.500	44700.500	149.359**
Hata-1	2	598.563	299.282	
Kısıt düzeyi (KD)	2	8230.534	4115.267	10.124**
T*KD	2	4429.043	2214.522	5.448*
Hata	8	3252.036	406.504	
Genel	17	61458.958	3615.233	

ns: önemsiz, *: 0.05 düzeyinde önemli, **: 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4. 23. Kuru ot verimine ilişkin ortalama değerler (g.m⁻²) ve önemlilik grupları

Çim Türleri (T)	Kısıt düzeyleri (KD)			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	192.667 a	123.700 b	109.167 b	141.844 a
K	48.700 c	48.300 c	29.533 c	42.178 b
Ortalama	120.683 a	86.000 ab	69.350 b	
LSD	T: 80.940	KD: 39.054	T*KD: 37.961	

4.6. Sulama Suyu Kullanım Randımanı ve Su Kullanım Randımanına İlişkin Sonuçlar

Serin ve sıcak iklim çim türlerinin sulama suyu kullanım randımanı ve su kullanım randımanına ilişkin sonuçlar ve istatistiksel olarak belirlenen önemlilik grupları aşağıda verilmiştir.

4.6.1. Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE)

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları, ölçülen bitki su tüketimi değerleri ve elde edilen yaş ot verimlerinin, eşitlik 3.32'de yerine konulması ile hesaplanan sulama suyu kullanım randımanı sonuçları Çizelge 4.24' te verilmiştir. Sıcak iklim çim türünde farklı sulama konuları için IWUE değerleri 0,86 ile 1,40 kg.da⁻¹.mm⁻¹ arasında

değişirken, serin iklim çim karışımındaki sulama konuları için 0,21 ile 0,26 kg.da⁻¹.mm⁻¹ arasında değişmiştir. Bu değerler sıcak iklim çiminin sulama suyunu çok daha etkili biçimde kullandığını göstermektedir. Sulama konuları açısından bakıldığında ise, her iki çim türünün en yüksek değerlerin S₃ konularında, en düşük değerlerin ise sıcak iklim çim türünde S₂ konusunda, serin iklim çim türünde ise S₁ konusunda olduğu görülmektedir. Bu bulgularda uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça bitkinin bunu çok daha etkin olarak kullandığını göstermektedir.

Bu farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.25 ve 4.26'da özetlenmiştir. Çim türleri, sulama düzeyleri ve Tür x Kısıt interaksiyonu arasında istatistiksel açıdan p≤0,01 düzeyinde önemli farklılıklar gözlenmiştir (Çizelge 4.25). Çizelge 4.26'dan görüleceği gibi sıcak iklim çiminin S₃ konusu en yüksek grupta yer alırken serin iklim çim karışımının tüm konuları sonuncu grupta kalmıştır. Bu sonuçlara göre sıcak iklim çiminin sulama suyunu çok daha etkin kullandığı ve kısıttan etkilendiği serin iklim çim karışımının ise kısıt düzeyinden etkilenmeksizin daha düşük bir sulama suyu kullanım randımanını sergilediği görülmektedir.

Çizelge 4. 24. Sulama suyu kullanım randımanını (IWUE) ortalama değerleri (kg.da⁻¹.mm⁻¹)

Çim Türleri	Kısıt Düzeyi	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama
B	S ₁	0,77	1,10	0,72	0,86
	S ₂	0,93	0,76	0,78	0,82
	S ₃	1,53	1,34	1,34	1,40
K	S ₁	0,21	0,17	0,25	0,21
	S ₂	0,25	0,25	0,18	0,23
	S ₃	0,19	0,24	0,36	0,26

Çizelge 4. 25. Sulama suyu kullanım randımanına (kg.da⁻¹.mm⁻¹) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Tekrarlama	2	0.006	0.003	0.222 ns
Türler (T)	1	2.856	2.856	196.743**
Hata-1	2	0.029	0.015	
Kısıt düzeyi (KD)	2	0.366	0.183	12.986**
T*SD	2	0.268	0.134	9.485**
Hata	8	0.113	0.014	
Genel	17	3.638	0.214	

ns: önemsiz, *: 0.05 düzeyinde önemli, **: 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4. 26. Sulama suyu kullanım randımanı değerlerine ilişkin ortalama değerler (kg.da⁻¹.mm⁻¹) ve önemlilik grupları

Çim Türleri (T)	Kısıt düzeyleri (KD)			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	0.863 b	0.823 b	1.403 a	1.030 a
K	0.210 c	0.227 c	0.263 c	0.233 b
Ortalama	0.537 b	0.525 b	0.833 a	
LSD	T: 0.564	KD: 0.230	T*KD: 0.324	

4.6.2. Su Kullanım Randımanı (WUE)

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları, hesaplanan bitki su tüketimi değerleri ve elde edilen birim alan verimlerinin, eşitlik 3.33'de yerine konulması ile hesaplanan su kullanım randımanı sonuçları Çizelge 4.27'de verilmiştir. Sıcak iklim çim konularında WUE değerleri 0,57 ile 0,49 kg.da⁻¹.mm⁻¹ arasında değişirken serin iklim çim karışımının konularında bu değerler 0,15 ile 0,12 kg.da⁻¹.mm⁻¹ arasında değişmiştir. Sulama konuları açısından bakıldığında ise sıcak iklim çim türünde S₁, serin iklim çim türlerinde ise S₂ konularında en yüksek değerler, sıcak iklim çim türünde S₂, serin iklim çim türlerinde ise S₃ konularında en düşük değerler elde edilmiştir.

Bu farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.28 ve 4.29'da özetlenmiştir. Kısıt düzeyleri ve Tür x Kısıt interaksyonu arasında önemli düzeyde fark bulunmamış ancak, çim türleri arasında istatistiksel açıdan p≤0,01 düzeyinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir (Çizelge 4.28). LSD testi sonuçlarına göre sıcak iklim çiminin tüm konuları serin iklim çimlerine göre, daha etkin bir su kullanım randımanı sergilemiştir.

Çizelge 4. 27. Su kullanım randımanı (WUE) ortalama değerleri (kg.da⁻¹.mm⁻¹)

Çim Türleri	Kısıt Düzeyi	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama
B	S ₁	0,50	0,73	0,48	0,57
	S ₂	0,55	0,45	0,46	0,49
	S ₃	0,57	0,50	0,50	0,52
K	S ₁	0,14	0,12	0,17	0,14
	S ₂	0,17	0,17	0,12	0,15
	S ₃	0,09	0,11	0,17	0,12

Çizelge 4. 28. Su kullanım randımanına ($\text{kg}\cdot\text{da}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri
Tekrarlama	2	0.003	0.001	0.333 ns
Türler (T)	1	0.673	0.673	160.190**
Hata-1	2	0.008	0.004	
Kısıt düzeyi (KD)	2	0.005	0.002	0.457 ns
T*KD	2	0.007	0.003	0.643 ns
Hata	8	0.043	0.005	
Genel	17	0.739	0.043	

ns: önemsiz, *: 0.05 düzeyinde önemli, **: 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4. 29. Su kullanım randımanına ilişkin ortalama değerler ($\text{kg}\cdot\text{da}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$) ve önemlilik grupları

Çim Türleri (T)	Kısıt düzeyleri (KD)			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	0.570	0.487	0.523	0.527 a
K	0.143	0.153	0.123	0.140 b
Ortalama	0.357	0.320	0.323	
LSD	T: 0.303	KD: -	T*KD: -	

4.7. Uygun Bitki Su Tüketimi Tahmin Eşitliği ve Bitki Katsayısı Eğrileri

Deneme süresince iki farklı çim türü için her bir sulama konusundan elde edilen günlük ve mevsimlik bitki su tüketim değerleri Çizelge 4.30'da verilmiştir. Ayrıca, on günlük periyotlar için deneme alanında yer alan otomatik meteoroloji istasyonundan alınan iklim elemanlarından yararlanılarak, A sınıfı kap buharlaşması yönteminin FAO modifikasyonu (A-FAO), Blaney-Cridde yöntemi (B-C), Jensen-Haise yöntemi (J-H), Penman yöntemin FAO modifikasyonu (P-FAO) ve Penman-Monteith yöntemi (P-M) ile referans bitki su tüketimi değerleri hesaplanmıştır. Her iki çim türünün S₁ konusundan elde edilen günlük bitki su tüketimi değerleri (ET_c) ve farklı yöntemlerle hesaplanan referans bitki su tüketimi değerleri (ET_o) Çizelge 4.30'da verilmiştir.

Uygun bitki su tüketimi tahmin eşitliğinin belirlenmesinde ilk değerlendirme, ölçülen bitki su tüketimi değerleri ile değinilen tahmin eşitlikleri kullanılarak hesaplanan referans bitki su tüketim değerleri arasındaki farkların kareler toplamı alınarak yapılmıştır. İkinci değerlendirmede referans bitki su tüketiminin gerçek bitki su tüketimini karşılama yüzdesi (%ET), 100'e en yakın olan değerlere bakılmıştır. Üçüncü değerlendirmede ise ölçülen bitki su tüketimleri ile hesaplanan referans bitki su tüketimleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayısı dikkate alınmıştır. Hesaplanan değerler ve sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir.

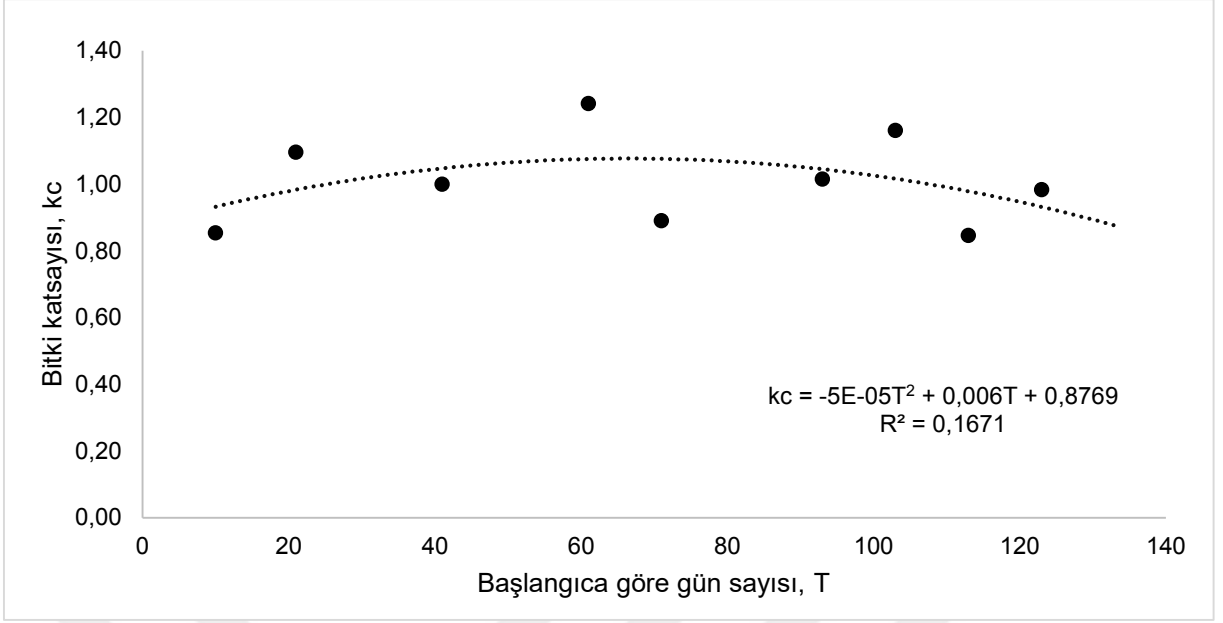
Çizelge 4. 30. Ölçülen bitki su tüketimi (ETc) ve bazı yöntemlerle hesaplanan referens bitki su tüketimi (ETo) değerleri

Deneme Konusu	Periyot	Ölçülen Bitki Su Tüketimleri (mm/gün)	Farklı Yöntemlerle hesaplanan referens bitki su tüketimi Eto (mm/gün)				
			B-C	A-FAO	P-FAO	P-M	J-H
KS ₁	20.5-29.5	3,5	4,1	2,4	4,6	3,1	2,6
	30.5-09.6	5,7	5,2	3,1	5,7	3,9	3,7
	10.6-19.6	4,0	5,8	3,6	6,0	4,4	4,0
	20.6-29.6	6,2	6,2	4,6	6,4	4,6	4,4
	30.6-09.7	5,2	6,5	6,8	7,3	5,3	5,2
	10.7-19.7	7,2	5,8	6,2	7,0	4,9	4,7
	20.7-29.7	5,7	6,4	6,3	7,5	5,2	5,1
	30.7-09.8	6,1	7,5	7,0	7,0	5,1	4,7
	10.8-20.8	6,6	6,5	6,2	6,8	4,9	4,4
	21.8-30.8	6,5	5,6	5,3	6,5	4,8	4,3
	31.8-09.9	5,5	6,5	4,6	5,5	4,1	3,8
	10.9-19.9	5,9	6,0	4,8	5,1	3,9	3,2
	20.9-29.9	7,1	4,3	3,6	3,9	3,0	2,7
BS ₁	20.5-29.5	3,3	4,1	2,4	4,6	3,1	2,6
	30.5-09.6	3,0	5,2	3,1	5,7	3,9	3,7
	10.6-19.6	2,7	5,8	3,6	6,0	4,4	4,0
	20.6-29.6	4,6	6,2	4,6	6,4	4,6	4,4
	30.6-09.7	2,5	6,5	6,8	7,3	5,3	5,2
	10.7-19.7	4,8	5,8	6,2	7,0	4,9	4,7
	20.7-29.7	4,5	6,4	6,3	7,5	5,2	5,1
	30.7-09.8	5,4	7,5	7,0	7,0	5,1	4,7
	10.8-20.8	5,0	6,5	6,2	6,8	4,9	4,4
	21.8-30.8	5,7	5,6	5,3	6,5	4,8	4,3
	31.8-09.9	4,7	6,5	4,6	5,5	4,1	3,8
	10.9-19.9	4,8	6,0	4,8	5,1	3,9	3,2
	20.9-29.9	5,2	4,3	3,6	3,9	3,0	2,7

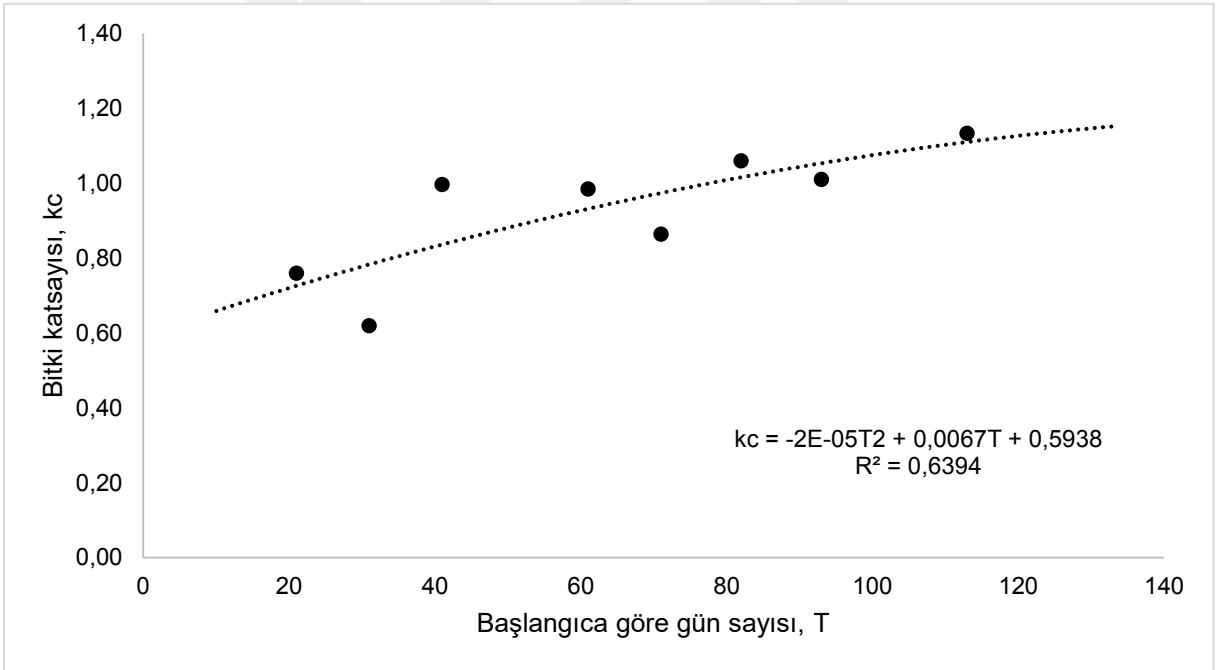
Çizelge 4. 31. Ölçülen bitki su tüketimi (ETc) ile referens bitki su tüketimi (ETo) arasındaki istatistiksel ilişkiler

Deneme Konusu	Tahmin Yöntemi	Farkların kareler toplamı	Mevsimlik bitki su tüketimini karşılama yüzdesi	Korelasyon katsayısı
KS₁	B-C	1,51	102	0,20
	A-FAO	2,40	86	0,47
	P-FAO	1,90	105	0,17
	P-M	3,13	76	0,24
	J-H	4,32	70	0,23
BS₁	B-C	3,88	136	0,21
	A-FAO	2,48	115	0,35
	P-FAO	5,30	141	0,01
	P-M	1,43	102	0,10
	J-H	1,79	94	0,00

Yöre koşullarında en düşük farklar kareler toplamı, serin iklim çim karışımında Blaney-Cridde (B-C), sıcak iklim çiminde ise Penman-Monteith yönteminde (P-M) saptanmıştır. Bu yöntemler için, kc bitki katsayı eğrisi bitki su tüketiminin elde edildiği periyodun başlangıcı olan gün sayısının bir işlevi biçiminde eşitlikleriyle birlikte belirlenmiştir (Şekil 4.11 ve Şekil 4.12). Anılan şekillerden görüleceği gibi serin iklim çim karışımında mevsimlik maksimum kc değeri 1,08, sıcak iklim çiminde ise 1,10 olarak saptanmıştır. Mevsimlik ortalama kc'lere bakıldığında serin iklim çiminde 1,00, sıcak iklim çiminde 1,01 değerleri görülmüştür (Çizelge 4.32). Bu sonuçlar ülkemizde ve dünyada daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir (Orta, 2017; Şahin ve Kara, 2005).



Şekil 4.12. Blaney-Cridde yöntemi için serin iklim çim karışım türünde kc katsayısı eğrisi



Şekil 4.13. Penman-Monteith yöntemi için sıcak iklim çim türünde kc katsayısı eğrisi

Çizelge 4. 32. Bitki su tüketimi tahmin eşitlikleri için elde edilen kc bitki katsayıları ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip bitki katsayısı eşitlikleri

Konu	Başlangıca olan gün sayısı, T	Bitki katsayısı, kc				
		B-C	A-FAO	P-FAO	P-M	J-H
KS ₁	10	0,85	1,45	0,76	1,11	1,37
	21	1,10	1,84	1,00	1,44	1,53
	31	0,69	1,11	0,66	0,92	1,00
	41	1,00	1,34	0,97	1,34	1,40
	51	0,80	0,76	0,71	0,99	1,00
	61	1,24	1,16	1,04	1,48	1,54
	71	0,89	0,90	0,76	1,09	1,11
	82	0,81	0,88	0,87	1,20	1,31
	93	1,02	1,07	0,97	1,33	1,51
	103	1,16	1,23	1,01	1,36	1,51
	113	0,85	1,20	1,00	1,33	1,45
	123	0,98	1,22	1,16	1,50	1,82
	133	1,65	1,97	1,82	2,37	2,67
	Mevsimlik ortalamalar	1,00	1,24	0,98	1,34	1,48
	Eşitlik	$kc = -5E-05T^2 + 0,006T + 0,8769$	$kc = 0,0002T^2 - 0,0293T + 1,98$	$kc = 0,0001T^2 - 0,01T + 1,0135$	$kc = 0,0001T^2 - 0,0128T + 1,427$	$kc = 0,0002T^2 - 0,0197T + 1,6827$
Korelasyon	0,41	0,79	0,81	0,76	0,84	
BS ₁	10	0,80	1,37	0,72	1,05	1,29
	21	0,58	0,97	0,52	0,76	0,81
	31	0,47	0,75	0,45	0,62	0,67
	41	0,74	0,99	0,72	1,00	1,04
	51	0,38	0,37	0,34	0,48	0,48
	61	0,83	0,77	0,69	0,98	1,03
	71	0,70	0,71	0,60	0,86	0,88
	82	0,72	0,78	0,77	1,06	1,16
	93	0,77	0,81	0,73	1,01	1,14
	103	1,02	1,08	0,88	1,19	1,32
	113	0,72	1,02	0,85	1,13	1,24
	123	0,80	0,99	0,94	1,22	1,48
	133	1,21	1,44	1,33	1,82	1,95
	Mevsimlik ortalamalar	0,75	0,93	0,73	1,01	1,11
	Eşitlik	$kc = 6E-05T^2 - 0,0047T + 0,7214$	$kc = 0,0002T^2 - 0,0224T + 1,4303$	$kc = 8E-05T^2 - 0,0075T + 0,7113$	$kc = -2E-05T^2 + 0,0067T + 0,5938$	$kc = 0,0002T^2 - 0,0154T + 1,2166$
Korelasyon	0,70	0,82	0,88	0,80	0,86	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Trakya yöresinde serin ve sıcak iklim çimlerinin toprak altı damla sulama yöntemi altındaki bitki su tüketimleri ve sulama suyu ihtiyaçlarının belirlenmesi, kısıtlı sulamaya verdikleri tepkilerin ölçülerek kıyaslanması ve sonuçta, yeşil alanlarda kullanılan serin ve sıcak iklim çimleri için en uygun sulama suyu miktarlarını saptayarak su tasarrufu için gereken bilgileri ortaya koymak amacıyla yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar ve bu sonuçlara dayanarak yapılan öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Deneme süresince serin iklim çimlerine 28 sulama yapılmış ve bu süre içerisinde S₁ konusuna toplam 559,9 mm, S₂ konusuna 377,9 mm, S₃ konusuna 196,5 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sıcak iklim çimine (Bermudagrass) ise sezon boyunca 23 sulama yapılmış ve deneme süresince S₁ konusuna 464,8 mm, S₂ konusuna 316,0 mm, S₃ konusuna 167,7 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sonuçlar, uygulanan sulama sayıları ve toplam sulama suyu miktarları açısından karşılaştırıldığında, sıcak iklim çimine daha az sayıda sulama ile ortalama %16 daha az sulama suyu uygulandığı belirlenmiştir. Her iki çim çeşidinin de deneme süresince (Mayıs-Haziran-Temmuz-Ağustos-Eylül) toplam bitki su tüketimi serin iklim çim karışımında, 771,2 mm ile 413,9 mm, günlük bitki su tüketimleri 5,8 mm.gün⁻¹ ile 3,1 mm.gün⁻¹, sıcak iklim çiminde ise; toplam bitki su tüketimi 575,4 mm ile 451,0 mm, günlük bitki su tüketimleri 4,3 mm.gün⁻¹ ile 3,4 mm.gün⁻¹ arasında değişmiştir. Deneme süresince su kısıtının yapılmadığı S₁ konularında elde edilen bitki su tüketimi değerleri serin iklim çim karışımında, sıcak iklim çimine göre %34 daha fazla olduğu gözlenmiştir. Benzer bir çalışma Şahin ve Kara (2005) tarafından Konya koşullarında gerçekleştirmiş ve sonuçta Mayıs-Ekim aylarını kapsayan sulama döneminde çim bitkisi su tüketimi; normal sulamada 771 mm, kısıtlı sulamalarda ise sırası ile; 657, 563 ve 459 mm olarak belirlenmiştir. Normal sulama koşullarında deneme ile bulunan günlük su tüketimine en yakın değerleri, meteorolojik verilere dayalı hesap yöntemlerinden Penman-Monteith (P-M) yönteminin verdiğini saptamışlar ve bitki katsayısı (kc) değerlerini 0.91-1.01 arasında bulmuşlardır.

Yöre koşullarında sulama çalışması için oldukça uygun geçen kurak ve sıcak bir yaz dönemi boyunca, toprak altı damla sulama yöntemi altında su kısıtına karşı gösterdikleri tepkiler açısından denenen serin ve sıcak iklim çim türleri arasında gelişim ve kalite özellikleri açısından istatistiksel olarak önemli farklar belirlenmiştir. Bu amaçla yapılan gözlemler ve ölçümler sonucunda, en kritik faktörün renk olduğu ve kabul edilebilir sınır olan 6 değerini her iki çim çeşidinde de sadece S₁ konularında yakalanabildiği görülmüştür. Anılan

parametrede bir miktar tavizkar olmak koşulu ile her iki çim çeşidinde de S₂ konularının önerilebileceği başka bir deyişle su kısıtı yapılmayan konuya göre %33 oranında su tasarrufu sağlanacağı söylenebilir. Bu durumda sadece S₁ konularında gözlenen etkili kök bölgesi altına oluşan derine sızmaların da giderilebileceği ve su uygulama randımanının artacağı açıktır. Farklı bir çalışmada Baştuğ ve Büyüктаş (2003), Akdeniz iklim kuşağında yetiştirilen golf sahalarındaki çim bitkisine dört farklı sulama suyu miktarı uygulayarak, bitki su tüketimi ve en ekonomik sulama düzeyini belirlemeyi amaçladıkları deneme sonucunda, %75 düzeyinin sulama suyu için yeterli olacağı sonucuna varmışlar ve araştırmanın yapıldığı golf sahasında %15 düzeyinde su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir.

Deneme koşullarında elde edilen A sınıfı kaptan olan buharlaşma miktarları ile uygulanan sulama suyu miktarları karşılaştırılarak kurulan ilişkide; serin iklim çim karışımında ortalama 4 gün ara ile A sınıfı kaptan olan toplam buharlaşmanın %70'i sıcak iklim çiminde ise ortalama 6 gün ara ile A sınıfı kaptan olan toplam buharlaşma miktarının %40'ı uygulanarak sulamaların yönetilebileceği görülmüştür. Ayanoğlu ve Orta (2019) yürüttükleri deneme sonucunda, serin iklim çim karışımında ortalama 5 gün ara ile A sınıfı kaptan olan toplam buharlaşmanın %60'ı sıcak iklim çiminde ise ortalama 10 gün ara ile A sınıfı kaptan olan toplam buharlaşmanın yaklaşık %30'u kadar sulama suyu uygulanarak sulamaların yönetilebileceğini saptamışlardır.

Sulama zamanı planlanmasında kullanılan yöntemlerden biri olan CWSI değerlerine bakıldığında her iki çim çeşidinde de su kısıtı uygulanmayan S₁ konularında 0,12-0,13, su kısıtı önerilen S₂ konularında 0,26 eşik değerine ulaşıldığında sulamalara başlanabileceği görülmüştür. Emekli vd. (2007), Antalya koşullarında bermudagrass çim çeşidini sulamaya başlamak için CWSI değerinin 0,10 olması gerektiğini belirtmiştir. (Bijan-zadeh vd., 2013), Shiraz-İran koşullarında bermudagrass çim bitkisinin kalitesini korumak için mevsimlik ortalama CWSI değerini 0,15 olarak saptamıştır. Sonuçlardan görüldüğü gibi, elde edilen CWSI değerleri farklı yörelerde belirlenen değerler ile çok yakın bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Açıköz, E. (1993). Çim Alanlar Yapım ve Bakım Tekniği. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Çevre Peyzaj Mimarlığı Ltd. Sti., No: 4, 203s, Bursa.
- Alagöz, M. ve Türk, M. (2017). Isparta Ekolojik Koşullarında Bazı Buğdaygil Çim Bitkileri ve Karışımlarının Çim Alan Performanslarının Belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12 (2): 30-39.
- Alderfasi, A.A. and Nielsen, D. (2001). Use of Water Stress Index for Monitoring Water Status and Scheduling Irrigation in Wheat. *Agricultural Water Management*, 47:69-75.
- Al-Faraj, A., Meyer, G.E., ve Horst, G.L. (2001). A Crop Water Stress Index for Tall Fescue (*Festuca arundinacea schreb.*) Irrigation Decision-making a Traditional Method. *Computers and Electronics in Agriculture*, 31(2):107-124.
- Altan, S. (1989). Peyzaj Mimarlığı Yerörtücüleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Alves, I. ve Pereira, L.S. (2000). NonWater-stressed Baselines for Irrigation Scheduling with Infrared Thermometers, *A New Approach. Irrig. Sci.*, 19: 101-106.
- Anonim (2021). Florya Meteoroloji İstasyonu Uzun Yıllar Ortalamaları. Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü, Tekirdağ.
- Arslan, D. (2010). *Tekirdağ Sahil Kuşağında Bazı Buğdaygil Çim Bitkileri ve Karışımlarının Yeşil Alan Performanslarının Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Arslan, M. ve Çakmakçı, S. (2004). Farklı Çim Tür ve Çeşitlerinin Antalya İli Sahil Koşullarında Adaptasyon Yeteneklerinin ve Performanslarının Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi* 17(1): 31-41.
- Arslan, S., Ayan, İ. ve Acar, Z. (2020). Serin İklim Yeşil Alan Bitkilerinin Samsun Koşullarında Uyum, Kalite ve Devamlılık Özellikleri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3):2216,2020.
- Avcıoğlu, R. (1997). Çim Tekniği, Yeşil Alanların Ekimi, Dikimi ve Bakımı. *Ege Üniversitesi, Matbaası, 271s*, Bornova/İzmir.

- Avcioğlu, R., Geren, H. (2012). Bazı Sıcak İklim Çim Buğdaygillerinin Akdeniz İklimindeki Performansları Üzerine Araştırmalar. *Anadolu Journal of Aegean Agricultural Research Institute*, 22(1): 1-17, Mara.
- Ayanoğlu, H. ve Orta, A.H. (2019). Toprak Altı Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Serin ve Sıcak İklim Çimlerinde Sulama Zamanı Planlaması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16 (3), 362-381, Tekirdağ.
- Ayyıldız, M. (1990). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1196, Ankara.
- Barış, M.E. (2007). Kuraklık Peyzajı, ‘Sarıya Bezenen Kentlerimizi Kimler Ve Nasıl Yeniden Yeşertebilir?’. Peyzaj Mimarlığı Odası Genel Merkezi. www.peyzajmimoda.org.tr. (erişim tarihi,10.11.2007).
- Baştuğ, R. ve Büyüктаş, D. (2003). The Effects of Different Irrigation Levels Applied in Golf Courses on Some Quality Characteristics of Turfgrass. *Irrig. Sci.*, 23, 87-93.
- Bayramoğlu, E., Ertek, A. ve Demirel, Ö. (2013). Su Tasarrufu Amacıyla Peyzaj Mimarlığı Uygulamalarında Kısıntılı Sulama Yaklaşımı. *İnönü Üniversitesi Güzel Sanatlar ve Tasarım Dergisi*, ISSN: 1309-9876 E-ISSN: 1309-9884, 7(3):45-53.
- Beard, J. (1998). The origins of turfgrass species. *Golf Course Management*, 66(3), 49-55.
- Benami, A. ve Diskin M.H. (1965). Design of Sprinkling Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering Publication 23. *Technicon, Israel Institute of Tecnology*, 1-165, Haifa, Israel.
- Berk, Y. ve Efe, E. (1995). Araştırma ve Deneme Metodları. *Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı*, No:71, Adana.
- Bezirgan, S. (2018). *Yağmurlama Sulama Yöntemi ile Sulanan Serin ve Sıcak İklim Çimlerinde Sulama Zamanı Planlanması* (Yüksek Lisans Tezi) Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Bijanzadeh, E., Naderi, R., and Emam, Y. (2013). Determination of Crop Water Stress Index for Irrigation Scheduling of Turfgrass (*Cynodon dactylon* L . Pers .) under Drought Conditions. *Journal of Plant Physiology and Breeding*, 3(2), 13–22.

- Bilgili, U. (2002). *Futbol sahası çim karışımlarında çignenme ve azotlu gübrelemenin bitki gelişimi ve çim kalitesine etkileri*, (Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa.
- Bilgili, U. ve Açıkgöz, E. (2005). Year-round nitrogen fertilization effects on growth and quality of sports turf mixtures. *J. Plant Nutri.* 28:299-307.
- Bilgili, U., Zere, S. ve Yönter, F. (2017). Farklı Azot Dozlarının Bermuda Çimi (*Cynodon sp.*)'nin Gelişimi ve Çim Kalitesi Üzerine Etkileri, Araştırma Makalesi, *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 20 (Özel Sayı), 52-59, 2017.
- Blake, G.R. (1965). Bulk Density. *Methods of Soil Analysis*. Agron 9. *Am. Soc. Agron.*, Madison, WI, pp. 374-90.
- Borup, M. B., and J. Tyau. 2003. Wastewater reuse in Laie, Hawaii. In *Proc. 4th International Symposium on Wastewater Reclamation and Reuse*, Paper 19. International Water Association.
- Brede, A.D. and Duich, J.M. (1984). Establishment Characteristics of Kentucky Bluegrass-Perennial Ryegrass Turf Mixtures Affected by Seeding Rate and Ratio. *Argonomy Journal*, 76: 875-879.
- Burman, R. D., Nixon, P.R., Wright, J.L. and Pruitt, W.O. (1983). Water requirements. "Ed. M.E. Jensen, *Design and Operation of Farm Irrigation Systems*", p.189-232, ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 49085.
- Carrow, R.N., Shearman, R.C. ve Watsoni, J.R. (1990). Turfgrass in: *Irrigation of Agricultural Crops* (B.A. Stewart and D.R. Neilsen. Co-editors), Madison, Wisconsin, 889- 919, USA.
- Carus, İ. (2019). *Şanlıurfa Yöresinde Çim Bitkisi Yetiştiriciliğinde Toprak Altı Damla Sulama Sistemlerinin Kullanılabilir Olanakları*, (Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Chevallier, C., Corbet, M. and Guérin, J.P. (1981). Use of low-density materials as substratum for concrete platform with subirrigation. In: R.W. Sheard (ed.), *Proceedings of the Fourth International Turfgrass Research Conference*, University of Guelph, Canada, p. 233-240.
- Christians, N. (2004). *Fundamentals of Turfgrass Management*. John Wiley and Sons, NJ, USA, 359 p.

- Deniz, T.U. (2018). *Bazı Serin İklim Çim Türlerine Ait Yeni Çeşitlerin Akdeniz İklim Koşullarındaki Performanslarının Değerlendirilmesi Üzerine Bir Araştırma*, (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Doorenbos J. and Pruitt, W. (1977). Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Drainage, No:24, *Food and Agriculture organization of the United Nations*, 144pp, Rome.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları II). *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları* 1021, Ankara.
- Elçi, Ş. (2005). Baklagil ve buğdaygil yem bitkileri, *Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı*, Ankara, 375-395.
- Emekli, Y. ve Baştuğ, R. (2007). Antalya’da Tarla Koşullarında Bermuda Çiminin Su Tüketimi ve Bazı Kıyas Bitki Su Tüketimi Eşitliklerinin Geçerliliğinin Belirlenmesi. *Akdeniz Üni. Ziraat Fak. Dergisi*, 20(1): 45-57.
- Emekli, Y., Baştuğ, R., Büyüктаş, D. ve Emekli, N.Y. (2007). Evaluation of a Crop Water Stress Index for Irrigation Scheduling of Bermudagrass. *Agricultural Water Management*, 90: 205-212.
- Emmons, R. (2000). Warm Season Grasses. *Turfgrass science and management. 3rd Edition. Delmar Publishers, Albany, NY, USA.*
- Evet, S., Howell A.T., Steiner, J.L., and Cresap, L.L. (1993). Management of Irrigation and Drainage, *Div/ASCE, Utah.*
- Fluke Comp. (2005). Fluke 574 Precision Infrared Thermometer Users Manual, (March). Retrieved from https://www.instrumart.com/assets/Fluke_574_Manual.pdf
- Gardner, B.R. ve Shock, C.C. (1989). Interpreting the Crop Water Stress Index. *ASAE*, Paper no. 89-2642.
- Gardner, B.R., Nielsen, D.C. ve Shock, C.C. (1992). Infrared Thermometer and the Crop Water Stress Index, II. Sampling Procedures and Interpretation. *Journal of Production Agric.*, 5(4): 466-475.

- Gençel, B. (2009). *İkinci Ürün Mısır Bitkisinde Bitki Su Stresi İndeksini (CWSI) Kullanarak Uygulanacak Sulama Suyu Miktarının Kestirimi* (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü 91s. Adana.
- Goldberg, D., Gornat, B., Rimon, D. (1976). Drip Irrigation. Drip irr. sci. publ., 295p, Kfar Sharyahu - Israel.
- Güngör Y (2005). Otomatik Sulama Sistemleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1443, Ders Kitabı: 424s*, Ankara.
- Güngör, Y. ve Yıldırım, O. (1989). Tarla Sulama Sistemleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 1155, 371s*, Ankara.
- Gürbüz, E., (2010). *Antalya Bölgesinde Bazı Sıcak İklim Çim Türlerinde Renk Kaybının Önlenmesine Sonbahar Azot (N) Gübrelenmesinin Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı, Adana.
- Howell, T.A., Cuenca, R.H. and Solomon, K.H. (1990). Crop Yield Response. *Management of Farm Irrigation Systems*”(ed. Hoffman et al.). *ASAE*, 311-312.
- Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter, P.J., Jr. (1981). Normalizing the Stress- Degree-Day Parameter for Environmental Variability, *Agric. Meteorol.*, 24: 45-55., 1981.
- İnce, E. (2010). *Bazı Çim Türlerinin Farklı Sulama Uygulamalarına Tepkileri Üzerine Bir Araştırma*. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J., Pinter, P.J., Jr. (1981). Canopy Temperature as a Crop Water Stress Indicator. *Water Resour. Res.*, 17: 1133-1138., 1981.
- Jackson, R.D., Pinter, Jr., Reginato, R.J., Idso, S.B. (1980). Hand - held Radiometry. A Set of Notes Developed for Use at the Workshop on Hand-held Radiometry. *Phoenix, Ariz.*, February 25 –26, 1980.
- Jackson, RD. (1982). Canopy Temperature and Crop Water Stress. *Advances in Irrigation*. Edited by Daniel Hillel. *Academic Press* 1: 43-85. New York. London.
- Jalali-Farahani, H.R., Slack, D.C., Kopec, D.M. ve Matthias, A.D., (1993). Crop Water-Stress Index Models For Bermudagrass Turf - A Comparison. *Agronomy J.*, 85(6): 1210-1217
- Jensen, M. E., Burman, R.D. and Ailen, R.G. (1990). Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. *ASCE*, 345 East 47 th Street, New York 10017-2398, 332 p.

- Jensen, M.E., (1973). Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements. *ASCE Irrigation and Drain. Div.* New York, 215pp.
- Kanber, R. (1997). Sulama. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın No:174, Ders Kitapları Yayın No:52, 530ss Adana.
- Kanber, R., Yazar, A., Köksal, H., Oğuzer, V. (1992). Evapotranspiration of Grapefruit in the Eastern Editerranean Region of Turkey. *Sci. Hort.*, 52, 53-62.
- Karagüzel, O., Sever Mutlu, S., Mutlu, N., Gülşen, O., Gürbüz, E. ve Hocagil, M.M. (2009). Bermuda Çimi [*Cynodon dactylon* (L.) Pers var, *dactylon*] Genotiplerinin Toplanması, Çim Bitkileri Özellikleri Bakımından Değerlendirilmesi ve Moleküler Karakterizasyonlarının Yapılması ve Alternatif Sıcak İklim Çim Türlerinin Akdeniz Bölgesi Şartlarında *Cynodon dactylon* ile Performanslarının Karşılaştırılması. *TÜBİTAK* Proje No: 105 O 586 Sonuç Raporu, Antalya.
- Koçak, M., (2019). *Yalın ve Karışık Ekilen Bazı Buğdaygil Çim Bitkilerinin Yeşil Alan Performansları: Tekirdağ/Sultanköy Örneği*, (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Korkut BA (2007). Çim Bitkileri ve Genel Özellikleri. Ders notları. Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- Kumral, N. A., Bilgili U. ve Açıköz, E. (2012). Türkiye’de yeni bir çim zararlısı, *Dorcadion pseudopreissi* (Coleoptera: Cerambycidae), biyo-ekolojisi, popüasyon dalgalanması ve farklı çim türlerindeki zararı. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 36(1): 123–133.
- Kuşvuran, A. ve Tansı, V. (2009). *Çukurova koşullarına uygun çim tür ve karışımlarının belirlenmesi ve performanslarının saptanması* (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Kuyumcu, S. (2021). *Yağmurlama Sulama Yöntemi ile Sulanan Serin ve Sıcak İklim Çimlerinde Su Kısıtı*. (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tekirdağ.
- Leinauer, B. and Makk, J. (2004). Effect of Greens Construction, Irrigation Type and Root Zone Material on Irrigation Efficiency, Turfgrass Quality and Water Use on Putting Greens in the Southwest. *New Mexico State University Progress Report*.

- Leinauer, B., and Devitt, D.A. (2013). Irrigation science and technology. *Agronomy Monograph* 56. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI. p. 1075–1133.
- Leinauer, B., Serena, M., Schiavon, M., and Singh, D. (2010). Seed coating and seeding rate effects on turfgrass germination and establishment. *HortTechnology* 20:179-185.
- Mcbee, G.G. and Holt, E.C. (1966). Shade tolerance studies on bermudagrass and other turfgrasses. *Agronomy Journal*, 14-17.
- Mutlu, A. (2006). *Konya'da Yeşil Alan Tesisinde Kullanılan Bazı Tohumların Tohumluk Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*, (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Konya.
- O'Toole, J.C., Hatfield, J.L. (1983). Effect of Wind on the Crop Water Stress Index Derived by Infrared Thermometry. *Agron. J. Vol. 75*: 811-817.
- Oral, N. (1998). *Bursa Bölgesinde Tesis Edilecek Çim Alanları için Tohum Karışımları Ekim Oranları ve Azotlu Gübre Uygulaması Üzerinde Araştırmalar*, (Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 216s, Bursa.
- Orta, A., H. ve Ener, M. (2001). A study on irrigation scheduling of onion (*Allium cepa* L.) in Turkey. *J. Biol. Sci.* 1(8): 735-736
- Orta, A.,H. (1997). Ankara Koşullarında Biberin Su Tüketimi. *DOĞA, Türk Tarım ve Ormanlık Dergisi.* C:21, No:5, 513-517.
- Orta, A.H. (1994). *Farklı Sulama Yöntemlerinin Biber (Capsicum annum L.) Verimine Etkisi*, (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.
- Orta, A.H. (2017). *Rekreasyon Alanlarında Sulama Kitabı*. ISBN:978-605-320-764-1: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Orta, A.H. ve Türk, B. (2019). Irrigation Scheduling of Cool and Warm Season Turfgrasses Irrigated with Sprinkler Method. *Proceedings of International Biological, Agricultural and Life Science Congress*, 281-295s, Ukrayna.
- Orta, A.H., Başer, İ., Şehirli, S., Erdem, T. ve Erdem, Y. (2004). Use of Infrared Thermometry for Developing Baseline Equations and Scheduling Irrigation in Wheat. 32, 363-370.
- Orta, A.H., Erdem, T. ve Erdem, Y., (2002). Determination of water stress index in sunflower. *Helia* 37, 27–38.

- Orta, A.H., Erdem, Y. ve Erdem, T. (2003). Crop water stress index for watermelon. *Sci. Hort.* 98, 121–130
- Öncel, Ç.S., Todorovic, M. ve Orta, H. (2019). Irrigation scheduling based on Crop Water Stress Index (CWSI) for cool and warm-season turf grass under subsurface-drip irrigation method. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(0), 24-40.
- Özköse, A. (2012). *Ankara Doğal Florasından Toplanan Çok Yıllık Çim (Lolium perenne L.) Genotiplerinin Bazı Morfolojik ve Tarımsal Özelliklerinin Belirlenmesi*, (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı.
- Papazafiriou, Z. G. (1980). “A Compact Procedure for Trickle Irrigation System Design.” *ICID Bulletin* 29(1):29–45.
- Richie, W.E., Green, R.L., Klein, G.J. ve Hartin, J.S., (2002). Tall Fescue Performance Influenced by Irrigation Scheduling, Cultivar, and Mowing Height. *Crop Science*, 42: 2011-2017.
- Salman, A. (2008). *Farklı gübre dozlarının bazı serin ve sıcak iklim çimlerinin yeşil alan performanslarına etkisi*, (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir.
- Schiavon, M., Leinauer, B., Sevostianova, E., and Rimi, F., (2010). Cool-season turfgrass performance under drip irrigation in an arid climate. *European Turfgrass Soc. Conf., Angers, France*, 11-14 April 2010. European Turfgrass Society, Quinto Vicentino, Italy. Pages 188-190 in: Proc. of the 2nd
- Schiavon, M., Leinauer, B., Sevostianova, E., Serena, M. and Maier, B. (2011). Optical sensing and visual evaluation of warm-season turfgrass quality, spring green up, and fall color retention under drip irrigation in an arid climate. *Applied Turfgrass Science*. doi:10.1094/ATS-2011-0422-01-RS.
- Smith, M. (1991). Manual and Guidelines for Cropwat FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 46, Rome, 193p, Italy.
- Stroud, T. (1987). Subsoil irrigation systems. *Grounds Maintenance*, February 1987, 80-83.

- Suarez-Rey, E., Choi, C.Y., Waller, P.M. ve Kopec, D.M. (2000). Comparison of Subsurface Drip Irrigation and Sprinkler Irrigation for Bermudagrass Turf in Arizona. *American Society of Agricultural Engineers 0001-2351 / 00 / 4303-631* (2000).
- Şahin, M. ve Kara, M. (2005). Konya Kent Merkezinde Farklı Sulama Uygulamalarında Çim Su Tüketimi ve Bitki Katsayılarının Belirlenmesi. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(37): 135-145.
- Tosun F (1966). Yeşil Saha Tesisinin Teknik Esasları Ve Bu Maksatla Kullanılan Çim Bitkileri. Ziraat Araştırma Enstitüsü, Erzurum.
- Turgeon, A. J. (1996). *Turfgrass Management*. 4th ed. Upper Saddle River, N. J.: Prentice-Hall.
- Uluocak, N. (1994). Yerörtücü Bitkiler. *İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi Müdürlüğü*, 975s.
- Varoğlu, H., Avcıoğlu, R. ve Değirmenci, R. (2015). Kamışsı Yumak (*Festuca arundinaceae*), Çayır Salkım Otu (*Poa pratensis*), Kırmızı Yumak (*Festuca rubra*) ve İngiliz Çimi (*Lolium 48 perenne*) Çeşitlerinin Çim Alan Özellikleri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24 (2): 85-95.
- Yıldırım, O. (2005). Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1542. 348s.Ankara.
- Yıldırım, O. (2013). Sulama Sistemlerinin Tasarımı, Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara
- Yıldırım, O. Ve Madanoğlu, K. (1985). A-sınıfı Buharlaştırma Kaplarının Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılması. *Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi No:433*, Ankara.
- Yıldırım, Y. (1993). *Ankara Koşullarında Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri* (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yılmaz, Ş., Hurmanlı, İ. ve Yılmaz, M.B. (2018). Çim Alanlarında Üstten Tohumlamanın Mevsimsel Çim Kalitesine Etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1): 97-105.
- Yurtsever, N. (1984). Denysel İstatistik Metodlar. TOKB. Köy Hiz. Genel Müd. Toprak ve Gübre Araştırma Enst. Müd. Yay. (Gn. Yayın No: 121; Tek. Yayın No: 56), Ankara.

Yüksel, U.D. (2008) Kentlerde Yapısal ve Yeşil Alanlardaki Hava ve Yüzey Sıcaklıklarının İrdelenmesi: Ankara Örneği. *Ekoloji* 18 (69): 66-74.

Zipoli, G. (1990). Remote Sensing for Scheduling Irrigation: Review of Thermal Infrared Approach. *Acta Horticulture Volume I(1-442):281-288.*

