



**YAĞMURLAMA SULAMA YÖNTEMİ İLE
SULANAN SERİN VE SICAK İKLİM
ÇİMLERİNDE SU KISITI**

Seray KUYUMCU

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

**YAĞMURLAMA SULAMA YÖNTEMİ İLE SULANAN SERİN VE
SICAK İKLİM ÇİMLERİNDE SU KISITI**

Seray KUYUMCU

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. A. Halim ORTA

TEKİRDAĞ-2021

Her hakkı saklıdır.



Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde eksiksiz biçimde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Seray KUYUMCU



Bu tez TÜBİTAK tarafından 119O088 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. A. Halim ORTA danışmanlığında, Seray KUYUMCU tarafından hazırlanan “Yağmurlama Sulama Yöntemiyle Sulanan Serin ve Sıcak İklim Çimlerinde Su Kısıtı” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 25.12.2020 tarihinde Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Ruhi BAŞTUĞ

İmza:

Üye : Prof. Dr. A. Halim ORTA (Danışman)

İmza:

Üye : Prof. Dr. Metin TUNA

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç.Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YAĞMURLAMA SULAMA YÖNTEMİ İLE SULANAN SERİN VE SICAK İKLİM ÇİMLERİNDE SU KISITI

Seray KUYUMCU

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. A. Halim ORTA

Bu çalışma, yağmurlama 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, 2019 yılı yaz döneminde yürütülmüştür. Araştırmada, iki ayrı çim tipi için (K: Serin iklim çim türleri karışımı ve B: Sıcak iklim çimi) üç farklı sulama düzeyi, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde, üç tekrarlı olarak denenmiştir. Deneme sonuçlarına göre, kurak geçen yaz sezonu nedeniyle Temmuz sonu itibariyle kurumaya başlayan serin iklim çimlerinde farklı sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarları 101,4 mm - 303,9 mm; toplam bitki su tüketimi değerleri 217,7 mm ile 391,5 mm; günlük bitki su tüketimleri ise 2,4 mm/gün ile 4,3 mm/gün arasında değişmiştir. Anılan değerler, deneme süresi boyunca yeşil kalmayı başaran sıcak iklim çiminde (Bermudagrass) sırasıyla 203,6 mm - 591,6 mm; 328,4 mm - 593,9 mm; 2,1 mm/gün ile 3,9 mm/gün arasında değişmiştir. Her iki çim tipinin de yeşil kalabildiği 3 aylık (Mayıs-Haziran-Temmuz) dönemde toplam bitki su tüketimi serin iklim çim karışımında, sıcak iklim çimine göre %11 oranında daha fazla olmuştur. Benzer değerlendirme günlük bitki su tüketimleri açısından yapıldığında, serin iklim çimlerinde, sıcak iklim çimine göre %10-14 oranında daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Deneme konularına göre hesaplanan bitki su stres indeksi (CWSI) değerlerinin ortalaması, serin iklim çimlerinde 0,57-0,66 sıcak iklim çiminde ise 0,52-0,66 arasında değişmiş, sulama öncesindeki ortalama CWSI değerleri ise serin iklim çimlerinde 0,68-0,79, sıcak iklim çiminde ise 0,69-0,79 olarak bulunmuştur. Çim türlerinde sulama düzeylerine bağlı olarak vejetasyon yüksekliği, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, yoğunluk, renk ve kalite özelliklerinde meydana gelen değişimler yaz sezonu boyunca izlenmiştir. Yöre koşullarında sulama suyu miktarı, kalite unsurları, sulama suyu kullanım randımanı ve sulama randımanı birlikte değerlendirildiğinde, denenen sulama programlarının hiçbirinin serin iklim çim karışımı için yeterli olmadığı belirlenmiştir. Sıcak iklim çim çeşidinde ise sulama konularının tamamı bitki gelişimi ve kalitesi için asgari koşulları sağlamasına karşın yukarıda belirtilen parametreler dikkate alınarak 1/3 oranında su tasarrufu yapılan S₂ konusu önerilmiştir. Her iki çim türü için su tüketimi tahmininde referans bitki su tüketimi eşitliklerinin kullanılması durumunda en iyi tahmin eşitliğinin Jensen Haise yöntemi (J-H) olduğu saptanmış ve bu yöntemle ilişkin bitki katsayısı eğrileri oluşturulmuştur.

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

2021, 108 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DEFICIT IRRIGATION OF COOL AND WARM SEASON TURFGRASS VARIETIES UNDER SPRINKLER IRRIGATION METHOD

Seray KUYUMCU

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 sprinkler 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 2019. In this research, two different turfgrass types (K: Cool season turfgrass and B: Warm season turfgrass), at three different irrigation threshold were examined in split-plots in randomized blocks design with three replications. Cool season turfgrass types lost its green colour completely after July due to the dry and hot summer season and the total amount of irrigation water applied in different irrigation strategies varied between 101.4 mm - 303.9 mm, seasonal evapotranspiration values varied between 217.7 mm - 391.5 mm, and daily evapotranspiration values varied between 2.4 mm/day - 4.3 mm/day. As for warm-season turfgrass types that managed to stay alive and kept its green colour throughout whole summer period; the same values varied between 203,6 mm - 591,6 mm; 328.4 mm - 593.9 mm; and 2,1 mm/day – 3,9 mm/day, respectively. In the 3-month period (May-June-July) in which both types of grass could survive, the seasonal evapotranspiration values were 11% more in the cool season turfgrass than that of warm season turfgrass. When daily evapotranspiration values were compared, it was observed that it was 10-14% more in cool-season turfgrass than in warm-season turfgrass. Average CWSI values calculated for different irrigation treatments were 0,57-0,66 for cool-season turf, 0,52-0,66 for warm-season turf besides, average CWSI values before irrigation application were 0,68-0,79 for cool-season turf, 0,69-0,79 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 factors such as the amount of irrigation water applied, water-use and irrigation water-use efficiency, and quality parameters are evaluated together; none of treatments were adequate to keep cool-seasons varieties green after July. In the warm season turfgrass variety, although all irrigation levels provide the desired level for plant growth and quality, S₂ treatment has been suggested when all parameters mentioned above are taken into consideration. Besides, Jensen Haise method (JH) was chosen as the best equation when reference evapotranspiration estimation methods were compared for both types of turf and crop coefficient (kc) curves have been prepared for both turfgrass species.

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

2021, 108 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	v
ŞEKİL DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
TEŞEKKÜR	xii
1. GİRİŞ	13
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	16
2.1. Çim Türleri ve Özellikleri	16
2.2. Çim Bitkisinin Su-Kalite İlişkileri.....	22
2.3. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI).....	26
3. MATERYAL VE YÖNTEM	31
3.1. Materyal.....	31
3.1.1. Araştırma Alanı ve Toprak Özellikleri	31
3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri	33
3.1.3. Su Kaynağı ve Sulama Suyunun Sağlanması	35
3.1.4. Sulama Sistemi Unsurları	35
3.1.5. Toprak Nem Takibi.....	38
3.1.6. A Sınıfı Kabı Buharlaştırma.....	39
3.1.7. İnfrared Termometre.....	40
3.1.8. Denemede Kullanılan Çim Türlerinin Özellikleri	41
3.1.9. Kullanılan Bilgisayar Paket Programları	43
3.2. Yöntem	44
3.2.1. Arazi Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	44
3.2.2. Deneme Düzeni ve Araştırma Konuları	46
3.2.3. Sulama Suyunun Uygulanması.....	47
3.2.4. Tarım Tekniği	48
3.2.5. Laboratuvar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	49
3.2.6. Bitki Su Tüketiminin Saptanması.....	51
3.2.7. Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı	59
3.3. Bitkisel Ölçüm, Gözlem ve Analizler.....	59

3.3.1. Vejetasyon Yüksekliği.....	59
3.3.2. Kalite.....	60
3.3.3. Renk.....	60
3.3.4. Yoğunluk	60
3.3.5. Yeşil Ot Verimi.....	60
3.3.6. Kuru Ot Verimi.....	60
3.3.7. İstatistiksel Analizler	61
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	62
4.1. Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları	62
4.1.1. Toprağın Fiziksel Özellikleri.....	62
4.1.2. Sulama Suyu Analizi	62
4.2. A Sınıfı Kaptan Ölçülen Buharlaşma Değerleri	63
4.3. Uygulanan Sulama Suyu Miktarları ve Ölçülen Bitki Su Tüketim Sonuçları.....	64
4.4. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI).....	71
4.5. Çim Çeşitlerinin Bazı Morfolojik Özellikleri ve Yüzey Kaplama Değerlerine İlişkin Sonuçlar	78
4.5.1. Vejetasyon Yüksekliği.....	78
4.5.2. Kalite.....	79
4.5.3. Renk.....	80
4.5.4. Yoğunluk	82
4.5.5. Yeşil Ot Verimi.....	83
4.5.6. Kuru Ot Verimi.....	85
4.6. Sulama Suyu Kullanım Randımanı ve Su Kullanım Randımanına İlişkin Sonuçlar....	86
4.6.1. Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE)	86
4.6.2. Su Kullanım Randımanı (WUE).....	87
4.7. Uygun Bitki Su Tüketimi Tahmin EŞitliği ve Bitki Katsayısı Eğrileri.....	89
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR.....	97
ÖZGEÇMİŞ	108

ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 3.1. Araştırma alanına ilişkin bazı iklim verilerinin yıllık (2019) ve uzun yıllık (1989-2019) ortalamaları (Anonim, 2020).....	34
Çizelge 3.2. Araştırma alanında deneme süresince ölçülen bazı iklim verilerinin onar günlük ve aylık ortalamaları.....	35
Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri.....	62
Çizelge 4.2. Sulama suyu analiz sonuçları	63
Çizelge 4.3. A sınıfı kaptan ölçülen buharlaşma miktarları (mm)	63
Çizelge 4.4. Sulama tarihleri ve uygulanan net sulama suyu miktarları (mm)	65
Çizelge 4.5. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimleri.....	67
Çizelge 4.6. Deneme konularına ilişkin vejetasyon yükseklikleri (cm)	78
Çizelge 4.7. Vejetasyon yüksekliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	79
Çizelge 4.8. Vejetasyon yüksekliklerine ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları	79
Çizelge 4.9. Deneme konularına ilişkin kalite değerleri	80
Çizelge 4.10. Kalite değerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	80
Çizelge 4.11. Kalite değerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları.....	80
Çizelge 4.12. Deneme konularına ilişkin renk değerleri	81
Çizelge 4.13. Renk değerine ilişkin varyans analizi sonuçları	81
Çizelge 4.14. Renk değerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları	82
Çizelge 4.15. Deneme konularına ilişkin yoğunluk değerleri	83
Çizelge 4.16. Yoğunluk değerine ilişkin varyans analizi sonuçları	83
Çizelge 4.17. Yoğunluk değerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları	83
Çizelge 4.18. Deneme konularına ilişkin yeşil ot verimi değerleri (g/m^2).....	84
Çizelge 4.19. Yeşil ot verimine (g/m^2) ilişkin varyans analizi sonuçları	84
Çizelge 4.20. Yeşil ot verimine ilişkin ortalama değerler (g/m^2) ve önemlilik grupları	85
Çizelge 4.21. Deneme konularına ilişkin kuru ot verimi değerleri (g/m^2)	85
Çizelge 4.22. Kuru ot verimine (g/m^2) ilişkin varyans analizi sonuçları	86
Çizelge 4.23. Kuru ot verimine ilişkin ortalama değerler (g/m^2) ve önemlilik grupları	86
Çizelge 4.24. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ortalama değerleri ($kg/da/mm$).....	87
Çizelge 4.25. Sulama suyu kullanım randımanına ($kg/da/mm$) ilişkin varyans analizi sonuçları	87

Çizelge 4.26. Sulama suyu kullanım randımanı değerlerine ilişkin ortalama değerler (kg/da/mm) ve önemlilik grupları	87
Çizelge 4.27. Su kullanım randımanı (WUE) ortalama değerleri (kg/da/mm)	88
Çizelge 4.28. Su kullanım randımanına (kg/da/mm) ilişkin varyans analizi sonuçları.....	88
Çizelge 4.29. Su kullanım randımanına ilişkin ortalama değerler (kg/da/mm) ve önemlilik grupları	89
Çizelge 4.30. Ölçülen bitki su tüketimi (ETc) ve bazı yöntemlerle hesaplanan referens bitki su tüketimi (ETo) değerleri	90
Çizelge 4.31. Ölçülen bitki su tüketimi (ETc) ile referens bitki su tüketimi (ETo) arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	91
Çizelge 4.32. Bitki su tüketimi tahmin eşitlikleri için elde edilen kc bitki katsayıları ve en yüksek korelasyon katsayısına sahip bitki katsayısı eşitlikleri.....	93



ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme alanının coğrafik konumu	31
Şekil 3.2. Deneme parsellerinin görünüşü.....	32
Şekil 3.3. Deneme alanında kullanılan otomatik meteoroloji istasyonu	33
Şekil 3.4. Deneme alanı sulama sistemi	36
Şekil 3.5. Parsel detayı	37
Şekil 3.6. Toprak nem ölçüm aracı.....	38
Şekil 3.7. Toprak nem ölçüm aracına ilişkin kalibrasyon doğrusu ve eşitliği.....	39
Şekil 3.8. A sınıfı buharlaşma kabı ve plüviyometre	40
Şekil 3.9. İnfrared (Kızılötesi) termometre	41
Şekil 3.10. pH ve tuzluluk ölçümleri.....	44
Şekil 3.11. İnfrared termometre ile bitki yüzey sıcaklığının ölçülmesi.....	46
Şekil 3.12. Deneme düzeni ve araştırma konuları	47
Şekil 3.13. Sulama uygulaması.....	48
Şekil 3.14. Biçim işlemi	49
Şekil 3.15. Gravimetrik yöntem ile toprak nem ölçümü	50
Şekil 3.16. Bozulmuş toprak örneklerinin kurutulması.....	52
Şekil 3.17. Yaş ve kuru ot veriminin belirlenmesi	61
Şekil 4.1. Serin iklim çim konularında toprak nem değerlerinin deneme boyunca değişimleri	66
Şekil 4.2. Sıcak iklim çim konularında toprak nem değerlerinin deneme boyunca değişimleri	66
Şekil 4.3. Deneme konularına göre günlük bitki su tüketimlerinin deneme boyunca değişimleri	71
Şekil 4.4. 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 ilişkiler.....	72
Şekil 4.5. 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.....	72
Şekil 4.6. KS ₁ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	74
Şekil 4.7. KS ₂ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	74
Şekil 4.8. KS ₃ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	75
Şekil 4.9. BS ₁ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	75
Şekil 4.10. BS ₂ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	76

Şekil 4.11. BS ₃ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri	76
Şekil 4.12. Ölçüm periyodu boyunca tüm konular için ortalama CWSI değerleri.....	77
Şekil 4.13. Ölçüm periyodu boyunca tüm konular için sulama başlangıcındaki ortalama CWSI değerleri	77
Şekil 4.14. Jensen-Haise yöntemi için serin iklim çim karışım türünde kc katsayısı eğrisi.....	92
Şekil 4.15. Jensen-Haise yöntemi için sıcak iklim çim türünde kc katsayısı eğrisi	92



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
°C	: Santigrat derece
atm	: Basınç
c	: Minimum oransal nem, güneşlenme süresi ve rüzgar tahminlerine bağlı bir düzeltme faktörü
cm	: Santimetre
Cp	: Kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarı, mm
CT, C1, C2	: Ampirik katsayılar (C2 = 7.3 °C sabit)
CH, Tx	: Ampirik katsayılar
CWSI	: Bitki su stres indeksi
D	: Etkili kök derinliği, mm
da	: Dekar
dn	: Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, mm
Dp	: Sulama ve yağıştan sonra meydana gelen derine sızma kayıpları, mm
dt	: 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 ₁	: Yörede yılın en sıcak ayında ortalama minimum sıcaklıktaki doymuş buhar basıncı, mb
Ep	: Kaptan ölçülen buharlaşma miktarı, mm/gün
ET	: Bitki su tüketimi, mm
ETc	: Ölçülen bitki su tüketimi, mm/gün
ETo	: Referans bitki su tüketimi, mm/gün
ETp	: Potansiyel bitki su tüketimi, mm/gün

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
IWUE	: Sulama suyu kullanım randımanı, kg m ⁻³
kc	: Bitki katsayısı
kg	: Kilogram
km	: Kilometre
kp	: Buharlaşma kabı katsayısı
KSTK	: Kullanılabilir su tutma kapasitesi
L	: Litre
m	: Metre
m ³	: Metreküp
mm	: Milimetre
MN	: Mevcut nem, %
n	: Gün boyunca ölçülen güneşli saatler, h/gün
N	: Gün boyunca olası maksimum güneşli saatler, h/gün
p	: Yıllık ortalama güneşlenme süresi yüzdesi, %
P	: Deneme süresince düşen yağış miktarı, mm
Ra	: Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon, mm/gün
Rf	: Deneme parsellerine giren veya çıkan yüzey akış miktarı, mm
RH	: Ortalama bağıl nem, %
Rn	: Eş değer buharlaşma cinsinden net radyasyon, mm/gün,
Rn1	: Uzun dalgalı net radyasyon, mm/gün

R _{ns}	: Kısa dalgalı net radyasyon, mm/gün
R _s	: Solar radyasyon, mm/gün
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
VPD	: Buhar basıncı açığı
WUE	: Su kullanım randımanı, kg m ⁻³
W	: Ağırlık faktörü
Y	: Yeşil ot verimi, kg da ⁻¹

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimime başlamamda ve eğitim sürecimde bana her türlü konuda ilgi ve desteğini eksik etmeyen ve katkılarıyla bana ilerleme imkanı sağlayan, sabrını, zamanını hiç bir zaman esirgemeyen ve sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmama ışık tutan danışman hocam Prof. Dr. A. Halim ORTA'ya, çalışma süresince bilgi ve 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 TÜRAME 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 Mühendisi Cansu ERGEN'e, 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 Secattin KUYUMCU ve annem Fatma KUYUMCU olmak üzere tüm aileme en derin duygularım ile teşekkür ederim.

Ocak, 2021

Seray KUYUMCU
Biyosistem Mühendisi

1. GİRİŞ

Günümüz dünyasında insanlar, iş ve aş arayışı içinde parçası olduğu doğadan uzaklaşarak, beton yığınları arasında hapsolmakta, düzensiz ve çarpık kentleşme sonucunda ihtiyaç duyduğu yeşil alanlar sınırlandırılmaktadır. Dünya ve şehir nüfusunun artmasıyla birlikte özellikle şehirlerde kişi başına düşen yeşil alan miktarı azalmakta, şehir yaşamının yoğun stresi ile yeşile daha fazla özlem duyan insanoglu her geçen gün daha fazla ve daha kaliteli yeşil alanlar yaratmanın yollarını aramaktadır (Orta, 2017).

Dış mekanların en önemli bitkisel ögesini oluşturan yeşil alan örtüleri, göze hitap etme, gönül ferahlığı sağlama gibi optik ve estetik üstünlüğüyle, çağdaş insanın çok gereksinim duyduğu dinlenme ve rahatlama ortamını oluşturarak toplumun fiziksel ve ruhi sağlığının korunmasına katkı sağlar, bireylerin iş hayatlarındaki performanslarını artırır (Uzun, 1992; Beard ve Green, 1994). Akpınar ve Cankut (2015) yaptıkları araştırmada, yeşil alanların insan ruh ve beden sağlığı üzerindeki etkisinin küçümsenmemesi gerektiğine değinerek, kişi başına düşen yeşil alan miktarı arttıkça, kalp hastalığına bağlı ölümlerin, doğal yoldan gerçekleşen ölüm ve intihar oranlarının azaldığını belirtmişlerdir. Bunlara ek olarak yeşil alanlar yağmur sularının toprak tarafından emilimini sağlayarak yeraltı sularını zenginleştirme, toprağı erozyona karşı koruma, havadaki tozu emme, toprağın yapısını iyileştirme, havadaki karbondioksit miktarını azaltma ve oksijen miktarını artırma, şehirlerdeki beton yapılardan yayılan ısıyı emerek serinleme etkisi sağlama ve gürültüyü emme gibi fonksiyonları ile de çevre ve ekolojiye de yarar sağlamaktadır (Beard ve Green, 1994). Bu nedenlerden dolayı yeşil alanlar, yaşamsal faaliyetlerin sürdürüldüğü alanlar için vazgeçilemez bir unsur haline gelmiştir.

İnsan eliyle oluşturulan yeşil alanlarda yaygın olarak kullanılan çim, dünyanın değişik iklim kuşaklarında çok çeşitli cins ve türler halinde yaygın olarak yetişebilmektedir. Ülkemizin çok değişik iklim bölgelerine sahip olması nedeniyle, her bölgede kullanılacak çim cins ve türleri ile ekim ve dikim zamanları, kullanılacak tohum/fide miktarı ve bakım işlemleri önemli ayrıcalıklar göstermekte ve değişik tekniklerin uygulanmasını gerektirmektedir. Bu amaçla, ülkemizde kullanılabilen çimler, her ne kadar ekolojik istekleri açısından kesin kalıplar içinde tutulmasa da, iki ana başlık altında incelenebilir. Bunlar, serin-yağışlı, yani karasal iklim etkisi altındaki yörelerde kullanılabilen “Serin İklim Çim Buğdaygilleri” ile sıcak ve kurak Akdeniz iklimi etkisi altındaki bölgelerde kullanılabilen “Sıcak İklim Çim Buğdaygilleri” dir (Avcıoğlu ve Geren, 2012). Serin iklim çimlerinin su ihtiyaçları, sıcak iklim çimlerine göre daha fazladır.

Ülkemizde peyzaj alanlarında yaygın olarak kullanılan çim türleri genellikle serin iklim çimleridir. Ancak serin iklim çimlerinin kuraklığa olan toleransı sulama aralığını kısaltmaktadır. Kısıtlı sulama suyu kaynaklarının doğru yönetimi ve sulama ihtiyacını karşılayabilmek adına serin iklim çimlerinin yerine sıcak iklim çimlerinin tercih edilmesi doğaldır. Yaz dönemi boyunca daha az su tüketmelerine karşın yeşil renklerini koruyabilmeleri, kısıtlı su kaynağı koşullarında sıcak iklim çimlerinin tercih edilmesini sağlamaktadır (Avcıoğlu, 1997).

Yoğunlaşan ve gündün güne daha stresli hale gelen şehir nüfusunun talebi doğrultusunda yeşil alanların artacağı çok açıktır. Özellikle İstanbul gibi, sanayi ve hizmet yoğun ve su kaynakları kısıtlı bir metropolde, artan yeşil alanların talep edeceği sulama suyu miktarının su yetersizliği oluşturacağını görmek zor değildir. Bu sorun, bölgede yöre koşullarına adapte olabilen, su tüketimi düşük çim çeşitlerinin belirlenmesi, daha sonrada sürdürülebilir yeşili sağlayan, su kullanım randımanı yüksek sulama yönteminin seçilmesi, başarılı bir biçimde aplikasyonu ve su kullanım randımanını maksimize edecek sulama programlarının uygulanması ile giderilebilir.

Bitkinin sudan yeterli miktarda yararlanmasının ön koşulu, yağışlarla karşılanamayan gereksiniminin sulama ile verilmesi olarak ifade edilmektedir. Ancak, su kaynaklarının kısıtlı oluşu nedeniyle, kısıntılı sulama uygulamaları günümüzde yaygınlaşmıştır. Kısıntılı sulama; bitkileri su stresine sokarak maliyeti azaltan ve geliri arttıran stratejik bir sulama yaklaşımıdır (English ve Raja, 1996). Asıl amacı; sulamadan en üst seviyede yararlanmak için su tasarrufu ile su kullanım randımanını arttırılması ve bu sayede verime olan olumsuz etkiyi minimum kılan sulama programının uygulanmasıdır. Kısıtlı sulamanın en önemli özelliği; bitkiye az miktarda su verilerek, tasarruf edilen su ile daha fazla alanın sulanması ve bu sayede toplam alandan daha fazla gelir elde edilmesidir (English, Musich ve Murty, 1990).

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

Trakya yöresinde gerçekleşen hızlı nüfus artışı, özellikle Türkiye nüfusunun yaklaşık olarak %20'sinin yaşadığı İstanbul metropolünde yeşil alan ihtiyacını arttırmış ve bu alanların sulanması ve bakımı önemli bir harcama unsuru haline gelmiştir. Aynı zamanda, kişi başına düşen tatlı su kaynağı miktarının gün geçtikçe azalması, peyzaj alanlarında suyun çok etkin kullanılması gerektiğini açıkça göstermektedir.

Bu araştırma, her geçen gün daha fazla ihtiyaç duyulan ve daha geniş alanlarda ekimi yapılan çim bitkilerinin, son yıllarda sulama suyunun teminindeki zorluklar nedeniyle, talep ettiği sulama suyu miktarının daha ekonomik kullanılmasını sağlayacak sonuç ve önerilerin eldesi amacıyla yapılmıştır. Araştırma sürecince, Trakya yöresinde serin ve sıcak iklim çimlerinin yağmurlama 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, yeşil alan buğdaygili olarak kullanılan ve 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 yurt dışında yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

2.1. Çim Türleri ve Özellikleri

Dünyada ve ülkemizde gittikçe önemi artan çim bitkileri, çim sahalar ile yaşantımızın önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. İnsan üzerine yarattıkları etkiler ile de hayatımızın vazgeçilmez unsurları olarak büyük bir önem kazanmaktadır. Bu nedenle, bu alanların tesisi üzerinde önemle durmak, amaca ve alana/yöreye uygun çim tür ve çeşitlerini kullanmak gerekmektedir. Gerek estetik ve fonksiyonel gerekse ekonomik yönden başarılı bir uygulama için; çim tür ve çeşitlerinin doğru seçimi ve doğru bakım işlemlerinin yapılması gerekmektedir (İnce, 2010).

Ülkemizin değişik iklim bölgelerine sahip olması nedeniyle, her bölgede kullanılabilecek çim tür ve çeşitlerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Başarılı bir çim bitkisi seçimi; çimin nasıl kullanılacağı, nerede yetiştirileceği ve kabul edilebilir devamlılık düzeyinin ve görüntüsünün ne olduğunun bilinmesiyle ilgilidir (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 en az düzeyde etkilenen, kendini yenileme kabiliyeti yüksek olan ve bu özelliklerini bütün yıl gösterebilen çim alanının oluşturulması ve anılan özellikleri uzun süre koruması ancak bir uzmanın bilgisi dâhilinde ve özel bir bakım programı uygulaması ile gerçekleşebilmektedir. Çünkü istenilen koşulları sağlayan bir çim alanının oluşturulmasında karşılaşılan en büyük sorunlardan biri hatalı çim bitkisi türünün veya karışımının uygulanması ile yanlış, eksik ve zamanlama hatası yapılan bakım işleridir. Her şeyden önce başarılı bir çim tesisi için o bölgede yapılan araştırma sonuçlarına mutlaka dikkat edilmelidir (Kuşvuran ve Tansı, 2009).

Genel olarak çimler, serin iklim ve sıcak iklim çimleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Serin iklim çimlerinin su ihtiyaçları, sıcak iklim çimlerine göre daha fazladır. Ülkemizde peyzaj alanlarında yaygın olarak kullanılan tür genellikle serin iklim çimleridir (Avcıoğlu, 1997).

Geleneksel olarak ülkemizde çim deyince akla hemen *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*, *Festuca rubra*, ve *Poa pratensis* 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).

Ayrıca tek bir tür ile kaliteli bir çim alan oluşturma şansı çok düşüktür. Bunun yerine ekolojiye uygun 2 veya daha fazla türden oluşan karışımlar kullanmak daha uygundur. Karışımlar, daha üniform bir çim alan oluşturma, soğuk, sıcak ve kurak gibi farklı iklim koşullarına daha iyi uyum sağlama, hastalık ve zararlılara karşı daha dayanıklı olma, basma ve çiğnenmeye karşı daha dirençli olma gibi birçok avantaja sahiptir (Watschke ve Schmidt, 1992).

Zorer (2003), çim kalitesi bakımından çok yıllık çim (*Lolium perenne*), kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*), çayır salkım otu (*Poa pratensis*) türlerinin fazla bulunduğu karışımların genellikle bütün gelişim sürecinde tekdüze görüntü, yabancı otlardan temiz bir alan ve sık bir çim yüzey meydana getirdiklerini belirterek, ilk biçimden sonra yapılan ölçümde çok yıllık çim (*Lolium perenne*) türünün yüksek oranda yer aldığı karışımların en yüksek kaplama derecesine sahip olduğunu, buna karşılık *Agrostis sp.* ve *Festuca sp.* cinslerine ait türlerin yoğun olarak bulunduğu karışımların ise en düşük kaplama derecesine sahip olduğunu saptamıştır.

Martiniello ve Andrea (2006), 1999-2003 yılları arasında İtalya'da, Akdeniz iklim koşullarında, farklı serin iklim çim türlerinin adaptasyonu ile ilgili yaptıkları araştırmada, çok yıllık çim (*Lolium perenne*) (40 tür), çayır salkım otu (*Poa pratensis*) (20 tür), kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) (20 tür), kırmızı yumak (*Festuca rubra*) (10 tür), adi kırmızı yumak (*Festuca rubra commutata*) (10 tür) ve narin kırmızı yumak (*Festuca trichophylla*) (10 tür) türlerini; çim kalitesi, renk ve kaplama derecesi bakımından (1-9 skalası) Ocak ayından Aralık ayına kadar aylık olarak inceleyip değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonuçlarına göre, çayır salkım otunun (*Poa pratensis*); kış, ilkbahar ve sonbaharda, kırmızı yumak (*Festuca rubra*) alt türlerinin ise ilkbahar ve yaz aylarında, çok yıllık çim (*Lolium perenne*) ve kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) türlerine göre çim kalitesi, renk ve kaplama derecesi bakımından daha düşük değerde olduğunu tespit etmişlerdir.

Zorer Çelebi, Andiç ve Yılmaz (2009)'ın çim alanlar için Van ekolojisine uygun tür karışımlarının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, türlerin morfolojik ve fizyolojik özelliklerinin birbirinden farklı olmasından dolayı birbirlerinden üstün vasıfları olduğunu, tesis

edilecek alanın hızla bitki ile kaplanmasının istendiği durumlarda oluşturulacak karışımlara yüksek oranlarda *Festuca* ve *Lolium* türlerinin katılmasının uygun olacağını belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda, aynı ekolojiye sahip yerlerde içerisinde *Lolium perenne*, *Festuca rubra rubra*, *Poa pratensis*, *Festuca rubra var. commutata* tohumlarının yoğun oranlarda bulunduğu karışımlardan her ölçüm döneminde en iyi renk değerleri elde etmişlerdir.

Arslan (2010)'ın Tekirdağ sahil kuşağında bazı buğdaygil çim bitkileri ve karışımlarının yeşil alan performanslarının belirlenmesi amacı ile yapmış olduğu çalışmada, [çok yıllık çim (*Lolium perenne*) (%40) + kırmızı yumak (*Festuca rubra*) (%40) + çayır salkım otu (*Poa pratensis*) (%20)], [kırmızı yumak (*Festuca rubra*) (%40) + kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) (%40) + çayır salkım otu (*Poa pratensis*) (%20)], [çok yıllık çim (*Lolium perenne*) (%40) + çayır salkım otu (*Poa pratensis*) (%20) + kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) (%40)] karışımları ve yalın çok yıllık çim (*Lolium perenne*)'in kullanılmasının uygun olacağını bildirmiştir.

Demiroğlu, Soya, Avcıoğlu ve Geren (2010), Ege Bölgesi sahil kuşağı koşullarında yaptıkları araştırmalarında, çok yıllık çim (*Lolium perenne*) türlerinin yeşil alanlara uygunluklarını incelemişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada kardeş sayısı, kaplama derecesi, doku, renk, seyrekleşme derecesi ve genel görünüm gibi karakterleri belirlemişlerdir. İki yıllık çalışma sonucunda çok yıllık çim (*Lolium perenne*) türleri renk değerleri bakımından incelendiğinde, ikinci yılın ilk yıla göre daha yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Kaplama derecesi bakımından ise bütün türlerin hızlı çimlendiği ve alanı hızlı bir şekilde kapladığını belirtmişlerdir.

Belekoğlu (2015), kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) çeşitleri ile bir çok yıllık çim (*Lolium perenne L.*) çeşidini kullandığı çalışma sonucunda, yenilenme gücü, kaplama derecesi ve çim alan kalitesi açısından kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) çeşidi başarılı bulunurken, yaprak dokusu puanı açısından İngiliz çim (*Lolium perenne L.*) çeşidi üstün başarı sağlamıştır.

Varoğlu, Avcıoğlu ve Değirmenci (2015), Akdeniz iklim koşulları altındaki Ege bölgesinde, yeşil alan oluşturmak amacıyla çoğunlukla çok yıllık çim (*Lolium perenne*), çayır salkım otu (*Poa pratensis*), kırmızı yumak (*Festuca rubra*) ve kamışsı yumak (*Festuca arundinaceae*) gibi serin iklim çim türlerinin yaygın olarak kullanıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca, yürüttükleri çalışmada, çok yıllık çiminin çıkış hızı ve kaplama hızı bakımından en iyi

sonucu verdiğini gözlemlemiş, yeşil alan tesis edilirken kullanılacak en dayanıklı çim türünün ise kamışsı yumak olduğunu saptamışlardır.

Deniz (2018), yaptığı araştırmada; *Lolium perenne*, *Festuca rubra rubra*, *Festuca rubra commutata*, *Festuca rubra trichophylla*, *Festuca arundinacea*, *Poa pratensis* çeşitlerinin Akdeniz iklim koşulları altındaki özelliklerini incelemiştir. Bu amaçla, çıkış yüzdeleri (gün), doku (1-9), renk (1-9), kaplama oranı (%), yabancı ot ile rekabeti (1-9), yeşil madde verimi(kg/da), kuru madde oranı(%), kuru madde verimi (kg/da), kışa dayanıklılık (1-9) ve genel görünüm (1-9) karakterlerini ele almıştır. Elde edilen sonuçlara göre; Akdeniz iklim koşulları altında *Lolium perenne*, *Festuca arundinacea* ve *Poa Pratensis* çeşitleri *Festuca rubra rubra*, *Festuca rubra commutata* ve *Festuca rubra trichopylla* çeşitlerine karşın birçok karakter açısından daha olumlu sonuç vermiştir.

Koçak (2019), Tekirdağ ekolojik şartlarında 2 yıl süre ile yalın ve karışık ekilen bazı buğdaygil çim bitkilerinin yeşil alan performanslarını belirlemek amacı ile yapmış olduğu çalışmada, yeşil alan tesisindeki karışımlarda en çok tercih edilen; çok yıllık çim (*Lolium perenne L.*), kamışsı yumak (*Festuca arundinacea Schreb.*), kırmızı yumak (*Festuca rubra commutata*), çayır salkım otu (*Poa pratensis L.*) türlerinin çıkış hızı, kaplama hızı, bitki boyu, yeşil ot verimi, yaprak rengi, kardeş sayısı, yabancı ot oranı, genel görünüm, kışa dayanıklılık ve seyrekleşme derecesi gibi faktörleri gözlemlemiştir. Araştırma sonucunda; açık yeşil renkli, hızlı çıkışlı bir yeşil alan istendiğinde çok yıllık çim (*Lolium perenne*)' in yüksek oranda olduğu karışımların tercih edilebileceğini belirtmiş ayrıca, kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*) karışımlarının, yabancı ot kontrolü, soğuğa dayanıklılık ve çim örtüsü skor kriterleri bakımından en iyi performansı gösterdiğini tespit etmiştir.

Köktaş (2019), farklı azot kaynaklarının bazı serin iklim çim bitkilerinin gelişimi ve çim kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla 2017 ve 2018 yıllarında Bursa'da yürüttüğü çalışma sonuçlarına göre; çim türleri arasında kamışsı yumak türü en iyi çim renk ve kalitesi vermiş olup, bu türü İngiliz çimi takip etmiştir. En düşük performans ise çayır salkım otunda görülmüştür.

Serin iklim çimlerinin kuraklığa olan hassasiyetleri sulama aralığını kısaltmaktadır. Kısıtlı sulama suyu kaynaklarının doğru yönetimi ve sulama ihtiyacını karşılayabilmek adına serin iklim çimlerinin yerine sıcak iklim çimlerinin tercih edilmesi doğaldır. Yaz dönemi

boyunca daha az su tüketmelerine karşın yeşil renklerini koruyabilmeleri, kısıtlı su kaynağı koşullarında sıcak iklim çimlerinin tercih edilmesini sağlamaktadır (Avcıoğlu, 1997).

Sıcak iklim çim türlerinin su ihtiyaçları serin iklim türlerine göre daha azdır. Bu farklılık, kurak ve sıcak koşullarda yetişen serin ve sıcak iklim çim türlerinin fotosentez sürecinde farklı değişimler göstermelerinden kaynaklanmaktadır. Sulama suyunun kısıtlı olduğu kurak ve sıcak koşullarda serin iklim türlerindeki terleme oranı sıcak iklim türlerine oranla daha yüksektir (Gibeault, Meyer, Autio ve Strohmman, 1989).

Bermuda çimi (*Cynodon-dactylon*), dünyanın tropik ve subtropik iklim bölgelerindeki yeşil alanlarda yaygın şekilde kullanılan bir sıcak iklim buğdaygildir (Emmons, 1995). Bermuda çimi (*C. dactylon*), kaynakların çoğunda kurağa, yüksek sıcaklıklara, su göllenmesine ve basmaya çok dayanıklı, kendini yenileme yeteneği çok yüksek ve tuzluluğa nispeten dayanıklı bir çim türü olarak tanımlanmaktadır (Açıkgöz, 1993; Avcıoğlu, 1997; Christians, 2004; Emmons, 1995). Buna karşın, düşük sıcaklıklara ve gölgeye dayanıklılığı en az olan çim türlerinden biridir (Beard, 1998; Emmons, 2000; Mcbee ve Holt, 1966). Golf alanları gibi oldukça yüksek kalite ve fazla bakım isteyen alanlardan, az bakım isteyen yol kenarlarına kadar geniş bir kullanım yelpazesine sahiptir (Emmons, 1995; Emmons, 2000). Bu özellikleri bakımından Bermuda çimi, ülkemizde sadece Akdeniz ve Ege bölgelerinde değil, geçiş iklim bölgelerinde tesis edilecek yeşil alanlarda da kullanım açısından önemli bir potansiyele sahiptir.

Sıcak iklim bitkisi olan bermuda çiminde, en iyi gelişmenin sağlandığı toprak sıcaklık değeri 24–35°C, hava sıcaklığı ise 30–38°C arasındadır. Bermuda çiminde en düşük gelişme sıcaklığı 13°C olup bu sıcaklık değerleri altında bitki dormansiye girmektedir (Brosnan ve Deputy, 2008). Bermuda çimi bol güneşlenme koşullarında en iyi gelişim göstermektedir. Günde en az altı saat tam güneşlenme istemektedir. Aşırı sıcaklıklara oldukça dayanıklı olan bermuda çimi sıcak ve tropik bölgelerde, sahil kuşağında, 670-1750 mm yağış alan yörelerde veya sulanan ortamlarda oldukça iyi gelişme göstermekte, öte yandan 2600 m yüksekliklerde dahi yetiştirilebilmektedir (Avcıoğlu ve Soya, 2009; Duke, 1983).

Avcıoğlu, Soya, Birant ve Geren (1996), Türkiye’de serin bölgelerde yeşil alan tesis ederken serin iklim çim bitkisinin başarıyla kullanılabildiğini belirtmişlerdir. Sıcak iklimlerde *Cynodon spp* türleri sağlıklı bir şekilde yaşayabilmektedir. *Cynodon spp* türleri ile oluşturulan yeşil alanlarda kış mevsiminde sararmaları önlemek için, sonbaharda serin iklim çim bitkisi olan *Lolium perenne L.* veya *Lolium italicum* ile üstten tohumlama önermişlerdir.

Landschoot (2004)'a göre, yeşil (çim) alanlarda kalite ölçütlerinden biri de alandaki yabancı bitki yoğunluğudur. Zira yabancı bitkiler, hem göze hitap etmesi gereken yeşil (çim) alanlarda görüntüyü bozmakta hem de bu alanlarda kullanılan çim bitkilerinin yayılmasını ve gelişmesini olumsuz etkilemektedirler.

Arslan ve Çakmakçı (2004)'nın yaptıkları bir çalışmada, *Festuca ovina*, *Festuca rubra*, *Lolium perenne* ve *Cynodon dactylon* çim türleri arasında yabancı ot oranı bakımından en kötü sonuçlar *Festuca rubra* ve *Festuca ovina*'ya ait iken, yabancı ot gelişimine izin vermemelerinden dolayı en iyi değerlerin *Lolium perenne* ve *Cynodon dactylon* çim türlerine ait olduğunu belirtmişlerdir.

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.

Salman (2008)'in İzmir'de yürütmüş olduğu bir çalışmada, farklı gübre dozlarında bazı serin ve sıcak iklim çim bitkilerinin yalın ve karışım ekimlerinin yeşil alan performanslarını (sürgün sayısı, yabancı bitki oranı, kışa dayanıklılık, genel görünüm, doku, renk, kaplama derecesi, yeşil ot verimi, kuru madde oranı, kuru ot verimi, yaş kök verimi, kök kuru madde oranı, kök kuru ot verimi ve uyku süreci) incelenmiştir. Sonuçta, *C. Dactylon*'un çalışma içerisinde en ümitvar tür olduğu saptanmıştır.

Bilgili, Zere ve Yönter (2017), Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi'ndeki Çim Deneme Alanı'nda, Bermuda çimine uygulanan farklı azot dozlarının bitki gelişimi ve çim kalitesi üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürüttükleri çalışmada; azot kaynağı olarak kullanılan amonyum nitratın 6 g/m² azot dozu, tüm

gözlemlerde en iyi çim renk ve kalite değerlerini vermiştir. 4 g/m² azot dozu tüm gözlemler de kabul edilebilir renk ve kalite değerleri verirken, 2 g/m² azot dozun ilkbahar ve sonbahar aylarında kabul edilebilir seviyenin altında sonuçlar vermiştir. İki yıllık araştırma sonuçlarına göre, artan azot dozları çim renk ve kalitesi ile kuru ot verimlerini artırmıştır. 4 g/m² azot dozu uygulamasının üç çim çeşidinde de kabul edilebilir renk ve kalite değerleri verdiği gözlenmiş, aynı zamanda maliyeti düşük ve çevre dostu bir gübreleme sağlanmıştır.

2.2. Çim Bitkisinin Su-Kalite İlişkileri

Rekreasyon alanlarının yeşil tutulmasında en önemli rol sulamaya düşmektedir. Yüksek yatırım giderleriyle oluşturulan yeşil alanların, hedeflenen kalitede sürdürülebilirliği ancak, etkili bir bakım ve tekniğine uygun olarak yapılacak sulamalar ile olasıdır. Birkaç yıl öncesine kadar temel hedefleri yeşili korumak olan saha mühendisleri, şimdi bu işi en az su kullanarak yapmanın yollarını aramaktadırlar. Su kaynaklarının kantitatif ve kalitatif özelliklerinin günden güne azalması, dolayısıyla sulama suyu maliyetlerinin artması, sulama yönetiminin daha hassas yapılmasını zorunlu kılmaktadır (Orta, 2017). Bu amaçla, öncelikle etkin bir sulama yaparak su tasarrufu sağlayan sulama yönteminin seçilmesi, daha sonra en az sulama suyu ile en etkin görsel kaliteyi veren çim türü ve sulama zamanının belirlenmesi çok önemlidir.

Carrow, Shearman ve Watsoni (1990) yaptıkları çalışmada, çim bitkisinin en fazla su tüketen bitki olduğunu belirtmişlerdir. Çim bitkisinde sulamanın, yarı kurak ve kurak bölgelerde daha yaygın olmasına rağmen; özellikle peyzaj alanlarının yıl boyunca yeşil kalması istendiğinden nemli iklim bölgelerinde de yaygın olarak yapıldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca yağmurlama sulama yönteminin, bitkilerin doğal su alma yolu olan yağışa en yakın sulama yöntemi olması nedeniyle, çim bitkisi için önerilen sulama yönetimi olduğunu belirtmişlerdir.

Bitki su gereksinimi, bitkiden belirli bir verimi sağlayabilmek için gerek duyulan yağış ve sulama suyunun toplamı olarak tanımlanabilir. Ancak çim alanlarda su gereksinimi, verimden çok kalite ve performans standartlarını karşılamak için gerekli olan suyu ifade eder. Çim alanlarda sulamanın önceliği, kurak iklimlerde çimin canlılığını sürdürebilmesi için zorunlu olan düzeyden, nemli iklimlerde istenilen yeşil rengin sürdürülmesi için gereken düzeye kadar değişebilir (Kneebone, Kopec ve Mancino, 1992).

Çim bitkisinin su tüketimi; çim türü, yöresel iklim koşulları, uygulanan sulama programlaması ve kültürel işlemlere bağlı olarak değişmektedir (Richie, Geren, Klein ve Harfin, 2002). Çim bitkileri su yetersizliğine çeşitli biçimlerde tepki verirler. Kuraklık görsel

kaliteyi, büyüme hızını ve su tüketimini etkiler. Sulamalarda, bitkilerde kuraklık belirtilerinin ortaya çıkmasına neden olan gecikmeler, çim bitkisinin su tüketiminde azalmalara yol açar (Gold, Aranson ve Hull, 1987).

Optimum sulama uygulaması için en önemli aşama bitki su tüketimlerinin hesaplanması ve sulama suyu ihtiyacının belirlenmesidir. Bitki su tüketiminin belirlenmesinde kullanılan yöntemler doğrudan ölçüm yöntemleri (lizimetreler, tarla deneme parselleri ve havza düzeyinde giren-çıkan akışın ölçülmesi) ve iklim verilerinden tahmin yöntemleri (mikrometeorolojik yöntemler ve kıyas bitki su tüketimi yöntemleri) olarak sınıflandırılabilir (Jensen, 1973). Başını lizimetrelerin çektiği doğrudan ölçme yöntemleri, çok sağlıklı sonuçlar vermesine karşın zaman alıcı ve pahalı olması gibi nedenlerle uygulamada yaygın olarak kullanılmazlar. Bu yöntemler daha çok, geliştirilen su tüketimi tahmin eşitliklerinin yöre koşullarına göre kalibrasyonu ve bitki katsayısı (kc) değerlerinin eldesi amacıyla kullanılırlar (Orta, 2017).

İklim verilerinden kestirim yöntemlerinde ise birçok iklim etmeninin dikkate alındığı eşitlikler kullanılmaktadır. Bu eşitliklerin tamamı geliştirildikleri bölgenin iklim koşullarına benzer iklim koşullarına sahip bölgelere uygulandıklarında güvenilir sonuçlar verirler. Yapılan çalışmalar, iklim verilerinden yararlanan mevcut yöntemlerden hiçbirinin bütün iklim bölgelerinde özellikle tropik alanlarda ve denizden yüksek bölgelerde bölgesel kalibrasyonları yapılmadan yeterli sonuçlar vermediklerini ortaya koymuştur (Allen, Pereira, Raes, ve Smith, 1998; Jensen, 1973).

Günümüzde bitki su tüketiminin (ET_c) belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan yaklaşım, önce kıyas (referans) bir bitki (çim veya yonca gibi) için su tüketimini (ET_o) tahmin etmek, sonrada bu değeri bitki katsayısı (kc) ile düzeltmek (ET_c = kc × ET_o) yoluyla bitki su tüketimini (ET_c) elde etmektir (Doorenbos ve Pruitt, 1977). Eşitlikteki kc değeri; bitki cinsi, bitki gelişim dönemi, bitki yüzeyinin yapısı ve yersel iklime bağlıdır. Ayrıca, bitki büyüme dönemi boyunca bitkinin yaprak alanıyla doğru orantılı olarak değişir (Dodds, Wayne ve Barton, 2005).

Çim bitkisi temel alınarak geliştirilen iklim verilerine dayalı kıyas bitki su tüketimi tahmininde en yaygın olarak kullanılan yöntemler; A Sınıfı Buharlaşma Kabı, Blaney-Criddle, Solar Radyasyon, Penman ve Penman-Monteith yöntemleridir. Martin (1996) yaptığı bir çalışmada, Penman-Monteith, FAO Penman ve Blaney-Criddle bitki su tüketim eşitliklerini

kıyaslamış, ölçülen ve eşitliklerden hesaplanan değerler arasında en yakın ilişkiyi Penman-Monteith eşitliğinden elde etmiştir.

Jalali-Farahani, Slack, Kopec ve Matthias (1993), FAO-Penman yöntemiyle hesaplanan ET miktarının %66'sı oranında günlük olarak sulama suyu uygulanması durumunda, Bermuda çimi için kabul edilebilir görsel kalitenin bitki gelişme periyodu boyunca sürdürülebildiğini bildirmişlerdir. Garrot ve Mancino (1994), Bermuda çiminin, kurak koşullarda yıllık 834-930 mm su uygulanması durumunda genel çim kalitesi, dayanım, renk ve toprağı örtme yönünden kayba uğramadan kalabileceğini belirtmişlerdir.

Wright (1996) Idaho, Kimberly'de iklim verileri ve lizimetreleri kullanarak yonca ve çimin kıyas evapotranspirasyonunu belirlemiştir. Araştırma sonucuna göre, çimin günlük su tüketimi 8 mm/gün olarak bulunmuştur. Çim bitkisinin 569 gün boyunca toplam su tüketimi Penman eşitliği ile 3038 mm bulunurken, lizimetreden elde edilen değer 3015 mm olarak hesaplanmıştır. Araştırmacı, eşitlikten yararlanarak hesaplanan değerle, lizimetreden hesaplanan değer arasında %0.4'lük küçük bir fark bulunduğunu saptamıştır. Phene, Clark ve Cardon (1996)'nin yaptıkları benzer bir çalışmada ise çim bitkisinin su tüketimi; A sınıfı buharlaşma kabından ölçülerek 8.9 mm/gün, lizimetreler kullanılarak 9.3 mm/gün olarak bulunmuştur.

Aydınşakir, Baştuğ ve Büyüктаş (2003), Antalya'da tarla ve mini lizimetre koşullarında Mayıs ayının başı ile Ekim ayının sonu arasında çimde ölçülen bitki su tüketimleri ile ampirik eşitliklerle hesaplanan bitki su tüketim değerleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırmacılar hem tarla hem de mini lizimetre koşullarında en uygun çim kıyas bitki su tüketimi hesaplama yönteminin FAO-A Sınıfı Buharlaşma Kabı yöntemi olduğunu, bunu Penman yönteminin izlediğini saptamışlar, mini lizimetre yönteminin tarla koşullarında kullanımının uygun olmadığı, laboratuvar koşullarında kullanımının daha uygun olduğu sonucuna varmışlardır.

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 düzeyindeki sulama suyunun çimde kabul edilebilir kalite için yeterli olacağı

sonucuna varmışlar, bu yolla araştırmanın yapıldığı golf sahasında %15 düzeyinde su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir.

Şahin ve Kara (2005), Konya kent merkezi yeşil alanlarının sulanmasında karşılaşılan sorunlar ve alternatif çözüm önerileri başlıklı çalışmalarında, söz konusu yeşil alanların toprak özelliklerini, uygulanan sulama yöntemlerini, sulama zamanlarını, su tüketim miktarlarını, sulama randımanlarını ve sulama suyu kayıplarını belirlemişlerdir. Yine aynı araştırmacılar, çim bitkisinin günlük ve mevsimlik su tüketimlerini arazi denemeleri ile normal ve kısıtlı sulama koşullarında belirlemişler ve ayrıca meteorolojik verilere dayalı olarak da hesaplamışlardır. Elde edilen değerlerden sulama suyu ihtiyaçlarını hesaplayarak, mevcut uygulamalardaki sulama suyu miktarları ile karşılaştıran araştırmacılar, Mayıs-Ekim aylarını kapsayan sulama döneminde tam sulama koşullarında çim bitkisi su tüketimini 771 mm, sulama suyu ihtiyacını ise 803 mm olarak saptamışlardır.

Emekli ve Baştuğ (2007) Antalya koşullarında yaptıkları bir çalışmada, tarla koşullarında farklı sulama uygulamalarının, Bermudagrass çim çeşidinin su tüketimine etkisi ve su tüketiminin tahmini için kıyas bitki su tüketimi hesaplanmasında kullanılan bazı deneysel eşitliklerin geçerliliğinin belirlenmesini araştırmışlardır. Anılan çalışmada, A sınıfı buharlaşma kabından iki 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.

Aydınşakir, Gürbüz, Karagüzel ve Kaya (2014)'nın, bazı çim türlerinde kısıtlı sulama suyu düzeylerinin su tüketimine ve görsel kalite üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla, 2008 yılında Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde yürüttükleri çalışmada, Seaspray ve TifBlair olmak üzere iki farklı çim çeşidi kullanmışlardır. Sulama konuları, A Sınıfı Buharlaşma Kabı'ndan yedi gün ara ile meydana gelen buharlaşmanın % 100 (I3), % 75 (I2) ve % 50 (I1)'si esas alınarak oluşturulmuştur. Araştırma sonuçlarına göre mevsimlik su tüketimi değerleri Seaspray çeşidi için 422.7-774.0 mm arasında değişirken, TifBlair çeşidi için 422.0-779.4 mm arasında değişmiştir. Araştırmada en iyi görsel kalite değerleri I3 konusundan elde edilmiştir. Ayrıca, çim alanlarda verim azalması gibi bir durum söz konusu olmadığı için, bu alanlarda kısıtlı sulama uygulamalarının önemli olduğunu vurgulayarak, söz konusu çim türleri

için renk, kalite ve performans değerlerini uzun süreli bozmayacak şekilde, buharlaşmanın %75'i düzeyinde sulama yapmanın su tasarrufu açısından oldukça önemli olduğunu belirtmişlerdir.

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)'nın %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 – 3,4 mm/gün; sıcak iklim çiminde ise aynı değerler sırasıyla 417 mm – 141 mm, 489 mm – 211 mm, 9,0 mm/gün - 2,4 mm/gün 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. Aynı yöre koşullarında Ayanoglu ve Orta (2019)'nın toprak altı damla sulama yöntemi kullanarak yaptığı bir araştırmada ise, sıcak iklim çiminin serin iklim çimlerine göre %43 daha az sulama suyu gereksini olduğu ve %52 daha az su tükettiği belirtilmiştir.

2.3. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)

Sulama yönetimi uygun bir sulama programı ile mümkün olabilmektedir. Sulama programlamasında toprak nem durumu, meteorolojik veriler ve bitki fizyolojisi olmak üzere 3 farklı teknik ile sulama zamanına ve verilecek su miktarına karar verilebilmektedir (Köksal ve Yıldırım, 2011). Bitkiye dayalı sulama programlama yöntemlerinden bir tanesi de bitki taç sıcaklığı ölçümüdür. Bu yöntem ile bitki taç örtüsü sıcaklıkları belirlenebilmekte ve bitkinin su stresi altında olup olmadığı uzaktan algılama sistemleri ile ölçülebilmektedir. Bitki taç örtüsü sıcaklığı ile havanın sıcaklık farkından ve buhar basıncı açığından faydalanılarak bitki su stres indeksi (CWSI) hesaplanabilir (Jackson, Pinter, Reginato ve Idso, 1980). Giderek yaygınlaşan el tipi infrared termometreler sayesinde bitki sıcaklıkları daha hızlı ve doğru bir şekilde belirlenebilmektedir. Anılan bu teknik ile sulama zamanı belirlenebilmekte ancak, sulama suyu miktarı hesaplanamamaktadır (Gençel, 2009).

Birçok araştırmacı, çeşitli bitkiler üzerinde farklı iklim ve bölge koşullarında, bitki su stresinin izlenmesi için el tipi infrared termometre ile bitki sıcaklığı ölçüm tekniği sonucunda elde edilen bitki su stres indeksi (CWSI) değerinin, su stresini ortaya koymakta oldukça başarılı olduğunu ve sulama programlarının hazırlanması amacıyla kullanılarak hedeflenen verim, kalite ve su tasarrufunun sağlanabileceğini bildirmişlerdir (Alderfasi ve Nielsen, 2001; Argyrokastritis, Papastylianou ve Alexandris, 2015; Cremona, Stützel ve Kope, 2004 ; Çamoğlu ve Genç, 2013; Erdem, Arin, Emekli, Baştuğ, Büyüktaş ve Emekli, 2007; Erdem, Polat, Deveci, Okursoy ve Gültaş, 2010; Erdem, şehirali, Erdem ve Kenar, 2006; Gençel, 2009; Gonzalez-Dugo, Zarco-tejada ve Fereres, 2014; Han, Zhang, Dejonge, Comas ve Gleason, 2018; Irmak, Haman ve Baştuğ, 2000; Köksal, Üstün ve İlbeyi, 2010; O'shaughnessy, Evett, Colaizzi ve Howell, 2012; Orta, Erdem ve Erdem, 2002; Orta, Erdem ve Erdem, 2003; Orta ve Türk, 2019; Öncel, Todorovic ve Orta, 2019; Veysi, Naseri, Hamzeh ve Bartholomeus, 2017; Yuan, Luo, Sun ve Tang, 2004).

O'Toole ve Hatfield (1983), bitki su stresinin sezilenmesinde en kritik aşamaların 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 vd. (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 denklemine 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 amprik 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. Idso vd. (1981) tarafından geliştirilen deneysel yöntem, enerji dengesi yönteminde belirtilen $T_c - T_a$ ile VPD ilişkisine dayalı CWSI değerinin grafiksel çözümle elde edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu yöntemde, Jackson yönteminde hesaplanan çevresel parametrelerin bilinmesine gerek yoktur. Yöntemde alt sınır çizgisi farklı iklim koşullarına ve farklı bitki türlerine göre değişebilir. Alves ve Pereira (2000) tarafından sunulan yöntem de ise, CWSI değerinin belirlenmesinde kullanılan su stressiz baz çizgisi için farklı bir yöntem geliştirilmiş, potansiyel hızda transpirasyon yapan bitkilerin yüzey sıcaklığı ıslak termometre sıcaklığı olarak kabul edilmiştir. Anılan üç yöntem karşılaştırıldığı zaman farklı

avantajları ve dezavantajları vardır. Farklı iklim koşullarında ve farklı bitki türlerinde bu yöntemlerin özellikleri değerlendirilerek en uygun yöntem belirlenebilir (Tekelioğlu vd., 2018).

Idso vd. (1981)'nin yaklaşımı, potansiyel hızda transpirasyon yapan bir bitki için, atmosferin buhar basıncı açığı (VPD, kPa)'nın fonksiyonu olarak bitki tacı-hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$, °C)'nin ölçülmesine dayanır. İyi sulanan ve potansiyel hızda transpirasyon yapan (minimum su stresi durumundaki) bitkiler için bu doğrusal ilişki, alt baz (sınır) çizgisi olarak adlandırılır. Birçok bitki için anılan ilişki güneşli ve tamamen gölgeli koşullarda geliştirilmiştir (Idso, Pinter ve Reginato, 1990). İlişkinin, bitki çeşidine bağlı olmakla birlikte geniş bir coğrafik alanda kabul edilebilir olduğu saptanmıştır (Idso, 1982). Buhar basıncı açığından bağımsız, fakat hava sıcaklığına bağımlı olan bitki tacı-hava sıcaklığı farkının üst baz çizgisi ise transpirasyon yapmayan (maksimum su stresi durumundaki) bitkilerden belirlenir. Böylece elde edilen temel grafik yardımıyla, genellikle bitkilerin en çok strete olduğu öğle saatinden 1-2 saat sonra yapılan bitki tacı, kuru ve ıslak termometre sıcaklığı ölçümleri kullanılarak CWSI hesaplanabilir. CWSI değeri, stres düzeyine bağlı olarak CWSI=0 (minimum stres) ve CWSI=1 (maksimum stres) arasında değişir (Reginato, 1983)

Howell, Musick ve Tolk (1986), bitkinin transpirasyon yapmadığı varsayılan üst sınırı, Idso vd. (1981) tarafından önerilen yöntemle saptamışlardır. Anılan üst sınır değeri ile aşırı su stresinin oluşturulduğu konulardan saptanan taç-hava sıcaklığı farkını karşılaştırmışlar ve bu değerlerin birbirine uyum gösterdiğini bulmuşlardır.

Al-Faraj, Meyer ve Horst (2001), uzun yumak çiminde (*Festuca arundinacea Schreb.*) 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 vd. (2005)'nin Antalya koşullarında Bermuda çimi (*Cynodon dactylon L.*) için bitki su stres indeksinin (CWSI) değerlendirilmesi ve sulama programlamasında infrared termometre tekniğinden yararlanma olanaklarının belirlenmesi amacıyla yürüttüğü bir çalışmada, A sınıfı buharlaşma kabından alınan değerlere göre dört farklı sulama düzeyi (%100, 75, 50 ve 25) uygulamıştır. 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 iki gün ara ile sulama yapılması durumunda Bermuda çimi için mevsim boyunca kabul edilebilir renk kalitesinin sürdürülebileceği infrared termometre tekniği yardımı ile sulama programlaması durumunda ise mevsim boyunca CWSI değerinin 0,102 civarında sürdürülmesi gerektiği ve anılan tekniği yörede çim sulama programlaması amacıyla kullanılabileceği sonuçlarına ulaşılmıştır.

Bijanzadeh, Naderi ve Emam (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 gözlemlemişlerdir. Mevsimsel CWSI'nin 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 araştırma yapmışlardır. 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.

Ahmadi, Agharezaee, Kamgar-Haghighi ve Sepaskhah (2017), bitki su stres indeksi ve yaprak su potansiyelinin patates bitkisinin sulama programlamasında kullanılabilme olanaklarını karşılaştırmak amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırma kısmi kök kuruluğu ve kısıntılı sulama yöntemleri uygulanmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, bitki su stres indeksinin bitkinin nem durumunun takibi ve sulama programlamasında, yaprak su potansiyelinden daha güvenli bir yöntem olduğu bildirmişlerdir.

Gölgül (2019), maş fasulyesinin su stresine karşı tepkisini belirlemek amacıyla, Kayseri Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi (ERÜTAM) araştırma alanında,

2018 yılında yaptığı araştırmada; farklı sulama suyu seviyelerinin maş fasulyesi verimi ve verim bileşenlerine olan etkisi ve bitki su stres indeksinin maş fasulyesinin sulama programlamasında kullanılma olanaklarını incelemiştir. Denemede damla sulama yöntemi kullanılarak, 5 farklı sulama düzeyi (I100, I75, I50, I25, I0) uygulanmıştır. Bitki su stres indeksi (CWSI) değerlerinin 0.13-0.93 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Elde edilen CWSI değerlerinin maş fasulyesi sulama programlamasında başarılı bir şekilde kullanılabilceği ve CWSI değerinin 0.13-0.22 arasında olduğunda sulama yapılabilceği saptanmıştır.

Erten ve Dağdelen (2020)'in Aydın koşullarında kütlü pamuk veriminin tahmininde bitki su stres indeksinin (CWSI) kullanılması amacıyla yürüttükleri bir çalışmada, beş sulama düzeyi (%100, 75, 50, 25 ve 0) için bitki ta sıcaklığı, hava sıcaklığı ve buhar basıncı açığı kullanılarak CWSI değerlerini hesaplamışlardır. CWSI değerleri arttıka; topraktaki nem açığı artmış fakat pamuk kütlü verimleri azalmıştır. Çalışma sonucunda, bitki su stres indeksi değerlerinden sulama zamanının belirlenmesinde yararlanılabileceğini saptamışlardır. En yüksek pamuk veriminin sağlandığı S₁ tam sulama konusundan sulama öncesi ortalama CWSI= 0,22 değerini elde etmişlerdir.

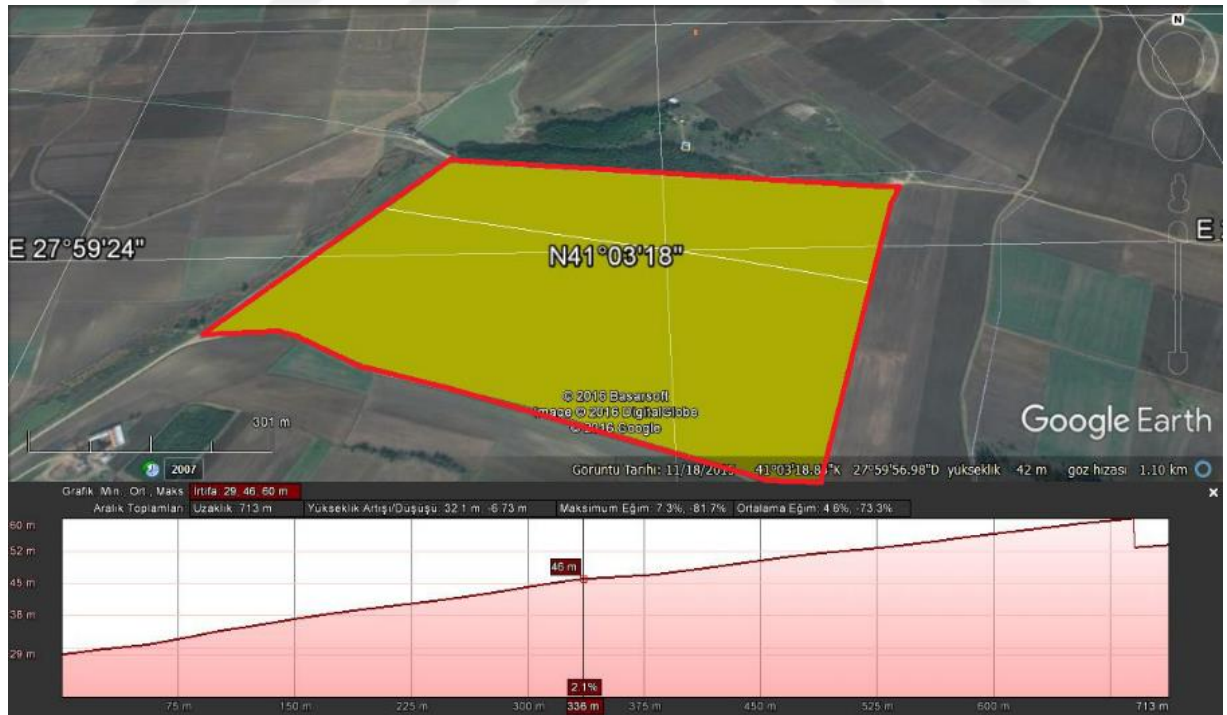
3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyal ile arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarında uygulanan yöntemler açıklanmıştır.

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 (TÜRAME) arazisinde gerçekleştirilmiştir. Alan, 41°03' Kuzey enlemi ile 28°00' Doğu boylamı arasında kesifen 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. Deneme alanı, toplam 287,5 m² parsellerin tamamı ise 112,5 m²'dir (şekil 3.2).



şekil 3.1. Deneme alanının coğrafik konumu



Şekil 3.2. Deneme parsellerinin görünüşü

3.1.2. Araştırma Alanının 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 14,93 °C 'dir. En soğuk ay 6,05 °C ile Ocak, en sıcak ay ise 24,93 °C ile Ağustos ayıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 644,58 mm, yıllık ortalama bağıl nem %74,49'dur (Çizelge 3.1). Araştırmada ihtiyaç duyulan iklim verileri (sıcaklık, yağış, rüzgar hızı, bağıl nem, solar radyasyon) alanda bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir (Şekil 3.3). Ayrıca, günlük buharlaşma değeri deneme alanına yerleştirilen A sınıfı buharlaşma kabında 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 yıllık (2019) ve uzun yıllık (1989-2019) ortalamaları (Anonim, 2020)

	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
	Buharlaştırma (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
2019 yılı (Deneme Alanı)	Ortalama Sıcaklık (°C)	5,25	5,28	8,36	11,10	17,40	23,82	22,69	24,73	20,46	16,41	14,78	8,15	14,87
	Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	81,00	36,60	34,00	51,40	39,20	10,80	19,40	11,40	17,40	42,60	28,60	22,20	394,6
	Ortalama Bağıl Nem (%)	87,53	87,10	80,71	79,43	80,08	72,23	69,20	66,69	69,97	84,28	85,51	88,78	79,29
	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	2,20	2,14	1,71	1,49	1,43	1,57	1,68	2,21	1,91	1,32	1,53	1,52	1,73

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

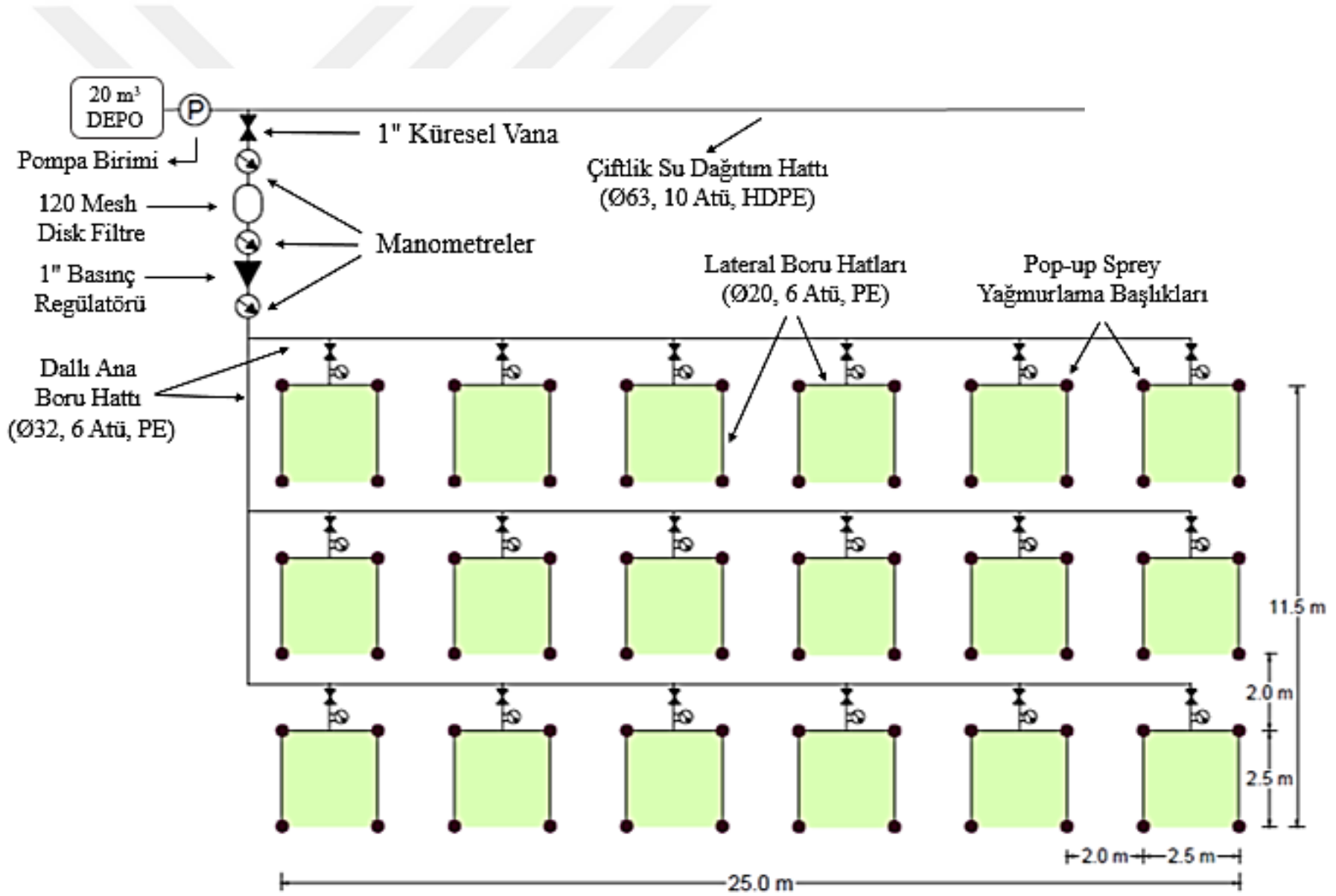
Aylar	Günler	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Bağıl Nem (%)	Ortalama Rüzgar Hızı (m/s)	Buharlaştırma Miktarları (mm)	Yağış (mm)
Mayıs 2019	1-10	14,8	81,1	1,4	34,2	18,2
	11-20	16,8	84,4	1,6	62,4	11,0
	21-31	20,5	74,7	1,3	71,1	10,0
	1-31	17,4	80,1	1,4	167,6	39,2
Haziran 2019	1-10	21,6	73,0	1,3	80,8	0,6
	11-20	24,4	75,1	1,5	69,7	9,6
	21-30	25,4	68,6	1,8	89,8	0,6
	1-30	23,8	72,2	1,6	240,3	10,8
Temmuz 2019	1-10	24,2	65,4	1,6	88,2	0,4
	11-20	21,2	73,5	1,6	62,3	18,4
	21-31	24,4	68,6	1,9	98,0	1,6
	1-31	23,3	69,2	1,7	248,4	19,4
Ağustos 2019	1-10	24,4	65,5	1,7	86,2	8,2
	11-20	24,3	67,9	2,3	89,5	1,6
	21-31	25,5	66,7	2,5	102,6	1,6
	1-31	24,7	66,7	2,2	278,3	11,4
Eylül 2019	1-10	23,1	66,7	2,3	80,7	1,4
	11-20	20,8	68,1	2,1	66,6	3,2
	21-30	17,5	75,1	1,3	37,0	12,8
	1-30	20,5	70,0	1,9	184,3	17,4
Toplam					1118,9	98,2

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, Ø63 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.

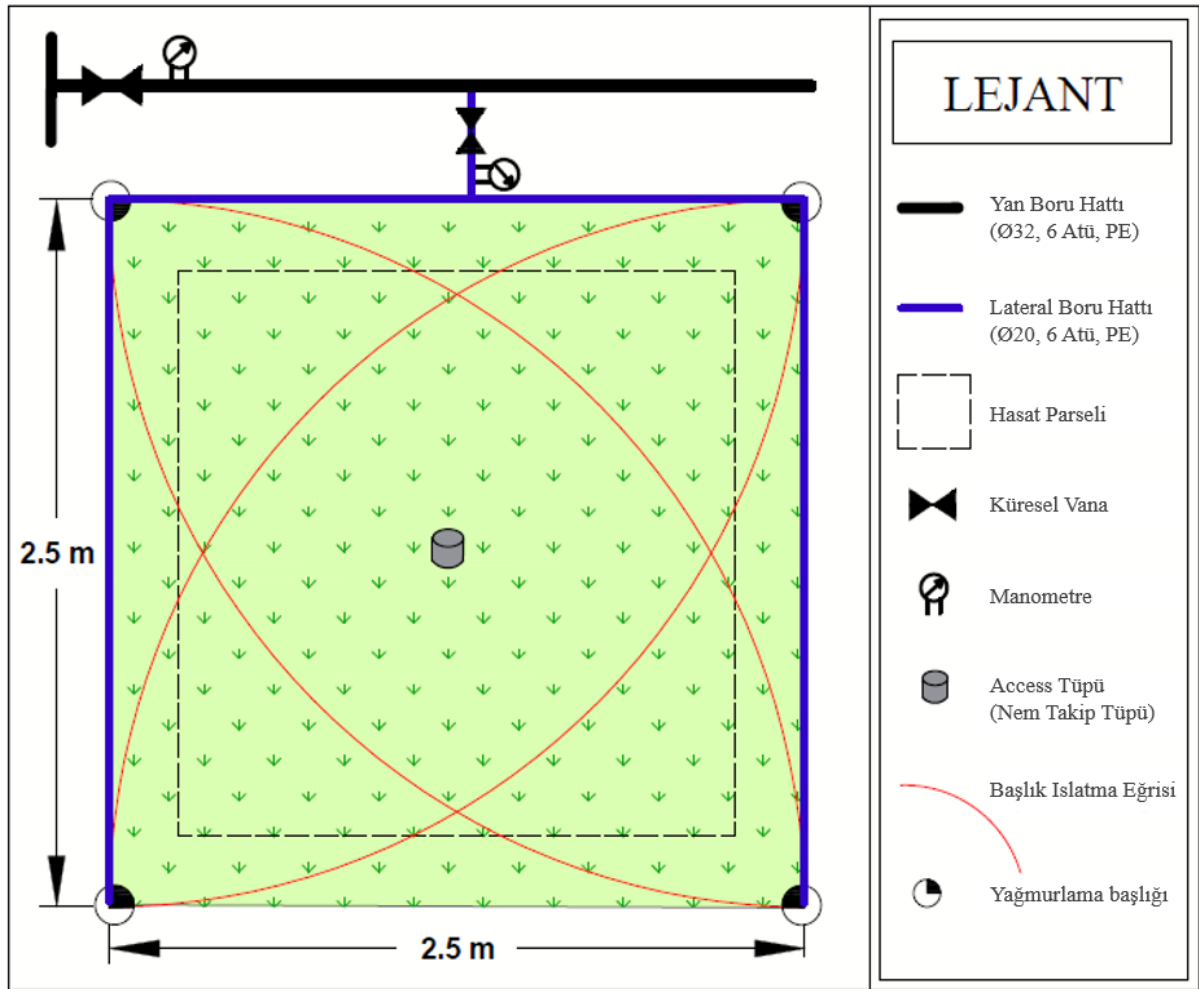
3.1.4. Sulama Sistemi Unsurları

Parsellerde kullanılan sulama suyu, alana 86 m uzaklıktaki 63 mm dış çaplı boru hattından alınarak, filtre, manometre, vanalar ve basınç regülatöründen oluşan kontrol biriminde sulamaya uygun hale getirildikten sonra parsellere iletilmiştir (Şekil 3.4). Kontrol birimi girişinde 5-6 atm olan ve çıkıştaki basınç regülatörü aracılığıyla 3.2 bara düşürülen işletme basıncı, yük kayıpları nedeniyle parsel girişinde 2.1 bara düşmüştür.



Şekil 3.4. Deneme alanı sulama sistemi

Boyutları 2.5 m x 2.5 m olan yağmurlama sulama parsellerinin her bir köşesine birer adet olmak üzere toplam 4 adet pop-up sprej tipi yağmurlama başlığı yerleştirilmiştir. Her bir başlığın ıslatma açısı 90°, 2.1 bar işletme basıncındaki ıslatma mesafesi 2.5 m, debisi ise 87.5 L/h'tir. Düzenlenen parsel boyutlarında daha düşük yağmurlama hızı veren pop-up tipi yağmurlama başlığı bulunamadığından, sulamalar kesikli biçimde uygulanarak yüzeyde göllenme ve yüzey akış önlenmiştir. Sulama suyu miktarının sağlıklı olarak belirlenebilmesi amacıyla her parsel girişine bir adet vana ve manometre yerleştirilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Parsel detayı

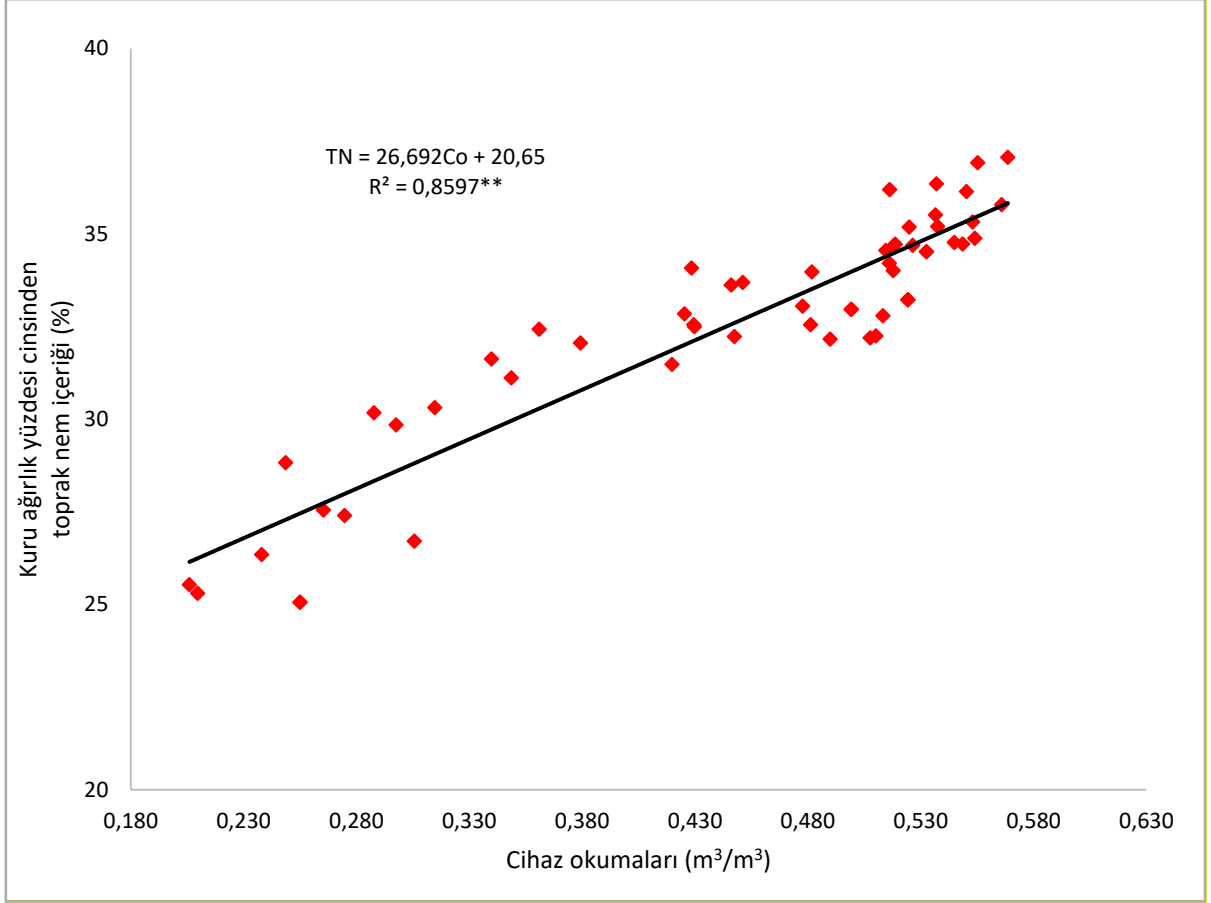
3.1.5. Toprak Nem Takibi

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 parsele 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

Arazi koşullarında cihazın kalibrasyonu, 2017 yılında Bezirgan (2018) ve Ayanoglu ve Orta (2019) tarafından yapılmış ve her bir 30 cm'lik toprak katmanı için kalibrasyon denklemleri elde edilmiştir (Evelt, Howell, Stciner 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) (Ayanoglu ve Orta, 2019; Bezirgan, 2018).



** : 0.01 düzeyinde önemli

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

3.1.6. A Sınıfı Kabı Buharlaşma

Araştırmada, günlük buharlaşma değerlerinin ölçülmesinde standart A sınıfı buharlaşma kabı kullanılmıştır. 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). A sınıfı buharlaşma kabından gerçekleşen buharlaşma miktarı, azalan suyun tamamlanması esasına göre, her gün aynı saatte (09:00), 127.5 mm çapındaki ölçekli kap aracılığıyla ölçülmüştür.



Şekil 3.8. A sınıfı buharlaşma kabı ve plüviyometre

3.1.7. İnfrared Termometre

İnfrared termometreler, bitki taç örtüsü sıcaklığının bitkiyi tahrip etmeden uzaktan algılanmasını sağlayan ve günümüzde kullanımları gittikçe yaygınlaşan hızlı ve güvenilir aletlerdir. Taç-hava sıcaklığı farkından ve psikrometrik ölçümlerden yararlanılarak bitki su stres indeksi (CWSI) belirlenmektedir (Jackson 1982). Bitki taç örtüsü sıcaklığı ve bu sıcaklık ile hava sıcaklığı arasındaki farkın buhar basıncı eksikliğine bağlı olarak değişiminden elde edilen bitki su stresi indeksi (CWSI); bitkinin türüne, çeşidine, gelişme dönemine ve çevre koşullarına bağlı olmakta, ayrıca rüzgar hızından, net radyasyondan ve bitki tacından da etkilendiği belirtilmektedir (Gardner, Nielsen ve Shock, 1992).

Bu çalışmada, F8e model 574 hassas portatif infrared termometre (IRT), serin ve sıcak iklim çimlerinin yüzey (taç örtüsü) 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. İnfrared (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 (*C. dactylon*), tropik ve subtropik bölgelere iyi uyum sağlamış ve dünyada oldukça geniş bir kullanım alanına sahip bir sıcak iklim çim bitkisidir (Emmons, 1995; Emmons, 2000). Oldukça güçlü stolonları ve rizomları ile hızla yayılarak bulunduğu alanı kaplayan ve bu özelliği nedeniyle de mükemmel bir onarım-kendini yenileme potansiyeline sahip olan *C. dactylon*, basılma veya çiğnenme gibi nedenlerden dolayı zarar gören alanları, tekrar hızlı bir şekilde kapatabilmektedir (Christians, 2004; Emmons, 2000). Bermudagrass (*Cynodon sp.*) türleri, çok sık, yoğun ve güçlü yapılı bir çim tabakası meydana getirmektedir. Yaprak ayalarının eni dar olduğu için ince, çok ince veya orta dokulu bir yapı oluşturmaktadır. Sıcak iklim bitkisi olan Bermudagrass en iyi gelişmeyi 25 °C üzerindeki sıcaklıklarda gösterirken,

10 °C sıcaklığı altında büyümesi genellikle durur (Christians, 2004). Sıcaklığın -2 °C ve -3 °C düşmesiyle toprak üstü aksamı ölmeye başlar ve büyüme durur. Sıcak ve tropik bölgelerde, sahil kuşağında 670 – 1750 mm yağış alan ve sulanabilen durumlarda 2600 m yüksekliklere kadar yetiştiği görülmektedir (Avcıoğlu, Açıköz, Soya ve Tan, 2009). Tüm Bermudagrass türleri çelikler ile vejetatif olarak çoğaltılırken, sadece *Cynodon dactylon* tohumlarıyla da üretilmektedir (Açıköz, 1993; Avcıoğlu, 1997). Araştırmada bermuda çiminin tifway çeşidi kullanılmıştır.

3.1.8.2. *Lolium perenne* (Çok yıllık çim)

Ülkemizde daha çok İngiliz çimi olarak tanınan çok yıllık çim yeşil alan tesislerinde en yaygın olarak kullanılan serin iklim buğdaygil bitkilerinden birisidir (Avcıoğlu, 1997). Kısa ömürlü çok yıllık bir bitkidir, karışımlardan 3-4 yıl sonra kaybolmaya başlar. Gölgeye dayanımı oldukça zayıftır. İlkbahar ve sonbahar bitki gelişiminin en iyi olduğu mevsimlerdir (Açıköz, 1993). Çok yıllık çim yoğun kardeşlenme yeteneğine sahip olup dik bir gelişme yapısı gösterir (Langer, 1990; Thorogood, 2003). Parlak koyu yeşil tüysüz yapraklara sahiptir (Langer, 1990). Kök sistemi nispeten yüzeyseldir ve köklerin yaklaşık %80'i toprağın ilk 15 cm'lik kısmında bulunur (Bolinder, Angers, Belarger, Michaud ve Laverdiere, 2002; Crush, Waller ve Care, 2005). En iyi gelişimini 5°C ile 25°C sıcaklıkları arasında göstermektedir. 18-20°C arasında ise optimum büyüme hızına ulaşır. Kuraklığa karşı toleranslı değildir, hafif nemli toprak koşullarında bile kuru madde verimi düşmektedir (Garwood ve Sinclair, 1979).

Çok yıllık çim park ve bahçeler, spor alanları, karayolları refüjlerinde ve değişik amaçlı çim alanların yapımında kullanılmaktadır. Oldukça iri olan tohumları kolayca çimlenir ve gelişir. Hızlı gelişmesiyle alanı kolayca kaplayarak karışımdaki *Poa sp.*, *Festuca sp.*, ve *Agrostis sp.* gibi çim türlerini 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 kolay yıpranabilen alanlar için ideal bir bitki olarak kabul edilmektedir (Açıköz, 1993).

3.1.8.3. *Festuca rubra rubra* (Kırmızı yumak)

Festuca rubra rubra, yeşil alanlarda en çok kullanılan çim türleri arasında yer almaktadır. İnce yapılı, sık sürgünlü, üniform ve kaliteli bir doku oluşturur, rizomlu kırmızı yumak koyu yeşil renkte ve güçlü kökler oluşturur. Serin-yağışlı iklimlere adapte olabilen bu tür, sıcak

stresine dayanıksız olduğundan sıcak-nemli iklim bölgeleri için uygun değildir. Gölgeye çok dayanıklı olan rizomlu kırmızı yumak, kurağa da çok dayanıklı olan ve suyu ekonomik kullanan bir buğdaygildir. Tuzlu su ve aşırı sulamada ise başarılı sonuçlar alınmamaktadır. Bu çim türü, kurak, sıcak ve gölge koşullarda parklar, mezarlıklar, bina çevreleri, yol kenarları ve havaalanları gibi çok değişik amaçlara yönelik ortamlarda kullanılabilir (Mutlu, 2006).

3.1.8.4. Festuca arundinacea (Kamışsı yumak)

Festuca arundinacea, diğer çim türlerine göre uzun boylu, gevşek-sık yapılı, koyu yeşil renkli, yumak formunda, kalın ve sert yapraklıdır. Uzun ömürlü, kurağa ve sıcağa dayanımı iyi, gölgeye orta-iyi derecede dayanıklı, basılmaya ve çiğnenmeye ise dayanımı oldukça iyidir. Çok dipten biçimlerde zarar gördüğü için ince ve kaliteli çim istenen alanlara uygun değildir. Atlı spor alanları, yol şevleri, su yolları ve hava alanları gibi birçok yerde başarı ile kullanıldığı gibi basılmaya dayanıklı olması nedeni ile spor alanı, park bahçelerde de kullanımı artmaktadır (Açıkgöz, 1993; Avcıoğlu, 1997; Sağlamtimur, Tansı ve Baytekin, 1998).

3.1.8.5. Poa pratensis (Çayır salkım otu)

Avrupa ve Asya'nın doğal bir bitkisi olan ve dünyanın serin yağışlı yerlerine uyum sağlayan çayır salkımotu, dünya genelinde en çok kullanılan çim bitkilerinden birisidir (Açıkgöz, 1993; Avcıoğlu, 1997). Yaprakları tipik kayık şeklinde, tüysüz, mavi-yeşil renkli (Açıkgöz, 1993), dar ve orta genişlikte (2-5 mm) ve ortalama 40-60 cm kadar boylanabilir. Kumlu, kil topraklar ve ılıman iklim en iyi yetiştirme ortamlarıdır. Soğuğa oldukça dayanıklı olup, yeşil rengini daima korur. Sürekli kurak zamanlarda direnme devresine girer ve ilk nemlerde yeniden canlılık gösterir. Bu yüzden kuraklığa dayanıklı çim türleri arasında yer alır. Kurak dönemlerde sulandığında yeşil görüntüsünü korur (Uluocak, 1994). Sık biçilmeye ve basılmaya karşı dayanıklıdır (Korkut, 2007). Bütün genel amaçlı yeşil alanlarda başarı ile yaygın olarak kullanılabilen bu tür, yoğun rizom yapısı nedeni ile serin yağışlı iklimlerdeki ağır basma etkilerine ve yoğun kullanıma dayanıklı olduğundan, spor alanlarında da başarılıdır (Avcıoğlu, 1997).

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 verilere 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 (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. pH ve tuzluluk ölçümleri

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 (Doorenbos ve Pruitt, 1977; Yıldırım ve Madanoğlu, 1985).

3.2.1.4. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)' nin belirlenmesi

Toprak yüzeyini IRT'nin görüş alanı dışında tutmak için, araç yatayla 30-40°'lik bir açı yapacak şekilde bitki yüzeyine 20-50 cm uzaklıktan yöneltilecek taç sıcaklığı ölçümleri yapılmıştır. Bitki su tüketiminin yoğun olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında, her bir parselde, meteorolojik koşulların uygun olduğu (havanın tamamen açık olduğu veya bulutların güneşi engellemediği koşullarda) her gün, saat 11.00 ile 14.00 arasında olmak üzere günde 4 kere, 4 yönden (doğu-batı-kuzey-güney doğrultusunda) el tipi infrared termometre ile bitki yüzey sıcaklıkları ölçülmüş (Şekil 3.11) ve her bir parsel için günlük toplam 16 değerlerin ortalaması alınarak ortalama taç sıcaklığı bulunmuştur (Orta, Başer, Şehirli, Erdem ve Erdem, 2004).

Ayrıca, her iki çim tipinde de üst baz çizgisini belirlemek amacıyla, 30.06.2018 tarihinde su kısıtı yapılmayan parsellerin kenarlarından 0.50x0.50 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 vd., 2019).



Şekil 3.11. İnfrared termometre ile bitki yüzey sıcaklığının ölçülmesi

3.2.2. Deneme Düzeni ve Araştırma Konuları

Araştırmada, yağmurlama sulama yöntemi altında, 2 farklı çim tipi için 3 farklı kısıt düzeyi denenmiştir. Dikkate alınan deneme konuları aşağıda açıklanmıştır;

Çim çeşitleri (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 (tifway çeşidi))

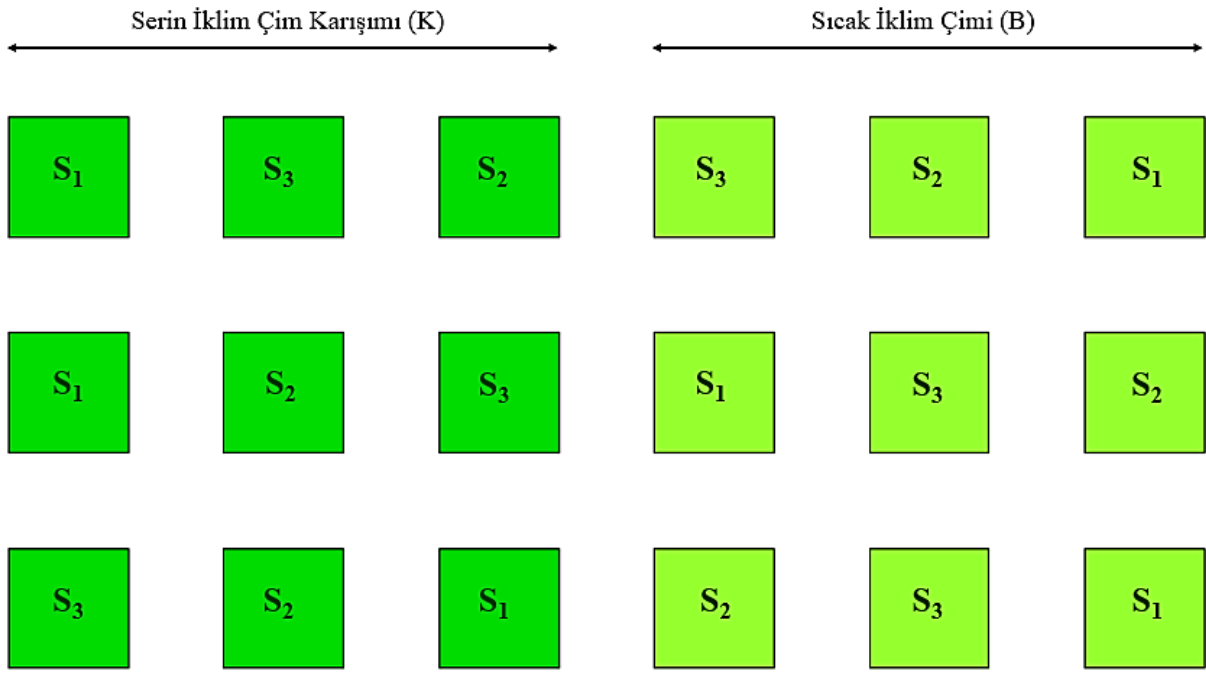
Kısıt düzeyleri (Alt konular);

S₁: 30 cm'lik etkili kök derinliğinde, kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %50'si 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 3.12). Toplam 287,5 m² olan alanda, deneme konuları parsellere rastgele dağıtılmıştır (Düzgüneş, 1963; Yurtsever, 1984). Deneme, boyutları 2,50 x 2,50 m olan, 18 adet 6,25 m²'lik parsellerden oluşan 112,50 m² alanda gerçekleştirilmiştir. Tüm kenarlardan 0,25 cm, kenar etkisi göz önüne alınarak hasat parseli dışında bırakılmıştır. Böylece, hasat parseli boyutları 2,25 x 2,25 m olmak üzere toplam 5,06 m² olmuştur. Farklı sulama uygulamalarında sızma yoluyla oluşabilecek yan etkileri önlemek amacıyla blok ve parseller arasında 2'şer metre boşluk bırakılmıştır.



Şekil 3.12. Deneme düzeni ve araştırma konuları

3.2.3. Sulama Suyunun Uygulanması

Sulama suyunun parsellere uygulanması amacıyla, parsel kenarlarına lateral boru hatları döşenmiş ve her köşeye bir adet olmak üzere toplam 4 adet pop-up sprej yağmurlama başlığı yerleştirilmiştir (Şekil 3.13). Başlıkların ıslatma açıları 90°, 2,1 atm işletme basıncındaki atış mesafeleri 2,5 m ve toplam debileri ise 349 L/h'tir. Sulama suyu miktarının sağlıklı uygulanabilmesi için, parsel girişlerine yerleştirilen manometre ve vanalar yardımıyla işletme basıncının sürekli 2,1 atm olması sağlanmıştır.

Sulama zamanının belirlenmesinde, topraktaki nem değerleri esas alınmıştır. Bu değişimler TDR cihazı (HH2 Soil Moisture Meter) ile izlenmiştir. Uygulanacak sulama suyu

miktarları, çimin etkili kök derinliği olan 30 cm'lik toprak katmanını dikkate alınarak belirlenmiş ve S₁ konularına, kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %50'si tüketildiğinde tarla kapasitesine ulaşacak kadar su verilmiştir. Diğer sulama konularına verilecek sulama suyu miktarı, S₁ konusuna uygulanan suyun 2/3 ve 1/3'ü alınarak belirlenmiştir.



Şekil 3.13. Sulama uygulaması

3.2.4. Tarım Tekniği

Denemenin yürütüldüğü alandaki çim örtüsü 2017 yılında tesis edilmiş ve iki yıl süre ile parsellerde sulama zamanına ilişkin denemeler yürütülmüştür. 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 serpme yöntemi ile 07.05.2017 tarihinde ekilmiştir (Ayanoğlu 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. Kullanılan yabancı ot ilacının olası yan etkilerini azaltmak için ilaçlama sabah erken saatlerde ya da akşam geç saatlerde ve rüzgarsız koşullarda yapılmıştır. Deneme süresince gerçekleşen ekstrem hava şartlarından dolayı bitkilerin belirli bölümlerinde pas hastalığı belirtileri görülmüş ve ilaçlama yapılarak yayılması engellenmiştir. Dönem başlangıcı ve sonunda 15 kg/da olacak biçimde üre gübresi uygulanmıştır.

Deneme süresince, bitkiler 10-15 cm yüksekliğe geldiğinde 5 cm yükseklikten biçilmiştir (Şekil 3.14). Biçimler her üç kısım 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.

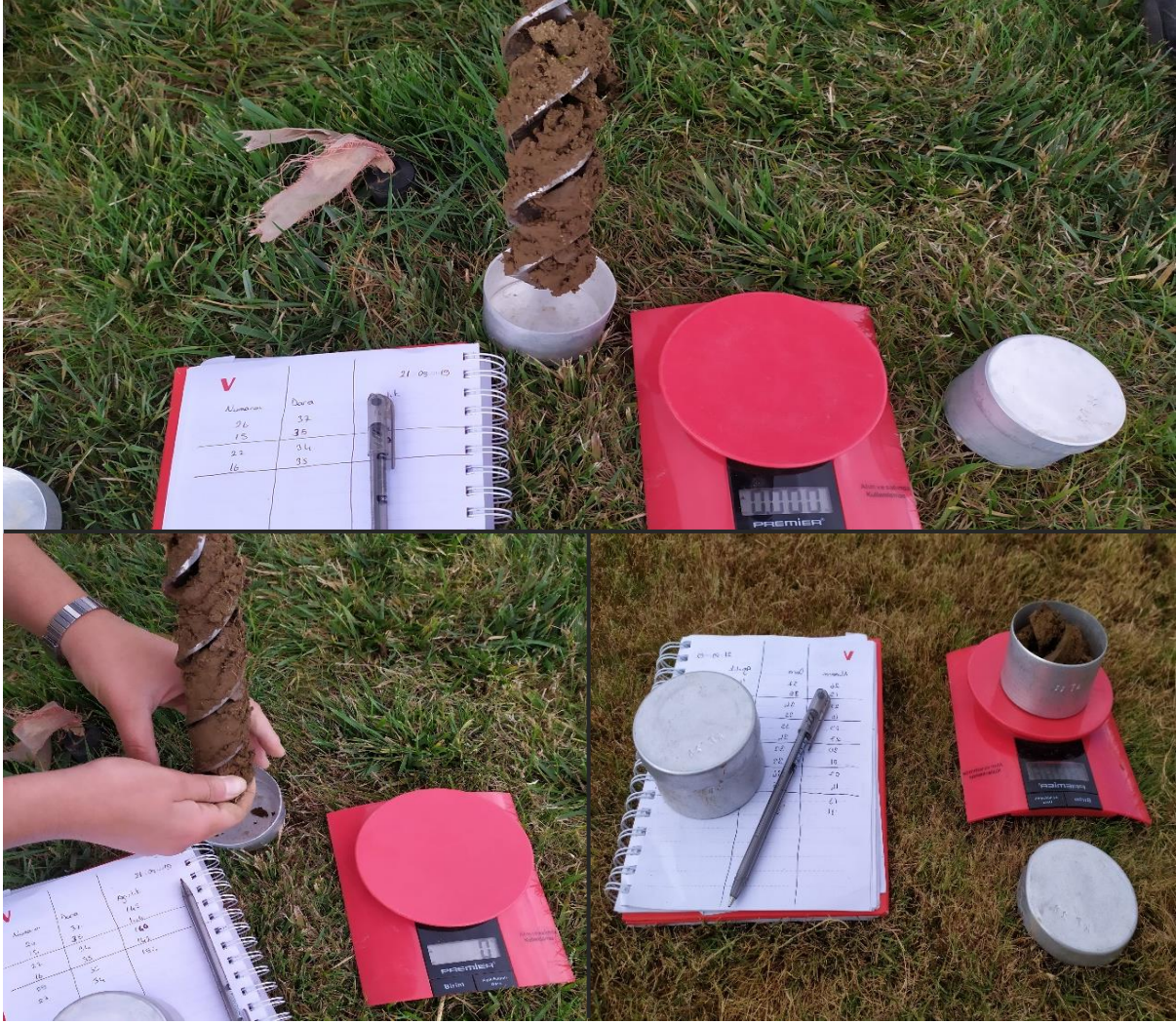


Şekil 3.14. Biçim işlemi

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’ ile her gün aynı saatte (09:00) nem okumaları yapılmıştır. Elde edilen değerler ile daha önce hazırlanan kalibrasyon eğrisinden yararlanarak toprak nem değerleri m^3/m^3 olarak belirlenmiştir. Ayrıca her on günde bir, her parselden 0-30 ve 30-60 cm toprak derinliklerinden burgu ile alınan bozulmuş örneklerden gravimetrik yöntem ile nem değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Gravimetrik yöntem ile toprak nem ölçümü

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

3.2.5.2. 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). Deneme konularına göre, etkili kök derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %50 'si tüketildiğinde sulamaya başlanmıştır. Toprak nemi ölçümlerine, 1 Mayıs 2019 tarihinde başlanmış ve 30 Eylül 2019 tarihine kadar devam

edilmiştir. Toprak nem değeri sulama başlangıcına düştüğünde uygulanacak sulama suyu miktarları, topraktaki mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak biçimde;

$$dn = \frac{(TK-MN)}{100} \cdot \gamma t \cdot D \quad (3.1)$$

eşitliği ile belirlenmiştir (Güngör ve Yıldırım, 1989). Eşitlikte;

dn : Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, mm,

TK : Tarla kapasitesi, %,

MN : Mevcut nem, %,

γt : Toprağın hacim ağırlığı, g/cm³,

D : Etkili kök derinliği, mm değerlerini göstermektedir.

Derinlik cinsinden mm olarak belirlenen sulama suyu parsel alanı (6,25 m²) ile çarpılarak, hacim cinsine (L) çevrilmiş ve bulunan değer toplam parsel debisine (349 L/h) bölünerek su uygulama süresi saat (h) cinsinden hesaplanmış ve 2.1 bar sabit basınçta zaman tutarak parsellere uygulanmıştır. Diğer sulama konularına verilecek sulama suyu miktarı Eşitlik (3.1) ile belirlenen değerlerin 2/3 ve 1/3'ü alınarak belirlenmiştir. Sulamalarda su uygulama randımanı 0,85 olarak alınmıştır.

3.2.6. Bitki Su Tüketiminin Saptanması

Bitki su tüketimi, 10 günlük periyotlar için 60 cm toprak derinliğindeki nem azalması yöntemine göre hesaplanmıştır. Bitkinin etkili kök derinliği 30 cm olmasına rağmen olası derine sızmaları da değerlendirebilmek amacıyla 60 cm'lik toprak derinliği dikkate alınmıştır. Bu amaçla, her ayın 10.; 20.; 30. ya da 31. günleri alet ile yapılan nem ölçmelerine ek olarak, her bir konudan burgu yardımı ile bozulmuş toprak örnekleri alınmış ve gravimetrik yöntem ile nem değerleri belirlenmiştir (Şekil 3.16) (Güngör ve Yıldırım, 1989).



Şekil 3.16. Bozulmuş toprak örneklerinin kurutulması

Her bir deneme konusuna ilişkin gerçek bitki su tüketiminin (ET) hesaplanmasında Su Bütçesi Yaklaşımı kullanılmıştır (Kanber, 1997). Hesaplamalar onar günlük periyotlar için yapılmış, elde edilen değerler 10 ya da 11 güne bölünerek günlük bitki su tüketimi belirlenmiştir.

$$ET = I + P + C_p - D_p \pm R_f \pm \Delta S \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

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.

Deneme alanında taban suyu bulunmadığı, kılcal hareketle bitki kök bölgesine su girişi olmadığı ve parsel içerisinde gerçekleşebilecek yüzey akışa müsaade edilmediği için C_p ve R_f değerleri ihmal edilmiştir (Kanber, 1997).

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), ile 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)

$$ET = k_c \cdot ET_p \quad (3.3)$$

Bu eşitlikte;

ET : Bitki su tüketimi, mm/gün,

k_c : Bitki katsayısı,

ET_p : Potansiyel bitki su tüketimi, mm/gün'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).

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

Bu eşitlikte;

ET : Bitki su tüketimi, mm/gün,

k_c : Bitki katsayısı,

ET_o : Potansiyel bitki su tüketimi, mm/gün'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).

$$ET_p = C_T(T - T_x)R_s \quad (3.5)$$

$$C_t = \frac{1}{C_1 + C_2 C_H} \quad (3.6)$$

$$C_1 = 38 - \left(\frac{2H}{305}\right) \quad (3.7)$$

$$C_H = \frac{50}{e_2 - e_1} \quad (3.8)$$

$$T_x = -2.5 - 0,14(e_2 - e_1) - \frac{H}{550} \quad (3.9)$$

Bu eşitliklerde;

ET_p : Potansiyel bitki su tüketimi, mm/gün,

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

T : Ortalama sıcaklık, °C,

H : Yükseklik, m,

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

e_1 : Yörede yılın en sıcak ayında ortalama minimum sıcaklıktaki doygun 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.

$$ET_o = c[W.R_n + (1 - W).f_{(u)}. (e_a - e_d)] \quad (3.10)$$

$$e_d = e_a \frac{RH}{100} \quad (3.11)$$

$$f_{(u)} = 0.27 \left(1 + \frac{u_2}{100}\right) \quad (3.12)$$

$$R_n = R_{n_s} - R_{n_e} \quad (3.13)$$

$$R_s = (0.25 + 0.50 \frac{n}{N})R_a \quad (3.14)$$

$$R_{n_s} = (1 - \alpha)R_s \quad (3.15)$$

Bu eşitliklerde;

- ET_o : Referens bitki su tüketimi, mm/gün,
 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,
 R_{n_s} : Kısa dalgalı net radyasyon, mm/gün,
 R_{n_l} : Uzun dalgalı net radyasyon, mm/gün,
 n : Gün boyunca ölçülen güneşli saatler, h/gün,
 N : Gün boyunca olası maksimum güneşli saatler, h/gün,
 R_a : Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon, mm/gün,
 α : Yeryüzüne ulaşan radyasyonun atmosfere yansımaya oranı, %,
 $f_{(t)}$: Sıcaklık fonksiyonu,
 $f_{(ed)}$: 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:

$$ET_o = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} \frac{900}{T + 275} u_2 (u_a - u_d) \quad (3.16)$$

$$\delta = \frac{4098 e_a}{(T + 273.3)^2} \quad (3.17)$$

$$\lambda = 2.501 - (2.361 \times 10^{-3}) T \quad (3.18)$$

$$\gamma = 0.0016286 \frac{P}{\lambda} \quad (3.19)$$

$$\gamma^* = \gamma (1 + 0.34 u_2) \quad (3.20)$$

$$R_n = R_{n_s} - R_{n_a} \quad (3.21)$$

$$R_{n_s} = 0.75R_s \quad (3.22)$$

$$R_{n_a} = 2.451f_{(T)}f_{(e_d)}f_{\left(\frac{n}{N}\right)} \quad (3.23)$$

$$R_s = \left(0.25 + 0.50\frac{n}{N}\right)R_s \quad (3.24)$$

$$e_d = e_a \frac{RH}{100} \quad (3.25)$$

$$u_2 = u_z \left(\frac{2}{Z}\right)^{0.2} \quad (3.26)$$

Bu eşitliklerde;

ET_o : Referens bitki su tüketimi, mm/gün,

U : Buhar basıncı eğrisinin eğimi, kPa/°C,

γ* : Modifiye psikometrik sabite, kPa/°C,

γ : Psikometrik sabite, kPa/°C,

P : Atmosfer basıncı, kPa,

R_n : Bitki yüzeyindeki net radyasyon, MJ/m²/gün,

R_a : Atmosferin dış yüzeyine ulaşan radyasyon, MJ/m²/gün,

R_s : Yeryüzüne ulaşan kısa dalgalı radyasyon, MJ/m²/gün,

R_{ns} : Kısa dalgalı net radyasyon, MJ/m²/gün,

R_{nl} : Uzun dalgalı net radyasyon, MJ/m²/gün,

f_(T) : Sıcaklık fonksiyonu,

T : Sıcaklık, °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/m²/gün,

Λ : Buharlaşma gizli ısı, MJ/kg,

u₂ : 2 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, m/s,

u_Z : Z m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı, m/s,

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 (Doorenbos ve Pruitt, 1977; Goldberg, Gornat ve Rimon, 1976; Yıldırım, 1993).

BUHARLAŞMA KAPLARINDAN yararlanarak referans bitki su tüketimi;

$$ET_o = E_p \cdot k_p \quad (3.27)$$

eşitliği ile belirlenmektedir. Bu eşitlikte;

ET_o : Referans bitki su tüketimi, mm/gün,

E_p : Kaptan ölçülen buharlaşma miktarı, mm/gün,

k_p : Buharlaşma kabı katsayısı değerlerini göstermektedir.

Yukarıdaki eşitliklerdeki k_p katsayıları, A sınıfı Buharlaşma Kabı'nın konulduğu iki farklı çevre koşulu için Doorenbos ve Pruitt (1977) tarafından tanımlanmış ve bu katsayılara ilişkin değerler bir çizelgede toplanmıştır. Hesaplamalarda B koşulu (kap çevresinde çıplak arazi) esas alınmıştır.

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

$$ET_o = c \cdot f \quad (3.28)$$

$$f = p(0.46t + 8) \quad (3.29)$$

Eşitlikte;

ET_o : Referans bitki su tüketimi, mm/gün,

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 Florya 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 referens bitki su tüketimi hesaplamaları, sulama konularına başlanması (01.05.2019) ile denemenin sona erdirildiği tarih (30.09.2019) arasındaki 152 günlük periyot için yapılmıştır.

Referens 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 referens bitki su tüketimi tahmin yöntemi veya yöntemlerinin daha sağlıklı sonuçlar verdiği varsayılmıştır (Berk ve Efe, 1995; Orta, 1994).

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

Bitki su stresi (CWSI)'nin belirlenmesinde deneysel yaklaşım olarak bilinen Idso modeli kullanılmıştır (Gardner vd., 1992; Idso vd., 1981). 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 alandan alınan ölçümlerden yararlanılarak üst sınır çizgisi eşitliği elde edilmiştir (Orta ve Türk, 2019; Öncel vd., 2019). Daha sonra elde edilen temel grafiklerden yararlanarak her bir parselin günlük ($T_c - T_a$) ve VPD değerleri aşağıdaki eşitlikte yerine konularak CWSI değerleri belirlenmiştir.

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_U]}{[(T_c - T_a)_A - (T_c - T_a)_U]} \quad (3.30)$$

Eşitlikte;

T_c : Taç sıcaklığı, °C,

T_a : Hava sıcaklığı, °C,

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

$(T_c - T_a)_U$: 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;

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.31)$$

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

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (3.32)$$

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. Bitkisel Ölçüm, Gözlem ve Analizler

Farklı sulama uygulamalarının bitkinin gelişimi ve kalitesi üzerine olan etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla, vejetasyon yüksekliği, kalite, 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 (Avcıoğlu, 1997; Brede ve Duich, 1984).

3.3.2. Kalite

Her parselde biçim öncesi, kalite değerlerinin görsel olarak belirlenmesi çimin tekdüzeliği, sıklığı ve yabancı otlardan temizliği dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir (Avcıoğlu, 1997). Kalite değerleri 1-9 ölçeğine göre; 1: çok kötü, 6: kabul edilebilir ve 9: mükemmel olacak şekilde saptanmıştır (Bilgili ve Açıkgöz, 2005; Goatley, Maddox, Lang ve Crouse, 1994).

3.3.3. Renk

Her parselde biçim sonrası, biçimin yapılmadığı dönemlerde ise belli aralıklarla parselin genel olarak renginin görsel olarak belirlenmesi amacıyla, 1-9 ölçeğine göre, Fieldscout TCM500 NDVI Turf Color Meter aleti ile çim rengi saptanmıştır (Avcıoğlu, 1997; Brede ve Duich, 1984). Çim renginde, 1.0 değeri tamamen sararmayı (sarı rengi), 6.0 değeri açık yeşil ve 9.0 değeri koyu yeşil rengi ifade etmektedir (Turgeon, 1999).

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. Bu puan skalasında 1: Çok seyrek, 3: Seyrek, 5: Orta, 7: Sık ve 9: Çok sık çim yoğunluğunu ifade etmektedir (Yılmaz, Hurmanlı ve Yılmaz, 2018).

3.3.5. Yeşil Ot Verimi

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

3.3.6. Kuru Ot Verimi

Biçim sonrası, her parselden 500 g (bu miktara ulaşamadığında elde edilen otun tamamı) yeşil ot örneği alınarak bünyesindeki fazla suyun uzaklaşması için açıkta bir süre bekletilmiştir. Daha sonra, 78 °C'de, 24 saat süreyle kurutma dolabında tutulmuş ve hassas terazide tartılarak (Şekil 3.17) g/m^2 cinsinden kuru ot miktarı belirlenmiştir (Avcıoğlu, 1997; Brede ve Duich, 1984).



Şekil 3.17. Yeşil ve kuru ot veriminin belirlenmesi

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 ve farklı tahmin yöntemleri için elde edilen ke değerleri, belirlenen bitki su stres indeks (CWSI) 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, 2019 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. Çizelge 4.1’den izleneceği gibi, 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.

Araştırmada basınçlı sulama yöntemleri kullanıldığından, infiltrasyon testleri çift silindir infiltrometre yöntemiyle yapılmıştır (Yıldırım, 1993). Testler, toprak örneği alınan 2 adet profilin yakınında 3’er tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve ölçümleri sonucunda, toprağın gerçek su alma hızı 9,4 mm/h bulunmuştur (Ayanoğlu ve Orta, 2019; Bezirgan, 2018).

4.1.2. Sulama Suyu Analizi

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 4.1. 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

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, 1 Mayıs 2019 ile 30 Eylül 2019 tarihleri arasında ölçülen toplam buharlaşma miktarı 1118,9 mm'dir. En yüksek buharlaşma, ortalama 9,3 mm/gün ile 21-31 Ağustos tarihleri arasında, en düşük buharlaşma ise ortalama 3,8 mm/gün ile 1-10 Mayıs tarihleri arasındaki periyotta gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.3. A sınıfı kaptan ölçülen buharlaşma miktarları (mm)

Aylar	Günler	Buharlaşma Miktarları (mm)
Mayıs 2019	1-10	34,2
	11-20	62,4
	21-31	71,1
	1-31	167,6
Haziran 2019	1-10	80,8
	11-20	69,7
	21-30	89,8
	1-30	240,3
Temmuz 2019	1-10	88,2
	11-20	62,3
	21-31	98,0
	1-31	248,4
Ağustos 2019	1-10	86,2
	11-20	89,5
	21-31	102,6
	1-31	278,3
Eylül 2019	1-10	80,7
	11-20	66,6
	21-30	37,0
	1-30	184,3
Toplam	01.05 - 30.09	1118,9

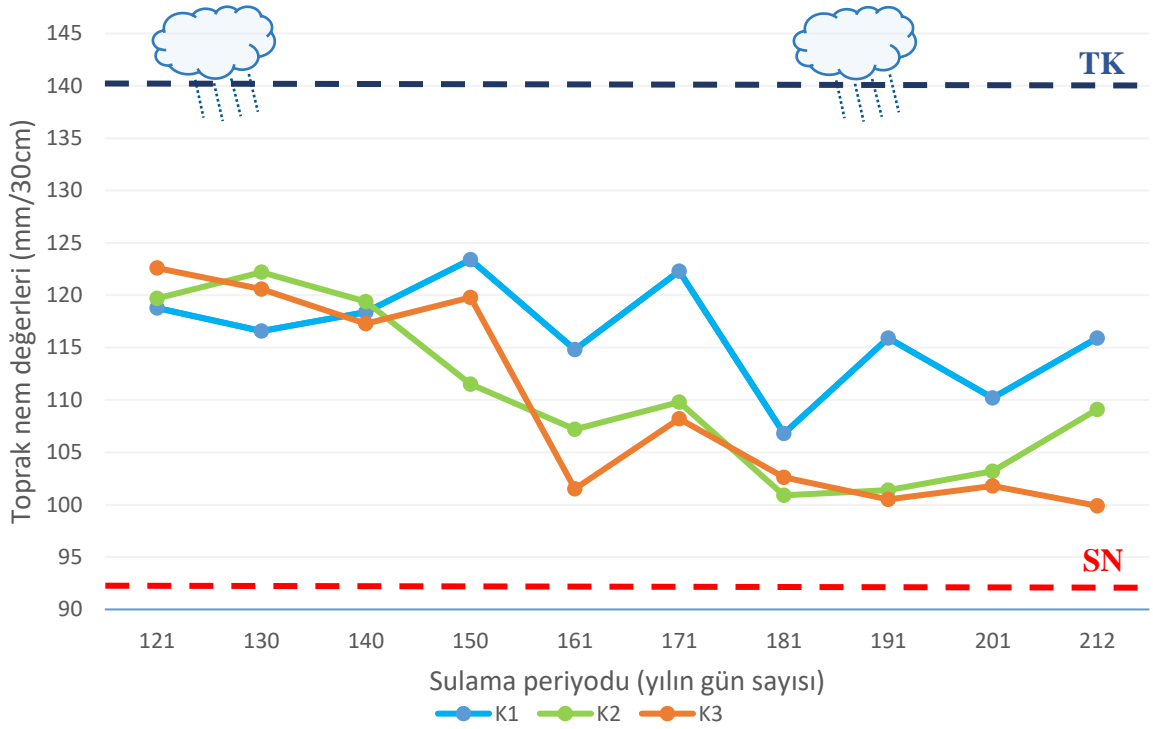
4.3. Uygulanan Sulama Suyu Miktarları ve Ölçülen Bitki Su Tüketim Sonuçları

Deneme konularına uygulanacak sulama suyu miktarları, yöntem kısmında açıklandığı gibi, 30 cm etkili kök derinliğindeki toprak nem değerlerinin günlük ölçümlerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Her gün aynı saatte (09:00) PR2 Probe-HH2 Soil Moisture Meter toprak nem ölçüm aracı ile ölçülen mevcut nemin, S₁ konusu için izin verilen değere düşüp düşmediği kontrol edilmiş ve S₁ konulu parsellere tarla kapasitesine çıkaracak kadar, S₂ ve S₃ konuları için ise belirlenen kısıt miktarları kadar sulama suyu uygulanmıştır. Her bir konu için sulama tarihi ve uygulanan sulama suyu miktarı Çizelge 4.4'te verilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de sulama periyodu boyunca toprak nem değerlerindeki değişimler görülmektedir.

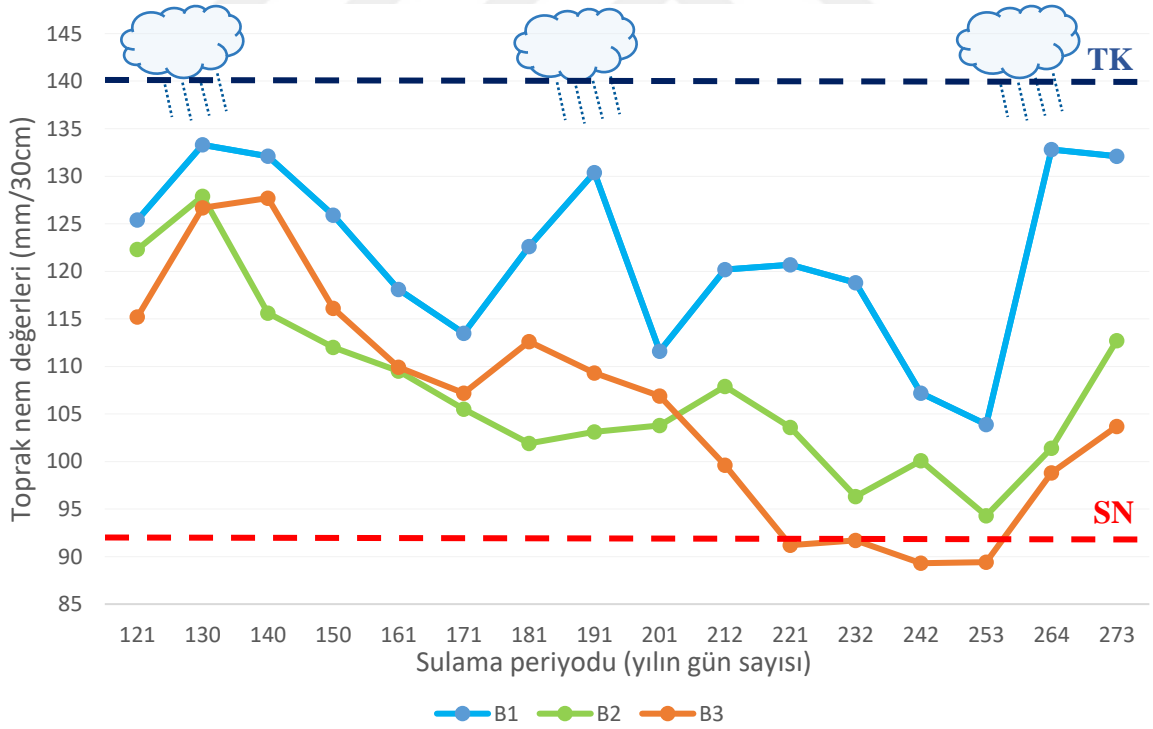
Arazi denemelerine ve toprak nem ölçümlerine 1 Mayıs 2019 tarihinde başlanmasına karşın gerek yağışlı iklim koşulları gerekse yaşanan teknik problemler nedeniyle ilk sulama suyu 28 Mayıs 2019 tarihinde uygulanmıştır. Çizelge 4.4'ten izleneceği gibi, kurak geçen yaz sezonu nedeniyle Temmuz sonu itibariyle kurumaya başlayan serin iklim çimlerine deneme süresince 12 sulama yapılmış ve bu süre içerisinde S₁ konusuna toplam 303,9 mm, S₂ konusuna 202,7 mm, S₃ konusuna 101,4 mm sulama suyu uygulanmıştır. Anılan değerler deneme süresi boyunca yeşil kalmayı başararak 24 sulama yapılan sıcak iklim çiminde (Bermudagrass) ise S₁ konusunda 591,6 mm, S₂ konusunda 397,5 mm, S₃ konusunda 203,6 mm olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, serin iklim çimlerinin kurumaya başlamasından önceki periyod dikkate alındığında, serin iklim çimlerinin, sıcak iklim çimine göre daha sık aralıklarla sulandığı ve daha fazla sulama suyu istediği, buna rağmen; uygulanan su kısıtı koşullarında kurak iklim şartlarına dayanımının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Serin iklim çim karışımında S₁ konusunun dahi kuruması sulamaya başlanacak nem düzeyinin (Ry:0,50) serin iklim çimi için düşük olmasına bağlanabilir.

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

Tarih	Serin İklim (4'lü Karışım)			Sıcak İklim (Bermudagrass)		
	KS-1	KS-2	KS-3	BS-1	BS-2	BS-3
28.5	24,3	16,2	8,1	23,9	15,9	8,0
3.6	23,8	15,9	8,2	24,7	16,4	8,2
12.6	25,8	17,2	8,6	23,5	15,6	7,8
18.6	26,4	17,6	8,8	23,3	15,5	7,8
21.6	26,1	17,4	8,7	-	-	-
24.6	25,5	17,0	8,5	23,8	15,8	7,9
28.6	25,9	17,2	8,6	24,7	16,4	8,1
1.7	25,3	16,9	8,4	-	-	-
3.7	26,1	17,4	8,7	24,3	16,2	8,1
8.7	27,4	18,3	9,1	-	-	-
20.7	23,8	15,9	7,9	25,8	17,2	8,6
22.7	-	-	-	26,2	17,5	8,7
27.7	-	-	-	27,3	18,2	9,1
28.7	23,5	15,7	7,8	25,0	16,7	8,3
Toplam	303,9	202,7	101,4	272,5	181,4	90,6
3.8				25,0	16,7	8,3
7.8				25,2	16,8	8,4
9.8				24,0	16,0	8,0
14.8				25,2	16,8	8,4
18.8				10,0	10,0	10,0
25.8				27,9	18,6	9,3
27.8				24,8	16,5	8,3
31.8				26,6	17,7	8,9
4.9				25,3	16,9	8,4
9.9				27,5	18,3	9,2
12.9				25,9	17,3	8,6
17.9				25,8	17,2	8,6
28.9				25,9	17,3	8,6
Toplam	303,9	202,7	101,4	591,6	397,5	203,6



Şekil 4.1. Serin iklim çim konularında onar günlük toprak nem değerleri (mm/30cm)



Şekil 4.2. Sıcak iklim çim konularında onar günlük toprak nem değerleri (mm/30cm)

Deneme süresince 60 cm toprak katmanı dikkate alınarak, ölçülen yağış miktarı, uygulanan sulama suyu miktarı ve 10 günlük periyotlarda toprak nem değişimine göre hesaplanan bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4.5 ve Şekil 4.3'te verilmiştir. 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 gözlemler, her gün aynı saatte TDR ile yapılırken on günde bir gravimetrik yöntemle de yapılarak sonuçların daha sağlıklı olması 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, 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)	Toplam Bitki Su Tüketimi (mm)	Ortalama Bitki Su Tüketimi (mm/gün)
KS-1	1.5	245,7	18,2	0,0	16,2	1,8
	10.5	247,7	11,0	0,0	26,0	2,6
	20.5	232,7	10,0	24,3	31,0	3,1
	30.5	236,0	0,6	30,1	58,3	5,3
	10.6	208,4	9,6	52,2	45,0	4,5
	20.6	225,2	0,6	77,5	67,0	6,7
	30.6	236,3	0,4	78,8	71,4	7,1
	10.7	244,1	18,4	0,0	33,0	3,3
	20.7	229,5	1,6	47,3	43,6	4,0
	31.7	234,8				
	Toplam		10,9	70,4	310,2	391,5
KS-2	1.5	256,6	18,2	0,0	11,9	1,3
	10.5	262,9	11,0	0,0	19,9	2,0
	20.5	254,0	10,0	16,2	27,0	2,7

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

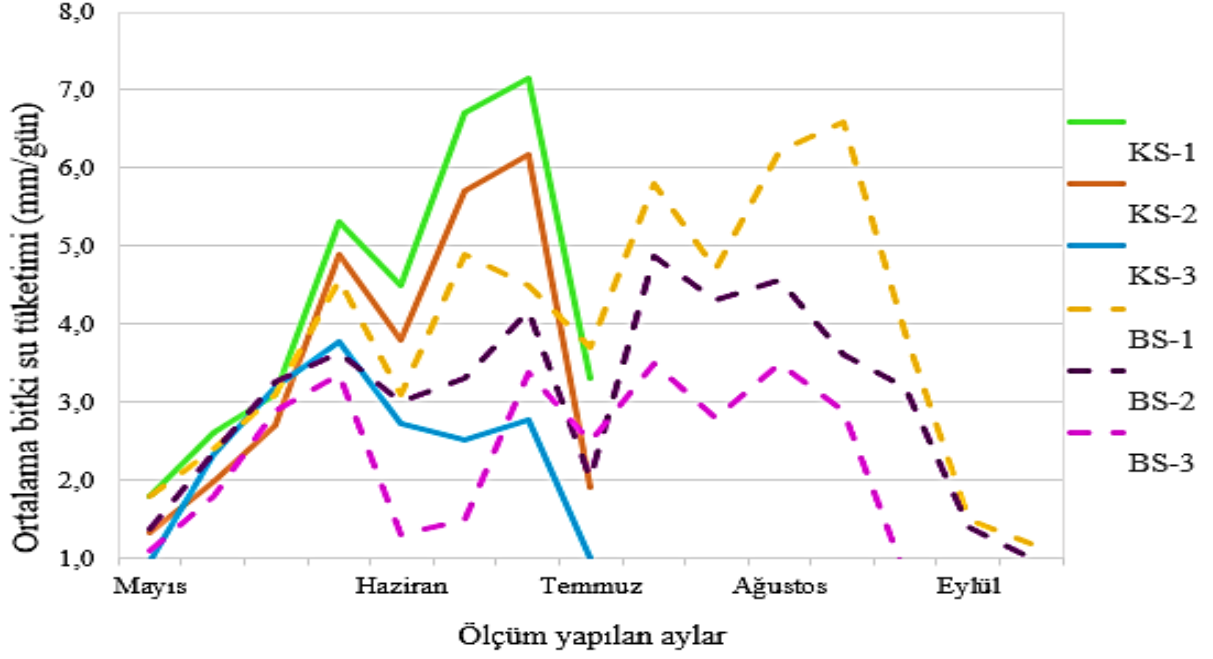
	30.5	253,2	0,6	20,1	53,9	4,9
	10.6	220,0	9,6	34,8	38,0	3,8
	20.6	226,4	0,6	51,6	57,1	5,7
	30.6	221,5	0,4	52,6	61,8	6,2
	10.7	212,7	18,4	0,0	19,0	1,9
	20.7	212,1	1,6	31,6	27,3	2,5
	31.7	218,0				
	Toplam	38,6	70,4	206,9	315,9	3,4
KS-3	1.5	256,9	18,2	0,0	8,5	0,9
	10.5	266,6	11,0	0,0	23,4	2,3
	20.5	254,2	10,0	8,1	32,0	3,2
	30.5	240,3	0,6	10,0	41,6	3,8
	10.6	209,3	9,6	17,4	27,3	2,7
	20.6	209,0	0,6	25,8	25,1	2,5
	30.6	210,3	0,4	26,2	27,8	2,8
	10.7	209,1	18,4	0,0	10,0	1,0
	20.7	217,5	1,6	15,7	22,0	2,0
	31.7	212,8				
	Toplam	44,1	70,4	103,2	217,7	2,4
	BS-1	1.5	280,0	18,2	0,0	16,2
10.5		282,0	11,0	0,0	24,0	2,4
20.5		269,0	10,0	23,9	31,0	3,1
30.5		271,9	0,6	31,2	50,2	4,6
10.6		253,5	9,6	46,1	31,0	3,1
20.6		278,2	0,6	24,7	49,0	4,9

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

	30.6	254,5				
			0,4	24,3	45,0	4,5
	10.7	234,2				
			18,4	0,0	37,0	3,7
	20.7	215,6				
			1,6	104,3	63,8	5,8
	31.7	257,7				
			8,2	50,2	42,3	4,7
	9.8	273,8				
			1,6	59,2	68,5	6,2
	20.8	266,1				
			1,6	79,3	66,0	6,6
	30.8	281,0				
			1,4	22,4	42,9	3,9
	10.9	261,9				
			3,2	21,9	15,0	1,5
	21.9	272,0				
			12,8	0,0	12,0	1,2
	30.9	272,8				
	Toplam	7,2	99,2	487,5	593,9	3,9
BS-2	1.5	256,7				
			18,2	0,0	12,3	1,4
	10.5	262,6				
			11,0	0,0	23,6	2,4
	20.5	250,0				
			10,0	15,9	32,6	3,3
	30.5	243,3				
			0,6	20,8	40,0	3,6
	10.6	224,7				
			9,6	30,6	30,0	3,0
	20.6	234,9				
			0,6	16,4	33,0	3,3
	30.6	218,9				
			0,4	16,2	41,6	4,2
	10.7	193,9				
			18,4	0,0	20,3	2,0
20.7	192,0					
		1,6	69,6	53,5	4,9	
31.7	209,7					
		8,2	33,5	38,7	4,3	
9.8	212,7					
		1,6	42,8	50,2	4,6	
20.8	206,9					
		1,6	52,8	36,0	3,6	
30.8	225,3					
		1,4	14,9	35,2	3,2	

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

	10.9	206,4				
	21.9	210,2	3,2	14,6	14,0	1,4
	30.9	213,0	12,8	0,0	10,0	1,0
	Toplam	43,7	99,2	328,1	471,0	3,1
BS-3	1.5	266,1				
	10.5	274,4	18,2	0,0	9,9	1,1
	20.5	267,4	11,0	0,0	18,0	1,8
	30.5	267,4	10,0	8,0	29,0	2,9
	10.6	256,4	0,6	10,4	36,8	3,3
	20.6	230,6	9,6	15,3	13,0	1,3
	30.6	242,5	0,6	8,1	15,0	1,5
	10.7	236,2	0,4	8,1	33,8	3,4
	20.7	210,9	18,4	0,0	25,0	2,5
	31.7	204,3	1,6	34,7	38,5	3,5
	9.8	202,1	8,2	16,7	25,2	2,8
	20.8	201,8	1,6	26,4	38,5	3,5
	30.8	191,3	1,6	26,5	28,9	2,9
	10.9	190,5	1,4	7,5	8,8	0,8
	21.9	190,6	3,2	7,3	6,0	0,6
	30.9	195,1	12,8	0,0	2,0	0,2
		Toplam	60,2	99,2	169,0	328,4

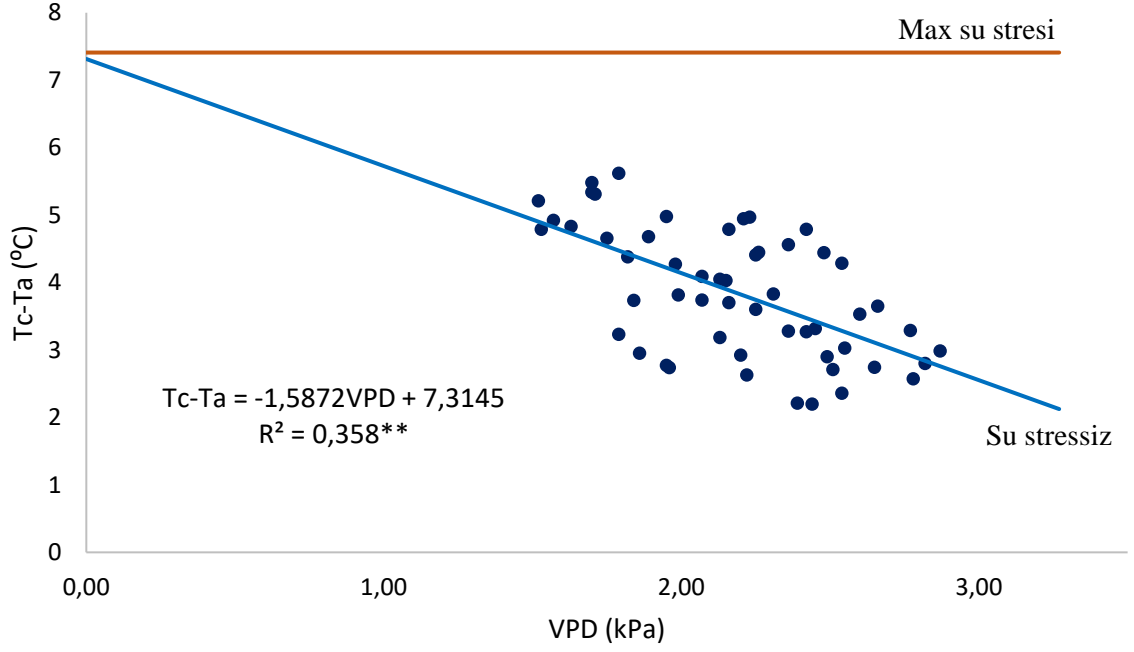


Şekil 4.3. Deneme konularına göre günlük bitki su tüketimlerinin deneme boyunca değişimleri

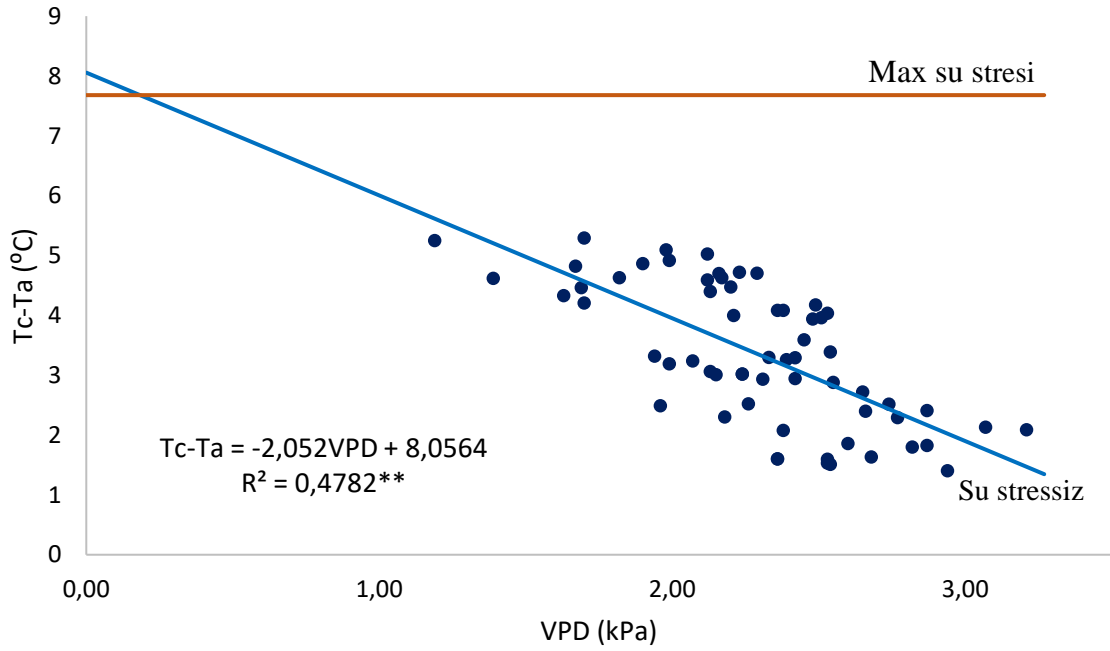
Çizelge 4.5'ten izlenebileceği gibi, serin iklim çimlerinin; yaklaşık 3 aylık yaz periyodunca olan toplam bitki su tüketimleri 391,5 mm ile 217,7 mm, günlük bitki su tüketimleri ise 4,3 mm/gün ile 2,4 mm/gün, sıcak iklim çiminde ise; yaklaşık 5 aylık yaz periyodu boyunca toplam bitki su tüketimi 593,9 mm ile 328,4 mm, günlük bitki su tüketimleri ise 3,9 mm/gün ile 2,1 mm/gün arasında değişmiştir. En yüksek günlük bitki su tüketimi, serin iklim çimlerinde; bitkinin su stresine sokulmadığı, herhangi bir su kısıtının uygulanmadığı S₁ konusunda, en düşük günlük bitki su tüketimi değerleri ise sıcak iklim çiminin; bitkinin strese sokularak su kısıtı uygulanan S₃ konusunda gözlemlenmiştir. Her iki çim çeşidinde yaşam sürdüğü 3 aylık (Mayıs-Haziran-Temmuz) dönemde toplam bitki su tüketimi serin iklim çim karışımında, sıcak iklim çimine göre %11 oranında daha fazla olmuştur. Benzer değerlendirme her iki çim çeşidinde tüm gelişme periyodu boyunca yapıldığında, günlük bitki su tüketimlerinin serin iklim çimlerinde, sıcak iklim çimine göre %10-14 oranında daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

4.4. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)

Deneme koşullarında elde edilen alt ve üst baz çizgilerini gösteren temel grafikler Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te 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.



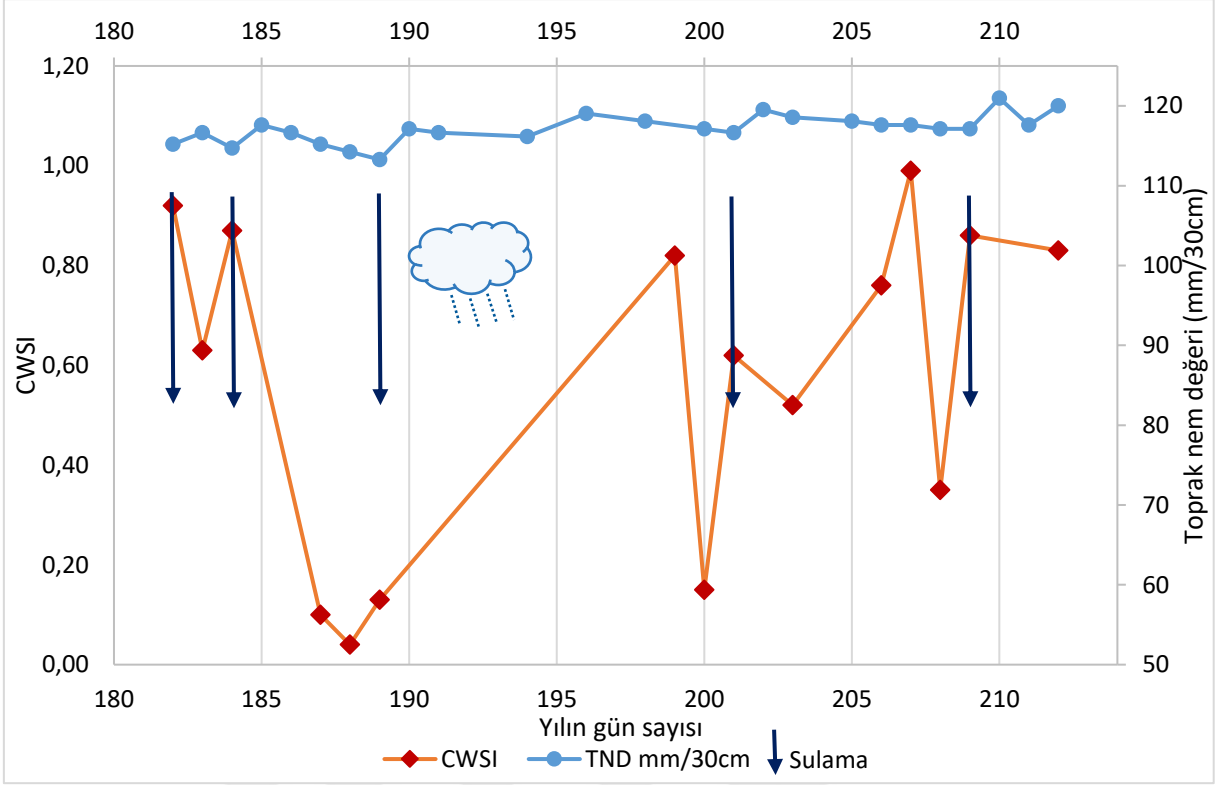
Şekil 4.4. Serin iklim çimleri için alt ve üst sınır çizgileri: En yüksek ve en düşük stres koşullarında yaprak–hava sıcaklığı farkı (Tc-Ta) ile buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ilişki



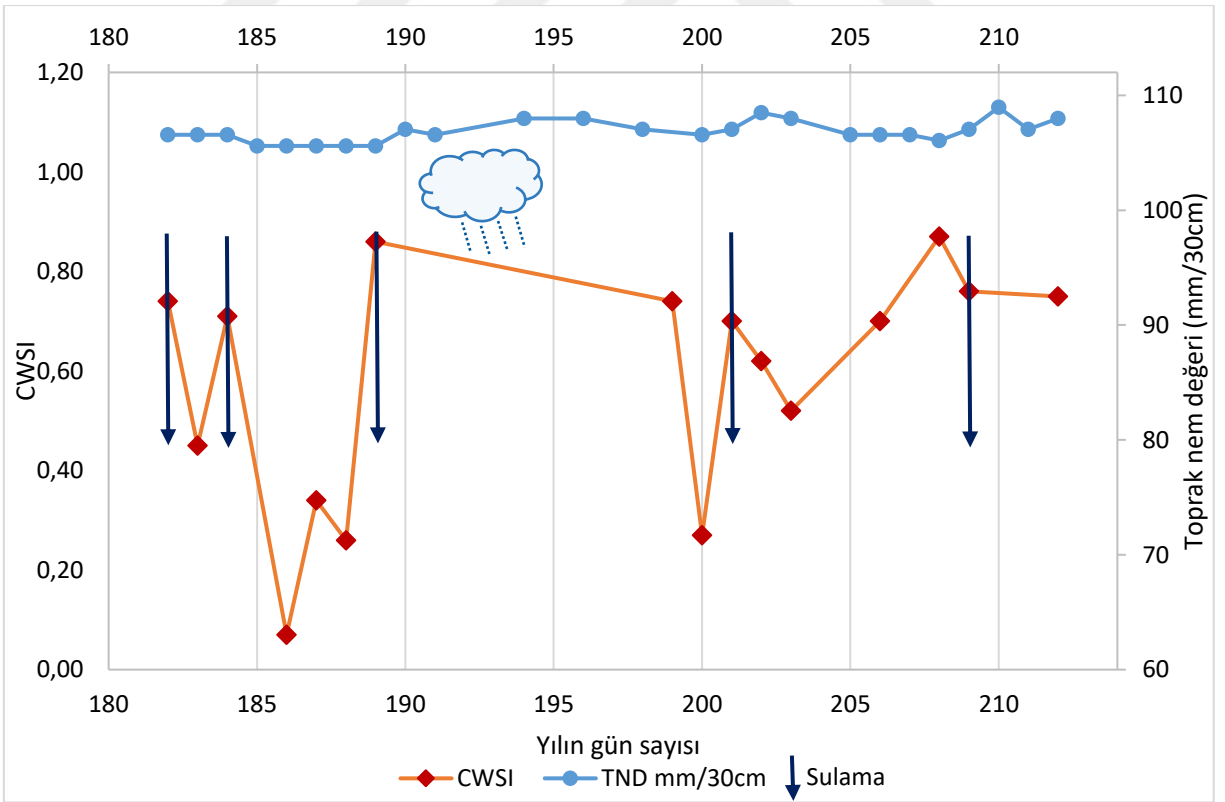
Şekil 4.5. Sıcak iklim çimi için alt ve üst sınır çizgileri: En yüksek ve en düşük stres koşullarında yaprak–hava sıcaklığı farkı (Tc-Ta) ile buhar basıncı açığı (VPD) arasındaki ilişkiler

Araştırma konularından alınan infrared termometre ölçümleri ile Şekil 4.4 ve 4.5'te görülen alt-üst sınır çizgilerinden yararlanılarak elde edilen CWSI değerlerinin değişimi Şekil 4.6, Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil 4.9, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11' de verilmiştir. İnfrared termometre (IRT) ölçümleri, serin iklim çim karışımında 1-30 Temmuz, sıcak iklim çiminde 1 Temmuz-30 Ağustos tarihleri arasında, havanın bulutlu ve yağışlı olmadığı günlerde yapılmıştır. Hesaplanan CWSI değerlerinden 0-1 aralığında olmayanlar değerlendirmeye 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.

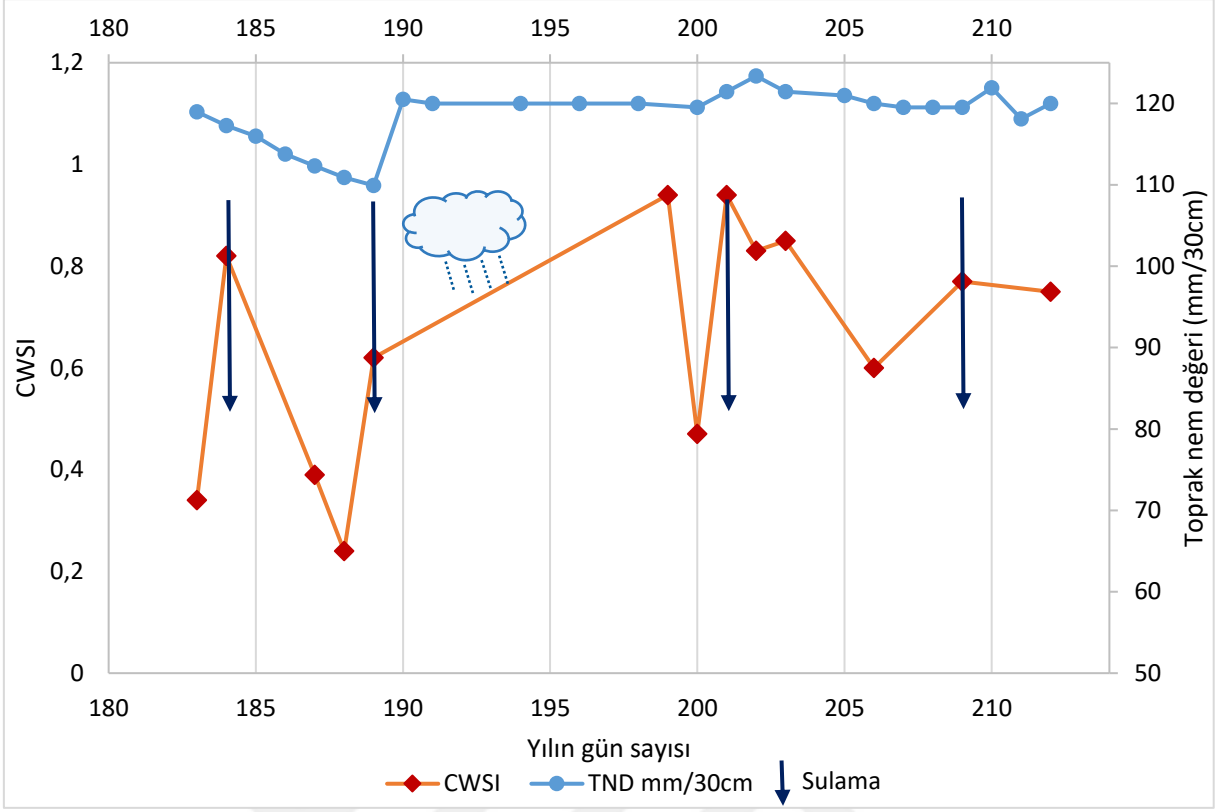
Grafikler incelendiğinde, tüm sulama konularında 30 cm etkili kök derinliğindeki nem değeri azaldığında CWSI değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Ayrıca, infrared termometre ölçümlerinin yapıldığı süre boyunca elde edilen ortalama CWSI değerleri Şekil 4.12'de verilmiştir. Şekilden izleneceği gibi, sıcak iklim çiminde S_1 , S_2 ve S_3 kısıt düzeylerine göre ortalama CWSI değerleri sırasıyla 0,52, 0,64, 0,66 aynı değerler serin iklim çimlerinde ise sırasıyla 0,57, 0,59, 0,66 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. Çim çeşitleri arasında ise önemli düzeyde farklılık gözlenmemiştir. Bunun yanında, sulama öncesindeki CWSI değerleri dikkate alınarak elde edilen ortalamalar Şekil 4.13'de verilmiştir. Jalali-Farahani vd. (1993), bermudagrass çim çeşidinin su stres indeksi (CWSI) değerlerinin, Tucson kentinde sulamaya başlaması için 0,16 olması gerektiğini bildirmiştir. Emekli vd. (2007), Antalya kentinde bermudagrass çim çeşidini sulamaya başlamak için CWSI değerinin 0,10 olması gerektiğini belirtmiştir. (Bijan-zadeh vd., 2013), Shiraz kentindeki bermudagrass çim bitkisinin kalitesini korumak için CWSI değerini 0,15 olarak saptamıştır. Görüldüğü gibi, sıcak iklim çimi için çalışmadan elde edilen değerler literatür değerlerinden daha yüksek olmuştur. Bunun nedeni, bitkinin 30 cm'lik etkili kök derinliğindeki KSTK değerinin %50'si tüketildiğinde sulamaya başlanması, başka bir deyişle bitkinin çalışmanın amacı gereği strese sokulması olarak açıklanabilir. Bunun yanında bitkinin yüzeyi yoğun olarak kaplaması ve sulama yönteminin yağmurlama olması bitki üzerinde su birikimini sağlamış, yüzeyde tutulan su toprak içerisine infiltre olamadan buharlaşma ile tekrar atmosfere dönmüştür. Bunun sonucunda, sulamalar sonrasında maalesef tarla kapasitesi değerine ulaşılammış ve bitkinin bu olaydan kaynaklanan stresi CWSI değerlerine yansımıştır.



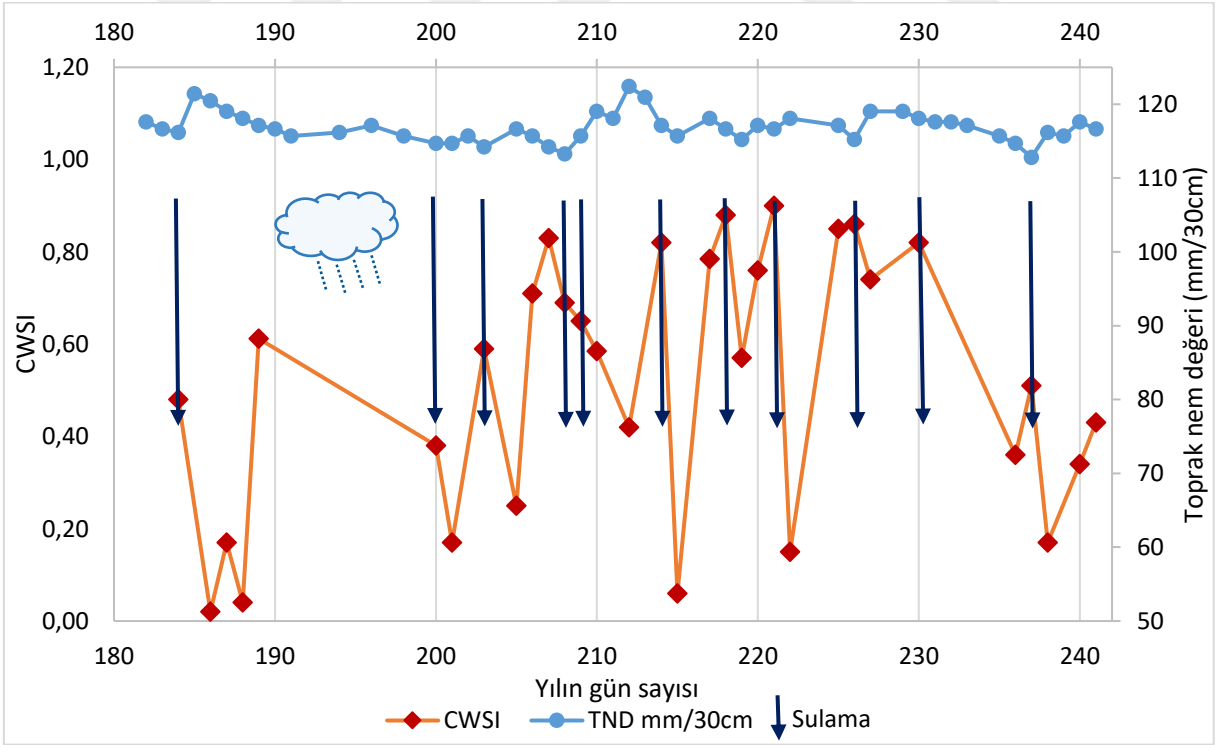
Şekil 4.6. K-S₁ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



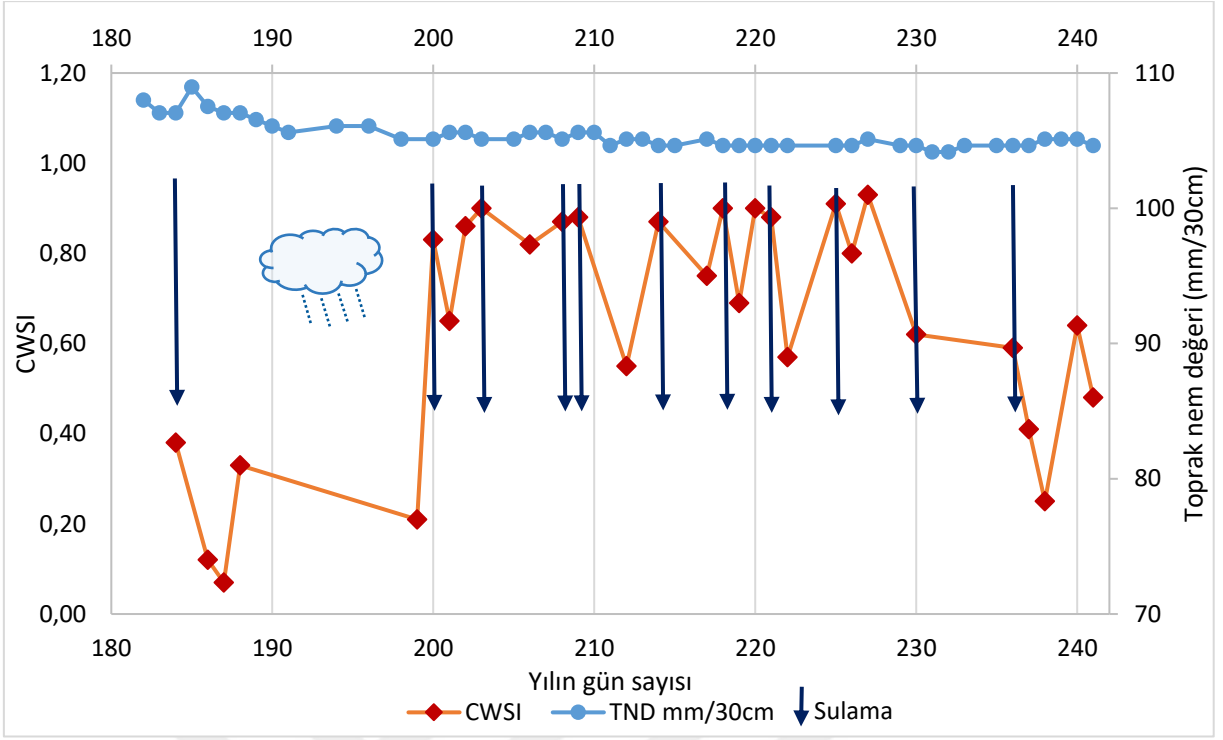
Şekil 4.7. K-S₂ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



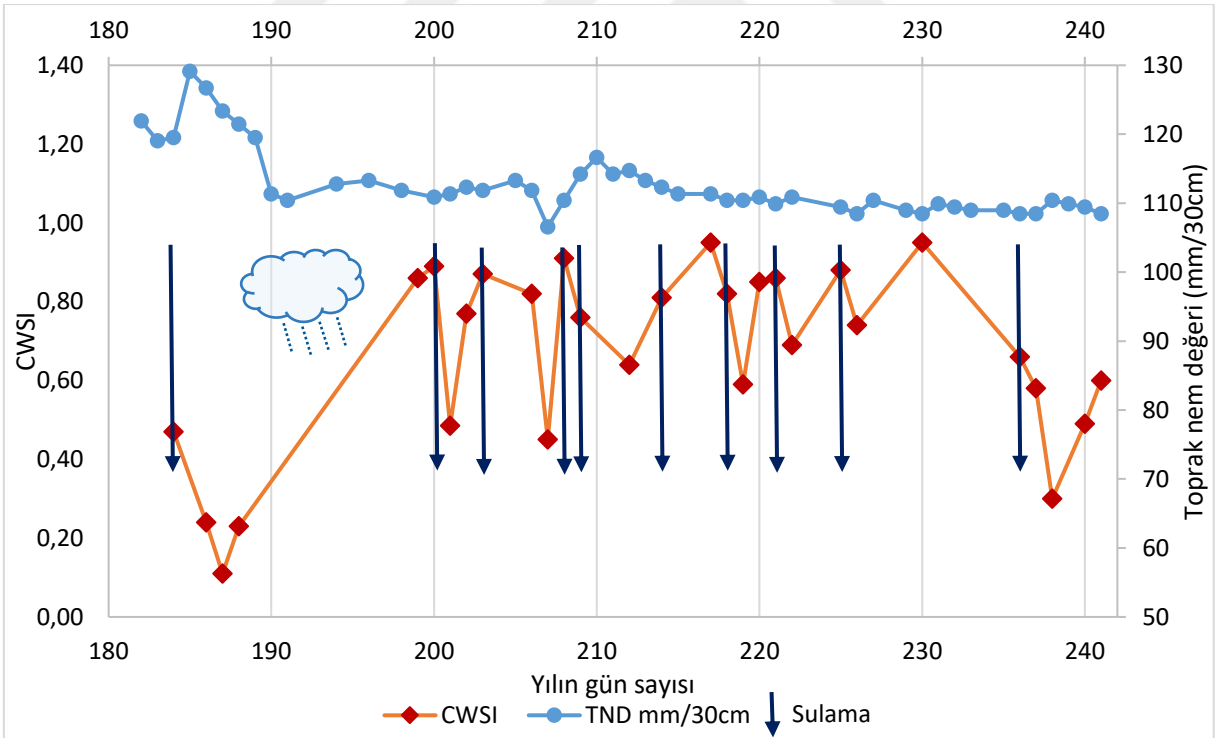
Şekil 4.8. K-S₃ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



Şekil 4.9. B-S₁ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



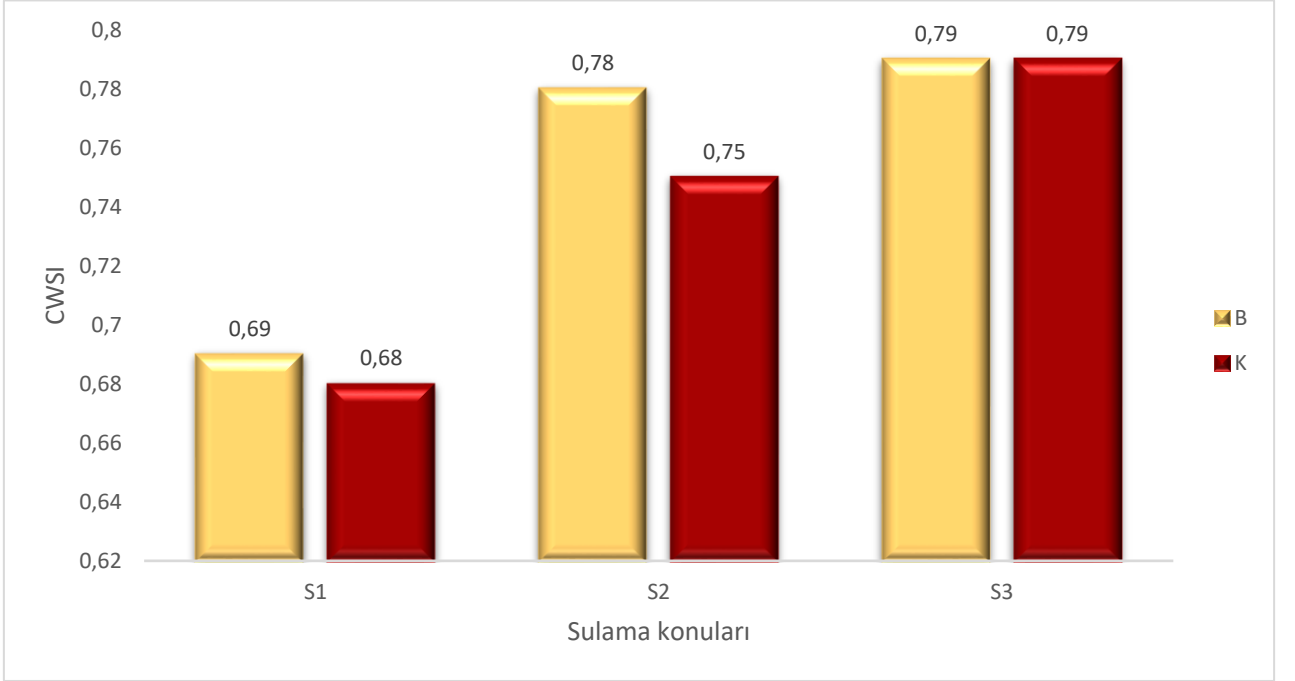
Şekil 4.10. B-S₂ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



Şekil 4.11. B-S₃ konusundaki CWSI ve toprak nem değerleri



Şekil 4.12. Ölçüm periyodu boyunca tüm konular için ortalama CWSI değerleri



Şekil 4.13. Ölçüm periyodu boyunca tüm konular için sulama başlangıcındaki ortalama CWSI değerleri

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

Bu bölümde, serin ve sıcak iklim çim çeşitlerinin vejetasyon yüksekliği, kalite, yoğunluk ve renk parametrelerine ilişkin sonuçlar sunulmuştur. Ayrıca, kuru ot ve yeşil ot verimleri de elde edilmiştir.

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 10,3 cm ile 9,3 cm arasında, serin iklim çim karışımında ise bu değerler 11,3 cm ile 9,5 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 sulama konuları ile TürxKısıt interaksiyonu arasında $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Bu sonuçlara göre yapılan LSD testinden elde edilen gruplara bakıldığında ilk grubu KS₁, ikinci grubu BS₁ oluştururken BS₃ konusu sonuncu grupta kalmıştır. Bu bulgular kısıt düzeylerinin her iki çim çeşidinde de vejetasyon yüksekliğini, başka bir deyişle biçim sıklığını etkilediğini göstermektedir. Bu etkileşim her iki çim çeşidinde de S₁ konularında daha belirgin olarak ortaya çıkmıştır. Genel olarak bakıldığında ise su kısıtı arttıkça bitkinin büyüme hızı yavaşlamış, biçim sıklığı da azalmıştır.

Çizelge 4.6. Deneme konularına ilişkin vejetasyon yükseklikleri (cm)

Türler	Kısıt Düzeyi	1. Blok	2. Blok	3. Blok	Ortalama
B	S ₁	9,9	10,2	10,3	10,1
	S ₂	9,7	9,9	9,9	9,8
	S ₃	9,5	9,3	9,5	9,4
K	S ₁	11,2	11,3	10,9	11,1
	S ₂	10,0	10,3	9,8	10,0
	S ₃	9,7	9,5	9,7	9,6

Çizelge 4.7. Vejetasyon yüksekliklerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekrarlama	2	0.023	0.012	0.189
Tür	1	0.980	0.980	15.892
Hata-1	2	0.123	0.062	
Kısıt düzeyi	2	3.720	1.860	63.771**
Tür x Kısıt düzeyi	2	0.640	0.320	10.971**
Hata	8	0.233	0.029	
Genel	17	5.720	0.336	

** : 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.8. Vejetasyon yüksekliklerine ilişkin ortalama değerler (cm) ve önemlilik grupları

Tür	Kısıt Düzeyleri			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	10.133 b	9.833 bcd	9.433 d	9.800
K	11.133 a	10.033 bc	9.633 cd	10.267
Ortalama	10.633 a	9.933 b	9.533 c	
LSD (P≤0.01)	Tür: - Kısıt düzeyi: 0.331 Tür x Kısıt düzeyi: 0.467			

4.5.2. Kalite

Araştırmada 3.3.2. bölümünde detaylarıyla açıklandığı gibi, deneme konuları için belirlenen kalite değerleri Çizelge 4.9’da görülmektedir. Çizelgeden de izleneceği gibi, gerek çim türleri arasında gerekse sulama konuları arasında kalite açısından farklılıklar olduğu gözlemlenmektedir. Sıcak iklim çiminde kalite 6,4 ile 7,8 değerleri arasında değişirken, serin iklim çim karışımında bu değerler 4,1 ile 6,0 arasında değişmiştir.

Farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.10 ve 4.11’de özetlenmiştir. Çizelge 4.10 incelendiğinde, bloklar arasında önemli düzeyde fark görülmezken, çim türleri ve sulama konuları arasında istatistiksel açıdan P≤0,01 düzeyinde önemli farklar gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar Bermuda çim çeşidinin yaz döneminde serin iklim çimlerine göre daha yüksek kalite değerlerine sahip olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bunun yanında, her iki çim çeşidinde de kısıtlı sulama, kalite üzerinde olumsuz etkisini açıkça yansıtmıştır. Bu olumsuzluk serin iklim çim karışımında daha belirgindir. 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 sadece S₁ konusunda kabul edilebilir minimal kalite değerlerinin yakalandığı, diğer konularda ise

kalite değerlerinin kabul edilebilir düzeyin altında kaldığı açıkça görülmektedir. Temmuz ayı sonu itibari ile bu değerler çok daha düşmüş, çim kabul edilebilir görsel kaliteyi kaybetmiş hatta kurumaya başlamıştır. Bu nedenle, bu parseller anılan tarih itibari ile değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Çizelge 4.9. Deneme konularına ilişkin kalite değerleri

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

Çizelge 4.10. Kalite değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekrarlama	2	0.003	0.012	21.000
Tür	1	17.801	17.801	32041.000**
Hata-1	2	0.001	0.001	
Kısıt düzeyi	2	5.803	2.902	55.861**
Tür x Kısıt düzeyi	2	0.101	0.051	0.973
Hata	8	0.416	0.052	
Genel	17	24.145	1.420	

** : 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.11. Kalite değerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Tür	Kısıt Düzeyleri			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	7.800	6.967	6.567	7.111 a
K	5.900	5.100	4.367	5.122 b
Ortalama	6.850 a	6.033 b	5.467 c	
LSD (P<0.01)	Tür: 0.110 Kısıt düzeyi: 0.441 Tür x Kısıt düzeyi: -			

4.5.3. Renk

Araştırmanın 3.3.3. bölümünde detaylarıyla açıklandığı üzere, deneme konuları için belirlenen renk değerleri Çizelge 4.12’de izlenmektedir. Çizelgeden de izleneceği gibi, gerek çim türleri arasında gerekse sulama konuları arasında renk açısından farklılıklar olduğu

gözlemlenmektedir. Sıcak iklim çim konularında renk değerleri 6,0 ile 4,2 arasında değişirken serin iklim çim karışımlarının konularında bu değerler 6,6 ile 4,9 arasında değişmiştir. Sulama konuları açısından bakıldığında ise her iki çim çeşidinde de S₁ konularında en yüksek değerler, S₃ konularında en düşük değerler elde edilmiştir. Turgeon (1999)'un belirttiği gibi renk parametresinde kabul edilebilir en düşük değer 6'dır. Bu bağlamda Çizelge 4.12 dikkatlice incelendiğinde bermuda çiminin renk değerlerinin daha düşük olduğu, sadece S₁ konusundaki renk değerinin alt limit olan 6.0 değerini yakaladığı, serin iklim çimlerinde ise S₁ ve S₂ konularının kabul edilebilir renk değerlerini verdiği görülmektedir.

Bu farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.13 ve 4.14'te özetlenmiştir. Bloklar arasında önemli düzeyde fark bulunmamış ancak çim türleri ve sulama konuları arasında istatistiksel açıdan $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli farklar gözlemlenmiştir. Anılan çizelgelerden elde edilen istatistiksel değerler, bir önceki paragrafta yapılan açıklamaları destekler niteliktedir.

Çizelge 4.12. Deneme konularına ilişkin renk değerleri

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

Çizelge 4.13. Renk değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekrarlama	2	0.003	0.002	0.429
Tür	1	2.569	2.569	660.571**
Hata-1	2	0.008	0.004	
Kısıt düzeyi	2	7.843	3.922	220.594**
Tür x Kısıt düzeyi	2	0.054	0.027	1.531
Hata	8	0.142	0.018	
Genel	17	10.620	0.625	

** : 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.14. Renk değerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Tür	Kısıt Düzeyleri			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	5.933	4.967	4.267	5.056 b
K	6.567	5.867	5.000	5.811 a
Ortalama	6.250 a	5.417 b	4.633 c	
LSD (P≤0,01)	Tür: 0.292 Kısıt düzeyi: 0.258 Tür x Kısıt düzeyi: -			

4.5.4. Yoğunluk

Araştırmanın 3.3.4. bölümünde detaylarıyla açıklandığı üzere deneme konuları için belirlenen yoğunluk değerleri Çizelge 4.15'te verilmiştir. Ortalamalara bakıldığında, sıcak iklim çim türünde sulama konularının bir farklılık oluşturmadığı, serin iklim çim karışımlarında ise 6,8 ile 4,9 arasında değişen farklılıklar olduğu görülmektedir. Serin iklim çim türlerinde en yüksek değer S₁ konusunda, en düşük değer ise S₃ konusundan elde edilmiştir.

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 incelendiğinde, bloklar arasında önemli düzeyde fark bulunmamış ancak çim türleri, sulama konuları ile TürxKısıt interaksiyonu arasında P≤0,01 düzeyinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. Çizelge 4.17'den de görüleceği gibi, üç farklı sulama konusu sıcak iklim çim türünde herhangi bir farklılık yaratmamış ve hepsi birinci grupta yer almıştır. Serin iklim çim türlerinde ise S₁ konusu ikinci, S₂ konusu üçüncü, S₃ konusu da dördüncü grupta kalmıştır.

Bu bulgulardan yola çıkılarak sıcak iklim çiminde kısıtlı sulamanın yoğunluk değerini etkilemediği, serin iklim çiminde ise aksine çok önemli düzeyde etkilediği görülmektedir. Sıcak iklim çim türünün, sulama konularından etkilenmeksizin, serin iklim çim türlerine göre daha istenen bir yoğunluk oluşturduğu gözlemlenmiştir. Yılmaz vd. (2018)'nin belirttiği gibi çim çeşitlerinde kabul edilebilir en düşük yoğunluk değeri 7.0'dır. Buna göre, sıcak iklim çiminde tüm sulama konuları kabul edilebilir değerlerin çok üzerinde kalırken, serin iklim çim karışımında sadece S₁ konusu kabul edilebilir yoğunluk değerini vermiştir. Sonuç olarak, yoğunluk açısından sıcak iklim çiminin serin iklim çim türlerine göre çok daha fazla avantajlı olduğu ve uygulanan su kısıtından bağımsız olarak istenen düzeyde bir yüzey örtüsü oluşturduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.15. Deneme konularına ilişkin yoğunluk değerleri

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

Çizelge 4.16. Yoğunluk değerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekrarlama	2	0.003	0.002	0.097
Tür	1	36.409	36.409	2114.065**
Hata-1	2	0.034	0.017	
Kısıt düzeyi	2	2.703	1.352	30.994**
Tür x Kısıt düzeyi	2	2.501	1.251	28.675**
Hata	8	0.349	0.044	
Genel	17	42.000	2.471	

** : 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.17. Yoğunluk değerine ilişkin ortalama değerler ve önemlilik grupları

Tür	Kısıt Düzeyleri			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	8.833 a	8.833 a	8.800 a	8.822 a
K	6.800 b	6.167 bc	4.967 c	5.978 b
Ortalama	7.817 a	7.500 a	6.883 b	
LSD (P<0.01)	Tür: 0.614 Kısıt düzeyi: 0.405 Tür x Kısıt düzeyi: 0.572			

4.5.5. Yeşil Ot Verimi

Araştırmanın 3.3.5. bölümünde detaylarıyla açıklandığı biçimde belirlenen yeşil ot verimleri Çizelge 4.18’de görülmektedir. Çizelgeden de izleneceği gibi, farklılıklar daha ziyade sıcak iklim çim türünde ortaya çıkmıştır. Sıcak iklim çim konularında yeşil ot verim değerleri 291,0 ile 105,7 g/m² arasında değişirken, serin iklim çim karışımı konularında bu değerler 27,4 ile 20,3 g/m² arasında değişmiştir. Sulama konuları açısından bakıldığında ise her iki çim türünde S₁ konularında en yüksek değerler, S₃ konularında en düşük değerler elde edilmiştir.

Bu farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.19 ve 4.20’de özetlenmiştir. Bloklar arasında önemli düzeyde fark bulunmamış ancak, çim türleri, sulama konuları ve TürxKısıt interaksyonu arasında istatistiksel açıdan $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir (Çizelge 4.19). Başka bir deyişle, konular arasındaki farklar çim türleri ve sulamaya başlanacak nem düzeylerinden ileri gelmiştir.

Bu sonuçlara göre yapılan LSD testinden elde edilen gruplara bakıldığında, sıcak iklim çim türünde sulama konuları ilk üç grubu oluşturmuş, serin iklim çim karışımında sulama konuları yaş ot verimini etkilememiş ve hepsi dördüncü grupta kalmıştır. Her ne kadar serin iklim çim çeşidi yaş ot verimleri 3 aylık, sıcak iklim çiminde ise 5 aylık süreçte elde edilseler de Çizelge 4.18’de görüldüğü gibi farklar çok yüksektir. Bermuda çimi yoğun bir şekilde yüzeyi kapladığından ve yüzeye yakın kısımlarda odunumsu bir yapı oluşturduğundan çok daha fazla yaş ot üretmiştir. Serin iklim çim karışımı ise su kısıtından çok daha fazla etkilenmiş ve önemli düzeyde yeşil aksam üretememiştir.

Çizelge 4.18. Deneme konularına ilişkin yeşil ot verimi değerleri (g/m^2)

Türler	Kısıt Düzeyi	1. Blok	2. Blok	3. Blok	Ortalama
B	S ₁	238,6	263,8	291,0	264,5
	S ₂	204,1	180,8	170,5	185,1
	S ₃	112,2	107,7	105,7	108,5
K	S ₁	27,4	23,4	25,2	25,3
	S ₂	24,4	25,0	19,1	22,8
	S ₃	23,1	23,6	20,3	22,3

Çizelge 4.19. Yeşil ot verimine (g/m^2) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekrarlama	2	5.028	2,514	0.090
Tür	1	118893.134	118893.134	4245.594**
Hata-1	2	56.008	28.004	
Kısıt düzeyi	2	18950.454	9475.227	38.620**
Tür x Kısıt düzeyi	2	17541.588	8770.794	35.749**
Hata	8	1962.764	245.346	
Genel	17	157408.976	9259.352	

** : 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.20. Yeşil ot verimine ilişkin ortalama değerler (g/m²) ve önemlilik grupları

Tür	Kısıt Düzeyleri			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	264.467 a	185.133 ab	108.533 bc	186.044 a
K	25.333 c	22.833 c	22.333 c	23.500 b
Ortalama	144.900 a	103.983 b	65.433 c	
LSD (P≤0.01)	Tür: 24.759 Kısıt düzeyi: 30.340 Tür x Kısıt düzeyi: 42.908			

4.5.6. Kuru Ot Verimi

Araştırmanın 3.3.6. bölümünde detaylarıyla açıklandığı üzere, deneme konuları için belirlenen kuru ot ağırlığı değerleri Çizelge 4.21’de görülmektedir. Çizelgeden de izleneceği gibi, gerek çim türleri gerekse sulama konuları arasında kuru ot ağırlığı açısından farklılıklar olduğu gözlemlenmektedir. Sıcak iklim çim konularında kuru ot ağırlığı değerleri 184,6 ile 63,1 g/m² arasında değişirken serin iklim çim türlerinin konularında bu değerler 19,3 ile 15,3 g/m² arasında değişmiştir. Sulama konuları açısından bakıldığında ise sıcak iklim çim türünde S₁, serin iklim çim türlerinde ise S₂ konusunda en yüksek değerler, her iki çim türünün S₃ konularında en düşük değerler 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, sulama konuları ve TürxKısıt interaksyonu arasında istatistiksel açıdan P≤0,01 düzeyinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir (Çizelge 4.22). Başka bir deyişle konular arasındaki farklar, çim türleri ve sulamaya başlanacak nem düzeylerinden ileri gelmiştir. Bu sonuçlara göre yapılan LSD testinden elde edilen gruplara bakıldığında, BS₁ konusu ilk grubu oluştururken, serin iklim çim türlerinin tüm konuları son grupta kalmıştır. Farklı kısıt düzeyleri kuru ot verimi açısından serin iklim çiminde sıcak iklim çimlerine göre daha az etkili olmuştur.

Çizelge 4.21. Deneme konularına ilişkin kuru ot verimi değerleri (g/m²)

Türler	Kısıt Düzeyi	1. Blok	2. Blok	3. Blok	Ortalama
B	S ₁	126,3	140,2	184,6	150,4
	S ₂	110,3	97,1	110,3	105,9
	S ₃	68,9	75,7	63,1	69,3
K	S ₁	19,3	16,4	15,3	17,0
	S ₂	19,0	18,8	15,5	17,8
	S ₃	17,2	15,9	15,8	16,3

Çizelge 4.22. Kuru ot verimine (g/m²) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekrarlama	2	197.268	98.634	0.558
Tür	1	37656.827	37656.827	213.091**
Hata-1	2	353.434	176.717	
Kısıt düzeyi	2	5030.268	2515.134	13.264**
Tür x Kısıt düzeyi	2	4877.308	2438.654	12.861**
Hata	8	1516.978	189.622	
Genel	17	49632.083	2919.534	

** : 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.23. Kuru ot verimine ilişkin ortalama değerler (g/m²) ve önemlilik grupları

Tür	Kısıt Düzeyleri			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	150.367 a	105.900 ab	69.233 ab	108.500 a
K	17.000 b	17.767 b	16.300 b	17.022 b
Ortalama	83.683 a	61.833 ab	42.767 b	
LSD (P<0.01)	Tür: 62.196 Kısıt düzeyi: 26.673 Tür x Kısıt düzeyi: 37.722			

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 analiz ile 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 3.31’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 0,66 ile 0,49 kg/da/mm arasında değişirken, serin iklim çim karışımındaki sulama konuları için 0,23 ile 0,08 kg/da/mm arasında değişmiştir. Sulama konuları açısından bakıldığında ise, her iki çim türünün S₃ konularında en yüksek değerler, S₁ konularında en düşük değerler elde edilmiştir.

Bu farklılıkların düzeyini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.25 ve 4.26’da özetlenmiştir. Çim türleri ve kısıt düzeyleri arasında istatistiksel açıdan P<0,01 düzeyinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir (Çizelge 4.25). Bu sonuçlara göre, sıcak iklim çiminin sulama suyunu daha etkin kullandığı, sulama konuları açısından bakıldığında ise kısıtlı sulamanın sulama suyu etkinliğini arttırdığı görülmektedir.

Çizelge 4.24. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ortalama değerleri (kg/da/mm)

Türler	Kısıt Düzeyi	1. Blok	2. Blok	3. Blok	Ortalama
B	S ₁	0,49	0,54	0,60	0,54
	S ₂	0,62	0,55	0,52	0,56
	S ₃	0,66	0,64	0,63	0,64
K	S ₁	0,09	0,08	0,08	0,08
	S ₂	0,12	0,12	0,09	0,11
	S ₃	0,22	0,23	0,20	0,22

Çizelge 4.25. Sulama suyu kullanım randımanına (kg/da/mm) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekrarlama	2	0.001	0.000	1.000
Tür	1	0.898	0.898	3366.750**
Hata-1	2	0.001	0.000	
Kısıt düzeyi	2	0.046	0.023	15.416**
Tür x Kısıt düzeyi	2	0.001	0.000	0.315
Hata	8	0.012	0.001	
Genel	17	0.957	0.056	

** : 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.26. Sulama suyu kullanım randımanı değerlerine ilişkin ortalama değerler (kg/da/mm) ve önemlilik grupları

Tür	Kısıt Düzeyleri			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	0.543	0.563	0.643	0.583 a
K	0.083	0.110	0.217	0.137 b
Ortalama	0.313 b	0.337 ab	0.430 a	
LSD (P≤0.01)	Tür: 0.134 Kısıt düzeyi: 0.090 Tür x Kısıt düzeyi:-			

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 3.32’de yerine konulması ile hesaplanan su kullanım randımanı sonuçları Çizelge 4.27’de verilmiştir. Sıcak iklim çim konularında WUE değerleri 0,49 ile 0,32 kg/da/mm arasında değişirken serin iklim çim karışımının konularında bu değerler 0,11 ile 0,06 kg/da/mm arasında değişmiştir. Sulama konuları açısından bakıldığında ise sıcak iklim çim türünde S₁, serin iklim çim türlerinde ise S₃ konularında en yüksek değerler, sıcak iklim çim türünde S₃, serin iklim çim türlerinde ise S₁ 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. Bloklar arasında ve kısıt düzeyleri arasında önemli düzeyde fark bulunmamış ancak, çim türleri ve TürxKısıt interaksiyonu arasında istatistiksel açıdan $P \leq 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar gözlemlenmiştir (Çizelge 4.28).

Bu sonuçlara göre yapılan LSD testinden elde edilen gruplara bakıldığında ilk grubu sıcak iklim çim türünün S_1 ve S_2 konuları, ikinci grubu S_3 , son grubu ise serin iklim çim türlerinin tüm konuları oluşturmaktadır. Bu bulgulara göre, sıcak iklim çiminin tüm konuları serin iklim çimlerine göre, daha etkin bir su kullanım randımanı sergilemiştir. Sonuç olarak, IWUE ve WUE değerleri birlikte değerlendirildiğinde, serin iklim çim türlerinin suyu sevdiği, strese girmeksizin sulandığında etkin bir su kullanıcısı olduğu, aksi halde bitkinin yaşamsal faaliyetleri zayıfladığından su tüketim randımanının da düştüğü, sıcak iklim türünde ise bitkinin su stresine daha dayanıklı olduğu, stres koşullarında yaşamsal faaliyetlerini önemli düzeyde bozulmadığı bu nedenle, her koşulda randımanlı bir su kullanıcısı olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.27. Su kullanım randımanı (WUE) ortalama değerleri (kg/da/mm)

Türler	Kısıt Düzeyi	1. Blok	2. Blok	3. Blok	Ortalama
B	S_1	0,40	0,44	0,49	0,45
	S_2	0,43	0,38	0,36	0,39
	S_3	0,34	0,33	0,32	0,33
K	S_1	0,07	0,06	0,06	0,06
	S_2	0,08	0,08	0,06	0,07
	S_3	0,11	0,11	0,09	0,10

Çizelge 4.28. Su kullanım randımanına (kg/da/mm) ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	Hesaplanan F değerleri
Tekrarlama	2	0.000	0.000	0.613
Tür	1	0.426	0.426	2475.129**
Hata-1	2	0.000	0.000	
Kısıt düzeyi	2	0.004	0.002	2.360
Tür x Kısıt düzeyi	2	0.01	0.009	10.309**
Hata	8	0.00	0.001	
Genel	17	0.45	0.027	

** : 0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.29. Su kullanım randımanına ilişkin ortalama değerler (kg/da/mm) ve önemlilik grupları

Tür	Kısıt Düzeyleri			Ortalama
	S ₁	S ₂	S ₃	
B	0.443 a	0.390 a	0.330 b	0.388 a
K	0.063 c	0.073 c	0.103 c	0.080 b
Ortalama	0.253	0.232	0.217	
LSD (P _≤ 0.01)	Tür: 0.061 Kısıt düzeyi: - Tür x Kısıt düzeyi: 0.081			

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

Deneme süresince iki farklı çim türleri 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-Criddle 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 ise ölçülen bitki su tüketimleri ile hesaplanan referans bitki su tüketimleri arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayısı dikkate alınmıştır. Üçüncü değerlendirmede referans bitki su tüketiminin gerçek bitki su tüketimini karşılama yüzdesi (%ET), 100'e en yakın olan değerlere bakılmıştır. Hesaplanan değerler ve sonuçları Çizelge 4.31'de verilmiştir.

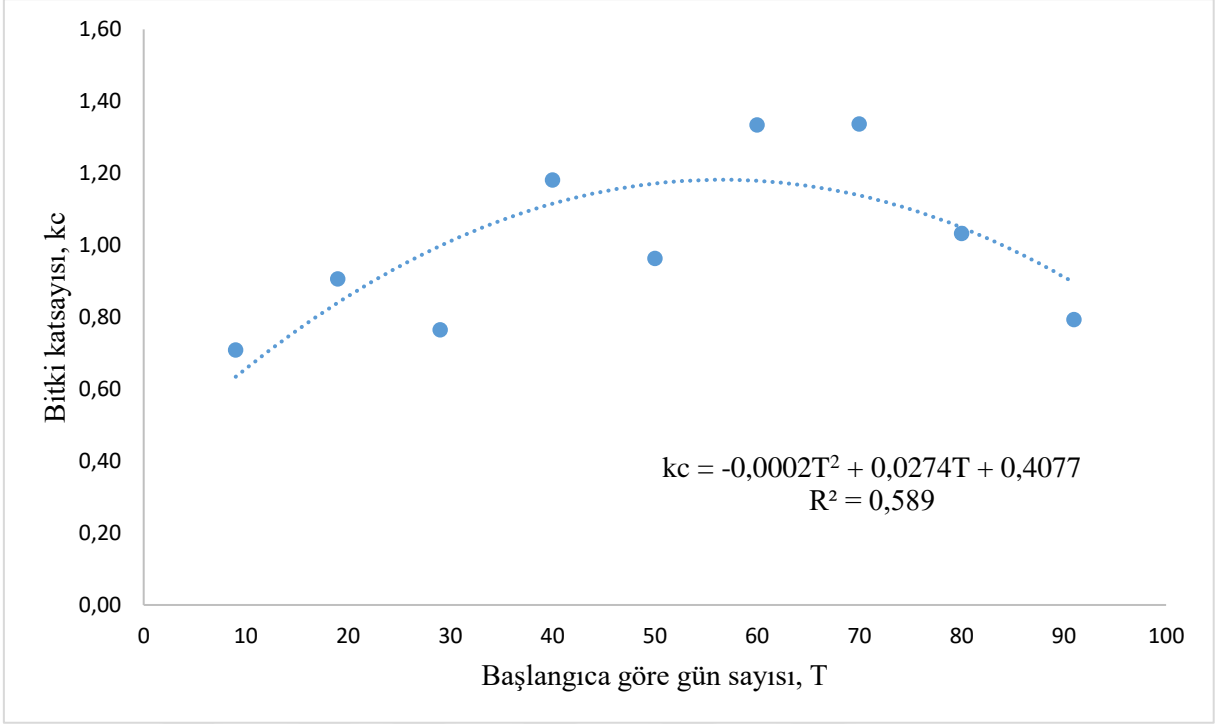
Çizelge 4.30. Ölçülen bitki su tüketimi (ETc) ve bazı yöntemlerle hesaplanan referens bitki su tüketimi (ETo) değerleri

Konu	Periyot	ETc (mm/gün)	Farklı yöntemlerle hesaplanan ETo değerleri (mm/gün)				
			A-FAO	B-C	J-H	P-FAO	P-M
KS ₁	1.5-9.05	1,8	2,8	4,0	2,5	4,3	3,2
	10.5-19.5	2,6	4,7	4,8	2,9	4,6	3,3
	20.5-29.5	3,1	4,9	5,1	4,1	5,4	4,1
	30.5-9.6	5,3	6,8	5,5	4,5	6,2	4,6
	10.6-19.6	4,5	5,4	6,1	4,7	6,5	4,9
	20.6-29.6	6,7	6,2	6,7	5,0	7,1	5,5
	30.06-9.7	7,1	6,4	7,0	5,3	6,9	5,5
	10.7-19.7	3,3	4,6	4,9	3,2	5,3	4,1
20.7-30.7	4,0	6,3	7,0	5,0	6,8	5,1	
BS ₁	1.5-9.05	1,8	2,8	4,0	2,5	4,3	3,2
	10.5-19.5	2,4	4,7	4,8	2,9	4,6	3,3
	20.5-29.5	3,1	4,9	5,1	4,1	5,4	4,1
	30.5-9.6	4,6	6,8	5,5	4,5	6,2	4,6
	10.6-19.6	3,1	5,4	6,1	4,7	6,5	4,9
	20.6-29.6	4,9	6,2	6,7	5,0	7,1	5,5
	30.06-9.7	4,5	6,4	7,0	5,3	6,9	5,5
	10.7-19.7	3,7	4,6	4,9	3,2	5,3	4,1
	20.7-30.7	5,8	6,3	7,0	5,0	6,8	5,1
	31.7-8.8	4,7	5,9	5,5	4,8	6,2	4,8
	9.8-19.8	6,2	6,0	6,4	4,5	6,1	4,7
	20.8-29.8	6,6	6,1	6,6	4,5	6,6	5,2
	30.8-9.9	3,9	5,3	6,1	3,7	5,2	4,2
	10.9-20.9	1,5	4,4	5,0	2,9	4,5	3,7
21.09-30.9	1,2	3,0	3,7	2,4	3,6	2,9	

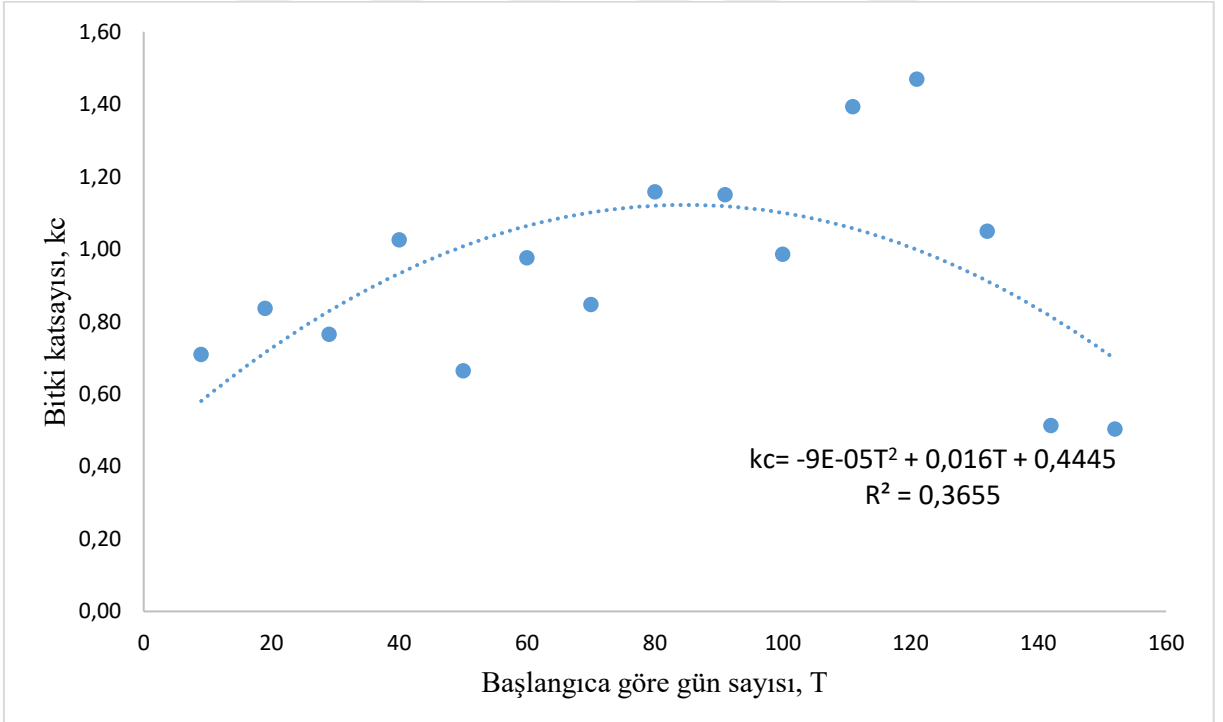
Çizelge 4.31. Ölçülen bitki su tüketimi (ETc) ile referens bitki su tüketimi (ETo) arasındaki istatistiksel ilişkiler

Konu	Tahmin Yöntemi	Farkların kareler toplamı	Korelasyon katsayısı	Mevsimlik bitki su tüketimini karşılama yüzdesi
KS₁	A-FAO	2,12	0,82	205
	B-C	3,09	0,82	220
	J-H	1,04	0,86	156
	P-FAO	3,62	0,88	222
	P-M	1,13	0,90	172
BS₁	A-FAO	2,46	0,84	135
	B-C	3,64	0,83	146
	J-H	1,06	0,80	103
	P-FAO	3,83	0,83	147
	P-M	1,37	0,82	114

Uygun bitki su tüketimi tahmin eşitliğinin belirlenmesinde dördüncü değerlendirme, ölçülen bitki su tüketimlerinin referans bitki su tüketimlerine oranlanmasıyla bulunan k_c bitki katsayılarına ilişkin korelasyon katsayısının elde edilmesi ve beşinci değerlendirme mevsimlik ortalama k_c bitki katsayısına göre yapılmıştır. Bu amaçla, k_c bitki katsayısı değerlerine ait, bitki su tüketiminin elde edildiği periyodun başlangıca olan gün sayısının bir işlevi biçiminde eşitlikler elde edilmiştir. Her iki çim çeşidinde de yöre koşullarında en düşük farklar kareler toplamı, 100'e en yakın mevsimlik bitki su tüketimi karşılama yüzdesi ve yüksek korelasyon değerleri ile Jensen-Haise yöntemi (J-H) öne çıkmıştır. Başka bir deyişle, Jensen-Haise yöntemi (J-H) en sağlıklı referans (çim) bitki su tüketimi tahminini gerçekleştirmiştir. Bu yöntem için belirlenen k_c eğrileri serin iklim çim karışımı için Şekil 4.14, sıcak iklim çimi için Şekil 4.15'de verilmiştir. Anılan şekillerden görüleceği gibi serin iklim çim karışımında k_c değerleri 0,65-1,15 arasında, sıcak iklim çiminde ise 0,58-1,10 arasında değişmiştir. Mevsimlik ortalama k_c 'lere bakıldığında serin iklim çiminde 1,00, sıcak iklim çiminde 0,94 değerleri görülmüştür (Çizelge 4.32). Bu değerler, literatürde verilen sonuçlar ile son derece uyumludur (Orta, 2017; Şahin ve Kara, 2005).



Şekil 4.14. Jensen-Haise yöntemi için serin iklim çim karışım türünde kc katsayısı eğrisi



Şekil 4.15. Jensen-Haise 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				
		A-FAO	B-C	J-H	P-FAO	P-M
KS ₁	9	0,65	0,45	0,71	0,42	0,56
	19	0,56	0,54	0,91	0,57	0,78
	29	0,64	0,61	0,77	0,57	0,76
	40	0,78	0,96	1,18	0,85	1,14
	50	0,84	0,74	0,96	0,69	0,91
	60	1,07	1,00	1,33	0,94	1,21
	70	1,12	1,01	1,34	1,03	1,30
	80	0,71	0,67	1,03	0,62	0,81
	91	0,63	0,57	0,79	0,58	0,78
	Mevsimlik ortalamalar	0,78	0,73	1,00	0,70	0,92
Eşitlik	$kc = -0,0002T^2 + 0,0208T + 0,3216$	$kc = -0,0002T^2 + 0,0276T + 0,145$	$kc = -0,0002T^2 + 0,0274T + 0,4077$	$kc = -0,0002T^2 + 0,0243T + 0,1669$	$kc = -0,0003T^2 + 0,0304T + 0,261$	
Korelasyon katsayısı, r	0,71	0,84	0,77	0,81	0,81	
BS ₁	9	0,65	0,45	0,71	0,42	0,56
	19	0,51	0,50	0,84	0,52	0,72
	29	0,64	0,61	0,77	0,57	0,76
	40	0,68	0,84	1,03	0,74	0,99
	50	0,58	0,51	0,66	0,48	0,63
	60	0,79	0,73	0,98	0,69	0,89
	70	0,71	0,64	0,85	0,65	0,82
	80	0,80	0,76	1,16	0,70	0,91
	91	0,92	0,83	1,15	0,85	1,13
	100	0,79	0,85	0,99	0,76	0,98
	111	1,04	0,97	1,39	1,02	1,32
	121	1,08	1,00	1,47	1,00	1,27
	132	0,73	0,64	1,05	0,75	0,92
	142	0,34	0,30	0,51	0,33	0,40
	152	0,41	0,32	0,50	0,33	0,41
	Mevsimlik ortalamalar	0,71	0,66	0,94	0,65	0,85
Eşitlik	$kc = -7E-05T^2 + 0,0121T + 0,354$	$kc = -9E-05T^2 + 0,0141T + 0,2559$	$kc = -9E-05T^2 + 0,016T + 0,4445$	$kc = -8E-05T^2 + 0,0134T + 0,2383$	$kc = -0,0001T^2 + 0,0171T + 0,3389$	
Korelasyon katsayısı, r	0,64	0,72	0,60	0,68	0,67	

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Trakya yöresinde serin ve sıcak iklim çimlerinin yağmurlama 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.

Yöre koşullarında sulama denemesi için oldukça uygun geçen kurak ve sıcak bir yaz dönemi boyunca, yağmurlama sulama (pop-up) yöntemi altında su kısıtına karşı gösterdikleri tepkiler açısından denenen serin ve sıcak iklim çim türleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklar elde edilmiştir. Bitkinin gelişimi ve kalitesi üzerine olan etkilerin belirlenmesi amacıyla yapılan gözlemler ve ölçümler sonucunda, deneme koşullarında serin iklim çim konularının kabul edilebilir düzeyin altında kaldığı açıkça görülmüştür. Bu nedenle Temmuz sonu itibariyle kurumaya başlayan serin iklim çimleri için deneme devam ettirilememiştir. Serin iklim çimlerinin kurumaya başlamasından önceki 3 aylık (Mayıs-Haziran-Temmuz) deneme süresi dikkate alındığında, bitkinin sadece S_1 konusunda kalite açısından alt sınır değerleri yakalayabildiği daha sonrasında ise kurumaya başladığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle serin iklim çim çeşitlerinin yöre koşullarında kabul edilebilir bir yeşili sergileyebilmesi için daha sık aralıklarla (daha düşük R_y değerlerinde) sulanması gerektiği söylenebilir.

Benzer değerlendirme sıcak iklim çim türünde yapıldığında, farklı su kısıtı düzeylerine karşın kalite unsurlarının kabul edilebilir düzeyde kaldığı ancak uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimleri arasında önemli farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, sulama suyunun kısıt oluşturduğu koşullarda renk parametresinden bir miktar feragat edilerek ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarı %33 düzeyinde azaltmak ve ciddi bir su tasarrufu sağlamak olasıdır. Bu bağlamda yöre koşullarında $R_y:0,50$ alınarak yapılan sulama programında serin iklim çim karışımları yeterli sulama düzeyinde bile istenen görsel kaliteyi oluşturamayarak yaz sezonu bitmeden kurumasına karşın sıcak iklim çimi (Bermudagrass) %33'lük su kısıtına rağmen kabul edilebilir görsel kaliteyi oluşturmuş ve yaz sezonunu kurumadan tamamlamıştır.

Çalışmada, yaz periyodunca sadece 3 ay yaşayabilen serin iklim çimlerinin S_1 konusuna 12 sulama yapılmış ve bu süre içerisinde toplam 303,9 mm sulama suyu uygulanmış, toplam

bitki su tüketimi 391,5 mm, ortalama günlük bitki su tüketimi ise 4,3 mm/gün bulunmuştur. Sıcak iklim çiminin S₁ konusunda ise; yaklaşık 5 aylık yaz periyodu boyunca bu değerler sırasıyla 24 adet, 591,6 mm, 593,9 mm, 3,9 mm/gün, S₂ konusunda ise 24 adet, 397,5 mm, 471,0 mm, 3,1 mm/gün olmuştur. Değerlere bakıldığında, özellikle renk parametresinde bir miktar düşük olmasına karşın uygulanan sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi ve biçim sıklığındaki azalma nedeni ile S₂ konusu daha ekonomik görülmektedir. Her iki çim çeşidinde yaşam sürdüğü 3 aylık (Mayıs-Haziran-Temmuz) dönemde toplam bitki su tüketimi serin iklim çim karışımında, sıcak iklim çimine göre %11 oranında daha fazla olmuştur. Benzer değerlendirme her iki çim çeşidinde tüm gelişme periyodu boyunca yapıldığında, günlük bitki su tüketimlerinin serin iklim çimlerinde, sıcak iklim çimine göre %10-14 oranında daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

İki farklı çim türünde dikkate alınabilecek sulama konularında sulama öncesi belirlenen ortalama CWSI değerlerinin KS₁ konusunda 0,57, BS₂ konusunda 0,64 olduğu görülmektedir. Sonuçlardan görüldüğü gibi, sıcak iklim çimi için elde edilen değerler, bitkinin çalışmanın amacı gereği strese sokulması nedeniyle, literatür değerlerinden daha yüksek olmuştur. Bunun yanında bitkinin yüzeyi yoğun olarak kaplaması ve sulama yönteminin yağmurlama olması bitki üzerinde su birikimi sağlamış, yüzeyde tutulan su toprak içerisine infiltre olamadan buharlaşma ile tekrar atmosfere dönmüştür. Bunun sonucunda, sulamalar sonrasında tarla kapasitesi değerine ulaşamamış ve bitkinin bu olaydan kaynaklanan stresi CWSI değerlerine yansımış, buna rağmen görsel kalite unsurlarını daha iyi koruduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, serin iklim çimlerinin kurumaya başlamasından önceki periyod dikkate alındığında, serin iklim çimlerinin, sıcak iklim çimine göre daha sık aralıklarla sulandığı ve daha fazla sulama suyu istediği, buna karşın; uygulanan su kısıtı koşullarında kurak iklim şartlarına dayanımının daha düşük olduğu belirlenmiştir. Serin iklim çim karışımında S₁ konusunun dahi kuruması sulamaya başlanacak nem düzeyinin (R_y:0,50) düşük olduğunu göstermektedir. Ancak sıcak iklim çim türlerinin, ortam sıcaklığının 15-18 °C ve altına düşmesi koşulunda sararak, tüm yıl boyunca yeşil görüntüsünü koruyamaması nedeniyle, yöre koşullarında 12 ay yeşilin hedeflendiği yeşil alan işletmeciliğinde serin iklim çimlerinin kullanılması ve sulamalara 30 cm etkili kök derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %40 veya %30'u tüketildiğinde başlanması; yeşil görüntünün sadece yaz aylarında istendiği yazlık siteler ve benzeri yaşam alanlarında ise sıcak iklim çimlerinin kullanılması ve sulamalara 30 cm etkili kök derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %50'si

tüketildiğinde başlanması, ihtiyaç duyulan suyun kısıtlanarak sadece 2/3'ü kadar uygulanması, böylece sulama suyundan ve işletme giderlerinden önemli düzeyde tasarruf sağlanması önerilmektedir. Bu noktada, sulama zamanı planlamasında CWSI değerlerinin kullanılması koşulunda 0,64 eşik değerine ulaşıldığında, A sınıfı buharlaşma kaplarının kullanılması koşulunda ise ortalama 6 gün ara ile kaptan olan buharlaşma miktarının %45'i kadar sulama suyu uygulanarak sulanması önerilebilir.



KAYNAKLAR

- Açıkgöz, E. (1993). Çim Alanlar Yapım ve Bakım Tekniği. *Çevre Peyzaj Mimarlığı Yayınları*, No:4, 203s, Bursa.
- Ahmadi, S.H., Agharezaee, M., Kamgar-Haghighi, A.A. ve Sepaskhah, A.R. (2017). Comparing Canopy Temperature and Leaf Water Potential as Irrigation Scheduling Criteria of Potato in Water-Saving Irrigation Strategies. *International Journal of Plant Production*, 11(2): 1735-6814.
- Akpınar, A., Cankurt, M. (2015). Türkiye’de Kişi Başına Düşen Yeşil Alan Miktarı ile Ölüm Oranı Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2): 101-107.
- Alderfasi, A.A., 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.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. ve Smith, M. (1998). Crop Evapotranspiration:Guidelines for Computing Crop Water Requirements. *Irrigation and Drainage*, Paper;56, FAO, Rome, Italy.
- 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 (2020). Florya Meteoroloji İstasyonu Uzun Yıllar Ortalamaları. Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü, Tekirdağ.
- Argyrokastritis, I.G., Papastylianou, P.T. ve Alexandris, S. (2015). Leaf Water Potential and Crop Water Stress Index Variation For Full and Deficit Irrigated Cotton in Mediterranean Conditions. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 4:463-470.
- Arslan, M. ve Çakmakçı (2004). Farklı Çim Tür ve Çeşitlerinin Antalya İli Sahil Koşullarında Adaptasyon Yeteneklerinin ve Performanslarının Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2004, 17 (1), 31-42 s.

- 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.
- Avcıoğlu, A., Soya, H., Birant, M., ve Geren, H. (1996). Yeşil Alan Buğdaygillerin Seçiminde Temel İlkeler ve Türkiye'deki Uygulamalar. *Türkiye 3. Çayır- Mera ve Yem Bitkileri Kongresi*, 17-19 Haziran 1996, 782-788, Erzurum.
- Avcıoğlu, R. (1997). Çim Tekniği-Yeşil Alanların Ekimi, Dikimi ve Bakımı. *Ege Üniversitesi Matbaası*, 271s, Bornova/İzmir.
- Avcıoğlu, R. ve Soya, H. (2009). Köpekdişi Ayırığı (*Cynodon dactylon* L. Pers), Darılar, Buğdaygil ve Diğer Familyalardan Yem Bitkileri, (Avcıoğlu, R., Hatipoğlu, R., Karadağ, Y Editör) Cilt III. *TÜGEM*, Emre Basımevi, s. 727-732, İzmir.
- Avcıoğlu, R., Açıkgoz, E., Soya, H., Tan, A. (2009). Yem Bitkileri Üretimi. Erişim adresi http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/18de4d2ec21cfcb_ek.pdf?tipi=14&sube=.[Ulaşım:25/12/]
- Avcıoğlu, R. ve 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.
- Aydınsakir, K., Baştuğ, R. ve Büyüктаş, D. (2003), Antalya Yöresinde Çim Kıyas Bitki Su Tüketimini Veren Bazı Amprik Eşitliklerin Tarla ve Lizimetre Koşullarında Kalibrasyonu. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(1),107-119.
- Aydınsakir, K., Gürbüz, E., Karagüzel, Ö. ve Kaya A.S. (2014). Kısıntılı Sulamanın Çim Kalitesi Üzerine Etkileri. *Derim*, 31(2): 23-36.
- Ayyıldız, M. (1990). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 1196, Ankara.
- 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. ve Green, R.L. (1994). The Role of Turfgrasses in Environmental Protection and Their Benefits to Humans' in *J. Environ. Qual.* 23, 452-460.
- Beard, J. (1998). The Origins of Turfgrass Species. *Golf Course Management*, 66(3): 49-55.
- Belekoğlu, E. (2015). *Farklı Kamışsı Yumak (Festuca arundinacea) Çim Çeşitlerinin Akdeniz Ekolojisine Adaptasyon Özellikleri Üzerinde Araştırmalar* (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 57s., Bornova, İzmir.
- 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.
- Bijanzadeh, E., Naderi, R. ve 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. ve Açıkgoz, 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. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 2017, 20 (Özel Sayı): 52-59s.
- Blake, G.R. (1965). Bulk Density. *Methods of Soil Analysis. Agron 9. Am. Soc. Agron., Madison, WI*, pp. 374-90.
- Brede, A.D. ve Duich, J.M. (1984). Establishment Characteristics of Kentucky Bluegrass-Perennial Ryegrass Turf Mixtures Affected by Seeding Rate and Ratio. *Argonomy Journal*, 76: 875-879.

- Brosnan, J. T. ve Deputy, J. (2008). Bermudagrass. College of Tropical Agriculture and Human Resources University of Hawai'i at Manoa. Turf Management.
- Bolinder, M.A., Angers, D.A., Belanger, G., Michaud, R. ve Laverdiere, M.R. (2002). Root Biomass and Shoot to Root Ratios of Perennial Forage Crops in Eastern Canada. *Canadian Journal of Plant Science* 82, 731-737.
- 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.
- Christians, N. (2004). Fundamentals of Turfgrass Management. *John Wiley and Sons*, NJ, USA, 359 p.
- Cremona, M.V., Stützel, H. ve Kage, H. (2004). Irrigation Scheduling of Kholrabi (*Brassica oleracea* var. *Gongylodes*) Using Crop Water Stress Index., *Hort. Sci.*, 39(2): 276-279.
- Crush, J.R., Waller, J.E. ve Care, D.A. (2005). Root Distribution and Nitrate Interception in Eleven Temperate Forage Grasses. *Grass and Forage Science* 60, 385-392.
- Çamoğlu, G. ve Genç, L. (2013). Taze Fasulyede Su Stresinin Belirlenmesinde Termal Görüntülerin ve Spektral Verilerin Kullanımı. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 1: 15-27.
- Demiroğlu, G., Soya, H., Avcıoğlu, R. ve Geren, H. (2010). Ege Bölgesi Sahil Kuşağı Koşullarında Bazı Yeni İngiliz Çimi (*Lolium perenne* L.) Türlerinin Yeşil Alanlara Uygunlukları Üzerinde Bir Araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 71-78.
- 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. ve Pruitt, W. (1977). Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. *Irrigation and Dranaige*, No:24, Food and Agriculture organization of the United Nations, 144pp, Rome.
- Dodds, P.E., Wayne, S.M. ve Barton A., (2005). A Review of Methods to Estimate Irrigated reference Crop Evapotranspiration across Australia. *CRC for Irrigation Futures Technical Report* No.04/05, 48pp.
- Duke, J. (1983). Handbook of Energy Crops. Published Only on the Internet, with Excellent Information on a Wide Range of Plants.

- Düzgüneş, O. (1963). İstatistik Prensipleri ve Metotları. *Ege Üniversitesi Matbaası*, 375s, İzmir.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O. ve Gürbüz, F. (1987). Araştırma ve Deneme Metodları (İstatistik Metodları II). *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları* 1021, Ankara.
- 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., Büyüktaş, 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. (1995). Turfgrass Science and Management. Delmar Publishing. Washington, USA, 512 p.
- Emmons, R. (2000). Warm Season Grasses. Turfgrass Science and Management. 3rd Edition. Delmar Publishers, Albany, NY, USA.
- English, M.J., Musich, J.T. ve Murty, V.V.N. (1990). Deficit Irrigation. In: G.J. Hoffman, T.A. Howell and K.H. Soloman (Editors), *Management of Farm Irrigation Systems*, ASAE, St. Joseph, MI.
- English, M.J. ve Raja, S.N. (1996). Perspective of Deficit Irrigation. *Agric. Water Management*, Vol: 32: 1-14.
- Erdem, Y., Şehirali, S., Erdem, T. ve Kenar, D. (2006). Determination of Crop Water Stress Index for Irrigation Scheduling of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.), *J of Agric. And Forestry* 30: 195-202.
- Erdem, Y., Arin, L., Erdem, T., Polat, S., Deveci, M., Okursoy, H. ve Gültaş, H.T. (2010). Crop Water Stres Index for Assesing Irrigation Scheduling of Drip Irrigated Broccoli (*Brasica oleracea* L. Var. *Ġtalica*). *Agric. Wat. Manage.* 98: 148-156.
- Erten, E. ve Dağdelen, N. (2020). Aydın Ovası Koşullarında İnfrared Termometre Tekniği ile Pamukta Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI) ve Sulama Zamanının Belirlenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi (COMU J. Agric. Fac.)* 2020: 8 (1): 163–172.
- Evet, S., Howell, A.T., Steiner, J.L. ve 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.
- Garrot, D.J. ve Mancino, C.F. (1994). Consumptive Water Use of Three Intensively Managed Bermudagrasses Growing under Arid Conditions. *Crop Sci.*, 34: 215-221.
- Garwood, E.A. ve Sinclair, J. (1979). Use of Water by Six Grass Species. 2. Root Distribution and Use of Soil Water. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 93, 25-35.
- Gençel, B. (2009). *İkinci Ürün Mısır Bitkisinde Bitki Su Stresi İndeksini (CWSI) Kullanarak Uygulanacak Sulama Suyu Miktarının Kestirimi* (Doktora Tezi), Çukuroava Üni. Fen Bilimleri Enstitüsü 91s. Adana.
- Gibeault, V.A., Meyer, J.L., Autio, R. ve Strohman, R. (1989). Turfgrass Alternatives with Low Water Needs, *California Agriculture*, Vol:43, No:6, 111-115p.
- Goatley J.M., Maddox V., Lang, D.V. ve Crouse, K.K. (1994). Tifgreen Bermudagrass response to late-season application of nitrogen and potassium. *Agron. J.* 86:7-10.
- Gold, A.J., Aranson, L.J. ve Hull, R.J. (1987). Cool Season Turfgrass Responses to Drought Stres. *Crop. Sci.* 27: 1261-1266.
- Goldberg, D., Gornat, B., Rimon, D. (1976). Drip İrrigation. *Drip irr. sci. publ.*, 295p, Kfar Sharyahu - Israel.
- Gonzalez-dugo, V., Zarco-tejada, P.J. ve Fereres, E. (2014). Applicability and Limitations of Using the Crop Water Stress Index as an Indicator of Water Deficits in Citrus Orchards. *Agricultural and Forest Meteorology* 198–199: 94–104.
- Gölgül, İ., (2019). *Farklı Sulama Suyu Seviyelerinin Maş Fasulyesi Verimi Üzerine Etkileri ve Bitki Su Stres İndeksinin Sulama Programlamasında Kullanılma Olanakları* (Yüksek Lisans Tezi), Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Güngör, Y. ve Yıldırım, O. (1989). Tarla Sulama Sistemleri. *Ankara Üniv. Zir. Fak. 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.
- Han, M., Zhang, H., Dejonge, K.C., Comas, L.H. ve Gleason, S., (2018). Comparison of Three Crop Water Stress Index Models With Sap Flow Measurements in Maize. *Agricultural Water Management*, 203:366-375.
- Howell, T.A., Musick, J.T. ve Tolck, J.A. (1986). Canopy Temperature of Irrigated Winted Wheat, *Trans. ASAE*, 29(6): 1692-1699.
- Idso, S.B., Jackson, R.D. ve Pinter, P.J. (1981). Normalizing the Stress Degree-Day Parameter for Environmental Variability, *Agric. Meteorol.*, 24: 45-55.
- Idso, S.B. (1982). Non-Water Stressed Baselines: A Key to Monitoring and Interpreting Plant Water Stress. *Agric. Meteorol.*, 27: 59-77.
- Idso, S.B., Pinter, P.J., Jr., Reginato, R.J. (1990). Non-Water Stressed Baselines: The Importance of Site Selection for Air Temperature and Air Vapour Pressure Deficit Measurements, *Agric. and Forest Meteorol.*, 53: 73-80.
- Irmak, S., Haman, D.Z. ve Baştuğ, R. (2000). Determination of Crop Water Stress Index for Irrigation Timing and Yield Estimation of Corn. *Agron. J.* 92: 1221-1227.
- İnce, E., (2010). *Bazı Çim Türlerinin Farklı Sulama Uygulamalarına Tepkileri Üzerine Bir Araştırma*. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- 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, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J. ve Pinter, P.J., (1981). Canopy Temperature as a Crop Water Stress İndicator. *Water Resources Research*, 17: 1133-1138.
- Jackson, R.D. (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. (1973). *Consumptive Use of Water and Irrigation Water Requirements*. ASCE, *Irrig. Drain. Div.* 215pp, New York.

- Kanber, R. (1997). Sulama. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın No:174, Ders Kitapları Yayın No:52, 530ss Adana.
- Kneebone, W.R., Kopec, D.M. ve Mancino, C.F. (1992). Water Requirement and Irrigation in: Turfgrass (D.V. Waddington, R.N. Carrow and R.C. Shearman, co-editors). *Agronomy* No:32, ASA-CSSA-SSSA, Madison, 441-473pp, Wisconsin USA.
- Koçak, M. (2019). Yalın ve Karışık Ekilen Bazı Buğdaygil Çim Bitkilerinin Yeşil Alan Performansları: Tekirdağ/Sultanköy Örneği. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ.
- Korkut, B.A. (2007). Çim Bitkileri ve Genel Özellikleri. Ders notları. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ.
- Köksal, E.S., Üstün, H. ve İlbeyi, A. (2010). Bodur Yeşil Fasulyenin Sulama Zamanı Göstergesi Olarak Yaprak Su Potansiyeli ve Bitki Su Stres İndeksi Sınır Değerleri. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 24 (1): 25–36.
- Köksal, E, Yıldırım, Y. (2011). Using Crop Water Stress Index for Determination of Sugar Beet Irrigation Time. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26 (1), 57-62.
- Köktaş, Z. (2019). Farklı Azot Kaynaklarının Bazı Serin İklim Çim Bitkilerinin Gelişimi ve Çim Kalitesi Üzerine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi) Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.
- 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.
- Landschoot, P.J. (2004), Weed Management in Turf, The Pennsylvania State University (<http://turfgrassmanagement.psu.edu/weedmgmt.cfm>)
- Langer, R.H.M. (1990). Pasture plants. In 'Pastures: Their Ecology & Management'. (Editor RHM Langer). pp. 39-74. (Oxford University Press: Auckland, New Zealand).
- Martin, M. (1996). A Method to Calculate Evapotranspiration Considering Soil Temperature. *Evapotranspiration and Irrigation Scheduling*, 402-406pp, San Antonio, Texas.
- Martiniello, P. ve Andrea, D. (2006). Cool-Season Turf Grass Species Adaptability in Mediterranean Environments and Quality Traits of Varieties, *European Journal of Agronomy*, 25 (3): 234- 242 p.

- Mcbee, G.G. ve 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. Y.Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- 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., Erdem, T. ve Erdem, Y. (2002). Determination of Water Stress Index in Sunflower, *Helia* 37: 27-38.
- Orta, A.H., Erdem, Y., Erdem ve T. (2003). Crop Water Stress Index for Watermelon. *Scientia Hort.* 98: 121-130.
- 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. *Research Communications*, 32, 363-370.
- 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.
- O'shaughnessy, S.A., Evett, S.R., Colaizzi, P.D. ve Howell, T.A. (2012). A Crop Water Stress Index And Time Threshold For Automatic Irrigation Scheduling Of Grain Sorghum. *Agricultural Water Management*, 107:122-132.
- 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.
- Öncel, Ç.S., Todorovic, M, 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.
- Phene, C.J., Clark, D.A. ve Cardon, G.E. (1996). Real-Time Calculation of Crop Evapotranspiration Using an Automated Pan Evaporation System. *Evapotranspiration and Irrigation Scheduling*, pp.189-194, San Antonio, Texas.

- Reginato, R.J. (1983). Field Quantification of Crop Water Stress, Trans. ASAE, 26(3): 772-775/781.
- 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.
- Sağlamtimur, T., Tansı, V. ve Baytekin, H. (1998). Yem Bitkileri Yetiştirme. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Ders Kitabı No: C-74, Adana, 238s.
- Salman, A. (2008). Farklı Gübre Dozlarının Bazı Serin ve Sıcak İklim Çimlerinin Yeşil Alan Performanslarına Etkisi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir. (Basılmamış Doktora Tezi), 170s.
- Smith, M. (1991). Manual and Guidelines for Cropwat FAO Irrigation and Drainage Paper, No: 46, Rome, 193p, Italy.
- 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.
- Tekelioğlu, B., Büyüктаş, D., Baştuğ, R., Aydınşakir K., Karaca C., Dinç N. (2018). Bitki Su Stresi İndeksini (CWSI) Belirlemede Kullanılan Yöntemlerin Nar Ağacı ve Soya Bitkisinde Karşılaştırılması. 1st International, 14th National Congress on Agricultural Structures and Irrigation, Antalya.
- Thorogood, D. (2003). Perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). In 'Turfgrass Biology Genetics and Breeding'. Edition 1. (Editors MD Casler & RR Duncan). pp 75-105. (John Wiley & Sons: New Jersey & Canada).
- Turgeon, A.J. (1999). Turfgrass Management. 5th Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 392 p.
- Uluocak, N. (1994). Yerörtücü Bitkiler. İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi Müdürlüğü, 975s.
- Uzun, G. (1992). Peyzaj Mimarlığında Çim ve Spor Alanları Yapımı, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yardımcı Ders Kitabı No:20, Adana.
- 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*

- perenne) Çeşitlerinin Çim Alan Özellikleri, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2015, 24 (2):85-95s.
- Veysi, S., Naseri, A.A., Hamzeh, S., Bartholomeus, H., (2017). A Satellite Based Crop Water Stress Index For Irrigation Scheduling in Sugarcane Fields. *Agricultural Water Management*, 189:70-86.
- 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.
- Yuan, G., Luo, Y., Sun, X. ve Tang, D. (2004). Evaluation of a Crop Water Stres Index for Detecting Water Stres in Winter Wheat in the North China Plain. *Agric. Wat. Manage.* 64: 29- 40.
- Yurtsever, N. (1984) Deneyesel İstatistik Metodlar. *TOKB. Köy Hiz. Genel Müd. Toprak ve Gübre Araştırma Enst. Müd. Yay.* (Gn. Yayın No: 121; Tek. Yayın No: 56), Ankara.
- Zorer, Ş. (2003). *Van Bölgesinde Tesis Edilecek Çim Alanları için Uygun Tür Karışımları ve Ekim Oranlarının Saptanması* (Doktora Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fak., Van.
- Zorer Çelebi, Ş., Andiç, N. ve Yılmaz, İ.H. (2009). Van Bölgesinde Tesis Edilecek Çim Alanları İçin Uygun Tür Karışımlarının Saptanması. *Y.Y.Ü. Tar. Bil. Dergisi*, 19 (2). 91-101.
- Watschke, T.L. ve Schmidt, R.E. (1992). Ecological Aspects of Turf Communities. "Waddington, d. V., Carrow, R.N. and Shearman, C.R. (Eds.) Turfgrass. American Society of Agronomy, Inc. *Agronomy* No: 32, pp. 129-174, Wisconsin. USA.
- Wright, J.L. (1996). Derivation of Alfalfa and Grass Reference Evapotranspiration. Evapotranspiration and Irrigation Scheduling, San Antonio, Texas pp.133-140.

ÖZGEÇMİŞ

Seray KUYUMCU, 15 Ocak 1995 yılında Zonguldak'ta doğdu. İlk ve orta öğrenimini Ankara'da, liseyi ise Zonguldak'ta tamamladı. 2012 yılında girdiği Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü'nden 2017 yılında derece ile mezun oldu. Bir dönem ara verdikten sonra, mezun olduğu okulda Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başladı.

