



REKREASYON ALANLARINDA KULLANILAN FARKLI

SULAMA YÖNTEMLERİNİN TOPRAKTAKİ TUZ

DAĞILIMINA ETKİSİ

TUĞÇE ADANALI

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. A. Halim ORTA

2022

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



REKREASYON ALANLARINDA KULLANILAN FARKLI SULAMA
YÖNTEMLERİNİN TOPRAKTAKİ TUZ DAĞILIMINA ETKİSİ

TUĞÇE ADANALI

ORCID: 0000-0003-0465-9104

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman: Prof. Dr. A. Halim ORTA

OCAK-2023

Her hakkı saklıdır.

ARAŞTIRMA FONU DESTEĞİ BEYANI

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan ve Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışması; TÜBİTAK tarafından 119O088 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Tuğçe ADANALI

15/12/2022

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

REKREASYON ALANLARINDA KULLANILAN FARKLI SULAMA YÖNTEMLERİNİN TOPRAKTAKİ TUZ DAĞILIMINA ETKİSİ

Tuğçe ADANALI

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. A. Halim ORTA

Bu çalışmada rekreasyon alanlarında yaygın olarak kullanılan çim bitkisinin yağmurlama ve toprak altı damla sulama yöntemleri ile sulanması durumunda topraktaki tuz dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemeler, İstanbul-Silivri Belediyesi Tarımsal Üretim ve Araştırma Merkezi (TÜRAM) arazisinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, yağmurlama ve toprak altı damla sulama yöntemi ile sulanan iki ayrı çim çeşidinde (K: Serin iklim çim çeşitleri karışımı; %30 *Lolium perenne*, %25 *Festuca rubra rubra*, %35 *Festuca arundinacea*, %10 *Poa pratensis* ve B: Sıcak iklim; *Bermudagrass (Cynodon spp.)*), yeterli ve kısıtlı sulama konularını içeren 3 farklı sulama düzeyi (S_1 , S_2 , S_3) tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde 3 tekrarlı olarak denenmiştir. Dört yıllık bir araştırma projesinin son yılında, farklı deneme konularında toprak profilinde oluşan tuz birikimini belirlemek amacıyla, sadece su kısıtı uygulanmayan S_1 konularından iki tekerrürlü olarak farklı lokasyon ve derinliklerden (0-5 cm, 5-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm), 31 Ağustos 2020 ve 18 Eylül 2020 tarihlerinde iki kez bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Ayrıca, şahit olarak hiç sulanmayan iki noktadan, dört derinlikten de toprak örnekleri alınmıştır. Her bir örneğin tuz içeriği, laboratuvarında hazırlanan saturasyon çamurunda EC metre ile ölçülmüş, bulgular rakamsal ve grafiksel olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yağmurlama yöntemi ile sulanan parsellerde toprak profilindeki tuz birikiminin şahit noktadaki tuz değerlerine oranını ifade eden EC_2/EC_1 değerleri, toprak altı damla sulama yöntemine göre daha yüksek olmuş ve *Bermudagrass* parsellerinde 1,25-2,10 arasında, serin iklim çim karışımından oluşan parsellerde ise 1,02-3,00 arasında değişmiştir. Anılan değerlerin sıcak iklim çiminde daha düşük olması, yoğun ve odunsu bir yapıya sahip *Bermuda* çiminin daha düşük su ihtiyacına ve daha düşük evaporasyon kayıplarına bağlanabilir. Toprak altı damla sulama yöntemiyle sulanan *Bermuda* çimi için EC_2/EC_1 değerleri (0,95-1,20), serin iklim çim karışımında ise EC_3/EC_1 değerleri (1,36-2,09) arasında belirlenmiştir. Benzer biçimde, uygulanan düşük miktardaki sulama suyu *Bermuda* çimindeki tuz birikiminin serin iklim çimine göre daha düşük olmasına neden olmuştur. Damlatıcının tam altındaki tuz birikimi ise minimum düzeyde (0,43-0,63 dS/m) gerçekleşmiştir. Damlatıcı ve lateral aralarında çok yoğun düzeyde tuz birikiminin olmaması alanın tamamının ıslatılmasına bağlanabilir. Yine klasik damla sulama yönteminde görüldüğü biçimde yüzeyde tuzun birikmemesi de toprak yüzeyinin ıslanmamasına ve evaporasyon, dolayısıyla kapilaritenin düşük olmasına bağlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Peyzaj sulaması, Çim türleri, Bitki su tüketimi, Toprak altı damla sulama yöntemi, Yağmurlama sulama yöntemi

ABSTRACT

MSc. Thesis

EFFECT OF DIFFERENT IRRIGATION METHODS ON SALT DISTRIBUTION IN SOIL PROFILE IN LANDSCAPE AREAS

Tuğçe ADANALI

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. A. Halim ORTA

In this study, it was aimed to determine the salt distribution in the soil covered turfgrass which is widely used in recreation areas, under sprinkler and subsurface drip irrigation methods. The experiments were conducted in the land of Istanbul-Silivri Municipality Agricultural Production and Research Center (TÜRAME). In the study, two different turf varieties (K: cool season turf mixture; 30% *Lolium perenne*, 25% *Festuca rubra rubra*, 35% *Festuca arundinacea*, 10% *Poa pratensis* and B: warm season turf; Bermudagrass (*Cynodon spp.*)), 3 irrigation levels (S_1, S_2, S_3). In the last year (2020) of a four-year research project, in order to determine the salt accumulation in the soil profile of KS_1 and BS_1 trials, in which no irrigation deficiency, disturbed soil samples were taken from different locations and depths (0-5 cm, 5-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm), twice on 31 August 2020 and 18 September 2020. In addition, soil samples were taken from two un irrigated points and four depths as witnesses. The salt content of each sample was measured with an EC meter from the saturation extract prepared in the laboratory, and the findings were given numerically and graphically. According to the results obtained, EC_2/EC_1 values, which express the ratio of the salt accumulation in the soil profile to the salt values at the witness points, were higher in the plots irrigated with the sprinkler method than that of subsurface drip irrigation method, and it was between 1.25-2.10 in the Bermudagrass plots, and between 1.02-3.00 in in the warm season turf plots. The fact that the aforementioned values are lower in warm climate grass can be attributed to the lower water requirement and lower evaporation losses of Bermuda grass due to high density and woody structure of turf. The EC_2/EC_1 values for Bermuda grass irrigated with the subdrip irrigation method were found between 0.95-1.20 and the EC_3/EC_1 values for the cool season turf mixture 1.36-2.09. Similarly, the low amount of irrigation water applied resulted in lower salt accumulation in Bermuda grass than in cool season turf. Salt accumulation just below the dripper was at a minimum level (0.43-0.63 dS/m). The absence of heavy salt accumulation between the dripper and lateral can be attributed to the wetting of the entire area. Again, the fact that salt does not accumulate on the soil surface, as seen in the classical drip irrigation method, can be attributed to the fact that the soil surface is not wet and consequently low evaporation and low capillarity.

Key words: Landscape Irrigation, Turfgrass varieties, Evapotranspiration, Subsurface drip irrigation method, Sprinkler irrigation method

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	viii
TEŞEKKÜR.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Literatür Özeti	4
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı.....	11
2. MATERYAL VE YÖNTEM	12
2.1. Materyal	12
2.1.1. Deneme Alanı ve Toprak Özellikleri.....	12
2.1.2. Araştırma Alanı İklim Özellikleri.....	13
2.1.3. Su Kaynağını ve Sulama Suyunun Sağlanması.....	16
2.1.4. A Sınıfı Kap Buharlaşma Kabı.....	17
2.1.5. Denemede Kullanılan Çim Türleri	18
2.1.6. Kullanılan Bilgisayar Paket Programları	20
2.2. Yöntem.....	20
2.2.1. Arazi Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	21
2.2.1.1. Toprak su örneklerinin alınması ve analizleri.....	21
2.2.1.2. Toprağın su alma hızının belirlenmesi.....	23
2.2.1.3. Günlük buharlaşma miktarının ölçülmesi.....	24
2.2.1.4. Deneme düzeni ve araştırma konuları.....	24
2.2.1.5. Sulama sistemi unsurları.....	25
2.2.1.6. Tarım tekniği.....	27
2.2.2. Laboratuvar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler.....	28
2.2.2.1. Topraktaki nem miktarının takibi.....	28
2.2.2.2. Damla sulama sisteminde damlatıcı ve lateral aralığının saptanması.....	29
2.2.2.3. Sulama zamanı, uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama süresinin saptanması.....	29
2.2.2.4. Bitki su tüketiminin saptanması.....	31

2.2.3. Topraktaki Tuz Miktarının Saptanması	32
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	34
3.1. Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları.....	34
3.1.1. Toprağın Fiziksel Özellikleri.....	34
3.1.2. Sulama suyu kalite sınıfı.....	35
3.1.3. Uygulanan Sulama Suyu Miktarı ve Ölçülen Bitki Su Tüketimi.....	35
3.1.4. Toprak Tuzluluğuna İlişkin Sonuçlar.....	39
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
ÖZGEÇMİŞ	53



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Araştırma alanına ilişkin bazı iklim verilerinin uzun yıllık (1989-2019) ortalamaları ve yıllık değerleri (2020) (Anonim, 2021)	14
Çizelge 2.2. Araştırma alanında 2020 yılında ölçülen bazı iklim verilerinin onar günlük ve aylık ortalamaları	15
Çizelge 3.1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri.....	34
Çizelge 3.2. Sulama suyu analiz sonuçları	35
Çizelge 3.3. Yağmurlama sulama yöntemi ile serin ve sıcak iklim çimlerinde S ₁ konularına uygulanan sulama tarihleri ve sulama suyu miktarları (mm)	36
Çizelge 3.4. Toprak altı damla sulama yöntemi ile serin ve sıcak iklim çimlerinde S ₁ konularına uygulanan sulama tarihleri ve sulama suyu miktarları (mm)	37
Çizelge 3.5. Yağmurlama sulama konularında toprakta ölçülen ortalama tuz miktarları (dS/m)	42
Çizelge 3.6. Toprak altı damla sulama konularında toprakta ölçülen ortalama tuz miktarları (dS/m)	42

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Deneme alanının coğrafik konumu	12
Şekil 2.2. Deneme parselleri.....	13
Şekil 2.3. Otomatik meteoroloji istasyonu	13
Şekil 2.4. Deneme alanı sulama sistemi	16
Şekil 2.5. A sınıfı buharlaşma kabı ve püliviyometre	17
Şekil 2.6. Deneme de kullanılan çim türleri	20
Şekil 2.7. Toprak altı damla sulama parsellerinde örnekleme noktaları.....	22
Şekil 2.8. Yağmurlama sulama parsellerinde örnekleme noktaları.....	23
Şekil 2.9. Yağmurlama ve toprak altı damla parsellerinden örnek alınan S ₁ noktaları.....	25
Şekil 2.10. Yağmurlama sulama sistemi parsel detayı	27
Şekil 2.11. Toprak altı damla sulama sistemi parsel detayı.....	26
Şekil 2.12. Toprak nem ölçümü.....	29
Şekil 2.13. Toprak örneklerinin kurutularak elenme süreci	32
Şekil 2.14. Elenmiş toprak örneğinin(100g) satüre hale getirilmesi ve bekletilmesi	32
Şekil 2.15. EC ölçer ile elektriksel iletkenlik değerlerinin saptanması	33
Şekil 3.1. Farklı konularda günlük bitki su tüketimlerinin değişimleri.....	39
Şekil 3.2. Yağmurlama sulama konularında toprakta oluşan tuzluluk değişimleri	43
Şekil 3.3. Toprak altı damla sulama konularında toprakta oluşan tuzluluk değişimleri	44

SİMGELER DİZİNİ

'	Dakika
%	Yüzde
∅	Boru çapı
°	Derece
α	Yeryüzüne ulaşan radyasyonun atmosfere yansım oranı, %
ΔS	Ölçülen dönem için toprak nem içeriğinde oluşan değişim, mm
γ _t	Toprağın hacim ağırlığı, g/cm ³
°C	Santigrat derece



KISALTMALAR DİZİNİ

atm	Atmosfer Basıncı
c	Minimum oransal nem, güneşlenme süresi ve rüzgar tahminlerine bağlı bir düzeltme faktörü
cm	Santimetre
cm ³	Santimetreküp
Ca	Kalsiyum
Ca ⁺²	Kalsiyum iyonu
CO ₃	Karbonat
Cl ⁻	Klor iyonu
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
D	Etkili kök derinliği, mm
da	Dekar
dn	Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı
Dp	Sulama ve yağıştan sonra meydana gelen derine sızma kayıpları
dS	Desisiemens
dt	Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı
EC	Elektriksel iletkenlik
EC _e	Saturasyon çamurundanelektriksel iletkenlik
EC _w	Sulama suyunda elektriksel iletkenlik
Ep	Kaptan ölçülen buharlaşma miktarı, mm/gün
ET	Bitki su tüketimi, mm
ET _c	Ölçülen bitki su tüketimi, mm/gün
ET _o	Referans bitki su tüketimi, mm/gün
ET _p	Potansiyel bitki su tüketimi, mm/gün
f	İklim faktörü
g	Gram
ha	Hektar
h	Saat
HCO ₃	Bikarbonat
HP	Beygir gücü
I	Uygulanan sulama suyu miktarı
I _s	Toprağın su alma hızı

IWUE	Sulama suyu kullanım randımanı
K ⁺	Potasyum iyonu
k _c	Bitki katsayısı
kg	Kilogram
km	Kilometre
kp	Buharlaşma kabı katsayısı
KSTK	Kullanılabilir su tutma kapasitesi
L	Litre
m	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
mm	Milimetre
me	Miliekivalan
Mg	Magnezyum
Mg ⁺²	Magnezyum iyonu
MgSO ₄	Magnezyum sülfat
MN	Mevcut nem, %
n	Gün boyunca ölçülen güneşli saatler
N	Gün boyunca olası maksimum güneşli saatler
Na ⁺	Sodyum iyonu
NaCl	Sodyum klorür
P	Yıllık ortalama güneşlenme süresi yüzdesi, %
P _r	Deneme süresince düşen yağış miktarı, mm
P _s	Islatılan alan yüzdesi, %
PE	Polietilen
pH	Hidrojen iyonlarının negatif logaritması
RH	Ortalama bağıl nem, %
s	Saniye
SAR	Sodyum adsorbsiyon oranı
SN	Solma noktası, %
SO ₄	Sülfat
t	Ton
T _{ort}	Ortalama sıcaklık, °C

T	Toplam sulama süresi, h
TK	Tarla kapasitesi, %
USSL	ABD Tuzluluk Laboratuvarı
vb	Ve benzeri
WUE	Su kullanım randımanı
μmhos	Micromhos
μS	Mikrosiemens



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince beni hiçbir konuda yalnız bırakmayan, bana her türlü konuda destek olup yol gösteren, sabrını, zamanını hiçbir zaman esirgemeyen ve sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmama ışık tutan danışman hocam Prof. Dr. A. Halim ORTA'ya teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmalarım sırasında, deneme alanı tahsisi ve yardımları için Silivri Belediye Başkanı Özcan IŞIKLAR'a ve ihtiyacım olan her an yardıma koşan TÜRAM çalışanlarına, Laboratuvar analizlerimi yaptığım Kırklareli Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü'ne ve çalışmalarımda desteğiyle hep yanımda olan Laborant Samet Fatih TÜRK'e, öneri ve düşünceleriyle her zaman yanımda hissettiğim Dr. Eray ÖNLER'e, çalışmaya başlamamda büyük katkısı olan Biyosistem Yüksek Mühendisi Büşra TÜRK'e, çalışmam boyunca yardım ve emeği ile sürekli yanımda olan Biyosistem Yüksek Mühendisi Buse SALBAŞ'a ve Biyosistem Yüksek Mühendisi Cansu ERGEN'e, 7 yıldır bu yolda yanımda olan Elif TEŞİ'ye, her konuda yardımını esirgemeyen GÜÇLÜ ailesine ayrı ayrı teşekkür ederim. Son olarak bugünlere gelmemde çok büyük emek ve fedakârlık gösteren, hayatım boyunca attığım her adımda, her koşulda yanımda olan, benden maddi manevi desteklerini ve sevgilerini hiçbir zaman esirgemeyen başta babam Atilla ADANALI, annem Hayriye ADANALI ve kardeşim Cemile Nur ADANALI olmak üzere tüm aileme en derin duygularım ile teşekkür ederim.

Tuğçe ADANALI

Biyosistem Mühendisi

1. GİRİŞ

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 ve enerji kullanarak yapmanın yollarını aramaktadır. Su kaynaklarının kantitatif ve kalitatif özelliklerinin günden güne azalması, dolayısıyla sulama suyu maliyetlerinin artması, sulama yönetiminin daha hassas yapılmasını zorunlu kılmaktadır (Orta, 2017).

Yeryüzünde kurak ve yarı-kurak alanlarda yaygın olarak tuzluluk sorunuyla karşılaşmaktadır. Tuzluluk nedeniyle her yıl kaybedilen alan oranı, sulamaya açılan alan oranını geçmiştir. Tuzluluğun kontrol edilebilmesi için gerekli toprak ve su yönetim kararlarının alınması, tuzluluk düzeyinin ve yayılımının zamanında bilinmesini gerektirmektedir (Kesmez, Suarez, Lesch, Ünlükara ve Yurtseven, 2008).

Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization [FAO])'ne göre sulanan alanların yaklaşık yarısı “sessiz düşman” olan tuzluluk, alkalilik ve yüzeysel taban suyu tehdidi altındadır. Suyun kök bölgesine veriliş biçimi olarak tanımlanan sulama yöntemi topraktaki tuzlulaşma profilini etkilemektedir. Sulama suyu olarak tuzluluğu ve/veya sodyumluluğu yüksek olan suların kullanıldığı koşullarda, bitki veriminde oluşacak azalmaların önlenmesi ve uygulanacak sulama yöntemi açısından dikkatli olunması gerekmektedir. Kalitesi düşük sularla yapılacak sulama uygulamalarında normal koşullardan daha farklı uygulamalara gereksinim duyulur. Bunun nedeni kullanılacak suyun içerdiği tuz miktarı ve varsa bazı toksik maddelerdir. Sulama suyunun içerdiği tuzlar, seçilecek sulama yöntemine bağlı olarak bitki üzerine de etki eder. Bu amaçla uygulanacak sulama yöntemi doğrudan bitki verimini ve zaman boyutunda da toprak verimliliğini sınırlayan bir etmen niteliğindedir (Yenigün, 2019).

Sulama amacıyla kullanılan sular, iyi kalitede olsalar dahi içerisinde tuz içerirler. Sulama ile alana iletilen bu tuzlar kök bölgesinde birikirler. Tuzluluğun artması, toprak verimliliğini ve üretkenliğini azaltacağından, tarımsal açıdan olduğu kadar çevre açısından da önemli bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Sulama suları ile toprağa iletilen tuzların birikim süreci bitki, toprak, su kalitesi, drenaj etkinliği, sulama ve drenaj yönetimi gibi faktörler tarafından etkilenmektedir. Tuzluluk söz konusu olduğunda yetiştirilecek bitki ile

uygulanacak sulama yönteminin seçimi ve sulama suyu miktarı, sulamada tuzluluğun yönetimi açısından önemlidir. Değişik yöntemlerle verilecek sulama sularının miktarı ve veriliş biçimleri farklı olduğundan bunların toprakta tuz dengesine olan etkileri de farklı olacaktır (Yurtseven ve Öztürk, 1997).

Son yıllarda hızlı nüfus artışı ve küresel iklim değişikliği gibi nedenlerle kullanılabilir su kaynakları azalmakta, topraklardaki tuzluluk sorunu artmaktadır. Ayrıca günümüzde çim endüstrisinde de dünya çapında hızlı bir artış gözlemlenmektedir. Hızlı kentsel gelişimin sonucu olarak sulanan çim alanlardaki büyüme, sınırlı tatlı su kaynakları üzerindeki baskının artmasına sebep olmaktadır. Su kaynaklarının zamanla daha tuzlu duruma geldikleri düşünülerek, yeşil alanların sulanmasında daha düşük kaliteli suların kullanılma zorunluluğu da ortaya çıkmaktadır (Sarica, 2014).

Tuzluluk, yarı kurak ve kurak bölgelerde daha çok sorun olmakla birlikte (Ekmekçi, Apan ve Kara, 2005), yanlış sulama uygulamalarında, drenaj problemi yaşanan alanlarda (Kanber, Çullu, Kendirli, Antepli ve Yılmaz, 2005) ve deniz tuzluluğundan etkilenen kıyı ovalarında ortaya çıkmaktadır (Cemek, Güler ve Arslan, 2006). Bu nedenle, tuzluluk ülkemizde ve dünya da yaşanan en önemli sorunlardan birisidir. Dünyada 833 milyon hektardan fazla (FAO, 2002) ve Türkiye de yaklaşık olarak 1.518.722 hektar alanda tuzluluk problemi yaşanmaktadır (Çulha ve Çakırlar, 2011).

Yetersiz yağıştan dolayı çözünebilir tuzlar derinlere taşınmamakta, özellikle sıcak ve yağışsız olan dönemlerde, tuzlu taban suları kılcal yükselme ile toprak yüzeyine kadar ulaşabilmektedir. Toprak nemi evaporasyon ile atmosfere geçerken beraberinde taşıdıkları tuzları toprak yüzeyinde veya yüzeğe yakın kısımlarda bırakmaktadır. Diğer bir deyişle, bu bölgelerdeki tuzlulaşmanın temel nedeni yağışların yetersiz, buna karşılık evaporasyonun yüksek olmasıdır (Richards, 1954; Konukcu, 2006).

Toprakların tuzlulaşmasında, bilinçsiz sulamanın yanında, drenaj olanaklarının yetersizliği ve yüksek taban suyunun da rolü çok büyüktür. Özellikle, sulama sonucu toprakların tuzlu ve alkali hale dönüşmesi, sulu tarımın uygulandığı bölgelerde güncel bir sorundur. Drenaj şebekelerinin yetersizliği ve sulama sonucu yükselen taban suyu, kurak bölgelerde tuzluluğun başlıca nedenidir. Bitki kök bölgesinde fazla miktarda eriyebilir tuzların birikmesi, bilindiği gibi, toprakta tuzluluk sorununun ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Richards, 1954; Dizdar, 1978).

Sınırlı doğal su kaynaklarının bulunduğu kurak ve yarı kurak bölgelerdeki yüksek nüfuslu metropolitan alanlarda, peyzaj sulamasının arıtılmış atık su veya diğer düşük kaliteli (tuzlu) sularla yapılması, tatlı su kaynakları üzerindeki baskının azaltılmasında önemli rol oynamaktadır (Harivandi, 2000; Beard ve Kenna,2008; Chen, vd., 2009). Bu amaçla çim alanların sulamasında kullanılabilir tuzlu su kaynakları, tuzlu yeraltı suyu (doğal olarak bulunan tuzlu su, tuzlu kaynaklardan süzülerek tuzlanan sular, yeniden kullanılan drenaj suları ve deniz suyunun etkilediği akiferler), tuzlu yüzey suyu, arıtılmış su karışımları olarak sınıflandırılabilir (Carrow, Huck ve Duncan, 2000). Çoğu geri kazanılmış su, kayda değer miktarda tuz içermektedir ve özellikle ağır bünyeli topraklarda tuz seviyesinin bitkilere zararlı olacak düzeylerde olmasına neden olabilmektedir (Harivandi, 2000).

Son yıllarda küresel iklim değişikliği nedeniyle su kaynakları sınırlanmaktadır. IPCC tarafından ortaya konulan senaryolara göre; 6. Değerlendirme Raporu'nun sunduğu en iyi tahmin, yüksek ihtimalle 2,5°C ile 4°C aralığında bulunan 3°C'yi işaret etmektedir. Bu durum, 5. Değerlendirme Raporu'nda belirlenen en iyi tahmin olan 1,5°C ile 4,5°C aralığıyla karşılaştırıldığında artış göstermiştir (IPCC, 2022). Türkiye, küresel ısınmanın potansiyel etkileri açısından, riskli ülkeler arasında yer almaktadır. Yapılan araştırmalarda küresel ısınmadan dolayı oluşacak iklim değişiklikleriyle özellikle su kaynaklarının azalması, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalardan ülkemizin olumsuz etkileneceği belirtilmektedir. İklim değişikliklerine karşı yeterli önlemler alınmaz ise ülkemizin kurak ve yarı kurak alanlarındaki su kaynaklarını özellikle kentlerde kullanılan suyun durumu, mevcut sorunlara yenileri eklenerek kaliteli su ihtiyacı daha da artacaktır (Öztürk, 2002).

İklim değişikliğinin yaratacağı etkiyle yüzey suları azalacak, yeraltı sularının üzerindeki kullanım baskısı artıracak ve su kalitesinde sorunlar yaşanmasına neden olacaktır. Yeraltı suyu seviyesinin düşmesiyle kıyısız alanlarda deniz suyunun içerilere sızarak yeraltı sularına karışması ile bu suların tuzlanması da söz konusudur. Ayrıca son yıllarda çim endüstrisinde dünya çapında hızlı bir artış gözlemlenmektedir. Hızla büyüyen kentsel alanlarda golf, futbol sahaları ve diğer peyzaj alanlarının içme suyu ile sulanması sonucunda su sıkıntısı yaşanmaktadır (Marcum, 2006).

Rekreasyon alanlarında yapılan sulama projelerinde ne yazık ki, su ve toprak tuzluluk değerleri dikkate alınmamakta bu da tuzlu su ve toprak koşullarında özellikle kış yağışı 300 mm'nin altında olan alanlarda yeşil alanların sürdürülebilirliği noktasında ciddi sıkıntılar yaratmaktadır. Bu sorunların çözümü için özellikle büyük proje sahalarında kullanılacak

sulama suyu kalitesi ve toprak tuzluluk değerleri belirlenmeli, kullanılacak sulama yöntemi ve uygulanacak sulama programı dikkatlice seçilmelidir (Orta, 2017).

Bu çalışmada rekreasyon alanlarında yaygın olarak kullanılan yağmurlama sulama yöntemi ile son yıllarda yeni kullanılmaya başlanan toprak altı damla sulama yönteminin topraktaki tuz birikimine olan etkileri ortaya konmaya çalışılmıştır.

1.1.Literatür Özeti

Tuzluluk; sulama suyunda (EC_w) ya da toprakta (EC_e , saturasyon çamuru) elektriksel iletkenlik (EC) olarak ölçülmektedir (Carrow, vd., 2000). Tuzluluğu izlemenin en iyi yolu toprak EC_e değerinin ölçülmesidir ve çim tuz toleransları da genellikle EC_e baz alınarak ifade edilmektedir (Marcum ve Pessaraktı, 2006).

Sulamadan kaynaklanan tuzluluk ile ilgili ülkemizde ve dünya da yapılmış çalışmaların bazıları aşağıda özetlenmiştir.

USSL (1954)'e göre, tuzluluk ve alkalilik bakımından bir sulama alanının değerlendirilmesinde sulama suyu kalitesinin dikkate alınması gereken faktörlerden biri olduğu ve toprağa yeteri kadar kaliteli sulama suyunun verilmesiyle tuzluluğun kontrolünün mümkün olabileceği vurgulanmıştır. Ayrıca, tuzlu sulama sularının basınçlı sulama yöntemlerinden biri olan damla sulama yöntemiyle uygulanması durumunda damlaticılarda tıkanıklığın yanında, toprak ve bitki üzerinde etkilerinin de dikkate alınması önerilmiştir.

Tuzdan etkilenmiş topraklar çok değişik şekillerde tanımlanarak sınıflandırılmıştır. Ancak, Richards (1954) tarafından yapılan sınıflama bugün için en iyisi olarak kabul edilmektedir. Buna göre, tuzdan etkilenmiş topraklar üç sınıfa ayrılmıştır. Birinci sınıfta tuzlu topraklar; ikinci sınıfta tuzlu-alkali topraklar ve üçüncü sınıfta tuzsuz-alkali topraklar yer almaktadır. Tuzlu topraklar, kültür bitkilerinin olağan büyüme ve gelişmelerini engelleyecek düzeyde tuz içeren topraklar olarak tanımlanmaktadır. Bu topraklarda çamur süzüğünün $25^{\circ}C$ 'deki elektriksel iletkenliği 4 dS/m 'den büyük, değişebilir Na^+ yüzdesi 15'ten küçük ve genellikle pH 8,5'tan düşüktür.

Pasternak, De Malch ve Borovic (1986) Güney İran bölgesinde Marvdasht şehrinde yürüttükleri domates çalışmasında, farklı miktarda tuz içeren tuzlu suları ($1,2\text{ dS/m}$ olan kontrol su ve elektriksel iletkenliği $4,5\text{ dS/m}$ ve $7,5\text{ dS/m}$ olan sulama suları) 3 farklı sulama yönteminde (toprak altı damla sulama, damla sulama ve karık sulama) kullanmış ve etkilerini

araştırmışlardır. Çalışma sonucunda tuz değeri 1,2 dS/m'den 4,5 dS/m'ye çıkmasıyla birlikte verimde azalma olduğunu ve tuzluluk 7,5 dS/m olduğu durumlarda ise 1,2 dS/m olan kontrollü suya göre ürün veriminde %60 azalma olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar sulama suyunda artan tuzla birlikte özellikle toprak altı damla ve damla sulama yönteminde farklı dağılım üniformalitelerinin olduğunu ve damlaticıların zamanla tıkanıp tıkanmadığını belirtmişlerdir.

Devitt ve Miller (1988) Logandale-Nevada'daki Güney Nevada Saha Laboratuvarı'nda Bermuda çiminin tuzlu su ile toprak altı damla sulamanın fizibilitesini belirlemek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Farklı lateral aralıkları (15 cm derinliğinde) kumlu-tınlı ve killi toprak koşullarında test edilmiştir. Her iki toprak için de özellikle yüzeyde, lateraller arasındaki orta bölgede yüksek tuz konsantrasyonları gözlemlenmiştir. Tuzluluk seviyelerini gölgelik sıcaklıkları ile ilişkilendirmişler ve toprak altı damla yöntemi ile sulanan arazilerde yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan arazilerden daha yüksek sıcaklık değerleri saptamışlardır. Bu da toprak altı damla sulama yöntemi ile sulanan arazilerde daha yüksek strese işaret etmiştir. Araştırmacılar, toprak altı damla sulama yöntemlerinin tuzluluğa toleranslı çim türleri için uygun olduğu ve sulama ile birlikte uygun bir yıkama fraksiyonunun (drenaj/sulama) uygulanması gerektiği sonucuna varmışlardır. Bermuda çimi, %100 potansiyel verim için 6,9 dS/m'e kadar (doymuş toprak ekstraktında) tuzluluk seviyelerini tolere edebilir ve oldukça tuza ve kuraklığa dayanıklı bir tür olarak tanımlanmıştır (Ayers ve Westcot, 1989).

Sulama sularının kalitesi, bitkinin verim ile diğer parametrelerinde (boy, yaprak alan indeksi, meyve kalitesi vb.) ve toprağın özelliklerinde etkilidir. Bitkisel üretimi kısıtlandıran en önemli faktörlerden biri olan tuzluluk özellikleri olumsuz çevre yaratmada önemli faktörlerdendir (Gong, Zhu, Chen, Wang ve Chenglie, 2005; Martinez, Silva Ledent ve Pinto, 2007; Sankar, vd.,2008). Bu özelliğinden dolayı tarımsal amaçlı suların kimyasal özelliklerini bilmek gerekmektedir. Bu özellikler sırasıyla suda eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonları, sodyum iyonunun diğer katyonlara olan oranı ve etkileşimi, toksik özellikte olan özel iyonların konsantrasyonu, bikarbonat iyonlarının (HCO_3 , CO_3 vb.) konsantrasyonlarıdır (Ayyıldız, 1990).

Beltran (1999) çalışmasında, tuzlu suların tarımda kullanılması durumunda kullanım stratejilerinin ve etkilerinin iyi analiz edilmesini gerektiğini belirtmiştir. Özellikle tuzlu su, drenaj suyu ve atık sular gibi alternatif su kaynaklarının tarımsal sulamada tercih edilmesi

durumunda suyun uygulama yöntemlerine dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca, çalışmada özellikle tuzlu suların uzun dönem sulama amaçlı kullanılması durumunda sulama yöntemlerinde olumsuz etkilerinin olabileceğini belirtmiştir.

FAO verilerine göre, sulanan alanların yaklaşık yarısı “sessiz düşman” olan tuzluluk, alkalilik ve tabansuyu tehdidi altındadır. Tarım yapılan bu alanlarda tuzluluk üzerinde düşünülmesi gereken bir konudur. Rhoades (1987), Kayasseh ve Schenk (1989), El-Ashry (1991) yaptıkları değerlendirmede, Batı ABD’de sulanan 20-30 milyon hektar alanda tuzluluktan dolayı ürün veriminde önemli azalmalar olduğunu vurgulamışlardır.

Ayyıldız (1990) sulama sularının içerdiği tuzların cinsi ve miktarlarının gerek toprak özelliklerine gerekse bitkilerin gelişmelerine olumsuz etki ettiğini belirtmiştir. Ayrıca sulama suyundaki tuz konsantrasyonlarının su dağılım desenini ve bu etkiden dolayı da bitki gelişmesini olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Damla sulama yönteminde tıkanıklık, bitki için gerekli nem dağılımlarında değişkenliklere neden olmaktadır. Tuzlu sulama suyunun diğer olumsuz etkisi ise toprakta biriken tuz oranı ve miktarıdır. Bu olumsuzluğun toprağın ozmotik basıncını azaltarak toprak suyunun bitkilere elverişlilik düzeyini de azalttığı belirtilmiştir.

Yurtseven ve Sönmez (1992) yürüttükleri çalışmada kaliteli bir sulama suyunun belirlenmesinde sadece kimyasal analizlerini göz önünde bulundurmanın yeterli olmadığını, bunun yanında suyun kullanılacağı ortamın şartlarını da göz önünde bulundurmanın doğru olacağını bildirmişlerdir. Sulama suyu kalitesinin kullanım için uygunluğunu belirlerken sulanacak arazi toprağının fiziksel özellikleri, sulama yöntemi uygunluğu, bitkilerin tuza dayanıklılığı ve arazinin drenaj yeterliliği gibi faktörlerinde göz önünde tutulması gerektiğini belirtmişlerdir.

Yıldırım ve Orta (1994), 1992 ve 1993 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği’nde yürüttükleri araştırmada farklı sulama yöntemlerinin topraktaki tuz dağılımına etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada biber bitkisi karık (kapalı karıklarda göllendirme) yağmurlama ve damla sulama yöntemleri altında yetiştirilmiştir. Sulama sezonu başlangıcında ve sonunda, her deneme parselinin değişik noktalarından farklı derinliklerden toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerden tuzluluk ifadesinde kullanılan elektriksel iletkenlik değerleri ölçülmüştür. Araştırma sonucunda, karık sulama uygulanan deneme parsellerinde karık boyunca ıslak çevrede tuz yıkanması olduğu ve tuzun karık sırtlarında biriktiği gözlenmiştir. Yağmurlama sulama parsellerinde tuz birikiminin olmadığı

saptanmıştır. Damla sulama parsellerinde ise ilk 30 cm toprak katmanında tuz birikimi olduğu ve biriken tuz miktarı damlatıcıdan ıslak çepere doğru artış gösterdiği belirtilmiştir.

Yurtseven ve Öztürk (2001) sulama suyu tuzluluğu ve suyun Ca/Mg oranındaki değişmelerin tınlı toprakta profil tuzluluğunun değişimine olan etkilerinin ortaya konabilmesi amacıyla, Ankara koşullarında 2 yıl süreyle (1998ve 1999) tarla denemeleri gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada test bitkisi olarak Ankara koşullarında yetiştirilebilir bir çeşit olan Aydın Siyahı çeşidi patlıcan bitkisi (*Solanum melongena*, L.) kullanılmıştır. Deneme alanı toprakları tın ve killi-tın bünyeli olup, deneme öncesi toprak tuzluluk miktarları belirlenmiştir. Çalışmada 4 tuzluluk (kontrol; 1,3; 3,0; 4,5 ve 6,0 dS/m) ve 2 Ca/Mg oranı (O1=3:1 ve O2=1:3) konusu olmak üzere toplam 8 konu 3 tekrarlamalı olarak tesadüf bloklarında faktöriyel düzende incelenmiştir. Sulamalar 0-60 cm'deki kullanılabilir nemin %50'sinin tüketildikten sonra uygulanmıştır. Suların tuzluluk düzeylerinin oluşturulmasında NaCl, CaCl₂ ve MgSO₄ tuzları kullanılmıştır. Deneme sonucunda tüm konularda profil tuzluluklarında artış görülmüştür. Bu artışın düzeyi, sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak değişmiştir ve tuzluluğun fazla olduğu konularda artışlar daha yüksek olarak belirlenmiştir. Toprak tuzluluğundaki artışlar 0-40 cm profilde daha yüksek düzeylerde olmuştur.

Ertek ve Kanber (2002) pamuk sulamasında damla sulama sisteminin toprak profilinde tuz birikimine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda; pamuk bitkisinin damla sulama yöntemiyle sulanması durumunda, genellikle tuz birikiminin ıslak hacim sınırı dışında üst toprak katmanında yoğunlaştığı belirtilmiştir. Öte yandan, damlatıcıdan uzaklaştıkça ıslak hacim sınırına doğru bir tuz birikim cephesinin oluştuğu ve damlatıcıdan 30 cm uzaklıkta bu durumun daha belirginleştiği saptanmıştır. Damlatıcıdan 15 cm uzakta ise, genellikle tuz birikiminin üst katmanlardan aşağıya doğru azaldığı ve alt katmanlarda yoğunlaştığı belirlenmiştir. Ayrıca, kötü suların kullanılması durumunda, toprak profilinin en üst kısımlarında, damlatıcıların orta kısımlarına doğru ve ıslak cephe sınırında tuz birikiminin fazla olduğu dikkate alınmalı ve sistemin planlama ile işletilmesinde göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir.

Sulamanın olduğu her yerde toprağa tuz iletimi de söz konusudur (Kanber, Çullu, Kendirli, Antepli, Yılmaz, 2005). Sulama suları ile toprağa iletilen tuzlar, toprak çözeltisi içinde birikerek üzerinde yetişen bitkiyi farklı şekillerde etkilemektedir.

Tuz stresi, toprakta çözünebilir tuz miktarının artışına paralel olarak bitkinin büyüme ve gelişimi üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Toprak çözeltisinde tuz konsantrasyonunun artması ve su potansiyelinin azalması, bitki hücrelerinin ozmotik potansiyelini düşürmekte ve bitkilerde bir dizi tepkinin oluşmasına neden olmaktadır (Yılmaz, Tuna ve Bürün, 2011). Tuzlu su ile sulama yapılan alanlarda, özellikle buharlaşmanın yüksek olduğu dönemlerde hızlı bir tuz birikimi söz konusudur. Örneğin, elektriksel iletkenlik (EC) değeri 2 dS/m olan sulama suyu ile 93 m²'lik bir alanda 2,5 cm sulama yapıldığında buharlaşma sonrası yaklaşık 3 kg'lık tuz birikimi oluşmaktadır (Marcum, 2006).

Roberts, White, Warrick ve Thompson (2008) Amerika Birleşik Devletleri'nde yürüttükleri araştırmada toprakaltı damla sulama yönteminin uygulanması koşullarında topraktaki tuz ve brom birikiminin değişimini iki yıllık süreçte incelemişlerdir. Araştırmada, kavun bitkisine 0,18 ve 0,25 m olmak üzere iki farklı lateral derinliği ile 1,5 ve 2,6 dS/m olmak üzere iki farklı sulama suyu kalitesi uygulanmıştır. Araştırmanın ilk yılı sonucunda, en yüksek tuz birikiminin (11 dS/m) toprak yüzeyinden 3 cm derinlikte yoğunlaştığı açıklanmıştır. Toprak yüzeyinden 3 cm altında tuz birikiminin önemli şekilde azaldığı ve 1,05 m'ye kadar sabit seviyede kaldığı belirtilmiştir. Ayrıca, benzer şekilde brom konsantrasyonunda toprağın 3 cm üst düzeyinde en fazla olduğu görülmüştür. Araştırmanın ikinci yılında yetiştirme sezonunun son zamanlarında gerçekleşen 210 mm'lik yağış nedeniyle hem tuz birikiminin hem de brom konsantrasyonunun 25 cm derinlikte yoğunlaştığı açıklanmıştır.

Kesmez (2009) Ankara Üniversitesi Ayaş Bahçe Bitkileri Araştırma İstasyonu'nda, 2005 ve 2006 yıllarında yürüttüğü araştırmada, aşılı ve aşısız fide kullanılan domates bitkisini damla ve karık sulama yöntemleri ile sulamıştır. Çalışmada elektriksel iletkenliği 1,9 dS/m ve Sodyum Adsorpsiyon Oranı (SAR) 1,0'dan küçük olan sulama suyu kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, toplam mevsimlik bitki su tüketimi, damla yönteminde 810,0 ve 771,5 mm, karık yönteminde ise 957,0 ve 928,2 mm olarak bulunmuştur. Toplam sulama suyu ihtiyacı 2005 ve 2006 yılları için sırasıyla, damla yönteminde, 731 ve 714 mm, karık yönteminde, 881 ve 871 mm olarak hesaplanmıştır. Araştırmada, her ay alınan toprak örnekleri sonucunda elde edilen profil tuzluluk dağılımlarının, damla sulama yönteminde damlatıcılardan ıslak çepere doğru, karık sulama yönteminde ise karıklardan bitki köklerine doğru artış gösterdiği belirlenmiştir.

Çivicioğlu (2010) Konya koşullarında yürüttüğü tez çalışmasında patates bitkisini karık, yağmurlama ve damla sulama yöntemi altında yetiştirmiştir. Çalışmada deneme

konularına 7 gün sulama aralığında mevcut nemi tarla kapasitesine tamamlayacak miktarda sulama suyu uygulamıştır. Sonuçta, deneme başlangıcı ve sonrasındaki tuz değişimlerinin 0-30 cm ve 30-60 cm toprak katmanları için en fazla azalmanın %52,9 ve %54,6 ile karık sulama yönteminde, 60-90 cm ve 90-120 cm toprak katmanları için en fazla artışın %58,8 ve %54,6 ile yağmurlama sulama yönteminde meydana geldiği belirtilmiştir. Ayrıca, topraktaki en fazla tuz birikimi 0-60 cm derinliğindeki toprak katmanları için damla sulama yönteminde, 60-120 cm toprak katmanı için ise yağmurlama sulama yönteminde gözlenmiştir.

Yurtseven, Öztürk, Avcı, Altınok ve Selenay (2012) yürüttükleri araştırmada lizimetre koşullarında farklı sulama suyu tuzluluğu ve yıkama oranı uygulamaları altında toprak profilindeki tuzluluğun değişimini incelemişlerdir. Araştırma; 3 sulama suyu tuzluluğu (2.5, 1.5 ve 3.0 dS/m) ve 4 yıkama oranı (%10, 20, 35 ve 50) uygulaması ile 3 tekrarlamalı olmak üzere toplam 36 lizimetrede, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme biçiminde yürütülmüştür. Toprak örnekleri 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 ve 80-100 cm derinliklerden aylık periyot ile alınmış, toprak tuzlukları 1:2,5 toprak-su ekstraktında incelenmiştir. Toprak profil tuzlulukları incelendiğinde ise ortalama profil tuzluluklarının sulama suyu tuzluluklarına bağlı olarak daha az değişim gösterdiği, buna karşın yıkama hacmindeki artışlara bağlı olarak belirgin seviyede etkilendiği görülmüştür. Diğer yandan, ortalama toprak profil tuzlulukları yıkama hacmindeki artışlara bağlı olarak azalmıştır. Aynı zamanda bütün lizimetrelerde, derinlik artışı ile tuzluluk değerlerinin de arttığı görülmektedir. Tuzluluk bileşenlerinden Cl^- , Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} içerikleri analiz edilmiş ve klor iyonunun diğer iyonlara oranla profilden daha kolay yıkanabildiği, özellikle Na^+ iyonunun ise profilde değişiminin daha sınırlı düzeyde kaldığı gözlenmiştir.

Aragues, Medina, Martinez-Cob ve Faci (2014) İspanya'da şeftali ağaçları üzerinde 5 yıl süreyle yürüttükleri araştırmada kısıtlı sulama suyu uygulamalarının toprak tuzluluğuna olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, tam sulama konusunun yanı sıra farklı sulama suyu kısıtlarını içeren toplam 3 farklı deneme konusu dikkate alınmıştır. Araştırma sonucunda kök bölgesinde biriken tuz miktarının sulama uygulamaları ile birlikte arttığı, kısıtlı sulama uygulaması koşullarında tam sulamaya nazaran daha az olduğu tespit edilmiştir.

Orhangazi (2017) Harran Ovası'nda biber bitkisiyle ilgili yaptığı çalışmada damla sulama sistemleri (TÜDSS) ve 15 cm (D15) toprak altı damla sulama sistemleri (TADSS) karşılaştırmasını yapmıştır. Çalışmada, en uygun lateral derinliği ile bu uygulamaların bitkinin morfolojik ve fizyolojik özellikleri üstünde olan etkilerinin yanı sıra TADSS'de

toprak derinliğine bağı olarak tuz değişimi de incelenmiştir. 15 cm derinlik açısından bakılan toprak tuzluluğu 1,13 ile 2,29 dS/m arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Toprak pH ise 7,53 ile 7,69 arasında saptanmıştır. Toprak tuzluluğu sulama suyu miktarlarına göre doğrusal yükseliş göstermiştir.

Yenigün (2019) Tekirdağ koşullarında damla sulama altında patlıcan bitkisinin su kullanımı, verim ve gelişme parametreleri ile özellikle topraktaki tuz dağılımına etkilerinin incelendiği çalışmayı 2015 ve 2016 yıllarında yürütmüştür. Araştırmada, 5 gün sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından llen buharlaşma değerlerinin %50, 75, 100 ve 125'inin uygulandığı dört farklı sulama suyu uygulaması gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın ilk yılında tüm deneme konularına 20 kez sulama uygulaması ile birlikte 283,0 ile 693,0 mm arasında, denemenin ikinci yılında ise 19 kez sulama uygulaması ile birlikte 293,0 ile 693,0 mm sulama suyu uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, deneme konularında bitki büyüme mevsimi boyunca llen bitki su tüketimi değerleri 2015 yılında 466,2 ile 837,0 mm, 2016 yılında ise 411,7 ile 797,1 mm arasında uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak değişmiştir. Günlük bitki su tüketimi değerleri ise 2015 yılında 1,6 ile 9,5 mm/gün ve 2016 yılında 3,0 ile 9,7 mm/gün arasında değişmiştir. Ayrıca, sulama sezonu sonunda toprak tuzluluğundaki artış miktarlarının damlatıcıdan uzaklařtıķa; iki lateral arasında ve iki damlatıcı arasında arttığı görülmüştür.

Ötken (2022) Tekirdağ koşullarında damla sulama uygulamaları altında ceviz bahçelerinde toprak tuz dağılımını incelemiş ve deneme konularında bitki büyüme mevsimi boyunca llen bitki su tüketimi değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak 575,98 ile 809,94 mm arasında değişmiştir. Günlük bitki su tüketimi değerleri ise 1,44 ile 8,67 mm/gün arasında değişmiştir. Çalışmada sulama uygulamaları ile birlikte toprak tuzluluğunun değişimine yönelik ölümler sulama sezonu öncesinde, sulama sezonu ortasında ve sulama sezonu sonunda olmak üzere toplam 3 farklı zamanda ve 7 farklı örnekleme noktasından gerçekleştirilmiştir. A sınıfı buharlaşma kabından llen açık su yüzeyi buharlaşma değerlerinin %75'inin uygulandığı deneme konusunda sulama sezonu sonunda tüm profillerde toprak tuzluluğunun arttığı saptanmıştır. Trakya Bölgesinde toprak ve su kaynaklarının korunumu açısından özellikle sulama uygulamaları ile birlikte tuzluluk kontrolü için izleme ve kontrol aşamalarının önemli olduğu ortaya konulmuştur.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Son yıllarda nüfus yoğun Marmara Bölgesi'nde, başta İstanbul olmak üzere insan eliyle oluşturulan yeşil alanlar günden güne artmaktadır. Bu artış beraberinde tatlı su kaynaklarına olan talebi de arttırmakta bu da temel görevlerinden biri, insanlara içme ve kullanma suyu sağlamak olan yerel yönetimleri ve ilgili bakanlıkları sıkıntıya sokmaktadır. Yeşil alan sulamasında bir yandan su kaynaklarını korurken diğer yandan da metrekaresine binlerce lira harcanarak tesis edilen alanların korunması ve sürdürülebilirliği önemlidir (Orta, 2017). Bu nedenle, söz konusu alanlarda kullanılacak çim çeşidi, uygulanacak sulama yöntemi ve sulama programının etkisi iyi belirlenmelidir. Bu çalışma ile yeşil alanların hemen tamamına yakın kısmını oluşturan çim bitkisinin yağmurlama ve toprak altı damla sulama yöntemleri ile sulanması durumunda topraktaki tuz dağılımını belirlemek için TÜBİTAK tarafından desteklenen ve dört yıldır sulanan parsellerden, şahit olarak hiç sulanmayan alanlardan toprak örnekleri alınmıştır. Sonuçta, farklı çim çeşitlerinde farklı sulama yöntemi altında oluşan tuz dağılımları belirlenmiştir. Bu amaçla sadece su kısıtı uygulanmayan S₁ konularından bozulmuş toprak örnekleri alınmış, tuzluluk analizleri yapılmış ve profildeki tuz dağılımları şekilsel olarak ifade edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında 4 yıl gibi uzun bir süreyle farklı yöntemlerle sulanan çim parsellerinde tuz dağılımının oluştuğu alanlar ortaya konulmuştur.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

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

2.1. Materyal

Bu bölümde deneme alanına ilişkin toprak, iklim ve su kaynağı özellikleri, kullanılan çim çeşitleri ve sonuçların değerlendirmesinde faydalanan bilgisayar paket programları hakkında bilgi verilmiştir.

2.1.1. Deneme 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. Deneme alanı, 41°05' Kuzey enlemi ile 28°00' Doğu boylamı üzerinde yer almaktadır. Alanın denizden olan ortalama yüksekliği 46 m, eğimi %2 ile %7 arasında, doğudan batıya doğrudur (Şekil 2.1). Araştırma merkezi sınırları içerisinde bulunan topraklar genellikle killi tınlı bünyeye sahiptir. Ayrıca, araştırmanın yürütüldüğü alanda taban suyu, tuzluluk ve sodyumluk gibi sorunlar bulunmamaktadır. Çalışma toplam 507,5 m²'lik bir alanda yürütülmüş, parseller 184,50 m²'lik alanı oluşturmuştur (Şekil 2.2).



Şekil 2.1. Deneme alanının coğrafik konumu



Şekil 2.2. Deneme parselleri

2.1.2. Araştırma Alanı İklim Özellikleri

Araştırma alanı yarı kurak iklim özelliklerine sahiptir. Alana en yakın olan Florya Meteoroloji İstasyonu'ndan sağlanan 1989-2019 yılları arasındaki uzun yıllar ortalamalarına göre, yıllık ortalama sıcaklık değeri $14,9^{\circ}\text{C}$ 'dir. En soğuk ay $6,1^{\circ}\text{C}$ ile Ocak, en sıcak ay ise $24,9^{\circ}\text{C}$ ile Ağustos ayıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı $644,6$ mm, yıllık ortalama bağıl nem $\%74,5$ 'dir (Çizelge 2.1). Araştırmada ihtiyaç duyulan iklim verileri alanda bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir (Şekil 2.3). Ayrıca, günlük buharlaşma değerleri deneme alanına yerleştirilen A sınıfı buharlaşma kabından ölçülmüş ve bazı iklim elemanlarının 10'ar günlük değerleri ile birlikte Çizelge 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Otomatik Meteoroloji istasyonu

Çizelge 2.1. Araştırma alanına ilişkin bazı iklim verilerinin uzun yıllık (1989-2019) ortalamaları ve yıllık değerleri (2020) (Anonim, 2021)

İklim Verileri	Aylar												Yıllık Ort.	
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık		
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 (h/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	6,49
	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 ortalaması (mm)	70,40	76,34	59,99	47,01	33,13	33,08	21,07	23,64	42,27	72,61	73,37	91,66	644,58
	Ortalama bağıl nem (%)	79,03	78,33	75,57	73,06	73,11	70,28	68,27	69,92	71,83	77,29	78,35	78,89	74,49
	Buharlaşma (mm)	28,78	27,23	35,41	70,13	87,96	125,08	165,69	167,87	115,08	80,09	55,15	42,11	1000,58
	Ortalama rüzgar hızı (m/s)	2,51	2,55	2,36	2,15	2,08	2,17	2,52	2,59	2,26	2,25	2,29	2,65	2,36
2020 yılı (Deneme Alanı)	Ortalama sıcaklık (°C)	6,60	7,85	10,11	11,53	16,05	20,75	24,04	24,66	20,57	19,21	12,50	11,16	15,42
	Aylık toplam yağış ortalaması (mm)	104,80	61,81	40,20	27,20	93,20	110,00	2,20	6,80	17,40	82,6	35,8	22,6	604,61
	Ortalama bağıl nem (%)	77,65	74,80	74,88	69,94	78,93	78,89	69,09	67,90	70,73	77,09	79,10	81,80	75,07
	Ortalama rüzgar hızı (m/s)	1,75	1,73	1,73	2,27	1,33	1,32	1,92	1,89	1,86	2,26	2,50	2,64	1,93

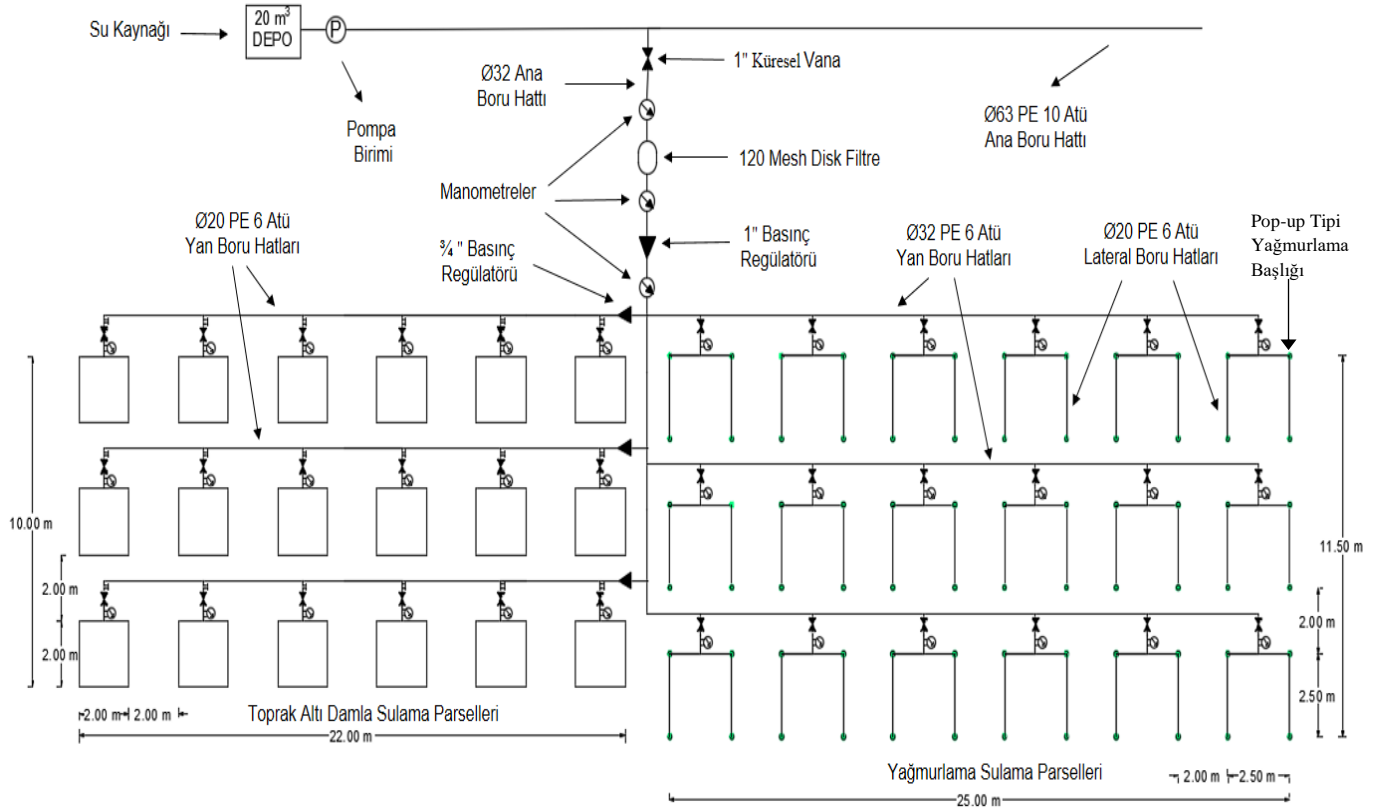
Çizelge 2.2. Araştırma alanında 2020 yılında ölçülen bazı iklim verilerinin onar günlük ve aylık ortalamaları

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

* A sınıfı buharlaşma kabından elde edilmiştir.

2.1.3. Su Kaynağını ve Sulama Suyunun Sağlanması

TÜRAM arazisinde kullanılan sulama suyu, işletmenin batı sınırında yer alan göletten alınarak, 186 m uzaklıktaki 10'ar m³'lük 2 adet depoya iletilmektedir. Buradan 7,5 HP'lik elektropomp yardımıyla, 63 mm dış çaplı 10 atm işletme basınçlı PE borular ile 350 da'lık alana dağıtılmaktadır (Şekil 2.4). Denemede kullanılacak sulama suyu bu sistemden alınarak, basıncı ve debisi düzenlendikten sonra parsellere verilmiştir.



Şekil 2.4. Deneme alanı sulama sistemi

2.1.4. A Sınıfı Kap Buharlaşma Kabı

Günlük buharlaşma miktarının ölçülmesinde, A sınıfı buharlaşma kabından yararlanılmıştır. Her gün saat 09:00'da buharlaşma kabındaki su düzeyi 127,5 mm çapındaki ölçekli kap aracılığıyla ölçülmüştür. A sınıfı buharlaşma kabı, 121 cm çapında, 25,5 cm yüksekliğinde, 2 mm galvanizli saçtan yapılmış üstü açık bir silindirden ibarettir (Şekil 2.5). Kabın yerleştirileceği yere 5 cm dolgu yapılarak sıkıştırılmış, üzerine 10 cm yüksekliğinde ahşap platform konulmuş, daha sonra kap yerleştirilmiş ve tesviyesi sağlanmıştır. Kap içerisindeki suyun hayvanlar tarafından içilmesini önlemek amacıyla kabın üzeri kafes tel bir örtü ile kapatılmıştır (Yıldırım ve Madanoğlu, 1985).



Şekil 2.5. A sınıfı buharlaşma kabı ve pülvimetre

2.1.5. Denemede Kullanılan Çim Türleri

Araştırmada sıcak iklim çim türü olarak *Bermudagrass* (*Cynodon spp.*), serin iklim çim türleri olarak ise yörede yaygın olarak kullanılan 4'lü karışım dikkate alınmıştır. Dikkate alınan serin iklim çim karışımı, %30 *Lolium perenne*, %25 *Festuca rubra rubra*, %35 *Festuca arundinacea*, %10 *Poa pratensis* çeşitlerinden oluşmaktadır (Şekil 2.6).Kullanılan türlerin özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

Bermudagrass (C. Dactylon)

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; 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 (Emmons, 2000; Christians, 2004). 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 akşamları 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, Soya, 2009). Tüm Bermudagrass türleri çelikler ile vejetatif olarak çoğaltılırken, sadece *Cynodon dactylon* tohumlarıyla da üretilmektedir (Açıkgöz, 1993; Avcıoğlu, 1997).Bu özellikleri bakımından Bermuda çimi, ülkemizde sadece Akdeniz ve Ege bölgelerinde değil, farklı iklim bölgelerinde yapılacak yeşil alanlarda da kullanım açısından önemli bir potansiyele sahiptir.

***Lolium perenne* (İngiliz çimi)**

Çok yıllık çim olarak da bilinen İngiliz çimi, en çok ve yaygın olarak kullanılan, bir buğdaygildir (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 (Açıkgöz, 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).

İngiliz çimi 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 (Açıkgöz, 1993).

***Festuca rubra rubra* (Kırmızı yumak)**

Festuca rubra rubra, yeşil alanlarda en çok kullanılan çim türüdür. 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 alınamamaktadır. 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).

***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 sığa 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, suyolları 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, Baytekin, 1998).

***Poa pratensis* (Çayır salkım otu)**

Avrupa ve Asya'nın doğal bir bitkisi olan ve dünyanın serin yağışlı yerlerine uyum sağlayan çayır salkım otu, 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 genişliktedir (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).



a) Sıcak iklim çimi

b) Serin iklim çim karışımı

Şekil 2.6. Denemede kullanılan çim türleri

2.1.6. Kullanılan Bilgisayar Paket Programları

Araştırmada, verilerin derlenmesinde Excel, uydu görüntülerinin alınmasında Google Earth Pro paket programları kullanılmıştır. Ayrıca, toprak profilindeki tuzluluk dağılımlarının grafiklemesi için Scipy v1.6.0 bilimsel hesaplama kütüphanesi, enterpolasyon yapılan verilerden grafik elde etmek için Matplotlib v3.3.4 grafik kütüphanesi kullanılmıştır. Bu işlemler de Python3.8 programlama dilinden yararlanılmıştır.

2.2. Yöntem

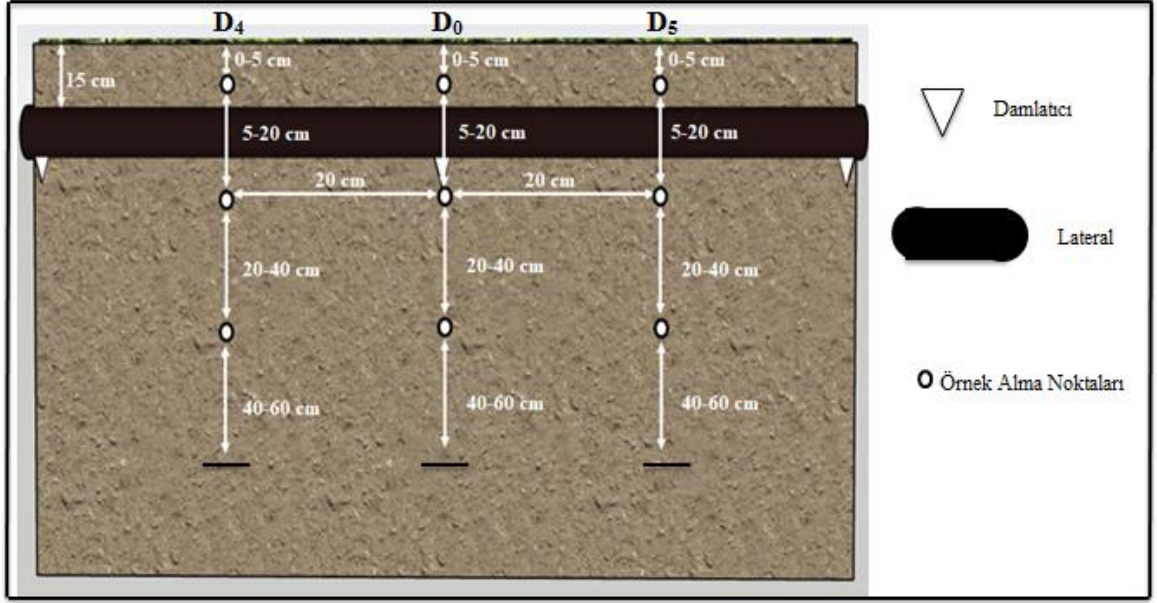
Bu bölümde, toprak ve sulama suyu analizleri ile kullanılacak sulama yönteminin gerektirdiği sistem unsurlarının projelendirilmesi, deneme düzeni ve konuları açıklanmıştır.

2.2.1. Arazi Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

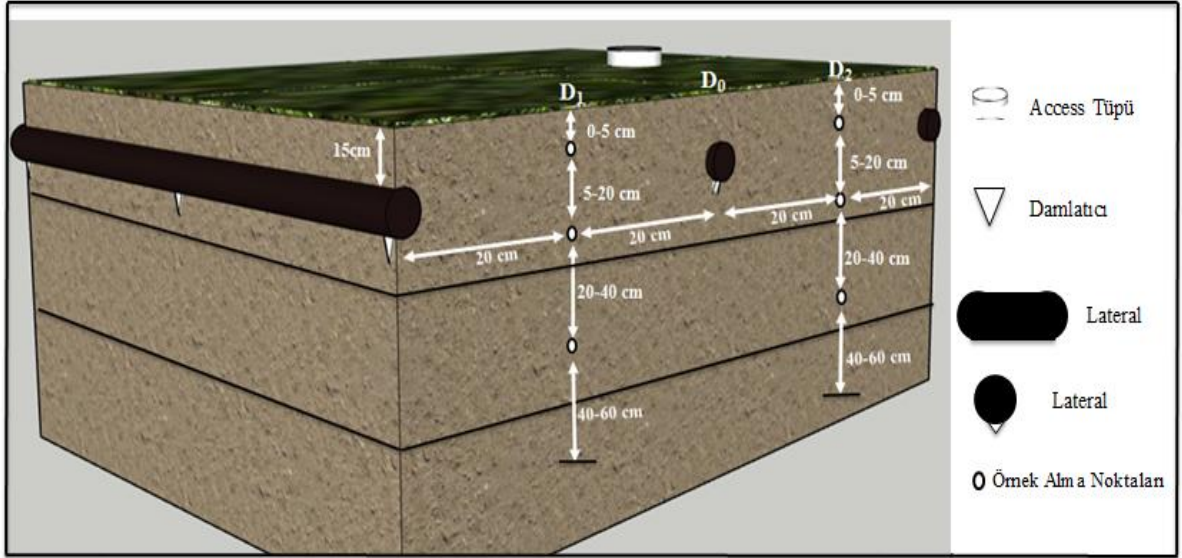
2.2.1.1. Toprak su örneklerinin alınması ve analizleri

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 ile 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 kullanılacak sulama suyunun kalite sınıfını belirlemek amacıyla, Ayyıldız (1990)'da belirtilen ilkelere göre örnekler alınmış ve sulama suyu kalitesi saptanmıştır (Ayanoglu ve Orta, 2019; Bezirgan, 2018).

Bunun yanında farklı sulama yöntemlerinin topraktaki tuz dağılımına etkisini belirlemek amacıyla, denemenin sonunda sonbahar yağışları başlamadan önce, hiç sulama yapılmayan iki noktadan, toprak altı damla sulama yöntemiyle sulanan parsellerden 5 noktadan (damlatıcının tam altından, 20 cm doğusundan ve batısından, 20 cm kuzeyinden ve güneyinden) 4 farklı derinlikte (0-5 cm, 5-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm) (Şekil 2.7), yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan parsellerden ise 2 noktada 4 farklı derinlikten (0-5 cm, 5-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm) bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Şekil 2.8).

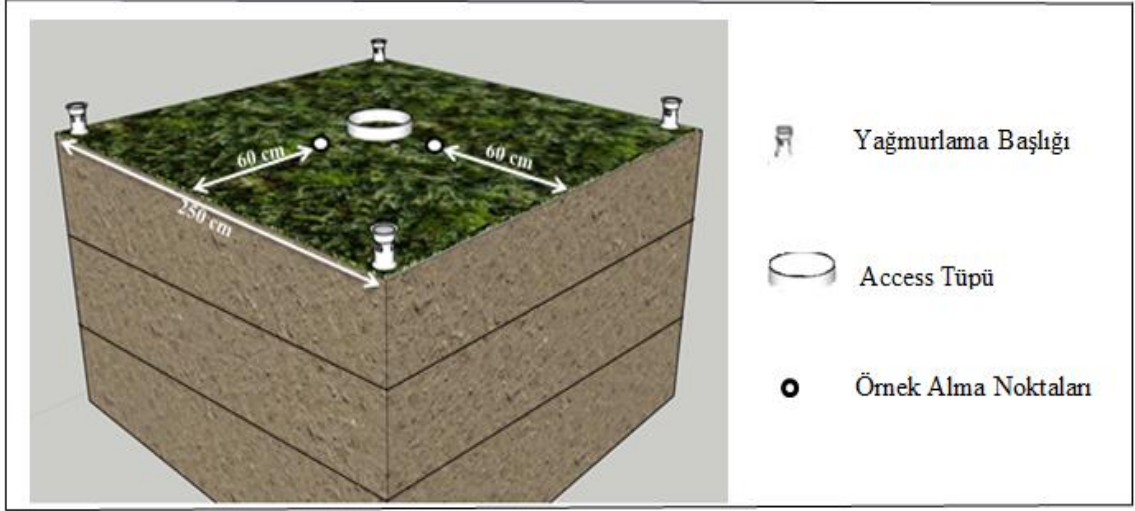


a) Lateral üstü

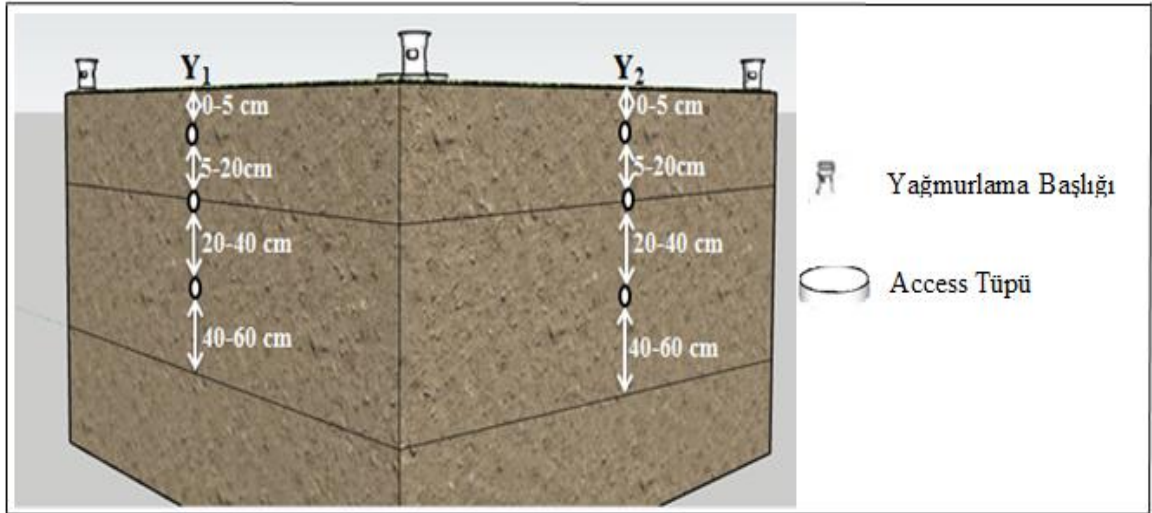


b) Lateraller arası

Şekil 2.7. Toprak altı damla sulama parsellerinde örnekleme noktaları



a) Üst görünüm



b) Yan görünüm

Şekil 2.8. Yağmurlama sulama parsellerinde örnekleme noktaları

2.2.1.2. Toprağın su alma hızının belirlenmesi

Araştırmada basınçlı sulama yöntemi kullanıldığından, infiltrasyon testleri çift silindir infiltrometre yöntemiyle yapılmıştır (Yıldırım, 1993). Testler, toprak örneği alınan 2 adet profilin yakınında 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve sonuçta gerçek su alma hızı değeri ortalama 9,4 mm/h olarak belirlenmiştir (Ayanoğlu ve Orta, 2019; Bezirgan, 2018).

2.2.1.3. Günlük buharlaşma miktarının ölçülmesi

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

2.2.1.4. Deneme düzeni ve araştırma konuları

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

Sulama yöntemleri (Ana konular);

- Y: Yağmurlama sulama yöntemi (Pop-up yağmurlama başlıkları ile),
- TD: Toprak altı damla sulama yöntemidir.

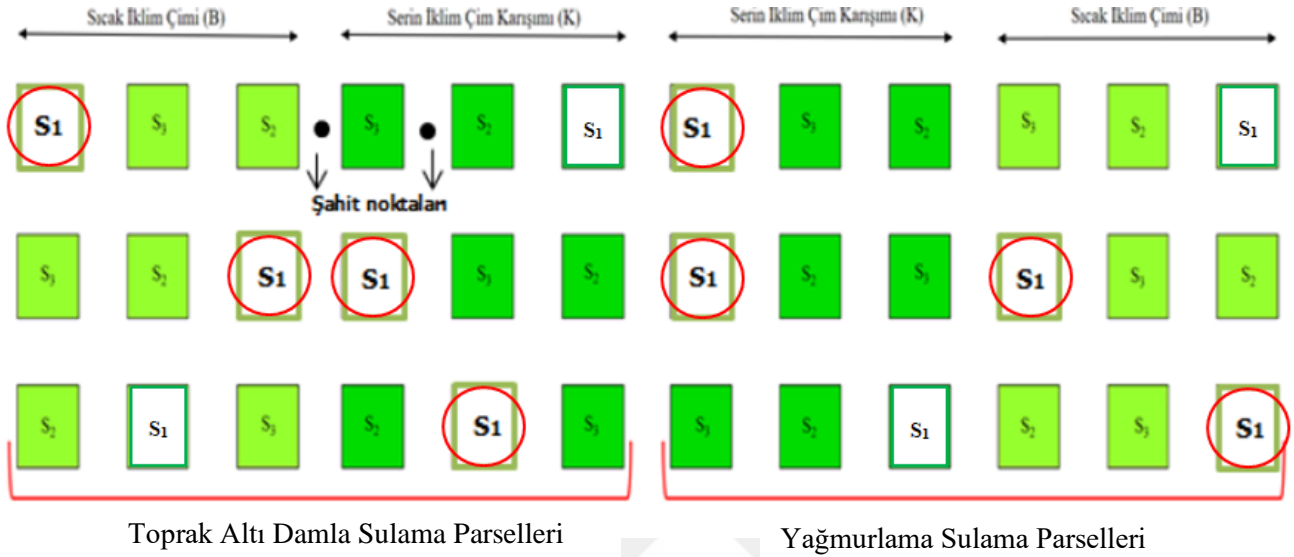
Çim çeşitleri (Alt konular);

- K: Serin iklim çim çeşitleri karışımı (%30 *Lolium perenne*, %25 *Festuca rubra rubra*, %35 *Festuca arundinacea*, %10 *Poa pratensis*),
- B: Sıcak iklim çim çeşidi (*Bermudagrass (Cynodon sp)*).

Kısıt düzeyleri (Alt-alt konular); Yeterli ve kısıtlı sulama uygulamalarını kapsayan 3 konu (S₁, S₂, S₃)

Araştırma, tesadüf bloklarında bölünen bölünmüş parseller deneme deseninde 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Toplam 507,5 m² olan alanda, deneme konuları parsellere rastgele dağıtılmıştır (Düzgüneş, 1963; Yurtseven, 1984). Deneme alanı 184,50 m² olup 36 parselden oluşmaktadır. Bunun 112,50 m²'sinde 2,50 x 2,50 m boyutlarından 6,25 m² alana sahip 18 parselde yağmurlama sulama yöntemi uygulanmıştır. Kalan 72,00 m²'lik alanda da 2,0 x 2,0 m boyutlarında 4,00 m² alana sahip 18 adet parselde toprak altı damla sulama yöntemi uygulanmıştır.

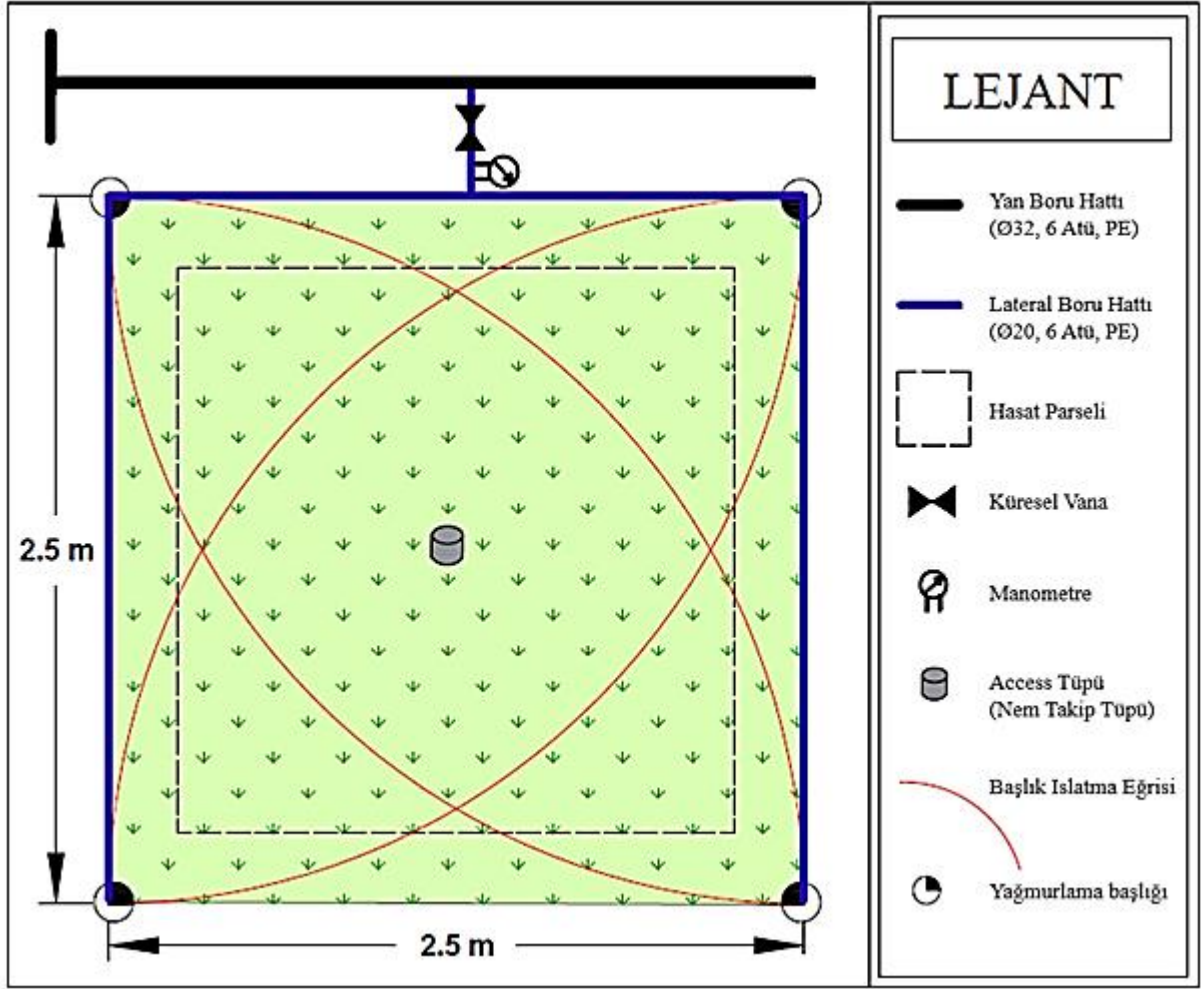
Aşağıda Şekil 2.9’da gösterilen deneme düzeninde 4 yıl yürütülen çalışma sonunda topraktaki tuz birikimini belirlemek amacıyla S_1 konularından 2 tekerrürlü olarak farklı lokasyon ve derinliklerden ayrıca, hiç sulanmayan alanda iki noktadan farklı derinliklerden örnekler alınmıştır. Alandan toplanan 120 adet bozulmuş toprak örneği, tuz içeriklerini belirlemek amacıyla Kırklareli Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü’ne götürülmüştür.



Şekil 2.9. Yağmurlama ve toprak altı damla parsellerinden örnek alınan S_1 konuları

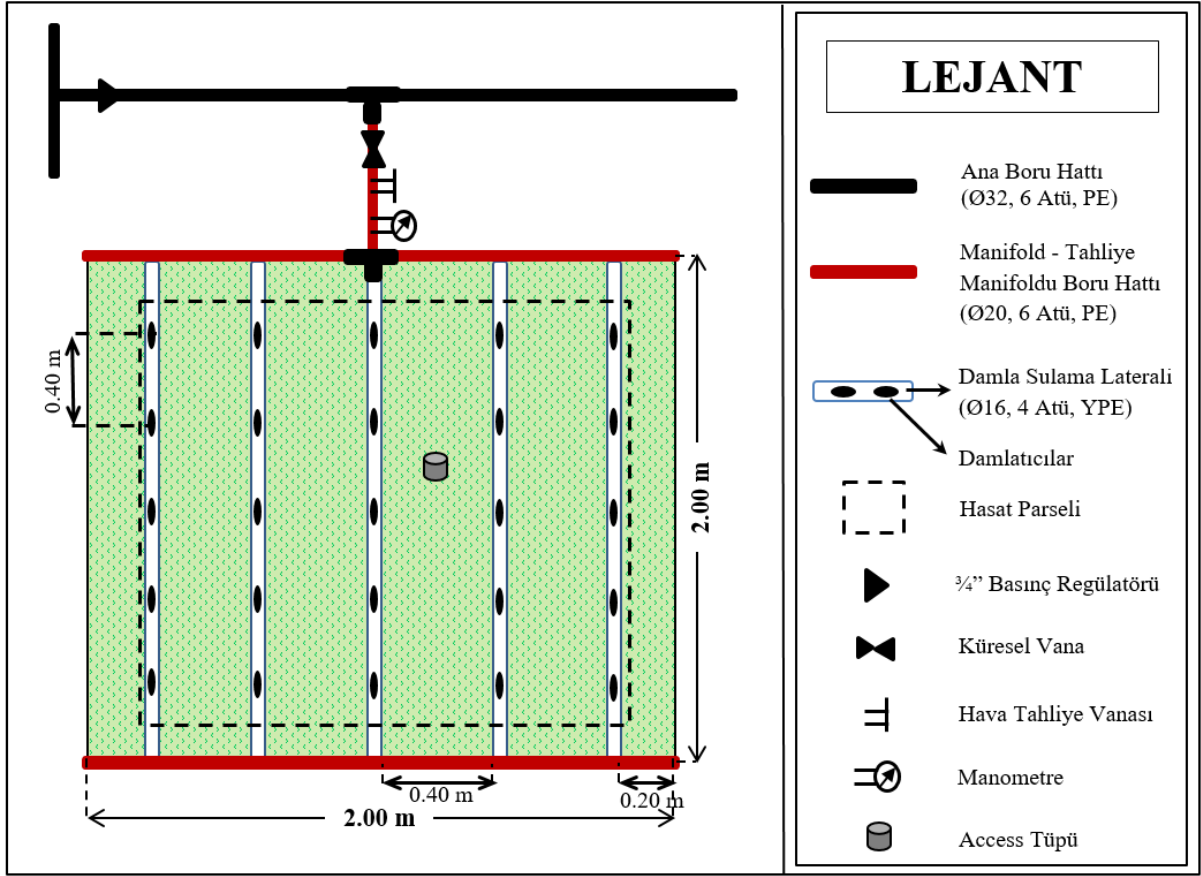
2.2.1.5. Sulama sistemi unsurları

Tüm parsellerde kullanılacak sulama suyu, alana 86 m uzaklıktaki 63 mm dış çaplı 10 atm işletme basınçlı PE boru hattından alınarak, filtre, manometre, vanalar ve basınç regülatöründen oluşan kontrol biriminden geçtikten sonra parsellere iletilmiştir. Kontrol birimi girişinde 5-6 atm olan ve çıkıştaki basınç regülatörü aracılığıyla 3,2 atm’e düşürülen basınç, yük kayıpları nedeniyle yağmurlama sulama parsel girişinde 2,1 atm’e (Şekil 2.10), toprak altı damla sulama sisteminde ise manifold girişlerine ayrıca yerleştirilen 3 adet regülatör ile 1,4 atm’e (Şekil 2.11) düşürülmüştür.



Şekil 2.10. Yağmurlama sulama sistemi parcel detayı

Boyutları 2,5 m x 2,5 m olan parsellerin her bir köşesine birer tane olmak üzere toplam 4 adet pop-up sprej tipi yağmurlama başlığı yerleştirilmiştir. Bu başlıkların ıslatma açıları 90°, 2,1 bar işletme basıncındaki ıslatma mesafeleri 2,5 m, debileri ise 87,5 L/h' tır. Düzenlenen parcel boyutlarında daha düşük yağmurlama hızı veren pop-up tipi yağmurlama başlığı bulunamadığından, sulamalar kesikli biçimde uygulanarak yüzeyde göllenme ve yüzey akışı önlenmiştir. Sulama suyu miktarının sağlıklı olarak belirlenebilmesi amacıyla her parcel girişine bir adet vana ve manometre yerleştirilmiştir.



Şekil 2.11. Toprak altı damla sulama sistemi parsel detayı

Boyutları 2,00 m x 2,00 m olan toprak altı damla sulama parsellerinde kullanılan damlatıcılar, 1 atm işletme basıncı üzerinde 2,30 L/h debi veren, kendinden basınç regülatörlü, in-line damlatıcılardır. Bu nedenle, gerek Yıldırım (2005)'da verilen damlatıcı aralığı eşitliği yardımıyla, gerekse alanda yapılan ıslatma çapı ölçümleri ile damlatıcı aralığı 45 cm civarında belirlenmiştir. Piyasada bu değere en yakın damlatıcı aralığına sahip (S_d : 40 cm) toprak altı damla sulama lateralleri, 16 mm dış çaplı, 4 atm işletme basınçlı, yumuşak PE borulardır. Islatma oranının %100 olmasını sağlamak amacıyla lateral aralığı da 40 cm alınmış ve 10-15 cm derinliğe gömülmüştür. Her bir parsel girişine yerleştirilen vana, vantuz ve manometreler ile sulama uygulamalarının sağlıklı bir biçimde yapılması sağlanmıştır. Ayrıca, lateral sonlarına yerleştirilen tahliye manifoldları ile sistem basıncı dengelenmiş ve damlatıcıların tıkanmaksızın çalışması sağlanmıştır.

2.2.1.6. Tarım tekniği

Deneme 2017 yılında kurulmuş, sıcak iklim çim türü olan Bermudagrass araziye, 30 x 30 cm aralıklarla fide olarak 05 Mayıs 2017 tarihinde dikilmiştir. Serin iklim çim türlerinin

karışımı ise her bir parsel için 50 g/m² tohum gelecek şekilde serpmeye yöntemi ile 07 Mayıs 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. Haziran başı ve Temmuz sonu olmak üzere, her bir seferde 20 kg/da olacak biçimde üre gübresi uygulanmıştır.

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

2.2.2. Laboratuvar Çalışmalarında Uygulanan Yöntemler

2.2.2.1. 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 (Delta-T Devices, 130 Low Road, Burwell, Cambridge, CB25 0EJ, UK) cihazı ile her gün aynı saatte (09:00) nem okumaları yapılmıştır. Elde edilen değerler ile daha önce hazırlanan kalibrasyon eğrisinden yararlanarak anlık toprak nem değerleri m³/m³ olarak belirlenmiştir. Bu değerler sulama zamanı planlamasında kullanılmıştır. Ayrıca, bitki su tüketimi ölçümlerinde kullanılmak üzere her 10 günde bir, her parselden 0-30 ve 30-60 cm toprak derinliklerinden burgu ile alınan bozulmuş örneklerden gravimetrik yöntem ile nem değerleri ölçülmüştür (Şekil 2.12). 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.



a) TDR ile

b) Gravimetrik yöntem ile

Şekil 2.12. Toprak nem ölçümü

2.2.2.2. Damla sulama sisteminde damlatıcı ve lateral aralığının saptanması

Lateral boru hattı boyunca damlatıcı aralığı;

$$S_d = 0,9 \sqrt{\frac{q}{I}} \quad (2.1)$$

eşitliği ile belirlenmiştir (Papazafiriou, 1980). Bu eşitlikte;

- S_d : Damlatıcı aralığı, m,
 q : Damlatıcı debisi (L/h),
 I : Toprağın su alma hızı, mm/h'tir.

Damlatıcı aralığı, $q=2,3$ L/h ve $I=9,4$ mm/h değerleri (2.1) nolu eşitlikte yerine konarak $S_d=0,44$ m hesaplanmış, piyasadan bu değere en yakın olan 0,40 m damlatıcı aralıklı toprak altı damla sulama lateralleri alınmış ve kullanılmıştır. Alanın her yerini ıslatabilmek için lateral aralığı da 0,40 m olarak uygulanmıştır. Lateraller toprak yüzeyinin 10-15 cm altına gömülmüştür.

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

Sulama zamanının belirlenmesinde, topraktaki nem miktarı değişimleri esas alınmıştır. Sulamada ıslatılacak toprak derinliği olarak, çim bitkisinin etkili kök derinliği olan 30 cm,

dikkate alınmıştır (Orta, 1994). Denemede sulama zamanını belirlemek amacıyla nem takibi TDR ile her bir sulama yöntemi ve her bir çim çeşidi için S₁ konusunda yapılarak, 30 cm'lik etkili kök derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık %40'ı tüketildiğinde tarla kapasitesine çıkaracak miktarda sulama suyu uygulanmıştır. Yağmurlama sulama parsellerinde S₁ konusuna uygulanacak sulama suyu miktarı;

$$dn = \frac{(TK-MN)}{100} \cdot \gamma \cdot D \quad (2.2)$$

eşitliği ile belirlenmiştir (Güngör ve Yıldırım 1989).

Derinlik cinsinden mm olarak belirlenen sulama suyu parsel alanı (6,25 m²) ile çarpılarak, hacim cinsine (L) çevrilmiş ve bulunan değer toplam parsel debisine (350 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 (2.2) ile belirlenen değer 2/3 ve 1/3'ü alınarak belirlenmiştir. Sulamalarda su uygulama randımanı 0,85 olarak alınmıştır. Toprak altı damla sulama parsellerinde her bir çim çeşidi için S₁ konularına uygulanacak sulama suyu miktarı;

$$dn = \frac{(TK-MN)}{100} \cdot \gamma \cdot D \cdot P \quad (2.3)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır (Güngör ve Yıldırım, 1989).

Derinlik cinsinden mm olarak belirlenen sulama suyu miktarı, parsel alanı olan 4 m² ile çarpılarak hacim cinsinden (L) belirlenmiş, parselin toplam debisine (25 adet damlatıcı x 2,3 L/h = 57,5L/h) bölünerek saat olarak sulama süresi hesaplanmış ve 1,4 bar sabit basınçta zaman tutularak parsellere uygulanmıştır. Diğer sulama konularına verilecek sulama suyu miktarı Eşitlik 2.3 ile belirlenen değer 2/3 ve 1/3'ü alınarak hesaplanmıştır. Eşitliklerde;

- dn : Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, mm,
TK : Tarla kapasitesi, %,
MN : Mevcut nem, %,
 γ : Toprağın hacim ağırlığı, g/cm³,
D : Etkili kök derinliği, mm,
P : Islatılan alan yüzdesi, % (Uygulamada alanın tamamı ıslatıldığından %100 alınmıştır) değerlerini göstermektedir.

2.2.2.4. Bitki su tüketiminin saptanması

Bitki su tüketimi, 10 günlük periyotlar için 60 cm toprak derinliğindeki nem değişimi yöntemine göre saptanmıştır. Bu amaçla, her ayın 10.; 20.; 30. Ya da 31. Günleri TDR ile yapılan nem ölçmelerine ilave olarak, her bir konudan burgu ile bozulmuş toprak örnekleri alınmış ve gravimetrik yöntem ile nem değerleri belirlenmiştir (Şekil 2.12) (Güngör ve Yıldırım, 1989).

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

$$ET = I + P + Cp - Dp \pm Rf \pm \Delta S \quad (2.4)$$

Eşitlikte;

- ET : Bitki su tüketimi, mm,
I : Uygulanan sulama suyu miktarı, mm,
P : Yağış miktarı, mm,
Cp : Kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarı, mm,
Dp : Sulama ve yağıştan sonra meydana gelen derine sızma kayıpları, mm,
Rf : 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 Cp ve Rf değerleri ihmal edilmiştir (Kanber, 1997).

2.2.3. Topraktaki Tuz Miktarının Saptanması

Farklı deneme konularında toprak profilinde oluşan tuz birikimini belirlemek amacıyla, sadece S₁ konularından iki tekerrürlü olarak farklı lokasyon ve derinliklerden, 31 Ağustos 2020 ve 18 Eylül 2020 tarihlerinde iki kez bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Bunun yanında hiç sulanmayan iki noktadan dört derinlikten de toprak örnekleri alınmıştır. Böylece elde edilen toplam 120 örnek Kırklareli Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü'nde tuzluluk açısından analiz edilmiştir. Bu amaçla, örnekler önce açık havada kurutulmuş daha sonra 2 mm'lik elekten geçirilerek (Şekil 2.13), 100'er gramlık miktarlarda analiz kaplarına alınmıştır (Şekil 2.14). Daha sonra toprak doymun hale gelene kadar saf su ile doyurularak hazırlanan saturasyon çamuru 24 saat süreyle kapalı kap içerisinde bekletilmiştir. Daha sonra her bir örneğin EC değeri mikrosiemens/santimetre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) olarak 25°C ortam sıcaklığı için Seven Excellence Multiparameter ile ölçülmüştür (Şekil 2.15) (Rhoades, Chanduvi ve Lesch, 1999).



Şekil 2.13. Toprak örneklerinin kurutulmuş elenme süreci



Şekil 2.14. Elenmiş toprak örneğinin (100 g) satüre hale getirilmesi ve bekletilmesi



Şekil 2.15. EC ölçer ile elektriksel iletkenlik değerlerinin saptanması



3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu bölümde, araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri, uygulanan sulama suyunun kalitesi, bitki su tüketimi ve toprak tuzluluğu değerlerine ilişkin sonuçlar verilmiş ve değerlendirilmiştir.

3.1. Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları

3.1.1. Toprağın Fiziksel Özellikleri

Deneme alanındaki toprağın fiziksel özelliklerine ilişkin bünye sınıfı, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası ve kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir. Tüm katmanlarda toprak bünye sınıfı killi tındır. Kullanılabilir su tutma kapasitesi değeri 0-30 cm toprak katmanı için 48,4 mm, 0-60 cm toprak katmanı için ise 90,7 mm’dir.

İnfiltrasyon ölçümleri sonucunda toprağın gerçek su alma hızı 9,4 mm/h bulunmuştur (Ayanoğlu ve Orta, 2019; Bezirgan, 2018).

Çizelge 3.1. 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
0-60				277,9		187,2		90,7
0-90				420,2		281,7		138,5

3.1.2. Sulama suyu kalite sınıfı

Kullanılan sulama suyu kalite sınıfı T₂A₁'dir (Ayanoglu ve Orta, 2019; Bezirgan, 2018). Ayrıca, su kalitesindeki olası değişimleri izlemek amacıyla sulama sezonu boyunca her 15 günde bir EC ve pH değerleri ölçülmüş ve önemli bir farklılık gözlenmemiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Sulama suyu analiz sonuçları

pH	EC (dS/m) 25°C	Katyonlar (me/L)			Anyonlar (me/L)			SAR	Sınıfı
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	HCO ⁻³	Cl ⁻	SO ⁻⁴		
7,48	555,70	2,54	0,16	4,35	2,98	0,33	3,74	1,72	T ₂ A ₁

3.1.3. Uygulanan Sulama Suyu Miktarı ve Ölçülen Bitki Su Tüketimi

Sulama sezonu boyunca, deneme konularına ilişkin sulama tarihleri ve uygulanan net sulama suyu miktarları Çizelge 3.3'te verilmiştir. Çizelgelerden izleneceği gibi, deneme 20 Mayıs 2020 itibarıyla başlamış ve ilk sulama suyu 21 Mayıs'ta uygulanmıştır. Yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan serin iklim çim karışımında (YKS₁) 30 kez sulama yapılmış ve toplam 608,9 mm sulama suyu uygulanmıştır. Aynı yöntem ile sıcak iklim çiminde (YBS₁) ise 31 sulama yapılmış ve toplam 634,6 mm sulama suyu uygulanmıştır (Çizelge 3.3). Çizelge 3.4'ten izleneceği gibi, toprak altı damla sulama yöntemiyle sulanan serin iklim çim karışımına (TDKS₁), 28 sulama ile toplam 559,9 mm, sıcak iklim çimine ise (TDBS₁) 23 sulama ile toplam 464,8 mm sulama suyu verilmiştir.

S₁ konularında farklı sulama yöntemleri ile uygulanan mevsimlik sulama suyu miktarları karşılaştırıldığında, toprak altı damla sulama yöntemi ile uygulanan sulama suyu miktarı yağmurlama sulama yöntemine göre serin iklim çimlerinde %8, sıcak iklim çiminde ise, yaklaşık %25 daha az olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Yağmurlama sulama yöntemi ile serin ve sıcak iklim çimlerinde S₁ konularına uygulanan sulama tarihleri ve sulama suyu miktarları (mm)

YAĞMURLAMA SULAMA YÖNTEMİ (Y)

Serin İklim Çim Türü (4'lü Karışım) (K)			Sıcak İklim Çim Türü (Bermudagrass) (B)		
SULAMA NO	Tarih	Uygulanan Sulama Suyu Miktarı (mm)	Sulama No	Tarih	Uygulanan Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	23 Mayıs	21,9	1	15 Haziran	20,5
2	15 Haziran	21,7	2	18 Haziran	20,7
3	18 Haziran	20,9	3	20 Haziran	19,8
4	2 Temmuz	20,2	4	3 Temmuz	19,9
5	6 Temmuz	20,4	5	6 Temmuz	19,8
6	11 Temmuz	21,1	6	11 Temmuz	22,0
7	14 Temmuz	21,2	7	14 Temmuz	20,8
8	16 Temmuz	19,4	8	18 Temmuz	20,1
9	21 Temmuz	19,9	9	22 Temmuz	19,6
10	25 Temmuz	20,4	10	25 Temmuz	20,6
11	27 Temmuz	20,0	11	28 Temmuz	21,6
12	30 Temmuz	19,7	12	30 Temmuz	20,4
13	2 Ağustos	20,5	13	2 Ağustos	20,5
14	4 Ağustos	20,3	14	4 Ağustos	20,3
15	6 Ağustos	19,9	15	6 Ağustos	20,6
16	10 Ağustos	20,6	16	12 Ağustos	23,4
17	12 Ağustos	19,6	17	14 Ağustos	19,5
18	15 Ağustos	19,8	18	17 Ağustos	20,7
19	19 Ağustos	20,5	19	19 Ağustos	20,0
20	21 Ağustos	19,5	20	21 Ağustos	20,7
21	25 Ağustos	20,7	21	25 Ağustos	21,4
22	27 Ağustos	19,7	22	27 Ağustos	20,4
23	31 Ağustos	20,4	23	29 Ağustos	19,4
24	3 Eylül	20,8	24	1 Eylül	21,4
25	7 Eylül	20,0	25	4 Eylül	19,4
26	10 Eylül	20,2	26	8 Eylül	21,0
27	16 Eylül	19,9	27	11 Eylül	20,3
28	19 Eylül	19,7	28	15 Eylül	20,1
29	22 Eylül	20,0	29	19 Eylül	20,5
30	26 Eylül	20,0	30	22 Eylül	19,8
			31	26 Eylül	19,7
TOPLAM		608,9	Toplam		634,6

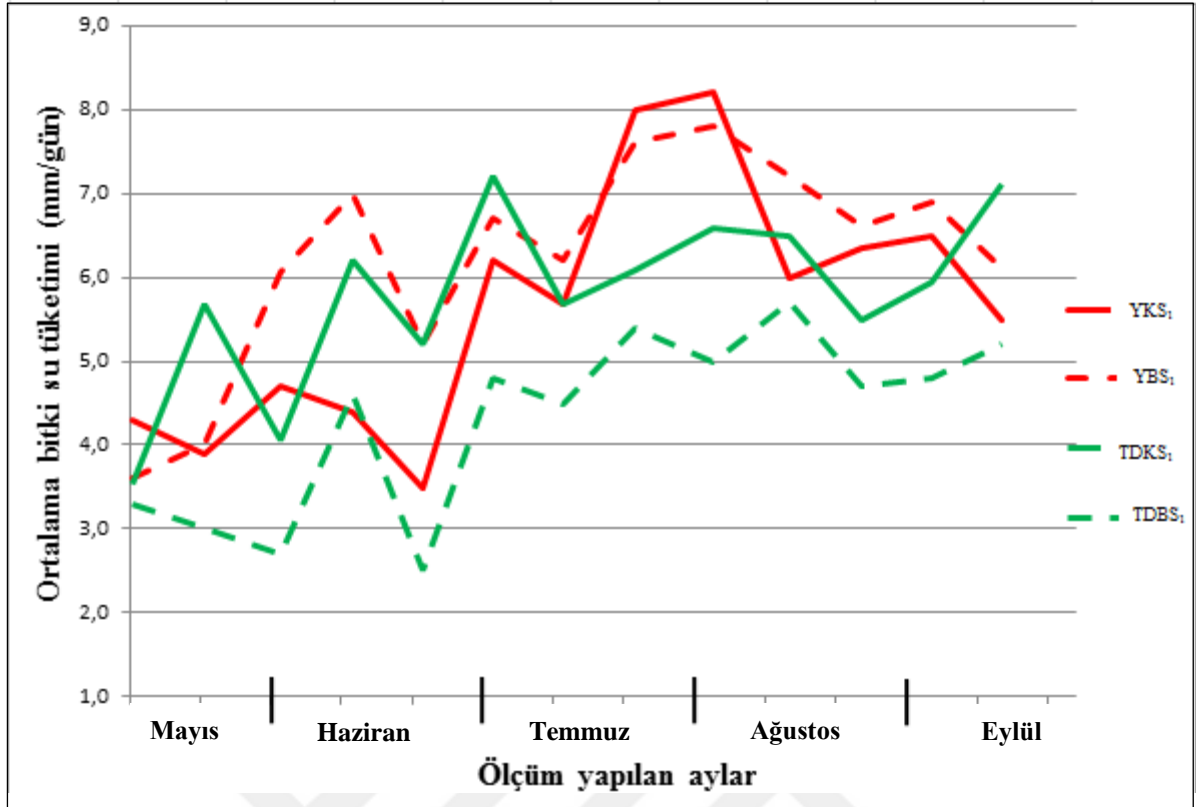
Çizelge 3.4. Toprak altı damla sulama yöntemi ile serin ve sıcak iklim çimlerinde Sıkonularına uygulanan sulama tarihleri ve sulama suyu miktarları (mm)

Toprak Altı Damla Sulama Yöntemi (TD)					
Serin İklim Çim Türü (4'lü Karışım) (K)			Sıcak İklim Çim Türü (Bermudagrass) (B)		
Sulama No	Tarih	Uygulanan Sulama Suyu Miktarı (mm)	Sulama No	Tarih	Uygulanan Sulama Suyu Miktarı (mm)
1	21 Mayıs	14,6	1	21 Mayıs	19,0
2	9 Haziran	19,5	2	13 Haziran	20,0
3	13 Haziran	19,7	3	20 Haziran	19,4
4	20 Haziran	19,7	4	3 Temmuz	20,9
5	2 Temmuz	22,6	5	11 Temmuz	20,2
6	5 Temmuz	20,5	6	15 Temmuz	21,3
7	11 Temmuz	23,6	7	19 Temmuz	21,0
8	13 Temmuz	21,2	8	23 Temmuz	19,8
9	16 Temmuz	20,3	9	27 Temmuz	20,4
10	18 Temmuz	19,6	10	30 Temmuz	19,0
11	22 Temmuz	19,7	11	3 Ağustos	20,4
12	25 Temmuz	19,7	12	7 Ağustos	20,6
13	28 Temmuz	19,6	13	12 Ağustos	22,3
14	30 Temmuz	18,0	14	15 Ağustos	21,2
15	3 Ağustos	20,2	15	21 Ağustos	19,9
16	7 Ağustos	20,4	16	26 Ağustos	21,1
17	10 Ağustos	19,7	17	29 Ağustos	19,4
18	13 Ağustos	19,9	18	2 Eylül	20,1
19	15 Ağustos	19,7	19	7 Eylül	20,5
20	21 Ağustos	20,3	20	11 Eylül	19,4
21	25 Ağustos	20,2	21	16 Eylül	19,8
22	29 Ağustos	21,0	22	22 Eylül	19,4
23	5 Eylül	20,1	23	26 Eylül	19,7
24	9 Eylül	20,7			
25	12 Eylül	19,5			
26	16 Eylül	20,1			
27	21 Eylül	20,0			
28	26 Eylül	19,8			
Toplam		559,9	Toplam		464,8

Deneme süresince 60 cm toprak katmanı dikkate alınarak, ölçülen yağış miktarı, uygulanan sulama suyu miktarı ve 10 günlük periyotlarda toprak nem değişimine göre hesaplanan günlük bitki su tüketimi değerlerinin değişimi Şekil 3.1'de verilmiştir. Bitki su tüketimi hesaplarında çimin etkili kök derinliği 30 cm olmasına karşın, olası derine sızmaları belirleyebilmek amacıyla 60 cm toprak derinliğindeki nem değişimleri izlenmiştir. Bu ölçümler, her gün aynı saatte TDR ile yapılırken 10 günde bir gravimetrik yöntemle de yapılmış ve bitki su tüketimi hesaplarında gravimetrik yöntem ile elde edilen sonuçlar kullanılmıştır. 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.

Yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan serin iklim çiminde toplam bitki su tüketimi 752,0 mm, ortalama günlük bitki su tüketimi 5,6 mm/gün, sıcak iklim çiminde ise; toplam bitki su tüketimi 828,6 mm, ortalama günlük bitki su tüketimi 6,2 mm/gün 'dür. Toprak altı damla sulama yöntemi ile sulanan serin iklim çimlerinin; toplam bitki su tüketimi 771,2 mm, ortalama günlük bitki su tüketimi 5,8 mm/gün, sıcak iklim çiminde ise; toplam bitki su tüketimi 575,4 mm, ortalama günlük bitki su tüketimi 4,3 mm/gün' dür. İlginç biçimde yağmurlama yöntemi ile sulanan Bermuda çimi serin iklim çim karışımına göre daha fazla su tüketmiştir. Bu sonuç, denemenin yoğun odunsu yapıya sahip Bermuda çimine yağmurlama yöntemi ile uygulanan suyun bitki yüzeyinde tutularak toprağa girememesi ve buradan atmosfere buharlaşması ile açıklanabilir. Toprak altı damla yöntemi ile sulanan sıcak iklim çimi serin iklim çimine göre %30 daha az su tüketmiştir. Serin iklim çim karışımında her iki sulama yöntemi altında S₁ konuları karşılaştırıldığında su tüketimi değerleri birbirine çok yakın çıkarken, sıcak iklim çiminde toprak altı damla sulama yöntemi yağmurlama sulama yöntemine göre yaklaşık %30 tasarruf sağlamıştır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Farklı konularda günlük bitki su tüketimlerinin değişimleri

3.1.4. Toprak Tuzluluğuna İlişkin Sonuçlar

Bölüm 2.2.1.4’de belirtilen noktalardan alınan bozulmuş toprak örnekleri 2.2.1.1’de açıklandığı biçimde Kırklareli Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü laboratuvarında analiz edilmiştir. Farklı çim türlerinin farklı sulama yöntemleri altındaki tepkilerini belirlemek amacıyla dört yıl süreyle yürütülen denemelerin sonunda su kısıtı yapılmayan S₁ konularından iki farklı tarihte iki ayrı parselden alınan bozulmuş toprak örnekleri ile hiç sulanmayan iki bölgeden alınan şahit örneklerden elde edilen tuz değerlerinin ortalamaları Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Hiç sulama yapılmayan noktalardan alınan ve şahit olarak ifade edilen toprak örneklerinin tuzluluk değerleri (EC₁) farklı derinliklerde 0,45 dS/m-0,56 dS/m arasında değişmiştir. Sezon sonunda yağmurlama sulama yönteminin uygulandığı Bermudagrass parsellerinde, üst katmanlarda 1,18 dS/m’ye kadar çıkan tuzluluk değeri (EC₂) 60 cm toprak derinlerinde 0,62 dS/m’ye kadar düşmüştür. Anılan değerler serin iklim çim karışımı parsellerinde üst katmanlarda 1,68 dS/m’ye kadar çıkarken 60 cm toprak derinliğinde 0,51 dS/m olmuştur. Sulanan alanda toprak profilindeki tuz birikiminin şahit noktadaki tuz

değerlerine oranını ifade eden EC_2/EC_1 değerlerine bakıldığında, Bermudagrass parsellerindeki birikim oranının 1,25-2,10 arasında, serin iklim çim karışımından oluşan parsellerde ise 1,02-3,00 arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 3.5). Çizelge 3.5 özetlendiğinde ise yağmurlama sulama yönteminde tuz birikiminin üst 20 cm'lik toprak katmanında oluştuğu bunun yanında, serin iklim çim karışımında tuzluluşma oranının Bermudagrass çimi ile kaplı parsellere göre daha fazla olduğu söylenebilir. Bu sonuç, yoğun odunsu yapıya sahip Bermuda çimine yağmurlama yöntemi ile daha az su uygulanması ve suyun bitki yüzeyinde tutularak tamamının toprağa girememesi, buradan atmosfere evapore olması ile açıklanabilir.

Damlaticı aralığı ile lateral aralığı eşit alınarak ıslatma oranı (P) %100 olacak şekilde kurulan toprak altı damla sulama sistemiyle sulanan Bermudagrass çimiyle kaplı parsellerde sulama sezonu sonunda farklı derinliklerde, damlaticı altında (D_0) belirlenen tuz değerleri 0,43-0,63 dS/m arasında değişirken, lateral arasında (D_3, D_4) 0,49-0,84dS/m, lateral üstünde ise (D_1, D_2) 0,56-0,92 dS/m arasında değişmiştir. Serin iklim çimi ile kaplı parsellerde ise aynı değerler D_0 noktasında 0,75-0,84 dS/m, D_3 - D_4 noktalarında 0,68-1,02 dS/m ve D_1, D_2 noktalarında 0,75 ile 1,17 dS/m arasında elde edilmiştir. Tuz birikimlerine bakıldığında karışım parsellerindeki birikim oranını gösteren EC_3/EC_1 değerlerinin 1,36 ile 2,09 arasında değiştiğini, Bermuda çiminde ise EC_2/EC_1 değerlerinin 0,95 ile 1,82 arasında olduğu görülmektedir. Serin iklim çim parsellerinde toprak profilinde tuzluluşma oranının daha yüksek olması uygulanan mevsimlik sulama suyu ve bitki su tüketimi değerlerinin yüksekliği ile açıklanabilir. Bunun yanında, damlaticı altında tuz birikiminin minimum ve/veya hiç olmadığı, 60 cm'lik toprak derinliğinde hafif dalgalanmalar olduğu ve yüzeyde klasik damla sulama yöntemlerinde olduğu gibi bir akümülyasyonun olmadığı görülmüştür. Bu durum toprak yüzeyinin ıslatılmaması ve evaporasyonun azalmasıyla tuzların üst katmanlara taşınmaması biçiminde açıklanabilir.

Yukarıda açıklanmaya çalışılan bulguların görsel olarak daha iyi ifade edilebilmesi için farklı konularda toprak profilinde oluşan tuz dağılımını gösteren, Python programıyla hazırlanmış grafikler Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de verilmiştir. Şekil 3.2'e bakıldığında, Çizelge 3.5'de verilen EC_2/EC_1 değerleri dikkate alınarak hazırlanan grafikte, yağmurlama sulama yöntemiyle sulanan Bermuda çiminde tuz birikiminin yoğun olarak 5-35 cm'lik üst katmanda gerçekleştiği, serin iklim çim karışımında ise daha yoğun bir tuz birikiminin 0-40 cm'lik üst toprak katmanında oluştuğu görülmektedir. Bu sonuç, yoğun ve odunsu bir yapıya sahip

Bermuda çiminin daha düşük su ihtiyacına ve daha düşük evaporasyon kayıplarına bağlanabilir.

Benzer grafikler toprak altı damla sulama yöntemiyle sulanan Bermuda çimi için Çizelge 3.6'da verilen EC_2/EC_1 , serin iklim çim karışımında ise EC_3/EC_1 değerleri dikkate alınarak hazırlanmış ve Şekil 3.3'de verilmiştir. Şekil 3.3'den görüleceği gibi Bermuda çimindeki tuz birikimi serin iklim çimine göre daha düşük olmuş, damlatıcı altında ise minimum düzeyde gerçekleşmiştir. Damlatıcı ve lateral aralarında çok yoğun düzeyde tuz birikiminin olmaması alanın tamamı ıslatılmasına bağlanabilir. Yine klasik damla sulama yönteminde görüldüğü biçimde yüzeyde tuzun birikmemesi de toprak yüzeyinin ıslanmamasına ve evaporasyon dolayısıyla kapilaritenin düşük olmasıyla açıklanabilir.

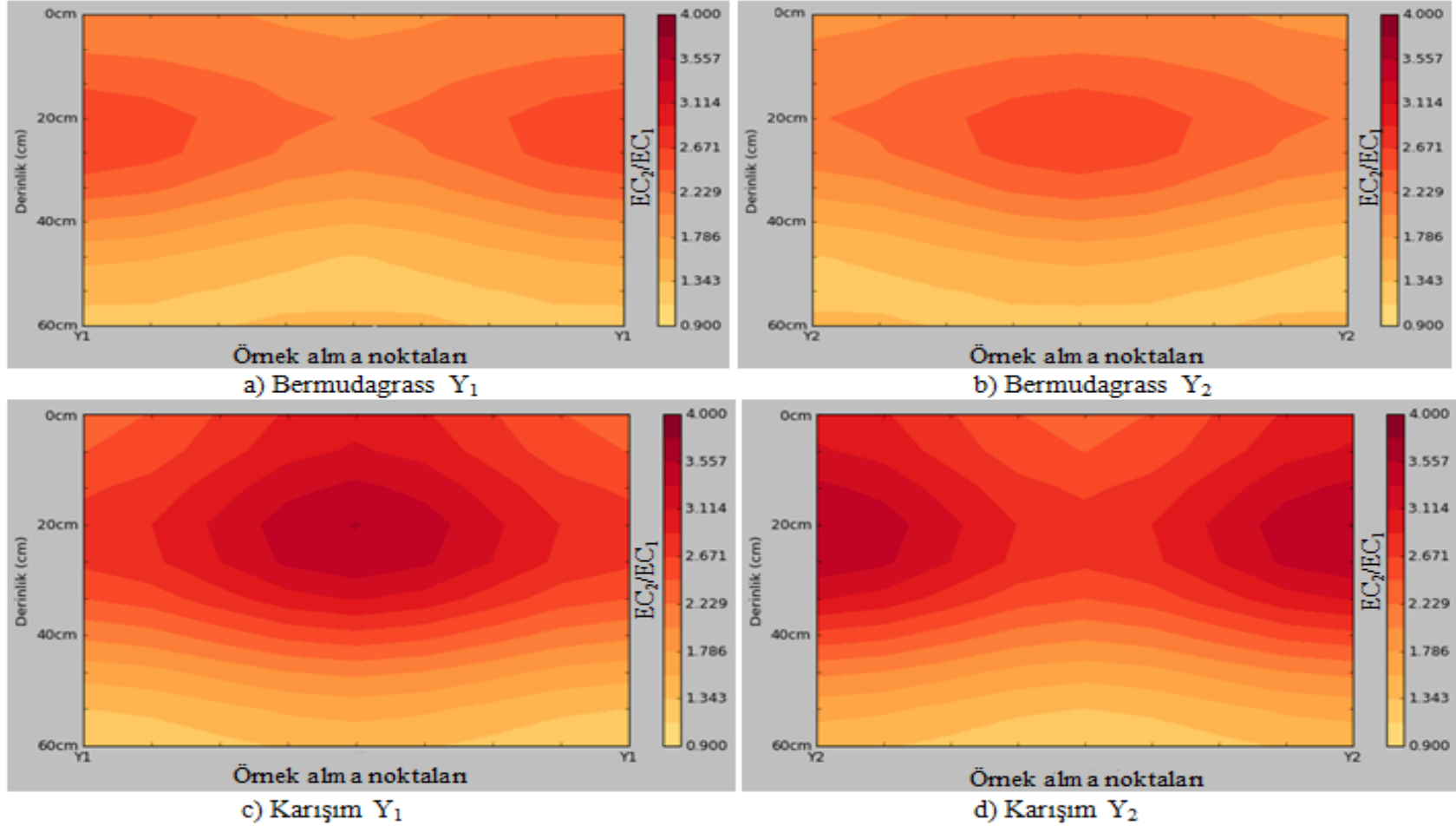


Çizelge 3.5. Yağmurlama sulama konularında toprakta ölçülen ortalama tuz miktarları (dS/m)

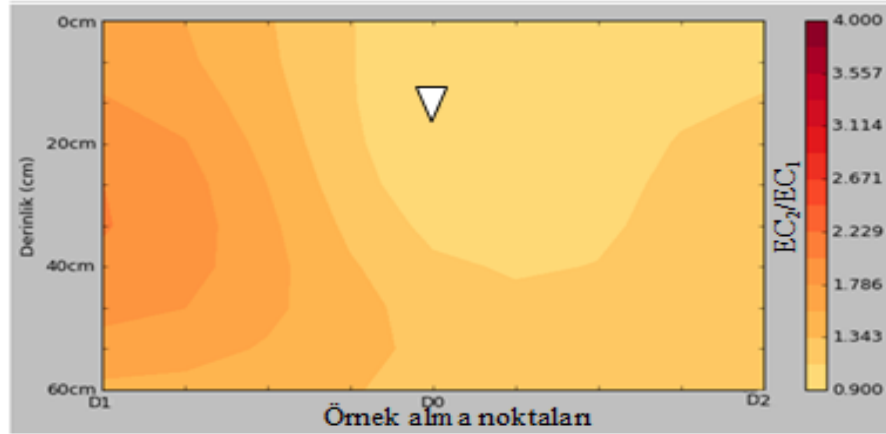
Yağmurlama Sulama						
Lokasyon	Toprak Derinlikleri (cm)	Ort. Şahit Noktası (EC ₁)	Bermudagrass (EC ₂)	EC ₂ /EC ₁	Karışım (EC ₂)	EC ₂ /EC ₁
Y ₁	5	0,56	1,18	2,10	1,33	2,37
	20	0,45	1,18	2,61	1,25	2,78
	40	0,49	0,75	1,54	0,75	1,53
	60	0,50	0,62	1,25	0,51	1,02
Y ₂	5	0,56	1,10	1,96	1,68	3,0
	20	0,45	0,98	2,18	1,60	3,55
	40	0,49	0,81	1,26	0,93	1,91
	60	0,50	0,63	1,65	0,62	1,25

Çizelge 3.6. Toprak altı damla sulama konularında toprakta ölçülen ortalama tuz miktarları (dS/m)

Toprak Altı Damla Sulama						
Lokasyon	Toprak Derinlikleri (cm)	Ort. Şahit Noktası (EC ₁)	Bermudagrass (EC ₂)	EC ₂ /EC ₁	Karışım (EC ₃)	EC ₃ /EC ₁
D ₁	5	0,56	0,92	1,65	0,90	1,60
	20	0,45	0,90	1,99	0,83	1,84
	40	0,49	0,89	1,81	0,97	1,98
	60	0,50	0,65	1,31	0,75	1,49
D ₂	5	0,56	0,58	1,04	1,17	2,09
	20	0,45	0,56	1,24	0,91	2,03
	40	0,49	0,59	1,20	0,84	1,72
	60	0,50	0,61	1,22	0,75	1,50
D ₀	5	0,56	0,54	0,96	0,84	1,50
	20	0,45	0,43	0,95	0,84	1,86
	40	0,49	0,62	1,27	0,83	1,70
	60	0,50	0,63	1,25	0,75	1,49
D ₃	5	0,56	0,67	1,19	0,86	1,53
	20	0,45	0,82	1,82	0,76	1,70
	40	0,49	0,55	1,13	0,84	1,71
	60	0,50	0,58	1,16	0,83	1,67
D ₄	5	0,56	0,84	1,50	1,02	1,82
	20	0,45	0,71	1,58	0,92	2,05
	40	0,49	0,49	1,01	0,76	1,54
	60	0,50	0,58	1,16	0,68	1,36



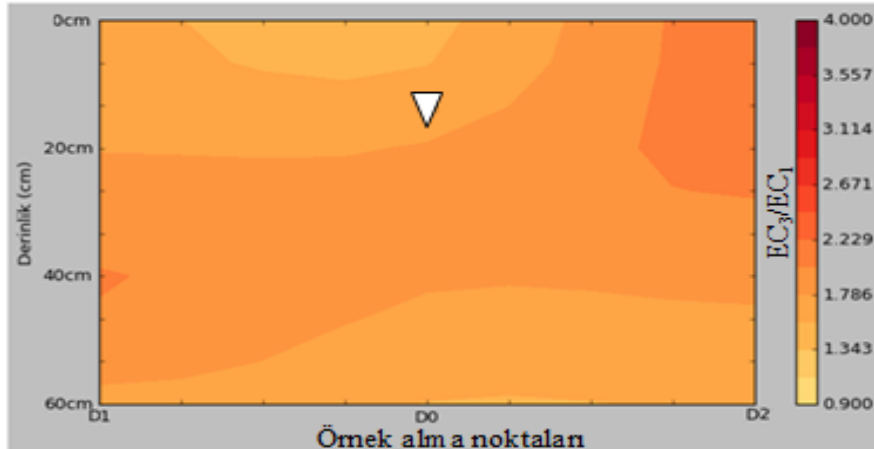
Şekil 3.2. Yağmurlama sulama konularında toprakta oluşan tuz değerleri



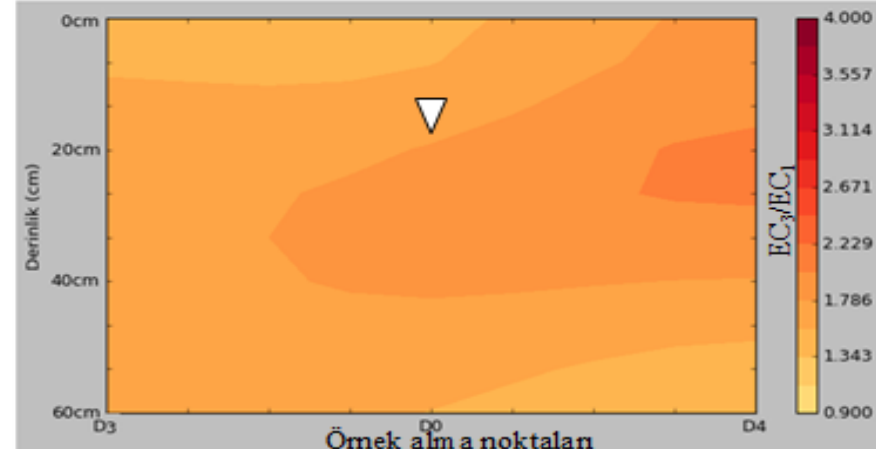
e) Bermudagrass lateral üstü



f) Bermudagrass lateraller arası



g) Karışım lateral üstü



h) Karışım lateraller arası

Şekil 3.3. Toprak altı damla sulama konularında toprakta oluşan tuz değerleri

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Trakya koşullarında yağmurlama ve toprak altı damla yöntemleriyle sulanan sıcak ve serin iklim çimlerinde toprakta biriken tuz dağılımını ortaya koymak amacıyla yürütülen bu araştırmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki biçimde sıralanabilir.

- Son yıllarda rekreasyon alanlarında yeni kullanılmaya başlanan toprak altı damla sulama yöntemi yağmurlama sulama yöntemine oranla uygulanan sulama suyu miktarında %8-25, bitki su tüketiminde %30 oranında tasarruf sağlamıştır. Bu tasarruf topraktaki tuz birikimine de olumlu yönde etki etmiş ve daha az tuzlulaşma gerçekleşmiştir.

-Toprak altı damla sulama yönteminde alanın tamamının ıslatılması koşulunda klasik damla sulama yönteminin aksine yüzeyde ve damlatıcıdan uzaklaştıkça sorun yaratacak herhangi bir tuz birikimi saptanmamıştır.

-Yağmurlama sulama yönteminde toprak altı damla sulama yönteminin aksine 0-40 cm'lik üst katmanda çok daha fazla tuz birikimi gerçekleşmiştir.

-Çim türleri kıyaslandığında sıcak iklim çiminin serin iklim çimlerine göre daha az sulama suyuna ihtiyaç duyduğu (%30) bununda toprakta daha az tuzlulaşmaya neden olduğu görülmüştür.

-Sıcak iklim çiminin yoğun ve odunsu yapısı nedeniyle yüzeyi çok daha etkin kapladığı, bununda evaporasyon kayıplarını ve kapiller yükselmeyi azalttığı dolayısıyla üst katmanlarda tuz birikiminin serin iklim çimine göre daha az olduğu belirlenmiştir.

Tüm bu sonuçların ışığında tuzlu su ve tuzlu toprak koşullarında toprak altı damla sulama yönteminin yağmurlama sulama yöntemine göre daha uygun olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Anonim (2021). Florya Meteoroloji İstasyonu Uzun Yıllar Ortalamaları. Tekirdağ Meteoroloji Müdürlüğü, Tekirdağ.
- Açıkgöz, E. (1993). Çim Alanlar Yapım ve Bakım Tekniği. Çevre Peyzaj Mimarlığı Yayınları, No:4, 203s, Bursa.
- Aragues R. Medina ET. Martinez-Cob A. Faci J. (2014). Effects of deficit irrigation strategies on soil salinization and sodification in a semiarid drip-irrigated peach orchard. *Agric. Water Manag.*, 142:1-9.
- Avcıoğlu, R. (1997). Çim Tekniği-Yeşil Alanların Ekimi, Dikimi ve Bakımı. Ege Üniversitesi Matbaası, 271s, 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.
- Ayanoğlu, H., Orta, A.H. (2019). Toprak altı damla sulama yöntemi ile sulanan serin ve sıcak iklim çimlerinde sulama zamanı planlaması. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3), 362-381, Tekirdağ.
- Ayers, R.S., Westcot D.W. (1989). Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29. Rome, Italy: FAO.
- Ayyıldız, M. (1990). *Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk problemleri*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1196, Ankara.
- Beard, J.B., Kenna, M.P. (2008). Water Issues Facing the Turfgrass Industry, USGA Green Section Record, November/December, p. 9-17
- Beltran, J.M. (1999). Irrigation with saline water: benefits and environmental impact. water resources, Development and Management Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome, Italy.
- Benami, A., Diskin, M.H. (1965). Design of Sprinkling Irrigation. *Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering Publication 23. Technicon, Israel Institute of Tecnology, 1-165, Haifa, Israel.*

- Bezirgan, S. (2018). *Yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan serin ve sıcak iklim çimlerinde sulama zamanı planlanması* (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Blake, G.R. (1965). Bulk density methods of soil analysis. *Part I, Am. Soc. Agron. 9, 374-390, Soil Science Society of America, Madison.*
- 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., Huck, M., Duncan, R.R. (2000). Leaching for Salinity Management on Turfgrass Sites. *USGA Green Section Record, November/ December, p:15-24.*
- Cemek, B., Güler, M., Arslan, H. (2006). Bafra ovası sağ sahil sulama alanındaki tuzluluk dağılımının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37(1).*
- Chen, J., Yan, J., Qian, Y., Jiang, Y., Zhang, T., Guo, H., Guo, A., Liu, J. (2009). Growth Responses and Ion Regulation of Four Warm Season Turfgrasses to Long-Term Salinity Stress. *Scientia Horticulture, 122: 620-625.*
- Christians, N. (2004). *Fundamentals of Turfgrass Management.* John Wiley and Sons, NJ, USA, 359 p.
- Çivicioğlu, N. (2010). *Konya'da patates tarımında farklı sulama yöntemlerinin topraktaki tuz dağılımına etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Konya.
- 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.*
- Çulha, Ş., Çakırlar, H. (2011). Tuzluluğun bitkiler üzerine etkileri ve tuz tolerans mekanizmaları. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11: 11- 34.*
- Devitt, D.A., Miller, W.W. (1988). Subsurface drip irrigation of bermudagrass with saline water. *Appl. Agric. Res. 3(3): 133- 143.*
- Dizdar, M.Y. (1978). Türkiye'de tuzdan etkilenmiş topraklar. *Toprak Su Dergisi, 47, 36-57.*

- Düzgüneş, O. (1963). *İstatistik prensipleri ve metotları*. Ege Üniversitesi Matbaası, 375s, İzmir.
- Doorenbos, J., Pruitt, W. (1977). Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. Irrigation and Dranaige, No:24, *Food and Agriculture organization of the United Nations*, 144pp, Rome.
- Ekmekçi, E., Apan, M., Kara, T. (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 118- 125.
- El-Ashry M. T. (1991). Policies for Water Resource Management in Semi-Arid Regions. - *International Journal of Water Resources Development* 7 (4) 230 – 236.
- 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.
- Ertek, A., Kanber, R. (2002). Damla sulama yönteminin pamuk sulamasında topraktaki tuz dağılımına etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(2):21-31.
- Food and Agriculture Organization [FAO] (1988). *Soil map of the world. Revised legend*, by FAO–UNESCO–ISRIC. World Soil Resources Report No. 60. Rome.
- Food and Agriculture Organization [FAO] (2002). *The State of Food Insecurity In The World 2002* FAO Rome. Retrieved 15 October from www.fao.org.
- 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.
- Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S., Chenglie, Z. (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat Plants in pots under drought. *Plant Science*, 169 (2): 313-321.
- Güngör, Y., Yıldırım, O. (1989). *Tarla sulama sistemleri*. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları 1155, 371s, Ankara.
- Harivandi, M.A. (2000). Irrigating turfgrass and landscape plants with municipal recycled water. *Acta Hort.*, 537:697-703.

- IPCC Climate Change (2022). The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press.
- Kanber, R. (1997). *Sulama*. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın No:174, Ders Kitapları Yayın No:52, 530ss Adana.
- Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, N. (2005). *Sulama, drenaj ve tuzluluk*. 3-7 Ocak, Ziraat Mühendisleri Odası 6. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı.
- Kayasseh, M., Schenk, C. (1989). Reclamation of saline soils using calcium sulphate from the titanium in Industry-Ambio 18 (2) 124 - 127.
- Kesmez, G.D., Suarez, D.L, Lesch,S.M., Ünlükara, A., Yurtseven, E. (2008). *Tarım alanlarında tuzluluğun belirlenmesinde yeni yaklaşımlar*, Sulama Tuzlanma Toplantısı, vol.1, Şanlıurfa, Turkey, pp.207-218.
- Kesmez G.D. (2009). *Karık ve damla sulama yöntemlerinin aşılı domateste (Lycopersicon Esculentum) meyve verimi. kalitesi ile toprak tuzluluğuna etkileri* (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Ankara.
- Konukcu, F. (2006). Potential of Dry Drainage as a Sustainable Solution to Waterlogging and Salinisation. Trakya University, Tekirdag Agricultural Faculty, Irrigation and Drainage Dept., Tekirdağ, Turkey.
- Korkut, B.A. (2007). Çim Bitkileri ve Genel Özellikleri. Ders notları. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi. Tekirdağ.
- Langer, R.H.M. (1990). Pasture plants. In 'Pastures: Their Ecology & Management'. (Editor RHM Langer). pp. 39-74. (Oxford University Press: Auckland, New Zealand).
- Marcum, K.B., 2006. Use of saline and non-potable water in the turfgrass industry: Constraints and Developments. *Agricultural Water Management*, 80:132–146.
- Marcum, K.B., Pessaraklı, M. (2006). Salinity tolerance and salt gland excretion efficiency of bermudagrass turf cultivars. *Crop Science*, 46:2571-2574.
- Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F. ve Pinto, M. (2007). Effects of drought stress on the osmotic adjustment, cell wall elasticity and cell volume of six cultivars of common beans (*phaseolus vulgaris* l), *European Journal of Agronomy*, 26: 30-38.

- Mutlu, A. (2006). *Konya'da Yeşil Alan Tesisinde Kullanılan Bazı Tohumların Tohumluk Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma*. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Orhangazi, R. (2017). *Harran ovasında biber (Capsium Annuum L.) bitkisi için toprak üstü ve toprak altı damla sulama uygulamalarının araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi), Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Orta, A.H. (1994). *Farklı sulama yöntemlerinin biber (Capsicum annuum L.) verimine etkisi*, (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ankara.
- Orta, A.H. (2017). *Rekreasyon alanlarında sulama*. ISBN:978-605-320-764-1: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ötken, M. (2022). *Damla sulama uygulamalarında ceviz bahçelerinde toprak tuzluluğuna olan etkisinin belirlenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Öztürk, K. (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye'ye olası etkileri. *Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22 (1): 47-65., Papazafiriou, Z. G. (1980). A compact procedure for trickle irrigation system design. *ICID Bulletin*, 29(1):29-45.
- Pasternak, D., De Malch, Y., Borovic, I. (1986). Irrigation with brackish water under desert conditions v. effect of time of application of brackish water on production of processing tomatoes. *Agricultural Water Management*, 12(1-2): 149-158.
- Richards, L.A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U.S. Dept. Agr. Handbook. 60 s.
- Rhoades, J. D. (1987). The problem of salt in agriculture. - yearbook of science and the future. encyclopaedia britannia Chicago.
- Rhoades, J.D. Chanduvi F., Lesch S. (1999). *Soil salinity assessment. methods and interpretations of electrical conductivity measurements*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 57, Rome.
- Roberts, TL., White SA., Warrick AW., Thompson TL. (2008). Tape depth and germination method influence patterns of salt accumulation with subsurface drip irrigation. *Agric. Water Manag.* 95. 669-677.

- Sağlamtimur, T., Tansı, V. ve Baytekin, H. (1998). Yem Bitkileri Yetiştirme. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ofset Atölyesi, Ders Kitabı No: C-74, Adana, 238s.
- Sankar, B., Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Panneerselvan, R. (2008). Relative efficacy of water use in five varieties of *abelmoschus esculentus* l. moench under water limited conditions. *Biointerfaces*, 62: 125-129.
- Sarıca, N. (2014). *Bazı sıcak iklim çim türlerinin tuzluluğa dayanıklılığının belirlenmesi ve uygulamalar açısından değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi), Akdeniz Üniversitesi Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, 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).
- Uluocak, N. (1994). Yerörtücü Bitkiler. İstanbul Üniversitesi Basımevi ve Film Merkezi Müdürlüğü, 975s.
- USSL (1954). *Diagnosis and improwement of saline and alkali soils*. USDA, Agriculture Handbook no.60, 160s. USA.
- Yenigün, D. (2019) *Patlıcan yetiştiriciliğinde damla sulama uygulamalarının verim, verim parametreleri ve topraktaki tuz dağılımına etkileri*, (Yüksek Lisans Tezi), Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yıldırım, O., Madanoğlu, K. (1985). A-sınıfı buharlaşma kaplarının bitki su tüketiminin tahmininde kullanılması. *Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi* No:433, Ankara.
- Yıldırım, Y. (1993). *Ankara koşullarında mısır bitkisinin su-verim ilişkiler* (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldırım, O., Orta, A.H. (1994). Effect of different irrigation methods on salt distribution in soil. Ankara Üniversitesi Yayınları, Bilimsel Araştırma Raporları dizisi: 1368:757, Ankara.
- Yıldırım, O. (2005). *Sulama sistemlerinin tasarımı*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1542. 348s. Ankara.
- Yılmaz, E., Tuna, A.L. ve Bürün, B. (2011). Bitkilerin Tuz Stresi Etkilerine Karşı Geliştirdikleri Tolerans Stratejileri. C.B.Ü. *Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1):47-66.

- Yurtseven, 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.
- Yurtseven, E., Sönmez, B. (1992). Sulama Sularının Değerlendirilmesi. T.K.B. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Arşt. Enst. Müd. Gen. Yay. No: 181 Teknik Yay. No: T-63 Ankara.
- Yurtseven, E., Öztürk, A. (1997). "Sulanan Alanlarda Sulama Yöntemi ve Su Kalitesine Bağlı Olarak Tuz Dengesindeki Değişmeler," *Tarım Bilimleri Dergisi* 1997, 3(1) 6-13.
- Yurtseven, E., Öztürk, H.S. (2001). Sulama suyu tuzluluğunun tınlı toprakta profil tuzluluğuna etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(3), 1-8.
- Yurtseven, E., Öztürk H.S., Avcı S., Altınok S., Selenay, F. (2012). Farklı sulama suyu kalitesi ve yıkama oranı uygulamalarında profil tuzluluğunun değişimi. *Toprak Su Dergisi*. 2012; 1 (1): 38-46.