



**BİTKİYE DAYALI ÖLÇÜM TEKNİKLERİNİN
AYÇİÇEĞİ SULAMA ZAMANI
PLANLAMASINDA KULLANIM
OLANAKLARI**

Buse SALBAŞ

Yüksek Lisans Tezi

**Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Tolga ERDEM
2020**

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİTKİYE DAYALI ÖLÇÜM TEKNİKLERİNİN AYÇİÇEĞİ SULAMA
ZAMANI PLANLAMASINDA KULLANIM OLANAKLARI**

Buse SALBAŞ

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Tolga ERDEM

TEKİRDAĞ-2020

Her hakkı saklıdır.



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

Buse SALBAŞ



Bu tez NKÜBAP tarafından NKUBAP.03.YL.18.173 numaralı proje ile desteklenmiştir.

Prof. Dr. Tolga ERDEM danışmanlığında, Buse SALBAŞ tarafından hazırlanan “Bitkiye Dayalı Ölçüm Tekniklerinin Ayçiçeği Sulama Zamanı Planlamasında Kullanım Olanakları” başlıklı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından 10.01.2020 tarihinde Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Lokman DELİBAŞ

İmza:

Üye : Prof. Dr. Necdet DAĞDELEN

İmza:

Üye : Prof. Dr. Tolga ERDEM (Danışman)

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına

Doç. Dr. Bahar UYMAZ
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİTKİYE DAYALI ÖLÇÜM TEKNİKLERİNİN AYÇİÇEĞİ SULAMA ZAMANI PLANLAMASINDA KULLANIM OLANAKLARI

Buse SALBAŞ

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Tolga ERDEM

Bu çalışmada, Tekirdağ koşullarında farklı miktarda sulama uygulamalarının ayçiçeği bitkisinin su kullanımına, verim ve gelişme parametrelerine etkileri ile sulama uygulamaları açısından bitkiye dayalı ölçüm tekniklerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araştırmada, 7 gün sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma değerlerinin %0, 25, 50, 75, 100 ve 125'inin uygulandığı altı farklı sulama suyu uygulaması gerçekleştirilmiştir. Bitkiye dayalı ölçüm teknikleri olarak, yaprak alan indeksi, yaprak su potansiyeli, klorofil içeriği, stoma direnci, fotosentez hızı ve transpirasyon hızı ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Araştırmanın ilk yılında tüm deneme konularına 7 kez sulama uygulaması ile birlikte 67,0 ile 334,8 mm arasında, denemenin ikinci yılında ise 12 kez sulama uygulaması ile birlikte 133,7 ile 668,1 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, deneme konularında bitki büyüme mevsimi boyunca ölçülen bitki su tüketimi değerleri 2018 yılında 375,2 ile 655,0 mm, 2019 yılında ise 278,2 ile 801,3 mm arasında uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak değişmiştir. Günlük bitki su tüketimi değerleri ise 2018 yılında 1,4 ile 8,6 mm/gün ve 2019 yılında 1,2 ile 11,3 mm/gün arasında değişmiştir. Deneme konularından elde edilen dane verimleri denemenin ilk yılında 272,88 kg/da ile 503,73 kg/da arasında, denemenin ikinci yılında ise 222,49 kg/da ile 518,61 kg/da arasında değişmiştir. Her iki yılda da deneme konularından elde edilen dane verimleri toprağa giren su miktarına (yağış + sulama) bağlı olarak değişmiştir. En yüksek ayçiçeği dane verimleri, açık su yüzeyi buharlaşma değerinin %125'inin uygulandığı deneme konusundan elde edilmiştir. Su kullanım randımanı (WUE) değerleri ise denemenin ilk yılında 0,68 ile 0,83 kg/m³, denemenin ikinci yılında ise 0,64 ile 0,80 kg/m³ arasında değişmiştir.

Araştırma sonucunda, kısıtlı su kaynağı koşullarında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma değerlerinin %25 ve 50'sinin uygulandığı deneme konuları ön plana çıkmıştır. Bu koşullarda sulama uygulamaları için özellikle bitkinin çiçeklenme periyodunda yaprak alan indeksi değerinin 2,86-3,95 m²/m², yaprak su potansiyel değerinin -13 ile -14 bar, klorofil içeriğinin 45-50, stoma direnci değerinin 35-70 mmol m⁻² s⁻¹, fotosentez hızı değerinin 25-30 mmol m⁻² s⁻¹ ve transpirasyon hızı değerinin 5-8 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ aralıklarında seçilmesi önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Bitki su tüketimi, su kullanım randımanı (WUE), yaprak su potansiyeli, stoma direnci

2020, 107 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

USAGE POSSIBILITIES OF PLANT BASED MEASUREMENT TECHNIQUES IN IRRIGATION SCHEDULING OF SUNFLOWER

Buse SALBAŞ

Tekirdağ Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biosystem Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Tolga ERDEM

In this study, effects of different amount of irrigation applications on water use, yield and yield parameters of sunflower plant in Tekirdağ conditions and usability of plant-based measurement techniques in irrigation applications were investigated. The six different irrigation water amounts with 7 days interval applied based on a ratio of Class A pan evaporation as 0, 25, 50, 75, 100 and 125% were created in the research. Leaf area index, leaf water potential, chlorophyll content, stomal resistance, photosynthesis rate and transpiration rate were measured as plant-based measurement techniques.

In the first year of the study, irrigation water was applied to all experimental subjects between 67,0 and 334,8 mm with 7 irrigation applications and 133,7 to 668,1 mm with 12 irrigation applications in the second year of the experiment. As a result of the research, the evapotranspiration values measured in the experimental subjects during the plant growing season changed depending on the amount of irrigation water applied between 375,2 and 655,0 mm in 2018 and between 278,2 and 801,3 mm in 2019. Daily evapotranspiration values varied between 1,4 and 8,6 mm day⁻¹ in 2018 and 1,2 and 11,3 mm day⁻¹ in 2019. The sunflower seed yields obtained from the experiment subjects ranged between 272,88 kg da⁻¹ and 503,73 kg da⁻¹ in the first year of the experiment and 222,49 kg da⁻¹ to 518,61 kg da⁻¹ in the second year of the experiment. The seed yields obtained from treatments in both years changed depending on the amount of water entering the soil (precipitation + irrigation). The highest sunflower seed yields were obtained from the experiment where 125% of the evaporation value of open water surface was applied. Water use efficiency (WUE) values ranged between 0,68 and 0,83 kg m⁻³ in the first year of the experiment and between 0,64 and 0,80 kg m⁻³ in the second year of the experiment.

As a result of the research, it can be suggested that 25 and 50% of the evaporation values measured from the class A pan evaporation is applied under limited water supply conditions. In the under limited water conditions, leaf area index value of 2,86-3,95 m² m⁻², leaf water potential value of -13 and -14 bar, chlorophyll content of 45-50, stomal resistance value of 35-70 mmol m⁻² s⁻¹, photosynthesis rate value of 25-30 mmol m⁻² s⁻¹ and transpiration rate of 5-8 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ can be used for irrigation applications especially in the flowering period of sunflower.

Key words: Evapotranspiration, water use efficiency (WUE), leaf water potential, stomal resistance

2020, 107 pages

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ÇİZELGE DİZİNİ	vi
ŞEKİL DİZİNİ	viii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	xi
1. GİRİŞ	13
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	17
2.1. Ayçiçeğinde Sulama Uygulamaları.....	17
2.2. Sulama Zamanı Planlamasında Bitkiye Dayalı Ölçüm Teknikleri	22
3. MATERYAL ve YÖNTEM	26
3.1. Materyal	26
3.1.1. Araştırma Alanının Konumu	26
3.1.2. İklim Özellikleri	26
3.1.3. Toprak Özellikleri ve Topoğrafya	27
3.1.4. Su Kaynağı ve Sulama Suyunun Sağlanması.....	27
3.1.5. Sulama Sistemi	31
3.1.6. A Sınıfı Buharlaşma Kabı	31
3.1.7. Bitki Ölçümlerinde Kullanılan Aletlerin Özellikleri	34
3.1.8. Bitki Özellikleri	34
3.1.9. Kullanılan Bilgisayar Paket Programları	34
3.2. Yöntem.....	35
3.2.1. Deneme Düzeni ve Araştırma Konuları.....	35
3.2.2. Araştırma Alanı Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Sulama Suyu Kalitesi Özellikleri.....	36
3.2.3. Toprağın Su Alma Hızı Ölçümleri	37
3.2.4. Buharlaşma Miktarı Ölçümleri.....	37
3.2.5. Yaprak Su Potansiyeli (YPS) Ölçümleri.....	37
3.2.6. Fotosentez Hızı, Transpirasyon Hızı ve Stoma Direnci Ölçümleri	37
3.2.7. Yaprak Alan İndeksi (YAI) Ölçümleri	38
3.2.8. Klorofil İçeriği Ölçümleri	38

3.2.9. Tarım Tekniği.....	40
3.2.10. Sulama Suyu Uygulamaları.....	41
3.2.11. Damla Sulama Sisteminde Projelendirme Kriterlerinin Belirlenmesi	41
3.2.12. Bitki Su Tüketiminin Saptanması.....	42
3.2.13. Mevsimlik Su-Verim İlişkisinin Belirlenmesi	43
3.2.14. Toprak Nem İçeriğinin Belirlenmesi	43
3.2.15. Sulama Suyu Kullanım Randımanı ve Su Kullanım Randımanı	44
3.2.16. Ayçiçeği Vejetatif Gelişme ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi.....	45
3.2.17. İstatistiksel Analizler	46
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....	47
4.1. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine İlişkin Sonuçlar	47
4.2. Sulama Suyu Analizi Sonuçları.....	48
4.3. Ayçiçeği Bitkisinin Fenolojik Gözlemlerine İlişkin Sonuçlar	48
4.4. Damla Sulama Sisteminin Boyutlandırılmasına İlişkin Sonuçlar	48
4.5. Uygulanan Sulama Suyu Miktarları ve Ölçülen Bitki Su Tüketimi Sonuçları	49
4.6. Vejetatif Gelişim Unsurlarına İlişkin Sonuçlar.....	53
4.6.1. Bitki Boyu	53
4.6.2. Sap Kalınlığı.....	54
4.6.3. Tabla Çapı.....	55
4.7. Verim, Verim ve Kalite Unsurlarına İlişkin Sonuçlar	57
4.7.1. Dane Verimi	57
4.7.2. Bin Dane Ağırlığı	59
4.7.3. Hektolitreye Ağırlığı	61
4.7.4. Kuru Madde Miktarı	62
4.7.5. Yağ İçeriği.....	63
4.8. Su-Üretim Fonksiyonları, Mevsimlik Su-Verim İlişkisi Faktörü ve Sulama Randımanlarına İlişkin Sonuçlar	65
4.8.1. Su-Üretim Fonksiyonları.....	65
4.8.2. Mevsimlik Su-Verim İlişkisi Faktörü.....	66
4.8.3. Sulama Suyu Kullanımı (IWUE) ve Su Kullanımı Randımanları (WUE)	68
4.9. Sulama Zamanı Planlamasında Bitkiye Dayalı Ölçüm Tekniklerinin Sonuçları.....	71
4.9.1. Yaprak Su Potansiyeli (YSP)	71
4.9.2. Fotosentez Hızı (A).....	73
4.9.3. Transpirasyon Hızı (E).....	75

4.9.4. Stoma Direnci (g _s)	77
4.9.5. Yaprak Alan İndeksi (LAI)	79
4.9.6. Klorofil İçeriği (SPAD)	81
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	83
KAYNAKLAR	87
EKLER.....	94
ÖZGEÇMİŞ	107



ÇİZELGE DİZİNİ

Çizelge 1.1. Ülkeler bazında ayçiçek tohumu üretimi (Bin ton).....	14
Çizelge 1.2. Türkiye’de yağlık ayçiçeği yıllara göre ekim alanları, üretim ve verim miktarları	14
Çizelge 1.3. Türkiye’de yağlık ayçiçeği üretim alanları ve miktarları	15
Çizelge 3.1. Araştırma alanına ilişkin iklim değerlerinin uzun yıllar ortalamaları	28
Çizelge 3.2. Araştırma alanına ilişkin 2018 yılı iklim verileri	29
Çizelge 3.3. Araştırma alanına ilişkin 2019 yılı iklim verileri	30
Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri	47
Çizelge 4.2. Araştırma alanı topraklarının kimyasal özellikleri	48
Çizelge 4.3. Sulama suyu analiz sonuçları	48
Çizelge 4.4. Ayçiçeği bitkisinin 2018 ve 2019 yıllarında büyüme periyodu uzunlukları	49
Çizelge 4.5. Araştırma konularına 2018 yılında uygulanan sulama suyu miktarları.....	50
Çizelge 4.6. Araştırma konularına 2019 yılında uygulanan sulama suyu miktarları.....	50
Çizelge 4.7. Deneme konularına göre ölçülen bitki su tüketimi miktarları (Özet).....	52
Çizelge 4.8. Deneme konularına ilişkin bitki boyları (cm)	53
Çizelge 4.9. Bitki boyuna ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları	54
Çizelge 4.10. Bitki boyuna ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları	54
Çizelge 4.11. Deneme konularına ilişkin sap kalınlıkları (cm)	55
Çizelge 4.12. Sap kalınlıklarına ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları	55
Çizelge 4.13. Sap kalınlıklarına ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları	55
Çizelge 4.14. Deneme konularına ilişkin tabla çapları (cm)	56
Çizelge 4.15. Tabla çaplarına ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları.....	56
Çizelge 4.16. Tabla çaplarına ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları.....	56
Çizelge 4.17. Deneme konularına ilişkin dane verimleri (kg/da).....	57
Çizelge 4.18. Dane verimlerine ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları.....	58
Çizelge 4.19. Dane verimlerine ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları.....	59
Çizelge 4.20. Dane verimlerine ilişkin LSD testi sonuçları	59
Çizelge 4.21. Deneme konularına ilişkin bin dane ağırlıkları (g)	60
Çizelge 4.22. Bin dane ağırlıklarına ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları.....	60
Çizelge 4.23. Bin dane ağırlıklarına ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları.....	60
Çizelge 4.24. Bin dane ağırlıklarına ilişkin LSD testi sonuçları	61
Çizelge 4.25. Deneme konularına ilişkin hektolitre ağırlıkları (kg)	61

Çizelge 4.26. Hektolitre ağırlıklarına ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları	62
Çizelge 4.27. Hektolitre ağırlıklarına ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları	62
Çizelge 4.28. Deneme konularına ilişkin kuru madde miktarları (%)	63
Çizelge 4.29. Kuru madde miktarlarına ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları.....	63
Çizelge 4.30. Kuru madde miktarlarına ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları.....	63
Çizelge 4.31. Deneme konularına ilişkin yağ içerikleri (%)	64
Çizelge 4.32. Yağ içeriklerine ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları.....	64
Çizelge 4.33. Yağ içeriklerine ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları.....	64
Çizelge 4.34. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE) değerleri (kg/m ³)	68
Çizelge 4.35. IWUE değerlerine ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları	69
Çizelge 4.36. IWUE değerlerine ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları	69
Çizelge 4.37. IWUE değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları	70
Çizelge 4.38. WUE değerlerine ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları	71
Çizelge 4.39. WUE değerlerine ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları	71
Çizelge 4.40. Deneme konularından ölçülen ortalama yaprak su potansiyeli değerleri (YSP) (bar)	72
Çizelge 4.41. Deneme konularından ölçülen fotosentez hızı miktarları (µmol CO ₂ m ⁻² s ⁻¹) ...	73
Çizelge 4.42. Deneme konularından ölçülen transpirasyon hızı miktarları (mmol H ₂ O m ⁻² s ⁻¹)	75
Çizelge 4.43. Deneme konularından ölçülen stoma direnci değerleri (mmol m ⁻² s ⁻¹)	77
Çizelge 4.44. Deneme konularında ayçiçeği çiçeklenme döneminde ölçülen ortalama yaprak alan indeksi değerleri (m ² /m ²)	79
Çizelge 4.45. Deneme konularından ölçülen ortalama klorofil içerikleri (SPAD).....	81

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme alanının konumu (1: 2018 yılı, 2: 2019 yılı)	26
Şekil 3.2. Deneme alanında kullanılan suyun depolandığı havuz	31
Şekil 3.3 Deneme alanı içerisinde sulama sisteminin gösterimi	32
Şekil 3.4. Deneme parseli içerisinde sulama sisteminin gösterimi.....	33
Şekil 3.5. 2018 ve 2019 yıllarına ilişkin deneme desenleri.....	36
Şekil 3.6. Yaprak su potansiyeli ölçümleri	38
Şekil 3.7. Fotosentez hızı, transpirasyon hızı ve stoma direnci ölçümleri.....	39
Şekil 3.8. Yaprak alan indeksi ölçümleri	39
Şekil 3.9. Klorofil içeriği ölçümleri.....	39
Şekil 3.10. Arazi uygulamalarına ilişkin görseller	40
Şekil 3.11. Toprak nem ölçümleri	44
Şekil 3.12. Ayçiçeği vejetatif gelişme ve verim unsurlarının belirlenmesine yönelik görseller	45
Şekil 4.1 Sulama uygulamaları öncesi topraktaki nem değişimleri (2018).....	51
Şekil 4.2. Sulama uygulamaları öncesi topraktaki nem değişimleri (2019).....	51
Şekil 4.3. Bitki su tüketimi-verim ilişkisi grafiği	65
Şekil 4.4. Sulama suyu-verim ilişkisi grafiği	66
Şekil 4.5. Mevsimlik su-verim ilişkisi grafikleri.....	67
Şekil 4.6. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE).....	68
Şekil 4.7. Mevsimlik bitki su tüketimi-YSP ilişkisi grafiği	72
Şekil 4.8. YSP-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği	73
Şekil 4.9. Mevsimlik bitki su tüketimi-fotosentez hızı ilişkisi grafiği.....	74
Şekil 4.10. Fotosentez hızı-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği.....	74
Şekil 4.11. Mevsimlik bitki su tüketimi-transpirasyon hızı ilişkisi grafiği.....	76
Şekil 4.12. Transpirasyon hızı-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği	76
Şekil 4.13. Mevsimlik bitki su tüketimi-stoma direnci ilişkisi grafiği	78
Şekil 4.14. Stoma direnci-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği.....	78
Şekil 4.15. Mevsimlik bitki su tüketimi-LAI ilişkisi grafiği.....	80
Şekil 4.16. LAI-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği.....	80
Şekil 4.17. Mevsimlik bitki su tüketimi-klorofil içeriği ilişkisi grafiği.....	82
Şekil 4.18. Klorofil içeriği-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği.....	82

SİMGELER ve KISALTMALAR

%	: Yüzde
'	: Dakika
Ø	: Boru çapı
°	: Derece
A	: Fotosentez hızı
atm	: Atmosfer
°C	: Santigrat derece
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
CO ₂	: Karbondioksit
C _p	: Kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarı
CWSI	: Bitki su stresi indeksi
da	: Dekar
dS	: Desisiemens
E	: Transpirasyon hızı
E ₀	: Açık su yüzeyi buharlaşma değeri
ET ₀	: Referans bitki su tüketimi
ET _c	: Bitki su tüketimi
ET _m	: Maksimum bitki su tüketimi
FAO	: Gıda ve Tarım Örgütü
g	: Gram
g _s	: Stoma direnci
h	: Saat
H ₂ O	: Dihidrojen monooksit
ha	: Hektar
IWUE	: Sulama suyu kullanım randımanı
k _c	: Bitki katsayısı
kg	: Kilogram
km	: Kilometre

k_p	: Buharlaşma kabı katsayısı
k_y	: Su-verim ilişkisi faktörü
L	: Litre
LAI	: Yaprak alan indeksi
m	: Metre
m^2	: Metrekare
m^3	: Metreküp
mm	: Milimetre
mmol	: Milimol
MPa	: Megapascal
nm	: nanometre
PE	: Polietilen
ppm	: Milyonda bir kısım
psi	: Basınç birimi
s	: Saniye
t	: Ton
T_a	: Hava sıcaklığı
T_c	: Bitki tacı sıcaklığı
WUE	: Su kullanım randımanı
YSP	: Yaprak su potansiyeli
μmhos	: Mikromhos
μmol	: Mikromol

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Ülke ekonomisinde tarımın önemi göz önünde bulundurulduğunda, üretimdeki dalgalanmaların önlenmesi, nadasız tarımın azalması, üretimde süreklilik sağlanması, ürün çeşitliliğinin artması, şehirlere göçlerin önlenmesi bakımından tarımsal sulamanın önemi ortaya çıkmaktadır. Aynı zamanda, çağımızın en önemli sorunlarından biri olan verimli tarım arazilerin sanayileşme ve kentleşme sebebiyle amacı dışında kullanımı ile tatlı su kaynaklarının tarımsal kullanımı dışında, sanayi ve evsel kullanım için de tahsis edilmesi nedeniyle birim alan ve birim sudan maksimum verim eldesini ön plana çıkarmaktadır.

Trakya Bölgesi'nin iklim ve toprak özellikleri açısından yeterli olması ile özellikle ayçiçeği ve çeltik üretiminde Türkiye'nin tarımsal üretime katkısı yadsınamaz. Ancak, son yıllardaki iklim değişikliğinin yarattığı yağıştaki düzensizlikler ile bölgede İstanbul gibi bir büyükşehre yakınlığından dolayı, sanayileşme ve kentleşme hızla artmakta, üretim ve verim değerleri de bu durumdan olumsuz yönde etkilenmektedir. Bölgedeki nüfus ile suyu çok kullanan deri, tekstil ve kimyasal üretim yapan fabrikaların artması hem az olan suyu daha da azaltmakta, hem de temiz su kaynaklarını kirletmektedir. Böylece, dünyada ve ülkemizde, mevcut kısıtlı su ile birim alandan elde edilecek verimin artırılmasına yönelik çalışmalara hızlı bir şekilde yönelim başlamıştır.

Bu çalışmada Tekirdağ koşullarında farklı sulama uygulamalarının ayçiçeği bitkisinin su kullanımına, verim ve gelişme parametrelerine etkileri ile bitkiye dayalı ölçüm tekniklerinin sulama uygulamaları açısından kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Öncelikle öğrencisi olmaktan ve birlikte çalışmaktan onur duyduğum, çalışmam süresince kıymetli düşünce, öneri, zaman ve emeğini bana harcayan, maddi manevi desteklerini esirgemeyen, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Tolga ERDEM'e teşekkürü bir borç bilirim.

Arazi ve laboratuvar çalışmalarında çözüm odaklı bakış açısıyla bana yön veren değerli hocam Dr. Erhan GÖÇMEN'e, öneri ve düşünceleriyle yanımda olan, desteğini her zaman üzerimde hissettiğim Dr. Eray ÖNLER'e, lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince fikir ve emeklerini benden esirgemeyen Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği'ndeki değerli hocalarıma, çalışmamda büyük katkıları olan bölüm stajyer öğrencilerine teşekkür ederim. Denemenin kurulduğu Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve başta Zir. Yük. Müh. Bekir AÇIKBAŞ, Dr. Zafer COŞKUN, Zir.

Yük. Müh. A. Semih YAŞASIN, Dr. Serkan CANDAR'a, adlarını sayamadığım diğer enstitü personellerine ve işçilerine, sıkıştığım da dertlerime ortak olan değerli arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkür ederim.

Son olarak çalışmamı, azim, cesaret, emek, etik, inanç ve daha birçok fazileti kendisinde gördüğüm ve kendisinden öğrendiğim, hep gurur duyduğum ve duyacağım canım annem Zeliha SALBAŞ'a, hayat tecrübelerini dinleyerek büyüdüğüm, çalışma disiplinini her zaman örnek aldığım, sevgi ve saygıyı ondan öğrendiğim, hep yanımda olan ve olacağına inandığım canım babam Halil SALBAŞ'a, bu süreçte tüm tereddütlerimi ve kaygılarımı azaltan, motivasyonumu destekleyen canım ablam Burcu SALBAŞ'a ithaf ediyor ve tüm kalbimle teşekkürlerimi sunuyorum.

Ocak, 2020

Buse SALBAŞ
Biyosistem Mühendisi

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı artışı, insanların gıda ihtiyacını yakın gelecekteki en önemli sorun olarak karşımıza çıkarmaktadır. Bu sorunun temel nedeni artan nüfus, sanayileşme ve kentleşme nedeniyle azalan tarım alanları ile küresel iklim değişikliğine bağlı olarak artan kuraklıktır. Küresel su tüketiminin en yoğun olduğu sektör, tarım sektörü olduğundan kuraklığın etkileri de genellikle ilk olarak tarımda görülmekte ve yavaş yavaş diğer suya bağımlı sektörlerle yayılmaktadır.

Tarım sektöründe kuraklığın anlamı, diğer sektörlerden daha farklıdır. Çünkü bitkiler için yıl içerisinde yağın toplam yağıştan çok, büyüme dönemlerinde bitki kök bölgesinde var olan nem miktarı daha önemlidir. Dolayısıyla bitkilerin çıkış ve gelişme döneminde ihtiyaç duydukları suyun toprakta bulunmaması, tarımsal kuraklık olarak adlandırılmaktadır (Kaplukan, 2013).

Tarımsal kuraklığın, üretimdeki en önemli etkileri verimde miktar ve kalite açısından azalmalar, hastalık ve zararlıların artışı, ürün kayıplarının artması, hayvancılıkta üreme döngüsünün değişmesi, yemin ürüne dönüşüm oranının gerilemesi şeklinde sıralanabilir. Kuraklığın bu etkilerini azaltmak için, uyguladığımız tarımsal sistemlerde yağışa bağlı nemden ve sulama suyundan azami faydayı sağlayacak yöntemleri geliştirmemiz gerekmektedir (Gürbüz, 2011).

Su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmaları içerisinde sulama, diğer tarımsal girdilerin etkinliğini artıran, bitkisel üretimde kararlılığı sağlayan ve çağdaş tarımın ayrılmaz parçası olan bir bitkisel üretim ögesidir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Türkiye, kurak ve yarı kurak iklim kuşağında olduğundan dolayı, yağışlar bitki su ihtiyacını karşılayamamakta ve sulamaya ihtiyaç duyulmaktadır (Güngör ve Yıldırım, 1989). Sulama, bitkilerin normal gelişmelerini sürdürebilmeleri ve ürün verebilmeleri için kök bölgelerinde ihtiyaç duydukları suyun, doğal yollarla karşılanamayan kısmının, uygun zaman ve miktarda toprağa verilmiş biçimi olarak tanımlanmaktadır.

Ayçiçeği tohumu içerdiği yüksek orandaki (%22-50) yağ miktarı nedeniyle bitkisel ham yağ üretimi bakımından dünyada ve ülkemizde önemli yağ bitkilerinden birisidir. Dünya bitkisel ham yağ üretiminin %11'i, Türkiye bitkisel ham yağ üretiminin %46'sı ayçiçeğinden karşılanmaktadır (T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü, 2017).

Türkiye, dünya ayçiçeği üretiminde yedinci sırada olup, son sekiz yılın ortalamasına göre 1,2 bin tonluk ayçiçek üretimi ile 36 milyon ton olan dünya ayçiçek üretiminin %3'ten fazlasını gerçekleştirmektedir.

Çizelge 1.1. Ülkeler bazında ayçiçek tohumu üretimi (Bin ton)

Ülkeler	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14	2014/15	2015/16	2016/17	2017/18*
Ukrayna	8.000	9.500	8.390	10.940	10.000	12.100	15.100	13.200
Rusya	5.820	9.500	8.000	10.200	9.000	9.700	11.600	10.600
AB-28	6.975	8.300	7.020	9.110	8.920	7.770	8.550	9.740
Arjantin	3.665	3.780	2.850	2.310	2.700	2.830	3.300	3.500
Çin	1.710	1.700	1.730	2.420	2.380	2.700	2.750	2.800
ABD	1.241	925	1.240	920	1.000	1.330	1.200	980
Türkiye	1.020	940	1.100	1.450	1.200	1.350	1.470	1.700
Hindistan	650	620	620	580	390	360	-	-
Güney Afrika	860	522	560	830	660	760	870	800

Kaynak: Oil World Monthly (16 Şubat 2018), () Tahmin*

Çizelge 1.2'den izleneceği gibi, Türkiye'de yıllara göre değişmekle beraber yaklaşık 530-681 bin hektar alanda ayçiçeği ekimi yapılmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK], 2018).

Çizelge 1.2. Türkiye'de yağlık ayçiçeği yıllara göre ekim alanları, üretim ve verim miktarları

Yıllar	Ekim Alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/ha)
2008/09	580.000	992.387	1.710
2009/10	584.000	1.057.125	1.809
2010/11	641.000	1.320.000	2.120
2011/12	655.000	1.335.000	2.038
2012/13	604.000	1.370.000	2.268
2013/14	609.000	1.523.000	2.500
2014/15	530.000	1.480.000	2.169
2015/16	569.000	1.500.000	2.640
2016/17	616.000	1.500.000	2.431
2017/18	681.000	1.800.000	2.641

Hemen her bölgemizde yetişebilen, tanelerinde yüksek oranda ve kaliteli yağ içeren ayçiçeği, ülkemizde yağ bitkileri ekim alanında pamuktan sonra ikinci sırayı almaktadır. Geniş bir adaptasyon kabiliyeti olması ve ekimden hasada, fazla bir işgücü gerektirmemesi nedeniyle, ekim alanlarının %75,9'u ile başta Trakya-Marmara bölgesi olmak üzere, Orta Anadolu,

Karadeniz, Ege gibi birçok bölgemizde yetiştirilmektedir. 2017 yılında toplamda 55 ilimizde yağlık ayçiçeği üretilmiş olup Çizelge 1.3’de ilk beş ilimiz gösterilmektedir (TÜİK, 2017).

Çizelge 1.3. Türkiye’de yağlık ayçiçeği üretim alanları ve miktarları

İller	Ekim Alanı (da)	Üretim (ton)	Yüzde (%)
Tekirdağ	1.567.329	368.125	20,45
Konya	670.212	254,413	14,13
Edirne	1.008.114	244.655	10,85
Adana	580.227	195.225	10,77
Kırklareli	780.591	193.784	4,01

Ayçiçek yağı, içeriğinde bulunan yüksek orandaki linoleik yağ asidinin kurumayı çabuklaştırıcı özelliği nedeniyle yağlı boya, sabun, kozmetik ve plastik ürünlerin hammaddesini oluşturulmaktadır. Hasat sonrası elde edilen tohum kabuğu, sap ve tablaları selüloz endüstrisinde, kâğıt ve yakacak olarak değerlendirilmektedir. Ayçiçeğinin, hasattan sonra geriye kalan sap ve artıkları yonga-levha üretiminde değerlendirilerek inşaat sektörünün kapalı ve kuru ortamlarında yalıtım levhası olarak, mobilya, dekorasyon gibi değişik alanlarda değerlendirilmektedir (Bektaş, Güler ve Kalaycıoğlu, 2002). Ayrıca sap ve artıklarının yakılmasından elde edilen kül %36-40 arası potasyum içerdiğinden potasyum eksikliği olan tarlalara gübre olarak kullanılmaktadır (Sugözü, Aksoy ve Bayındır, 2009).

Ayçiçeği silajlık yem olarak özellikle baklagiller ile karma şekilde ekilip hayvan beslenmesinde veya bitki artıkları arazide bırakılarak yeşil gübre ve havalanmış bir toprak bırakmasından dolayı iyi bir ekim nöbeti bitkisidir (Eğilmez, 1977). Bunun yanı sıra son yıllarda özellikle Avrupa ülkelerinde gerek nüfus yoğunluğu gerekse ciddi manada hava kirliliği nedeniyle dizel yakıtı alternatif olarak biyodizel yakıt olarakta kullanılmaya başlanmıştır. Biyodizel yakıt üretiminde kullanılan bitkisel yağlar içerisinde en iyi şartı sağlayan ayçiçek yağı olduğu İspanya, Yunanistan, Portekiz gibi birçok ülkede yapılan bilimsel deneylerle ortaya konmuştur (Grompone, 2005).

Ayçiçeği ülkemizde genellikle güçlü kök sistemi nedeniyle kuraklığa dayanıklı olarak bilinmekte ve kuru koşullarda yazın yetiştirildiğinden, yazın hüküm süren olumsuz iklim koşulları ayçiçeği verimini önemli ölçüde etkilemektedir. Son yıllarda bu dönemdeki yağışların düzensiz olması, tablanın küçülmesine, özellikle dane olum devresindeki aşırı sıcaklar, tabladaki dane sayısının azalmasına, dane verimini ve yağ oranını düşürüp kabuk oranını

arttırarak, birim alandan alınan yağ verimini önemli ölçüde azalmasına sebep olmaktadır (Kaya, Evcı, Pekcan, Gücer ve Yılmaz, 2009).

Trakya Bölgesinde, su kaynaklarının kısıtlı olması, son yıllarda hızlı ve plansız gelişen sanayinin bu mevcut kaynakları her geçen gün daha büyük boyutlarda tehdit etmesi tarımsal sulamada kullanılacak su miktarını kısıtlamaktadır. Diğer yandan, bölgede iyi mekanizasyon, bilinçli gübreleme, etkin tarımsal mücadele, iyi tohumluk seçimi gibi etmenlerin yarattığı verim artışı bir noktada kalmış ve bu da yetersiz olmaya başlamıştır. Yörede ulaşılan üretim değerlerini daha da arttırmanın yolu, bilinçli ve ekonomik sulama uygulamalarının, sulu tarım alanlarının ve suyun etkinliğini arttıracak alternatif tarım girdilerinin hayata geçirilmesidir (Özer, 2012).

Sulama suyunun ne zaman uygulanacağı konusunda bitki içinde bulunduğu çevreye tepki verdiğiinden ve su kaynağı olan toprakla atmosfer arasında yer aldığından, sulama programlanması için bitkinin içsel su durumunun ortaya konulması amacıyla bitkinin izlenmesi gerekir. Uygulanacak sulama suyu miktarını belirlemede bitki parametrelerinin topraktaki nem miktarı ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bitkilerin su içeriğinin belirlenmesinde çeşitli yöntemlerden ve göstergelerden söz edilebilir. Bu kapsamda, bitkiye dayalı ölçüm tekniklerinden yaprak su potansiyeli, fotosentez hızı, yaprak sıcaklığı, stoma direnci, klorofil içeriği ve yaprak alan indeksi ölçümleri ön plana çıkmaktadır. Günümüzde bu amaçla yapılmış çalışmalarda geliştirilen yöntemler, modeller ve indekslerin farklı iklim ve toprak özelliklerine sahip bölgeler için arazi denemeleriyle test edilmesi ve geliştirilmesine gereksinim duyulmaktadır.

Bu çalışmada, bitkiye dayalı ölçümler ile toprak nem düzeyinin ilişkilendirilmesinin ülkemiz ve özellikle Trakya Bölgesi koşullarında ayçiçeği bitkisi üzerine uygulanabilirliği araştırılmıştır. Araştırmada, Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü arazisinde 2 yıl süresince toprak, iklim ve bitki özellikleri dikkate alınarak, damla sulama yöntemi ile farklı su miktarları altında yetiştirilen ayçiçeği bitkisinin sulama zamanı planlamasının belirlenmesi adına gerekli ölçümler yapılmış ve değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Ayçiçeğinde Sulama Uygulamaları

Erdem (2000) Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) su-verim ilişkileri üzerine yaptığı çalışmada, toplam büyüme mevsimi ile bireysel büyüme periyotlarında (erken vejetatif gelişme, geç vejetatif gelişme, toplam vejetatif gelişme, çiçeklenme ve dane oluşumu) su ihtiyacının %0, 25, 50, 75 ve 100'ün karşılandığı durumlarda, verim ve verim öğelerinin saptanması, topraktaki nem eksikliğine duyarlı büyüme periyotlarının belirlenmesi, su-verim ilişkisi faktörlerinin ve yöreye en uygun bitki su tüketimi tahmin eşitliğinin belirlenmesini amaçlamıştır. Araştırma sonucunda, en yüksek dane verimi, büyüme mevsimi boyunca bitki su ihtiyacının tam olarak karşılandığı deneme konusundan elde edilmiştir. Ayrıca, topraktaki nem eksikliğine en duyarlı büyüme periyodunun çiçeklenme periyodu olduğu belirlenmiştir. Tekirdağ koşullarında karık sulama uygulamaları altında mevsimlik bitki su tüketimi değerlerini sulama suyu ihtiyacının tam olarak karşılanması koşulunda ortalama olarak 781 mm olarak ölçülürken, bu deneme konusundan elde edilen ayçiçeği dane verimi 514 kg/da olmuştur. Toplam büyüme mevsimi için su-verim ilişkisi faktörü (k_y) 0,85 olarak saptanırken, bu değer; çiçeklenme periyodunda 0,67, toplam vejetatif gelişme periyodunda 0,43, dane oluşumu periyodunda 0,39, geç vejetatif gelişme periyodunda 0,28 ve erken vejetatif gelişme periyodunda 0,20 olarak elde edilmiştir. Diğer yandan, ayçiçeği bitkisi için Penman yönteminin Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization – FAO) modifikasyonunun en uygun bitki su tüketimi tahmin yöntemi olduğu ileri sürülmüştür.

Pekcan ve Erdem (2005) Edirne koşullarında Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil ettirilmiş TR-3080 ve TR-6149 ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitlerine karık sulama yöntemi ile uygulanacak tek bir sulamanın (destekleme sulaması) verim ve verim parametrelerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, susuz koşullarda ortalama 297 mm (TR-3080) ve 314 mm (TR-6149) olarak elde edilen mevsimlik bitki su tüketimleri, tek bir sulama uygulaması ile 428 mm (TR-3080) ve 441 mm (TR-6149)'ye yükselmiştir. Bitki su tüketimindeki bu artış, bitkinin vejetatif gelişim unsurlarında ve dane veriminde önemli bir etki yarattığı açıklanmıştır.

Demir, Göksoy, Büyükcangaz, Turan ve Köksal (2006) Bursa koşullarında farklı su kısıtı uygulamalarının ayçiçeği bitkisinin su kullanımı ve verim özelliklerine olan etkisini incelemiştir. Araştırmada sulanmayan konu, 12 farklı kısıt konusu ile kısıt uygulanmayan

konu olmak üzere 14 farklı deneme konusu dikkate alınmıştır. Araştırma sonucunda en yüksek ayçiçeği dane verimi su kısıtı uygulanmayan deneme konusundan 3,95 t/ha ile elde edilmiştir. Ayrıca aynı deneme konusundan 652 mm ile en yüksek mevsimlik bitki su tüketimi değeri elde edilmiştir.

Beg, Pourdad ve Alipour (2007) Suriye’de yürüttükleri araştırmada damla sulama uygulamaları altında farklı sulama uygulamalarının iki farklı ayçiçeği çeşidinin verim ve bazı agronomik parametrelerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada sulama suyu uygulanmayan konu, %50 sulama ve tam sulama olmak üzere üç farklı deneme konusu dikkate alınmıştır. Araştırma sonucunda, sulama suyu uygulanmayan konuya göre %50 sulama konusunda %150, tam sulama konusunda ise %312 verim artışı elde edildiği belirtilmiştir. Sonuçta, elde edilen verim artışı, su kullanım randımanı ve ekonomik analizlerin birlikte değerlendirilmesi ile %50 deneme konusu önerilmiştir.

Karam vd. (2007) Lübnan’da yürüttükleri araştırmada, damla sulama uygulamaları altında tam ve kısıtlı sulama koşullarında ayçiçeğinin bitki su tüketimi, dane verimi ve su kullanım randımanı (WUE) değerlerini belirlemişlerdir. Araştırmada tam sulama uygulamaları erken çiçeklenme, geç çiçeklenme ve erken ürün oluşumu dönemlerinde gerçekleştirilmiştir. Tam sulama uygulaması koşullarında lizimetrede ölçülen bitki su tüketimi (ET_c) değerleri 765 ile 882 mm arasında değişmiştir. Ayrıca günlük bitki su tüketimi değerlerinin çiçeklenme periyodunda 13 mm/gün değerine ulaştığı, çimlenme ve çıkış döneminde ise 6 mm/gün değerine düştüğü belirtilmiştir. Elde edilen verilere göre bitki katsayısı (k_c) değerleri; büyüme periyotlarına göre 0,3 ile 1,00 arasında değişmiştir. Tam sulama koşullarında elde edilen dane verimi 5,36 t/ha, su kullanım randımanı (WUE) değeri ise 0,83 kg/m³ olarak hesaplanmıştır. Kısıtlı sulama koşullarında ise, erken çiçeklenme ve geç çiçeklenme dönemlerinde yapılan kısıtlarda verim azalması tam sulamaya göre %25 ve %14 daha az olarak ölçülmüştür.

Sezen, Yazar, Kapur ve Tekin (2011) Akdeniz İklim Kuşağında 2006 ve 2007 yıllarında gerçekleştirdikleri araştırmada, yağmurlama ve damla sulama uygulamalarının ayçiçeğinin dane verimi, yağ verimi ve yağ kalitesine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada tekil lateral yağmurlama sistemi kullanılarak tam sulama ve 4 farklı kısıt uygulaması yapılmıştır. Damla sulama uygulamalarında ise tam sulama uygulamasının yanı sıra, 3 farklı kısıt uygulaması ile kısmi kök kuruluğu uygulaması gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda, her iki sulama yöntemi altında artan su kısıtına bağlı olarak ayçiçeği dane veriminin azaldığı tespit edilmiştir.

Ali ve Noorka (2013) Pakistan koşullarında yürüttükleri araştırmada farklı gelişme dönemlerinde uygulanan su kısıtının ayçiçeğinin verim ve verim parametrelerine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada, her sulamada 75 mm olmak üzere çimlenme ve çıkış döneminde 1 kez sulama, çimlenme ve çıkış dönemi ile vejetatif gelişme döneminde toplam 2 kez sulama, çimlenme ve çıkış döneminde, vejetatif gelişme dönemi sonunda ve çiçeklenmede olmak üzere 3 kez sulama, çimlenme ve çıkış döneminde, vejetatif gelişme dönemi başında, sonunda ve ürün oluşumunda olmak üzere 4 kez sulama uygulaması yapılan deneme konuları dikkate alınmıştır. Araştırma sonucunda en yüksek ayçiçeği dane veriminin 4 kez sulama yapılan deneme konusundan 2,41 t/ha ile en düşük ayçiçeği veriminin ise 1,28 t/ha ile çimlenme ve çıkış döneminde 1 kez sulama yapılan deneme konusundan elde edildiği belirtilmiştir.

Süllü ve Dağdelen (2013) Aydın Söke koşullarında yürüttükleri çalışmada, ayçiçeğinde damla sulama yöntemi ile farklı sulama aralığı ve su düzeylerinin verim; bazı verim parametreleri (bitki boyu, sap kalınlığı, tabla çapı, bin dane ağırlığı, yağ oranı) ile su kullanım randımanı ve verim azalma oranı üzerine etkisini araştırmışlardır. Denemelerde 3 ve 6 gün aralıklarında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %0, 40, 60, 80, 100 ve 120'sinin karşılandığı 6 su düzeyi olmak üzere toplam 12 deneme konusu incelenmiştir. Sonuç olarak, sulama aralığı ile su düzeylerinin verimi ve verim parametrelerini önemli düzeyde etkilediği, en yüksek verimin 6 gün sulama aralığında ve %100 sulama suyu uygulanan deneme konusundan (491,6 kg/da) elde edildiği belirtilmiştir.

Ashok Kumar, Neelima ve Munirathnam (2014) Hindistan'da yürüttükleri araştırmada toprakaltı damla sulama uygulamalarının ayçiçeğinin gelişim ve verim parametrelerine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada iki farklı lateral aralığı (120 ve 150 cm), iki farklı lateral uzunluğu (20 ve 30 m) ve iki farklı nitrat uygulaması değerlendirilmiştir. Sonuçta, ayçiçeği sulamasında toprakaltı damla sulama yönteminin kullanıldığı koşulda, lateral aralığının 150 cm seçilmesi ve 75 kg-N/ha gübre uygulanması önerilmiştir.

Qureshi vd. (2015) Pakistan koşullarında yürüttükleri çalışmada damla ve karık sulama yöntemlerinin ayçiçeğinin dane verimi ve su kullanım etkinliği üzerine etkisini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, damla sulama yöntemi ile karık sulama yöntemine göre %56 daha az su kullanarak %26 daha fazla ayçiçeği verimi elde edildiği açıklanmıştır. Ayrıca, su kullanım randımanı (WUE) değerlerinin damla sulama uygulamaları ile karık sulama uygulamalarına göre üç kat fazla olduğu belirtilmiştir.

Azevedo vd. (2016) Brezilya koşullarında yürüttükleri araştırmada farklı sulama suyu miktarlarının ayçiçeğinin üretim ve su-verim ilişkisi faktörüne etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada, Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanan referens bitki su tüketimi değerlerinin (ET_0) bitki büyüme devresine göre 0,35 ile 1,0 arasında değişen bitki katsayıları (k_c) ile düzeltilerek elde edilen bitki su tüketimi değerlerinin farklı oranlar (%25, 50, 75, 100, 125 ve 150) ile uygulanması şeklinde oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda deneme konularından ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi değerleri; 131,0 ile 452,7 mm arasında, verim değerleri 1,84-3,36 t/ha arasında değişmiştir. Ayrıca, ayçiçeği bitkisinden istenilen verim değerlerinin eldesi için ekimden sonra 25 gün boyunca bitki su ihtiyacının tam olarak karşılanması gerektiği ve bitkinin su-verim ilişkisi faktörü (k_y) değerinin 1'den küçük olmasından dolayı kısıtlı sulama uygulaması altında yetiştirileceği önerilmiştir.

Yavuz (2016) Konya koşullarında 2013 ve 2014 yıllarında yürüttüğü araştırmada, damla sulama uygulamaları altında farklı sulama aralığı ve sulama suyu miktarlarının ayçiçeğinin dane verimi, verim parametreleri ve kaliteye olan etkilerini incelemiştir. Araştırmada sulama aralığı olarak 5, 10 ve 15 gün alınırken, farklı sulama suyu miktarları açasından A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma değerlerinin %125, 100, 75 ve 50'sinin uygulandığı deneme konuları dikkate alınmıştır. Araştırma sonucunda Konya koşullarında en yüksek bitki su tüketimi ve ayçiçeği dane verimi değerleri ise 748,7 mm ve 548,1 kg/da ile 10 gün sulama aralığında açık su yüzeyi buharlaşma değerlerinin %125'inin uygulandığı deneme konusundan elde edildiği belirtilmiştir. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE), her iki deneme yılı birlikte değerlendirildiğinde; sırasıyla 0,70-3,70 kg/m³ ve 0,53-0,75 kg/m³ arasında değişmiştir. En yüksek WUE değeri sulama yapılmayan konularda; en yüksek IWUE değeri ise 10 gün sulama aralığında açık su yüzeyi buharlaşma değerlerinin %125'inin uygulandığı deneme konusundan elde edildiği belirtilmiştir.

Mahmoud ve Ahmed (2016) Libya'da yürüttükleri çalışmada 10 farklı ayçiçeği çeşidini damla sulama yöntemi ile sulama suyu ihtiyacının %100 ve %75'ini uygulayarak yetiştirmişlerdir. Araştırma sonucunda çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğunu belirlemişlerdir.

Sinha, Buttar ve Brar (2017) 2014 ve 2015 yıllarında Hindistan'da yürüttükleri araştırmada damla sulama uygulamaları altında farklı sulama suyu ve gübre uygulamaları ile ayçiçeği bitkisinin su ve enerji kullanım randımanı değişimini incelemişlerdir. Araştırmada

sulama suyu uygulamaları, FAO 56'ya göre elde edilen referans bitki su tüketimi (ET_0) değerlerine göre hesaplanan bitki su tüketimi (ET_c) değerlerinin %100, 80 ve 60'nın uygulanması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucunda %100 ve 80 konularından elde edilen ayçiçeği dane verimlerinin istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer aldığı belirlenmiştir. Sonuçta, deneme konularından elde edilen verim, yağ içeriği, net gelir ve enerji kullanım randımanı değerleri açısından %80 konusu önerilmiştir.

Ismail ve El-Nakhlawy (2018) Mısır'da yürüttükleri araştırmada damla sulama uygulamaları altında ayçiçeği bitkisinin su kullanımı ve verim özelliklerini araştırmışlardır. Araştırmada sulama suyu uygulamaları mevcut nemin tarla kapasitesine kadar tamamlandığı tam sulama konusu ile mevcut nemin %65 seviyesine tamamlandığı kısıtlı sulama şeklinde yapılmıştır. Araştırma sonucunda kısıtlı sulama uygulaması ile günlük ve mevsimlik bitki su tüketimlerinin ve dolayısıyla verim değerlerinin %10 daha azaldığı açıklanmıştır. Araştırma sonucunda, su kaynağının kısıtlı olmadığı koşullarda ayçiçeği bitkisinin tam sulama koşullarında yetiştirilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Kaviya, Sathyamoorth, Rajeswari ve Chinnamuthu (2018) Hindistan'da yürüttükleri araştırmada, ayçiçeği bitkisini buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşması değerlerinin (E_0) farklı oranları altında damla sulama yöntemi ile sulamışlardır. Araştırmada buharlaşma kabı katsayısı olarak (k_p) 0,80 alınmış ve 3 gün sulama aralığı uygulanmıştır. Araştırma sonucunda 7 farklı deneme konusunda ölçülen ayçiçeği bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimleri 179,85 ile 257,9 mm arasında, su kullanım randımanı değerleri ise 0,59 ile 9,06 kg/ha mm arasında değişmiştir. Ayrıca en yüksek ayçiçeği dane verimi 2,31 t/ha ile ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma değerinin %100 olarak uygulandığı deneme konusundan elde edildiği açıklanmıştır.

Swain, Mohapatra, Digal ve Sahu (2019) Hindistan koşullarında yürüttükleri araştırmada damla sulama yöntemi altında farklı sulama zamanı planlamasının ayçiçeği bitkisinin su kullanım randımanı değişimine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada toprak neminin tarla kapasitesine ve kullanılabilir su tutma kapasitesinin %20, 40 ve 60'na kadar sulama suyu uygulamaları ile karık sulama altında çiftçi uygulaması şeklinde olmak üzere beş deneme konusu dikkate alınmıştır. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları 188 ile 205 mm arasında değişmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek ayçiçeği dane verimi 1,97 t/ha ile mevcut nemin tarla kapasitesine tamamlandığı deneme konusundan elde edilirken, en düşük ayçiçeği dane verimi ise karık sulama yöntemi ile çiftçi uygulaması şeklinde yapılan

deneme konusundan 1,06 t/ha ile alınmıştır. Deneme sonucunda elde edilen su kullanım randımanı değerleri (WUE) 5,19 ile 11,20 kg/ha-mm arasında değişmiştir. Bu değerlere göre 11,20 kg/ha-mm WUE değeri ile kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40'ına kadar sulama suyu uygulanan deneme konusu önerilmiştir.

2.2. Sulama Zamanı Planlamasında Bitkiye Dayalı Ölçüm Teknikleri

Orta, Erdem ve Erdem (2002) Tekirdağ koşullarında gerçekleştirdikleri araştırmada karık sulama yöntemi ile suladıkları ayçiçeği bitkisinin bitki su stresi indeksi (CWSI), yaprak alan indeksi (LAI) ve stoma direnci arasındaki ilişkileri incelemiştir. Araştırmada kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde sulama suyu uygulanan deneme konusunun (%100) yanı sıra bu miktarının %75, 50, 25 ve 0'nın uygulandığı deneme konuları dikkate alınmıştır. Araştırma sonucunda LAI değerleri bitkinin büyüme periyotlarına göre 0,38 ile 3,00 m²/m² arasında değişirken, en yüksek LAI değerleri %100 konusunda elde edilmiştir. Araştırma sonucunda, bitki su stresi indeksi (CWSI), yaprak alan indeksi (LAI) ve stoma direnci arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler elde edilmiştir.

Williams ve Araujo (2002) Chardonnay ve Cabernet sauvignon üzüm çeşitleri üzerinde yürüttükleri araştırmada, basınç odası kullanılarak yapılan şafak vakti yaprak su potansiyeli ölçümü, öğle vakti yaprak su potansiyeli ölçümü ve gövde su içeriği ölçüm yöntemlerinin birbirleri ile olan ilişkileri incelemiştir. Ayrıca bu yöntemlerin toprak ve bitki bazlı ölçüm yöntemleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde öğle vakti yaprak su potansiyeli ve gövde su içeriği ölçüm sonuçları ile şafak vakti yaprak su potansiyeli ölçüm sonuçları arasında doğrusal bir ilişki tespit etmişlerdir. Öğle vakti yapılan fotosentez hızı ve stoma direnci ölçümleri ile kullanılan 3 yöntem arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiştir. Araştırmacılar 3 yöntemde bağda sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabileceğini belirtmiştir. Yöntemlerin pratikte uygulamalarını göz önüne alarak yaptıkları değerlendirme neticesinde (şafak vakti ölçümlerinin güneş doğmadan önce tamamlanmasının gerekmesi ve gövde su içeriği ölçümleri için ölçümden 90 dakika önce ölçüm yapılacak yaprakların alüminyum folyo ile sarılmasını gerektirmesi) öğle vakti yaprak su potansiyeli ölçümlerinin daha uygun olduğunu açıklamışlardır.

Demirtaş ve Kırnak (2006) 2001-2002 yıllarında Malatya'da yürüttükleri araştırmada kayısı ağaçlarını mini yağmurlama (Y) ve çanak (tava) (Ç) sulama yöntemleri ile 15, 20 ve 25 gün aralıklarla sulamışlardır. Araştırmada her sulamadan önce ve sulamadan sonra yaprak su

potansiyeli (YSP) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Sulamadan önce ölçülen YSP değerlerindeki değişim sulama aralıklarında istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuş, sulamadan sonra istatistiksel olarak fark bulunamamıştır. Sulamadan önce ölçülen ortalama mevsimlik en düşük YSP değeri -32,65 bar ile yağmurlama sulama 25 gün uygulamasından, en yüksek -30,93 bar ile yağmurlama sulama 15 gün uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca farklı sulama yöntemlerinin yaprak su potansiyeli üzerine istatistiksel olarak etkisi olmadığı açıklanmıştır.

Maya (2007) farklı sulama programları ve azot kapsamaları altında pamuk bitkisinde yaprak su potansiyelinin (YSP) zaman boyutunda değişimini incelemiştir. Çalışmada sulama uygulamaları açık su yüzeyi buharlaşma kabından (Class A pan) elde edilen yaklaşık birer haftalık yığılımlı buharlaşma değerlerinin %100, 70 ve 50'si şeklinde gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonucuna göre, deneme konularına sırasıyla 493, 316 ve 163 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sulamadan önce, tam sulamanın yapıldığı konuda (%100) $YSP = -15,5 \text{ bar} \pm 2,7$, hafif stres konusunda (%70) $YSP = -17,8 \text{ bar} \pm 3$, orta stres konusunda (%50) ise $YSP = -20,1 \text{ bar} \pm 3,3$ olarak ölçülmüştür. Anılan konular dikkate alındığında, pamuk sulama zamanı planlamasında, $YSP = -17,8 \text{ bar}$ değerinin kullanılabilceği belirtilmiştir.

Bozkurt Çolak (2010) Çukurova Bölgesinde damla yöntemiyle sulanan sofralık üzüm çeşitlerinde yaprak su potansiyeli değerlerini esas alarak en yüksek verimi ve kaliteyi sağlayacak optimum sulama programını oluşturmak amacıyla iki yıl süreyle bir çalışma yürütmüştür. Çalışmada, dört farklı konu ele alınmıştır: Bunlar gün ortası yaprak su potansiyelinin üç farklı eşik değerine göre oluşturulan sulama konularıyla (I_1 : $\Psi_1 = -1,0 \text{ MPa}$; I_2 : $\Psi_1 = -1,3 \text{ MPa}$; I_3 : $\Psi_1 = -1,6 \text{ MPa}$); sulanmayan tanık konudur (I_4). Araştırma sonucunda, sulama konularının omca verimi üzerine etkileri çeşitlere ve yıllara göre farklı olmuştur. Sulamanın verime, asma gelişimine ve sıra kalitesine etkisinde büyük farklılıklar saptanmıştır. Farkların çevresel koşullar ve uygulanan sulama programının etkisi sonucunda ortaya çıktığı belirlenmiştir. Flame Seedless çeşidinin gün ortası yaprak su potansiyelinin $\Psi_1 = -1,0$ ile $-1,3 \text{ MPa}$ (-10 bar) arasında; Italia çeşidinin ise $\Psi_1 = -1,3 \text{ MPa}$ (-13 bar) değerinde sulanmasıyla en yüksek verim alınmıştır. Sulamalarda kök bölgesindeki eksik nemin tarla kapasitesine getirilmesi gerektiği açıklanmıştır. En yüksek su kullanma randımanı (WUE) genel olarak sulanmayan konuda elde edilirken sulama düzeyi arttıkça WUE azalmıştır.

Köksal, Üstün ve İlbeyi (2010) Ankara koşullarında yürüttükleri araştırmada damla sulama yöntemi altında yetiştirdikleri yeşil fasulyenin sulama zamanının belirlenmesinde yaprak su potansiyeli (YSP) ve bitki su stresi indeksi (CWSI) değerlerinin kullanım olanaklarını

araştırmışlardır. Araştırmada deneme konuları 7 gün sulama aralığında açık su yüzeyi buharlaşma miktarlarının %120, 90, 60, 30, 10 ve 0 katları uygulanması şeklinde oluşturulmuştur. Araştırmada YSP değerleri deneme konuları arasında farklılık göstermiş ve sulama suyu düzeyi arttıkça yükselmiştir. Ayrıca, deneme konularında aynı gün için belirlenen toprak su içeriği, CWSI ve YSP değerleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Toprak nem içeriği -CWSI ve toprak nem içeriği -YSP arasında doğrusal ilişki elde edilmiştir. YSP değerleri deneme konuları için -10,0 ile -18,0 bar arasında değişim göstermiştir ve ortalama olarak -14,4 bar olarak ölçülmüştür. Sonuçta -14,0 ile -18,0 bar arasında ölçülen YSP değerlerinin bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı planlamasında kullanılabileceği açıklanmıştır.

Özer (2012) Tekirdağ koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan kabak (*cucurbita pepo* L.) bitkisinde, verim ve verim öğelerinin belirlenmesi, bitki su tüketimi ve uygun sulama programlarının geliştirilmesi için, buharlaşma miktarları ile bitkiye dayalı ölçüm tekniklerinden yararlanılması amaçlanmıştır. Araştırma, A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %0, 50, 75, 100 ve 125'i kadar sulama suyunun uygulandığı deneme konularından oluşturulmuştur. Genel olarak farklı sulama uygulamalarının verim ve verim elemanları üzerine istatistiksel açıdan önemli düzeyde etkileri olduğu görülmüştür. Ayrıca, topraktaki nem eksikliği arttıkça, CWSI değerlerinde artış görülmüştür. Deneme konularına ilişkin hesaplanan yaprak alan indeksi genel olarak sulama oranlarındaki artış ile yükselmiştir. Yaprak alan indeksi (LAI) değerleri ilk yıl 0,81-1,56 m²/m², ikinci yıl ise 0,68-1,66 m²/m² arasında değişmiştir. Sonuçta, bitki su stresi indeksi değerlerinden sulama zamanının belirlenmesinde ve kabağın verim tahmininde yararlanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, bitki su stresi indeksi ile yaprak alan indeksi arasında önemli ilişkiler elde edilmiştir.

Pepo ve Novak (2016) Macaristan'da yürüttükleri araştırmada erken, geç ve normal ekim tarihlerinin ayçiçeği bitkisinin yaprak alan indeksi (LAI), klorofil içeriği (SPAD) ve verimine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırma 2012, 2013 ve 2014 yıllarında iki farklı ayçiçeği çeşidi üzerinde yürütülmüştür. Araştırma sonucunda, LAI değerleri erken ekim tarihlerinde 5,1-5,3 m²/m², normal ekim tarihlerinde 4,5-5,2 m²/m² ve geç ekim tarihlerinde 4,4-5,2 m²/m² olarak hesaplanmıştır. LAI değerleri ile ayçiçeği verimleri arasında istatistiksel olarak önemli ilişkiler elde edilmiştir. Ayrıca, klorofil içeriğinin (SPAD) ekim tarihinden ve ayçiçeği çeşitlerinden etkilenmediği açıklanmıştır.

Gönen, Bozkurt Çolak, Yazar, Tanrıverdi ve Sesveren (2018) patlıcan bitkisinde yaprak su potansiyeli (YPS) ve bitki su stresi indeksi (CWSI) ölçümleri ile yüzey ve toprakaltı damla sulama sistemi kullanılarak gün içerisinde en uygun sulama zamanının değerlendirilmesine ilişkin yürüttükleri çalışmada, 3 farklı sulama düzeyi (%100, 75, 50) belirlemişlerdir. YSP ölçümleri için basınç odacığı, CWSI ölçümleri için infrared termometre ile bitki tacı sıcaklığı (Tc) ve hava sıcaklığı (Ta) ölçümleri yapılmıştır. Çalışma sonucuna göre, toprakaltı ile yüzey damla sulama karşılaştırıldığında toprakaltı damla sulama yönteminde CWSI değerlerinin daha düşük, YSP değerlerinin ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin gün ortasında en fazla streste olduğu CWSI ve YSP ölçümleri ile görülmüştür.

Yazdıç ve Değirmenci (2018) 2016 yılında Kahramanmaraş'ta yürüttükleri çalışmada farklı sulama suyu miktarı uygulamaları altında pamuk bitkisinin yaprak su potansiyeli ve klorofil değerlerinin değişimini incelemişlerdir. Araştırmada deneme konuları A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen yığışimli buharlaşma miktarlarının %100, 75, 50 ve 0'ı olacak şekilde planlanmıştır. Yaprak su potansiyeli ve klorofil ölçümleri sulamalardan önce ve sonra olmak üzere 12:00-13:00 saatleri arasında gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonunda, sulama öncesi yaprak su potansiyeli değerleri %100 konusunda -23,4 ile -26,91 bar, %75 konusunda -22,74 ile -26,1 bar, %50 konusunda -26,6 ile -31,08 bar ve %0 konusunda -33,08 ile -41,24 bar olarak ölçülmüştür. Sulama sonrasında yaprak su potansiyeli ölçümleri ise %100 konusunda -19,32 ile -24,6 bar; %75 konusunda -19,6 ile -22,12 bar; %50 konusunda -24,65 ile -29,12 bar; %0 konusunda -30,9 ile -33,08 bar arasındadır. Sulama öncesi klorofil ölçüm değerleri sulama konularına göre %100 konusunda 31,8-43,5; %75 konusunda 35,4-41,6; %50 konusunda 40-47; %0 konusunda 45,5-53,1 arasında ölçülmüştür. Sulama sonrası klorofil değerleri ise %100 konusunda 35,2-43,9; %75 konusunda 36,1-41; %50 konusunda 40,6-44,3; %0 konusunda 48,2-51,2 arasında ölçülmüştür. Sulama konuları dikkate alındığında yaprak su potansiyeli ve klorofil değerinin su stresini belirlemede ve sulama programlanmasında kullanılabileceği ifade edilmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

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

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanının Konumu

Bu araştırma, Tekirdağ il merkezine 2,5 km uzaklıkta Tekirdağ-Malkara çevreyolu üzerinde yer alan Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait tarım arazileri üzerinde yürütülmüştür. Deneme alanı 40°59' kuzey enlem derecesi ile 27°29' doğu boylam derecesinde olup denizden yüksekliği 4 m'dir. Enstitü tarım alanının toplamı 979 da olup, %91'inde araştırma ve üretim faaliyetleri devam etmektedir. Bu bölümün %75'inde ise sulu tarım yapılabilmektedir. Araştırma alanının konumu Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme alanının konumu (1: 2018 yılı, 2: 2019 yılı)

3.1.2. İklim Özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü alan yarı kurak bir iklim kuşağı içinde yer almaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü Tekirdağ iline ait, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden sağlanan 1960-2019 yıllarına ait (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü [MGM], 2019) uzun yıllar ortalama iklim verilerinden derlenen değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Uzun yıllar ortalamalarına göre, yıllık ortalama sıcaklık 14,1°C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 5,0°C ile Ocak, en sıcak ay ise 24,0°C ile Temmuz ve

Ağustos aylarıdır. Yıllık 580,8 mm olan ortalama yağış miktarının çoğunluğu Ekim ile Nisan ayları arasındaki dönemde olmaktadır. Yıllık ortalama bağıl nem %76,9'dur. Yıllık rüzgâr hızının 2 m yükseklikteki ortalama değeri 2,90 m/s'dir.

Deneme alanında 2018 ve 2019 yıllarında ayçiçeği büyüme mevsimi boyunca elde edilen iklim verilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3'te verilmiştir. Çizelge 3.2'den görüleceği gibi sıcaklıkların Mayıs ayının son haftasından itibaren 20,0°C'nin üzerine çıkmaya başladığı bitkinin hasat edildiği tarihe kadar ortalama 25,0°C civarlarında seyrettiği görülmüştür. Bitki büyüme mevsimi boyunca ölçülen yağış değerleri 2018 yılında 190,5 mm olarak kaydedilmiştir. Özellikle 28 Haziran, 24 Temmuz ve 30 Temmuz tarihlerinde bölge koşullarında uzun yıllardır gözlenmeyen yağış değerleri kaydedilmiştir. Çizelge 3.3'ten 2019 yılı iklim verileri incelendiğinde ise yağış değerleri haricinde 2018 yılına göre benzer değerlerin ölçüldüğü görülmüştür. Sıcaklık değerleri aynı şekilde Mayıs ayının son haftasında artmaya başlamış ve tüm büyüme mevsimi boyunca ortalama olarak 25,0°C civarlarında ölçülmüştür. Denemenin ikinci yılında yağış değerleri ise tüm büyüme mevsimi boyunca 57,5 mm olarak ölçülmüştür. Özellikle denemenin ilk yılında yüksek yağış değerlerinin ölçülmesi sulama uygulamaları ve bitki su tüketimi ölçümlerini önemli ölçüde etkilemiştir.

3.1.3. Toprak Özellikleri ve Topoğrafya

Araştırmanın yürütüldüğü Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü toprakları killi-tınlı bünyeye sahip, hafif tuzlu, az kireçli ve organik madde içeriği düşük topraklardan oluşmaktadır. Alanda eğim batıdan doğuya doğrudur. Eğim batı kesimlerde oldukça yüksek olup %15 dolayında, doğu kesimlerde ise %1,5 civarındadır (Orta, 1997).

3.1.4. Su Kaynağı ve Sulama Suyunun Sağlanması

Araştırma Enstitüsü arazilerinin sulanmasında 7 adet kuyu ve 4 adet depolama havuzundan yararlanılmaktadır. Kuyuların statik emme yüksekliği 2-6 m, debileri ise 12-20 L/s arasında değişmektedir. Ayrıca enstitü arazisinden geçmekte olan bir dere bulunmaktadır. Denemede kullanılan sulama suyu enstitüde bulunan dereden ve kuyudan sağlanmış, su önce havuzda toplanmış, bir pompa yardımıyla alana iletilmiş ve uygulama damla sulama yöntemiyle uygulanmıştır (Şekil 3.2). Alınan su örnekleri Kırklareli Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü laboratuvarında analiz edilmiş, sonuçları ABD Tuzluluk Laboratuvarı tarafından geliştirilen grafik yardımıyla sınıflandırılmıştır.

Çizelge 3.1. Araştırma alanına ilişkin iklim değerlerinin uzun yıllar ortalamaları

İklim verileri	Aylar												Yıllık ortalama
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ort. sıcaklık, (°C)	5,0	5,1	7,5	11,9	16,8	21,5	24,0	24,0	20,0	15,5	10,5	7,1	14,1
Ort. max. sıcaklık, (°C)	8,5	8,8	11,2	15,8	20,6	25,4	28,1	28,3	24,5	19,8	14,4	10,3	18,0
Ort. min. sıcaklık, (°C)	2,2	2,0	4,1	8,1	12,4	16,7	19,0	19,5	16,0	12,1	7,4	4,2	10,3
Ort. bağıl nem, (%)	82,6	80,5	80,0	77,1	76,0	72,0	68,8	69,4	73,4	78,2	82,0	82,8	76,9
Ort. rüzgar hızı, (m/s) *	3,3	3,2	3,0	2,5	2,3	2,4	2,8	3,0	2,8	3,0	2,9	3,2	2,9
Ort. güneşlenme süresi, (h)	2,6	3,3	4,1	5,6	7,7	9,0	9,7	8,8	7,2	4,8	3,3	2,4	68,5
Yağış, (mm)	68,3	54,3	54,7	40,7	36,9	37,9	22,5	13,2	33,9	61,7	75,3	81,4	580,8
Buharlaşma, (mm)	-	-	0,1	63,6	114,8	142,1	179,8	170,9	114,9	67,6	11,6	0,9	866,3

*: 2 m yükseklikte ölçülen değerdir.

Çizelge 3.2. Araştırma alanına ilişkin 2018 yılı iklim verileri

Aylar	Ort. sıcaklık (°C)	Ort. bağıl nem (%)	Ort. rüzgar hızı* (m/s)	Ort. güneşlenme süresi (h)	Ort. buharlaşma miktarı** (mm/gün)	Yağış (mm)
Nisan 27-30	17,35	70,87	2,38	10,18	5,05	-
Mayıs 1-10	16,21	88,65	2,34	5,44	3,25	5,50
11-20	18,82	76,63	2,44	6,76	3,92	17,3
21-31	20,35	72,90	3,65	5,61	4,24	4,60
Haziran 1-10	21,74	72,23	2,59	8,84	4,79	3,40
11-20	23,14	69,22	3,17	8,34	5,78	1,10
21-30	21,96	76,33	3,32	7,73	4,37	70,9
Temmuz 1-10	24,61	68,66	2,35	9,61	6,36	-
11-20	25,63	60,46	2,81	7,88	4,22	13,3
21-31	25,12	78,58	2,61	7,69	4,66	74,40
Ağustos 1-10	26,52	66,09	4,13	8,21	5,99	-
11-20	25,89	60,43	4,00	8,54	6,66	-
21-31	25,74	62,83	3,35	6,77	6,49	-
Eylül 1-4	26,67	65,67	2,10	6,50	6,35	-

* : 2 m yükseklikteki değerlerdir. ** : A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen toplam değerlerdir.

Çizelge 3.3. Araştırma alanına ilişkin 2019 yılı iklim verileri

Aylar	Ort. sıcaklık (°C)	Ort. bağıl nem (%)	Ort. rüzgar hızı* (m/s)	Ort. güneşlenme süresi (h)	Ort. buharlaşma miktarı** (mm/gün)	Yağış (mm)
Nisan 30	17,50	67,80	3,10	11,5	4,00	-
Mayıs 1-10	15,29	69,88	2,45	4,62	3,88	5,40
11-20	17,75	74,26	2,41	5,26	3,27	22,0
21-31	20,39	67,73	2,09	8,45	4,81	3,80
Haziran 1-10	22,17	68,13	2,45	8,65	5,82	2,30
11-20	24,33	64,68	2,66	7,04	5,89	4,90
21-30	25,69	61,44	3,30	8,02	7,22	0,30
Temmuz 1-10	24,77	64,27	2,54	10,11	7,00	2,60
11-20	22,23	65,10	3,19	7,75	5,24	16,20
21-31	24,61	64,06	2,82	10,40	7,29	-
Ağustos 1-10	24,92	63,81	2,91	10,23	7,05	-
11-20	24,84	62,47	4,09	8,96	6,98	-
21-31	25,92	60,48	3,97	9,22	7,30	-
Eylül 1-5	24,68	63,40	4,32	9,18	6,54	-

* : 2 m yükseklikteki değerlerdir. ** : A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen toplam değerlerdir.



Şekil 3.2. Deneme alanında kullanılan suyun depolandığı havuz

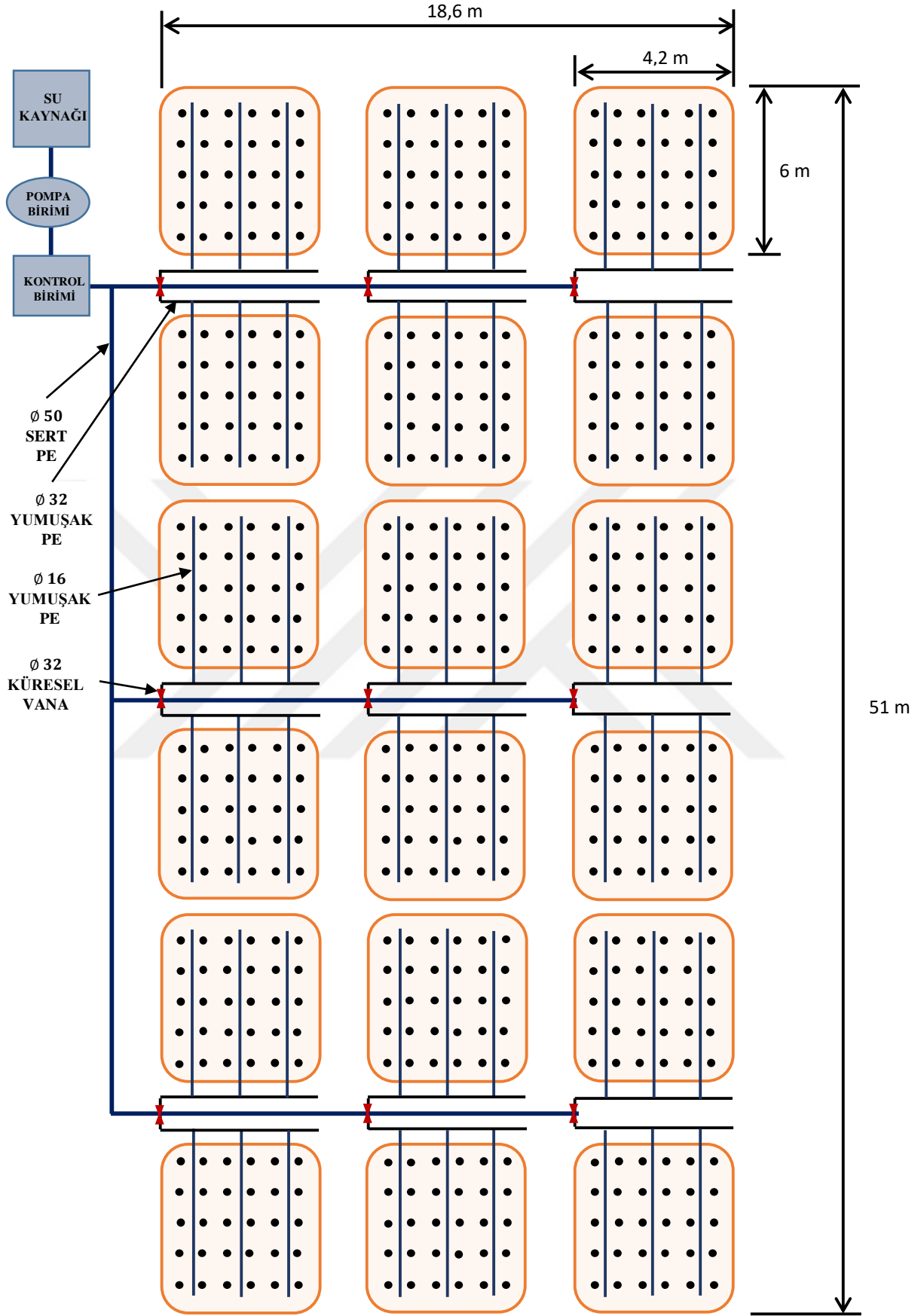
3.1.5. Sulama Sistemi

Depolama havuzundan pompa ile alınan sulama suyu, hidrosiklon, kum-çakıl filtre tankı ve disk elek filtrelerden oluşan kontrol biriminden geçtikten sonra 6 atm işletme basınçlı, 50 mm dış çaplı sert PE borular yardımı ile araştırma alanına iletilmiştir. Ayrıca, sistemde oluşan basıncı kontrol etmek amacıyla manometreler yerleştirilmiştir. Her bir deneme parseli için manifold boru hatları 32 mm dış çaplı yumuşak PE borulardan oluşturulmuştur.

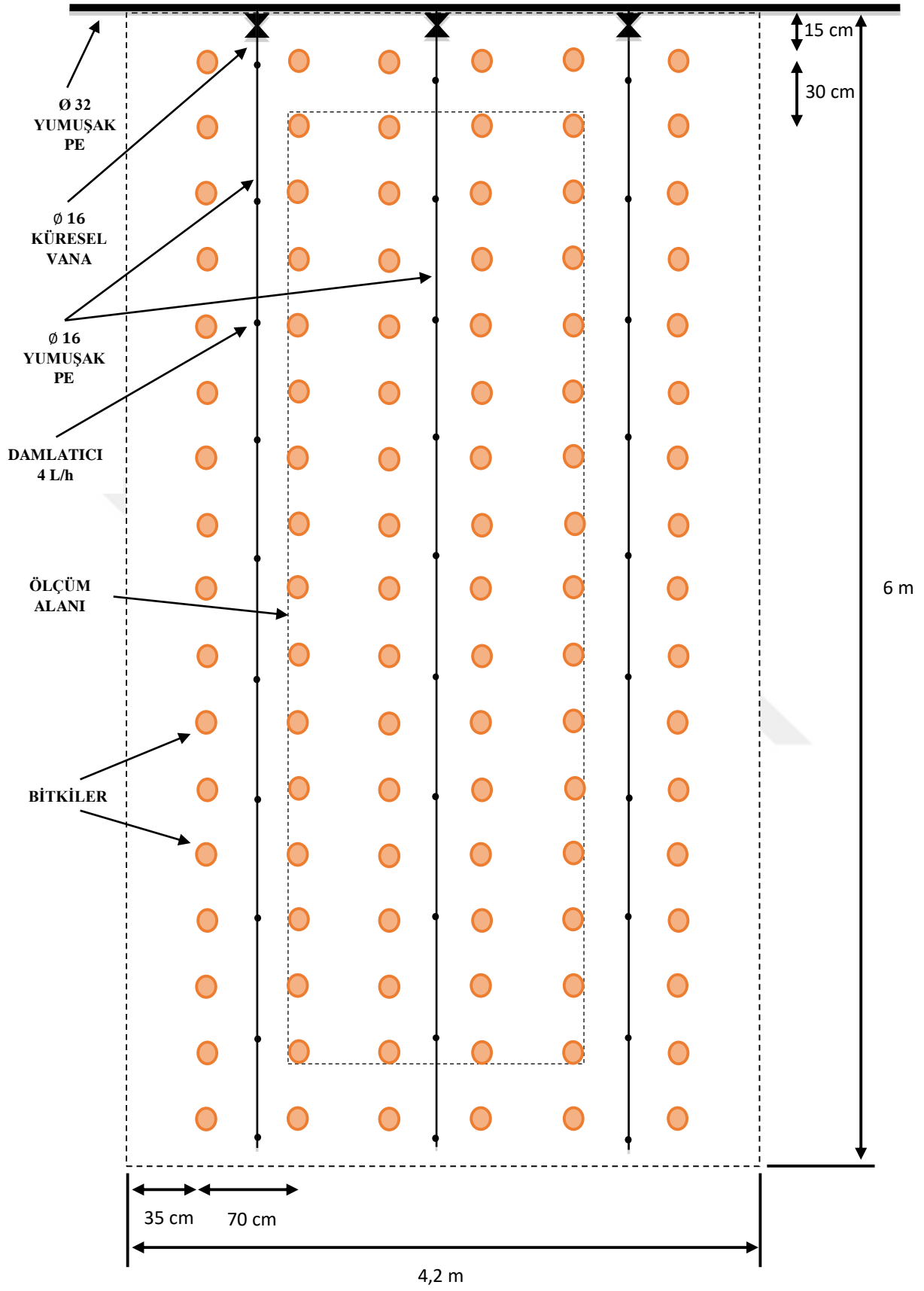
Deneme parselleri içerisinde 16 mm dış çaplı yumuşak PE borulardan oluşan lateral boru hatları, her iki bitki sıra arasına bir hat olacak şekilde döşenmiştir. Damlatıcı debisi Yıldırım (2008)'de belirtilen esaslara göre toprağın bünyesi ve su alma hızı dikkate alınarak 4 L/h olarak seçilmiştir. Damlatıcı aralığı toprağın infiltrasyon hızı ve damlatıcı debisi dikkate alınarak 45 cm olarak hesaplanmıştır. Böylelikle her lateral boru hattına 50 cm aralıklarla in-line damlatıcılar kullanılmıştır. Bir tüm deneme alanı ve deneme parselleri içerisindeki sulama sisteminin ayrıntısı Şekil 3.3 ve 3.4'te verilmiştir.

3.1.6. A Sınıfı Buharlaşma Kabı

Araştırmada, günlük buharlaşma değerlerinin ölçülmesinde standart A sınıfı buharlaşma kabı kullanılmıştır. A sınıfı buharlaşma kabı, 121 cm çapında, 25,5 cm yüksekliğinde, 2 mm galvanizli saçtan yapılmış üstü açık bir silindirden oluşmaktadır. Kap içerisindeki suyun hayvanlar tarafından içilmesini önlemek amacıyla kabın üzerine tel bir kafes yerleştirilmiştir. Kaptaki su düzeyi değişimleri 1/100 mm duyarlılıkta mikrometrelilikte derinlik ölçme aracı ile ölçülmüştür (Yıldırım ve Madanoğlu, 1985).



Şekil 3.3 Deneme alanı içerisinde sulama sisteminin gösterimi



Şekil 3.4. Deneme parseli içerisinde sulama sisteminin gösterimi

3.1.7. Bitki Ölçümlerinde Kullanılan Aletlerin Özellikleri

Yaprak su potansiyeli ölçümlerinde konsol tipi basınç odası (Scholander Basınç Odası) cihazı kullanılmıştır. Cihaz 0-20 bar (300 psi) veya 0-40 bar (600 psi) aralığında, %1'in 1/4 oranında doğrulukla ölçüm almaktadır. Basınç oluşturmak için azot gazı kullanılmaktadır (Scholander Basınç Odası, t.y.).

Fotosentez hızı, transpirasyon hızı ve stoma direnci ölçümlerinde LICOR-6400XT portatif fotosentez cihazı kullanılmıştır. Cihazın çalışma sıcaklığı 0-50°C aralığında değişmektedir (LICOR-6400XT, t.y.).

Yaprak alan indeksi ölçümleri LAI-2200C Plant Canopy Analyzer ile yapılmıştır. Üzerinde optik algılayıcı (148° görüş alanı) ve gelen ışık hatalarını azaltmak için filtre bulunmaktadır. LAI-2200C, bir okumada beş açıdan (7-23-38-53-68°) gelen ışığı ölçmektedir. Cihaz yalnızca 490 nm'nin altındaki radyasyonu almaktadır, bu durumda yapraktaki ışık yansımaları ve geçirgenliği minimum düzeydedir (LAI-2200C Plant Canopy Analyzer, t.y.).

Klorofil içeriği ölçümleri Klorofil Metre SPAD-502Plus ile yapılmıştır. Ölçüm süresi yaklaşık 2 saniyedir ve hafızasında 30 ölçümü saklayabilmektedir. Çalışma sıcaklığı 0-50°C arasında, nem aralığı ise %85 veya daha az şeklindedir. Ölçüm aralığı normal sıcaklık ve nem koşullarında 0,0-100,0 SPAD değeridir. Doğruluğu ise "±" 1.0 SPAD birimidir (Klorofil Metre, t.y.).

3.1.8. Bitki Özellikleri

Araştırmada, Syngenta firması tarafından üretilen Sanay MR ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) tohumu kullanılmıştır. Kullanılan çeşit, kuraklığa toleranslı, her türlü toprağa uyum kabiliyeti yüksek, mildiyö (köse) hastalığına toleranslı, ayçiçeğinin en önemli paraziti olan orobanşa dayanıklıdır (Sanay MR, t.y.).

3.1.9. Kullanılan Bilgisayar Paket Programları

Araştırmada, istatistiksel analizlerin yapılmasında ve çeşitli denklemlerin elde edilmesinde sırasıyla MSTAT, Tarist ve Excel paket programları kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu bölümde, araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri dikkate alınarak, kullanılacak sulama yönteminin gerektirdiği sistem unsurlarının projelendirilmesi, deneme düzeni ve konuları, bitki su üretim fonksiyonlarının ve bitki verim ile gelişim parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler yer almaktadır.

3.2.1. Deneme Düzeni ve Araştırma Konuları

Araştırma, tesadüf bloklarında deneme deseninde üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür ve deneme konuları rastgele dağıtılmıştır (Yurtsever, 1984). Araştırmada deneme konuları ortalama 7 gün sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının farklı oranlarının uygulanması şeklinde oluşturulmuştur.

Deneme konuları;

I₁ konusu: Toplam buharlaşma miktarının %0'ının uygulandığı sulama uygulaması,

I₂ konusu: Toplam buharlaşma miktarının %25'inin uygulandığı sulama uygulaması,

I₃ konusu: Toplam buharlaşma miktarının %50'sinin uygulandığı sulama uygulaması,

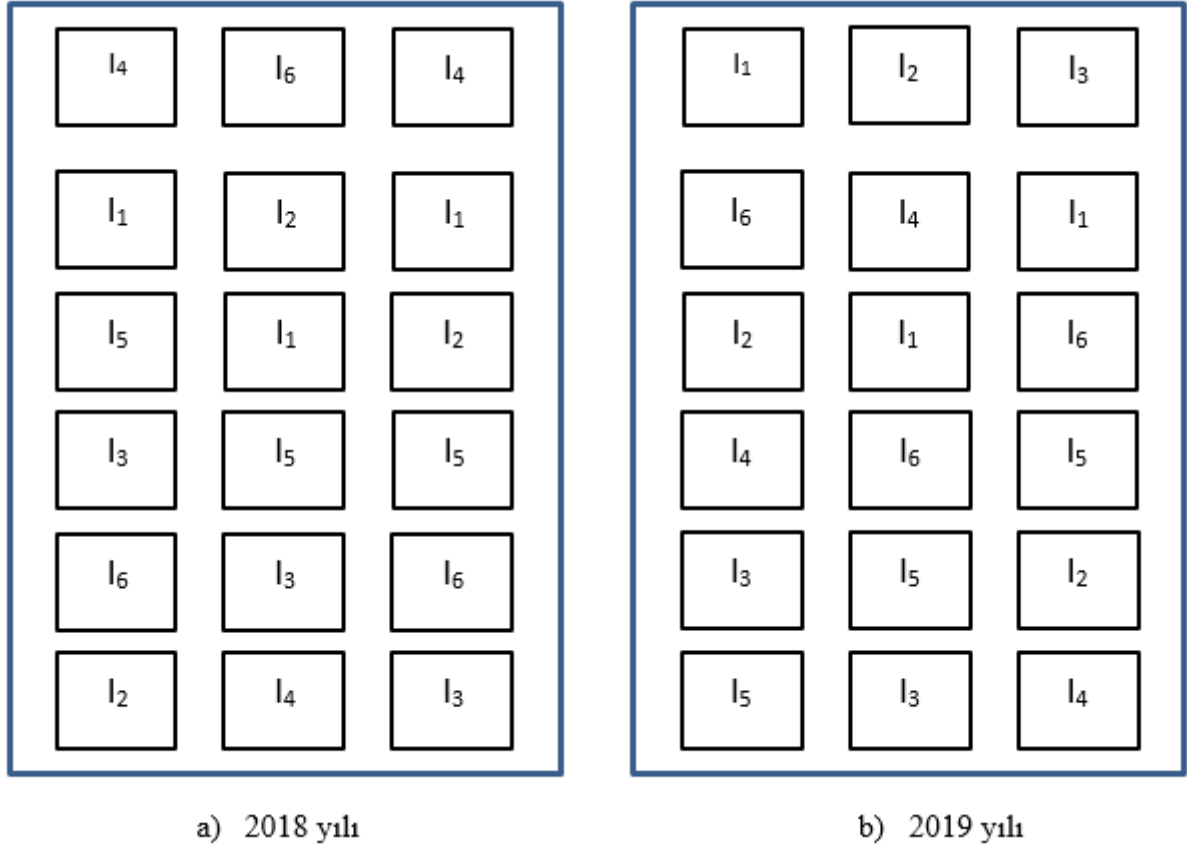
I₄ konusu: Toplam buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı sulama uygulaması,

I₅ konusu: Toplam buharlaşma miktarının %100'ünün uygulandığı sulama uygulaması,

I₆ konusu: Toplam buharlaşma miktarının %125'inin uygulandığı sulama uygulaması,

biçiminde düzenlenmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarına ilişkin deneme alanı ile deneme desenleri Şekil 3.5'te verilmiştir. Deneme alanı 18,60 × 51,00 m boyutlarında olup toplam 948,60 m² 'dir. Oluşturulan 3 bloğun her birinde 6 adet olmak üzere toplam 18 adet parsel bulunmaktadır. Bir deneme parseli 4,20 × 6,00 m boyutlarında olmak üzere toplam 25,20 m² alana sahiptir. Bir deneme parselinde 6 adet bitki sırası bulunmaktadır. Bitkilerin sıra aralığı 0,70 m sıra üzeri ise 0,30 m'dir. Tüm parsellerde birer bitki sırası kenar etkisi göz önüne alınarak hasat parseli dışında bırakılmıştır. Böylece hasat parseli 2,80 × 4,80 m olmak üzere toplam 11,2 m² olmuştur. Her deneme parselindeki bitki sayısı 120 hasat parselinde ise 64 adettir. Parsellerin düzenlenmesi sırasında, sulamalarda sızma yoluyla oluşabilecek yan etkileri önlemek amacıyla parseller arasında ve bloklar arasında 3,00 m boşluk bırakılmıştır.



Şekil 3.5. 2018 ve 2019 yıllarına ilişkin deneme desenleri

3.2.2. Araştırma Alanı Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Sulama Suyu Kalitesi Özellikleri

Denemenin kurulacağı alanda toprak ve suya ait fiziksel ve kimyasal analizler ile deneme süresince yapılacak örneklere ait kimyasal ve fiziksel analizler Ayyıldız (1990) ile Güngör ve Yıldırım (1989)'da belirtilen esaslara göre, Biyosistem Mühendisliği Bölüm laboratuvarı ve Kırklareli Atatürk Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü'nde yapılmıştır.

Denemelere başlamadan önce, araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri ile verimlilik analizlerini belirlemek amacıyla 2 farklı yerde 90 cm derinliğe kadar toprak profilleri açılarak 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmamış toprak örneklerinden hacim ağırlığı, bozulmuş toprak örneklerinden ise tarla kapasitesi, solma noktası ve bünye sınıfı değerleri Blake (1965) ile Benami ve Diskin (1965)'de belirtilen ilkelere göre belirlenmiştir.

Araştırma alanı topraklarının verimlilik analizleri için ise 0-20 ve 20-40 cm derinliklerden bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Sönmez ve Ayyıldız, 1964; Güngör ve Yıldırım, 1989). Araştırmada kullanılan sulama suyunun kalite sınıfını belirlemek amacıyla Ayyıldız (1990)'da belirtilen esaslara göre su örnekleri alınmıştır.

3.2.3. Toprağın Su Alma Hızı Ölçümleri

Toprağın su alma hızının saptanmasında, çift silindir infiltrometre yöntemi uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasında Güngör ve Yıldırım (1989) ve Delibaş (1994)'da belirtilen ilkelere uygun biçimde ölçümler yapılmış ve değerlendirilmiştir.

3.2.4. Buharlaşma Miktarı Ölçümleri

Günlük buharlaşma miktarının ölçülmesinde A sınıfı buharlaşma kabından yararlanılmıştır. Bu amaçla, günlük buharlaşma miktarı, mikrometrelili ölçüm kabı kullanılarak, eksik suyun tamamlanması şeklinde, her gün saat 10:00'da ölçüm yapılarak belirlenmiştir. Her hafta kap içerisindeki su boşaltılarak temizlenmiştir (Doorenbos ve Pruit, 1977; Yıldırım ve Madanoğlu, 1985).

3.2.5. Yaprak Su Potansiyeli (YPS) Ölçümleri

Yaprak su potansiyeli ölçümlerinde konsol tipi basınç odası (Scholander Basınç Odası) cihazı kullanılmıştır. Ölçümler, sulamalardan önce ve güneş ışınlarının yeryüzüne dik olarak geldiği öğlen saatlerinde (12:00-14:00) yapılmıştır. Ölçümlerde, ayçiçeği bitkisinin en üstteki, güneşe bakan, genç ve gelişimini tamamlamış yaprakları kullanılmıştır (Şekil 3.6). Yaprığın basınç odasına takılmasında uygun conta seçilerek basınç odasından gaz kaçağının olması engellenmiştir. Su potansiyeli ölçümü için seçilen yaprak koparılarak, sapı kesilmiş ve yapraklı kısım oda içerisine kapatılmıştır. Kesik yüzeyde su görülene kadar basınç uygulanmıştır. Kesik yüzey su ile kaplandığında okunan basınç değeri YSP olarak alınmıştır. Her deneme konusunda 2 ölçüm yapılmıştır. Ölçümlerde, Goldhamer vd. (1986) ve Hisio (1993) tarafından verilen ilkelere yararlanılmıştır.

3.2.6. Fotosentez Hızı, Transpirasyon Hızı ve Stoma Direnci Ölçümleri

Fotosentez hızı (A), transpirasyon hızı (E) ve stoma direnci (g_s) ile ilişkili verilerin ölçümleri gelişimini tamamlamış, sağlıklı ve güneş ışığını tam alan yapraklardan, sulamalardan

önce 10:00-12:00 saatlerinde, her sulama konusunda 2'şer bitkiden toplam 20 ölçüm alınarak yapılmıştır (Şekil 3.7). Ölçümlerde LICOR-6400XT portatif fotosentez cihazı kullanılmıştır.

3.2.7. Yaprak Alan İndeksi (YAI) Ölçümleri

Yaprak yüzey alanının toprak yüzey alanına oranı olarak tanımlanan yaprak alan indeksi (YAI) ölçümleri LAI-2200C Plant Canopy Analyzer ile sulama uygulamalarından önce yapılmıştır. Ölçümlere başlamadan önce ölçüm yapılacak parselin 4 köşesinde cihaz güneş ışığını tam alacak şekilde tutularak 4 dış ölçüm alınmıştır. Daha sonra parsel içerisine girilerek bitkilerin toprak yüzeyinden 50 cm yukarısında, sıra üzeri ve sıra arası takibi yapılarak 7 iç ölçüm alınmıştır (Şekil 3.8).

3.2.8. Klorofil İçeriği Ölçümleri

Ölçümler, sulamalardan önce ve güneş ışınlarının yeryüzüne dik olarak geldiği öğlen saatlerinde (12:00-14:00) yapılmıştır (Şekil 3.9). Ölçümlerde, ayçiçeği bitkisinin en üstteki, güneşe bakan, genç ve gelişimini tamamlamış yaprakları kullanılmıştır. Her deneme konusunda, deneme parsellerinde bulunan ölçüm alanlarındaki bitki yapraklarından 2'şer ölçüm alınmıştır. Değerler 1 ile 100 arasında olup, birimsizdir. Ölçümlerde Klorofil Metre SPAD-502Plus cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.6. Yaprak su potansiyeli ölçümleri



Şekil 3.7. Fotosentez hızı, transpirasyon hızı ve stoma direnci ölçümleri



Şekil 3.8. Yaprak alan indeksi ölçümleri



Şekil 3.9. Klorofil içeriği ölçümleri

3.2.9. Tarım Tekniği

Deneme alanında ekim yapılmadan önce lister ve diskaro çekilerek toprak hazırlığı yapılmıştır. Toprağın verimlilik analizlerine göre her iki yılda da ekimden önce tüm deneme parsellerine aynı olacak şekilde azot ve potasyumlu gübre uygulaması yapılmıştır. Ayçiçeğinin ekimi mibzer ile 2018 yılında 27 Nisan, 2019 yılında ise 30 Nisan tarihinde deneme parsellerine sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 30 cm aralıklarla olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Denemenin her iki yılında da deneme süresince gerekli olduğu zamanlarda parsel içi ve parsel dışı alanlarda yabancı ot kontrolü yapılmıştır. Deneme parsellerinde bulunan bitkiler devamlı olarak gözetim altında tutulmuş ve hastalık ile zararlılara karşı kısa sürede önlemler alınmıştır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Arazi uygulamalarına ilişkin görseller

3.2.10. Sulama Suyu Uygulamaları

Deneme konularına göre uygulanan net sulama suyu miktarları, açık su yüzeyi buharlaşmasından yararlanılarak hesaplanmıştır. Deneme parsellerinde sulama suyu uygulama aralığının belirlenmesinde, bölge çiftçisinin uygulamaları ve bitki özellikleri dikkate alınarak 7 gün sulama aralığının uygun olabileceğine karar verilmiş ve uygulanacak sulama suyu miktarı 7 günlük yığılımlı buharlaşma değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber vd., 2004).

$$I = K_{pc} \times E_p \times P \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

- I : Uygulanacak sulama suyu miktarı (mm)
- K_{pc} : Buharlaşma kabına bağlı katsayı,
- E_p : Yığılımlı buharlaşma miktarı, (mm),
- P : Damlatıcı aralığı ve lateral aralığına göre belirlenen ıslatılan alan yüzdesi (%),

dir.

3.2.11. Damla Sulama Sisteminde Projelene Kriterlerinin Belirlenmesi

Deneme parsellerine Güngör ve Yıldırım (1989)'da belirtilen esaslara göre, her iki bitki sırasına bir lateral hattı döşenmiştir. Denemede, 1,0 atmosfer basınçta, 4,0 L/h debiye sahip, lateral boyuna geçik (in-line) damlatıcılar kullanılmıştır. Damlatıcı aralığı, seçilen işletme basıncına göre elde edilen damlatıcı debisi ve toprağın su alma hızı değerlerinden yararlanarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Papazafirov, 1980).

$$S_d = 0,9 \sqrt{\frac{q}{I}} \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

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

Damla sulama sisteminde ıslatılan alan yüzdesi ise;

$$P = k \frac{S_d}{S_l} 100 \quad (3.3)$$

eşitliği ile belirlenmiştir (Yıldırım, 2004).

Eşitlikte;

- P : ıslatılan alan yüzdesi (%),
k : Bitki cinsi ve toprak bünyesine bağlı katsayı,
(Tarla bitkileri için 1,0 olarak alınmıştır)
S_d : Damlatıcı aralığı (m),
S_l : Lateral aralığı (m), değerlerini göstermektedir.

3.2.12. Bitki Su Tüketiminin Saptanması

Bitki su tüketimi değerleri, 90 cm toprak derinliğine göre aşağıda verilen su bütçesi yaklaşımı ile hesaplanmıştır (Walker ve Skogerboe, 1987). Bu amaçla, sulama uygulaması öncesi her bir deneme konusunda 90 cm toprak derinliğinde her 30 cm'lik toprak katmanı için kuru ağırlık yüzdesine göre toprak nemi ölçülmüştür.

$$ET = I + P + C_p - D_p \pm R_f \pm \Delta S \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

- ET : Bitki su tüketimi (mm),
I : Periyot boyunca uygulanan sulama suyu miktarı (mm),
P : Periyot boyunca düşen yağış (mm),
C_p : Kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarı (mm),
D_p : Derine sızma kayıpları (mm),
R_f : Deneme parsellerine giren ve çıkan yüzey akış miktarı (mm),
ΔS : Kök bölgesindeki toprak nemindeki değişimler (mm), değerlerini göstermektedir.

Deneme alanında taban suyu bulunmadığından, kılcal hareketle bitki kök bölgesine su girişi olmadığı varsayılarak C_p değeri göz önüne alınmamıştır. Ayrıca, basınçlı sulama sistemi kullanıldığından yüzey akış miktarları da ihmal edilmiştir (Kanber, 1997).

3.2.13. Mevsimlik Su-Verim İlişkisinin Belirlenmesi

Araştırmada deneme konularından elde edilen verim ve su tüketimleri arasındaki ilişkiler Stewart modeli esas alınarak belirlenmiştir. Su stresinin verim üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, oransal su tüketim açığı ile oransal verim azalması arasındaki ilişkiyi gösteren su-verim ilişkisi yöntemi, aşağıdaki eşitlik ile açıklanabilir (Doorenbos ve Kassam, 1979; Korukçu ve Kanber, 1981; Delibaş, 1994).

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

Y_a : Gerçek verim (kg/da),

Y_m : Maksimum verim (kg/da),

$\frac{Y_a}{Y_m}$: Oransal verim,

$1 - \frac{Y_a}{Y_m}$: Oransal verim azalması,

k_y : Su-verim ilişkisi faktörü,

ET_a : Gerçek bitki su tüketimi (mm),

ET_m : Maksimum bitki su tüketimi (mm),

$\frac{ET_a}{ET_m}$: Oransal bitki su tüketimi,

$1 - \frac{ET_a}{ET_m}$: Oransal bitki su tüketimi açığı, değerlerini göstermektedir.

3.2.14. Toprak Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Araştırmada toprak nem içeriği gravimetrik olarak 90 cm toprak derinliğinde her 30 cm'lik toprak katmanları için belirlenmiştir. Toprak nem ölçümleri, yağışın elverdiği koşullarda sulama uygulamalarından bir gün önce yapılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Toprak nem ölçümleri

3.2.15. Sulama Suyu Kullanım Randımanı ve Su Kullanım Randımanı

Deneme konularına uygulanan sulama suyu, ölçülen bitki su tüketimi ve hasat verimlerine göre, sulama suyu kullanım ve su kullanım randımanı değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır (Zhang vd., 1999).

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.6)$$

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

IWUE : Sulama suyu kullanım randımanı (kg/m^3),

WUE : Su kullanım randımanı (kg/m^3),

Y : Sulama suyu uygulanan deneme konularından ölçülen hasat verimi (t/ha),

I : Uygulanan sulama suyu miktarı (mm),

ET : Ölçülen bitki su tüketimi (mm)'dir.

3.2.16. Ayçiçeği Vejetatif Gelişme ve Verim Unsurlarının Belirlenmesi

Her bir deneme parseli içerisindeki ölçüm alanında bulunan bitkilerden bitki boyu, bitki gövde çapı kalınlığı, tabla çapı, dane verimi, bin dane ve hektolitre ağırlıkları, kuru madde miktarı, yağ oranı değerleri belirlenmiştir (Şekil 3.12).

Bitki boyu değerleri sulama sezonu bittiğinde mira yardımıyla her bir parselde 20 adet bitkide cm cinsinden ölçülmüştür. Bitki gövde çapı değerleri ise toprak yüzeyinden yaklaşık 5 cm yukarıdan kumpas yardımıyla ölçülmüştür. Hasat sonrası, laboratuvara getirilen ayçiçeği tablalarının çap ölçümleri kumpas ile yapıldıktan sonra daneler elle ayıklanmış ve tartılarak parsel dane verimleri, bin dane ve hektolitre ağırlıkları belirlenmiştir.

Her parselden elde edilen danelerden rastgele seçim yapılarak alınan örnekler 65°C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar etüvde kurutulmuş ve dane nemi saptanmıştır (Teare, Kanemasu, Powers ve Jacoms, 1975). Kuru madde miktarı değerleri dane nemi değerinin 100’den çıkarılması ile bulunmuştur. Ancak, kuru madde miktarı %90’ın üzerinde bulunduğu için dane verimleri kuru madde esasına göre düzeltilmemiştir (Atakişi, 1991). Deneme konularının yağ oranlarının belirlenmesinde, ham yağ analiz yöntemi kullanılmıştır (Akyıldız, 1968).



Şekil 3.12. Ayçiçeği vejetatif gelişme ve verim unsurlarının belirlenmesine yönelik görseller

3.2.17. İstatistiksel Analizler

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği gelişim ve verim parametreleri arasındaki farklılıkların düzeyinin belirlenmesinde varyans analizi, farklılıkların sınıflandırılmasında ise LSD testi, sulama suyu-verim, bitki su tüketimi-verim ile bitkiye dayalı ölçüm teknikleri arasındaki ilişkileri incelemek için regresyon eşitlikleri kullanılmıştır. Elde edilen veriler Yurtsever (1984)'de açıklanan esaslara göre değerlendirilmiştir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde, araştırma alanı topraklarının fiziksel ve verimlilik analizlerine ilişkin sonuçlar, sulama suyu, bitki su tüketimi, vejetatif gelişme, verim ve kalite parametreleri ile bitkiye dayalı ölçüm tekniklerine ilişkin sonuçlar verilmiş ve değerlendirilmiştir.

4.1. Toprağın Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

Araştırma alanında iki farklı profilden alınan toprakların fiziksel özellikleri; bünye sınıfı, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası ve kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1’deki sonuçlara göre, denemenin iki yılında da araştırma alanının tüm katmanlarındaki toprak bünye sınıfı killi-tın ve kildir. Kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri 2018 yılı için 152,38 mm/90 cm, ikinci yıl ise 128,17 mm/90 cm olarak bulunmuştur.

Çift silindir infiltrometre ölçmeleri sonucunda toprağın gerçek su alma hızı değeri her iki yılda da ortalama 20 mm/h alınmıştır. Deneme parsellerinden 0-20 cm ve 20-40 cm toprak derinliklerinden verimlilik analizi amacıyla alınan toprak örneklerinin kimyasal analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2 incelendiğinde topraktaki toplam tuz değerleri 490 ile 646 $\mu\text{mhos/cm}$ arasında, organik madde değerleri ise %1,01 ile 2,88 arasında değişmiştir. Deneme alanı topraklarının özellikle organik madde düşüklüğü ön plana çıkmaktadır.

Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri

Yıl	Profil derinliği (cm)	Bünye sınıfı	Tarla kapasitesi		Solma noktası		Hacim ağırlığı (g/cm^3)	Kullanılabilir su tutma kapasitesi (mm)
			%	mm	%	mm		
2018	0-30	Kil	21,73	104,30	10,28	49,34	1,60	54,96
	30-60	Kil	22,54	107,52	11,88	56,67	1,59	50,85
	60-90	Killi-tın	19,60	90,55	9,52	43,98	1,54	46,57
	0-90			302,37		149,99		152,38
2019	0-30	Kil	23,01	102,86	15,91	71,12	1,49	31,74
	30-60	Kil	27,05	128,22	17,71	83,95	1,58	44,27
	60-90	Kil	31,76	153,40	20,96	101,24	1,61	52,16
	0-90			384,48		256,31		128,17

Çizelge 4.2. Araştırma alanı topraklarının kimyasal özellikleri

Yıllar	Profil derinliği (cm)	Su ile doygunluk (%)	Toplam tuz ($\mu\text{mhos/cm}$)	pH	Kireç CaCO_3 (%)	Fosfor P_2O_5 (kg/da)	Potasyum K_2O (kg/da)	Organik madde (%)
2018	0-20	64	613	7,64	1,00	21,58	19,02	2,11
	20-40	60	646	7,73	3,00	7,15	10,50	2,88
2019	0-20	66	618	7,19	1,00	11,42	76,44	1,27
	20-40	59	490	6,71	1,00	25,62	44,17	1,01

4.2. Sulama Suyu Analizi Sonuçları

Kullanılan sulama suyunun kalite analizlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.3'te verilmiştir. Sulama suyu kalite sınıfı T_2S_1 'dir. Çizelgeden izleneceği gibi, sulama suyu analiz sonuçlarının bitki gelişmesini olumsuz etkileyecek özelliklerde olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4.3. Sulama suyu analiz sonuçları

Sulama suyu sınıfı	EC (dS/m)	pH	Kasyonlar (ppm)			Anyonlar (ppm)		
			Na^+	K^+	$\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}$	HCO_3^-	CL^-	SO_4^-
T_2S_1	0,72	7,7	1,40	0,12	5,16	6,00	0,41	0,27
T_2S_1	0,72	7,7	1,44	0,14	5,40	6,00	0,40	0,58

4.3. Ayçiçeği Bitkisinin Fenolojik Gözlemlerine İlişkin Sonuçlar

Denemenin her iki yılına ilişkin büyüme periyodu süreçleri ve tüm büyüme mevsimi uzunlukları Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi büyüme mevsimi birinci yıl 131 gün, ikinci yıl 129 günde tamamlanmıştır.

4.4. Damla Sulama Sisteminin Boyutlandırılmasına İlişkin Sonuçlar

Araştırma alanı topraklarının bünye sınıfı ve gerçek infiltrasyon hızı değerlerine göre damlatıcı debisi 4,0 L/h, damlatıcı aralığı ise 0,50 m olarak seçilmiştir. Lateraller her 2 bitki sırasına 1 adet olacak biçimde 1,40 m ara ile döşenmiş ve böylece ıslatılan alan yüzdesi 3.3 no'lu eşitlik ile %36 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Ayçiçeği bitkisinin 2018 ve 2019 yıllarında büyüme periyodu uzunlukları

Büyüme	Başlangıç tarihi	Bitiş tarihi	Periyot uzunluğu (gün)
Çimlenme ve çıkış (0)	Ekim 27 Nisan 2018 30 Nisan 2019	Bitki birkaç yapraklı olduğunda 17 Mayıs 2018 21 Mayıs 2019	21 22
Erken vejetatif gelişme (1a)	Bitki birkaç yapraklı olduğunda 18 Mayıs 2018 22 Mayıs 2019	Bitki sapa kalktığında 13 Haziran 2018 5 Haziran 2019	27 15
Geç vejetatif gelişme (1b)	Bitki sapa kalktığında 14 Haziran 2018 6 Haziran 2019	Tepe tomurcuğu görüldüğünde 26 Haziran 2018 18 Haziran 2019	13 13
Çiçeklenme (2)	Tepe tomurcuğu görüldüğünde 27 Haziran 2018 19 Haziran 2019	Tablada daneler görüldüğünde 20 Temmuz 2018 17 Temmuz 2019	24 29
Dane oluşumu (3)	Tablada daneler görüldüğünde 21 Temmuz 2018 18 Temmuz 2019	Daneler maksimum irilikte 09 Ağustos 2018 07 Ağustos 2019	20 21
Olgunlaşma (4)	Daneler maksimum irilikte 10 Ağustos 2018 08 Ağustos 2019	Hasat 04 Eylül 2018 05 Eylül 2019	26 29
Toplam 2018 2019	Ekim 27 Nisan 2018 30 Nisan 2019	Hasat 04 Eylül 2018 05 Eylül 2019	131 129

4.5. Uygulanan Sulama Suyu Miktarları ve Ölçülen Bitki Su Tüketimi Sonuçları

Sulama sezonu boyunca, her bir deneme konusuna ilişkin sulama tarihleri, buharlaşma değerleri ve uygulanan sulama suyu miktarları 2018 yılı için Çizelge 4.5'te, 2019 yılı için ise Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelgelerden izleneceği gibi, deneme konularına 7 gün ara ile can suyu hariç ilk yılda 7, ikinci yılda ise 12 kez sulama uygulaması yapılmıştır. Uygulanan toplam sulama suyu miktarları, 2018 yılında deneme konularına göre 67,0 ile 334,8 mm arasında, 2019 yılında ise 133,7 ile 668,1 mm arasından değişmiştir. Araştırmada sulama uygulamalarının 7 gün aralığında yapılması planlanmasına karşın, 2018 yılında 28 Haziran'da 50,5 mm, 24 Temmuz'da 28,2 mm ve 30 Temmuz'da 29,9 mm'lik günlük aşırı yağış miktarları sulama uygulamalarını etkilemiştir. Böylelikle, tüm büyüme mevsimi boyunca düşen toplam yağış miktarları 2018 yılında 190,5 mm olurken, 2019 yılında bu değer 57,5 mm olmuştur. İki deneme yılının toplam yağış miktarları arasındaki fark, 2018 yılında uygulanan toplam sulama suyu sayılarının ve miktarlarının 2019 yılına göre daha düşük olmasına neden olmuştur.

Çizelge 4.5. Araştırma konularına 2018 yılında uygulanan sulama suyu miktarları

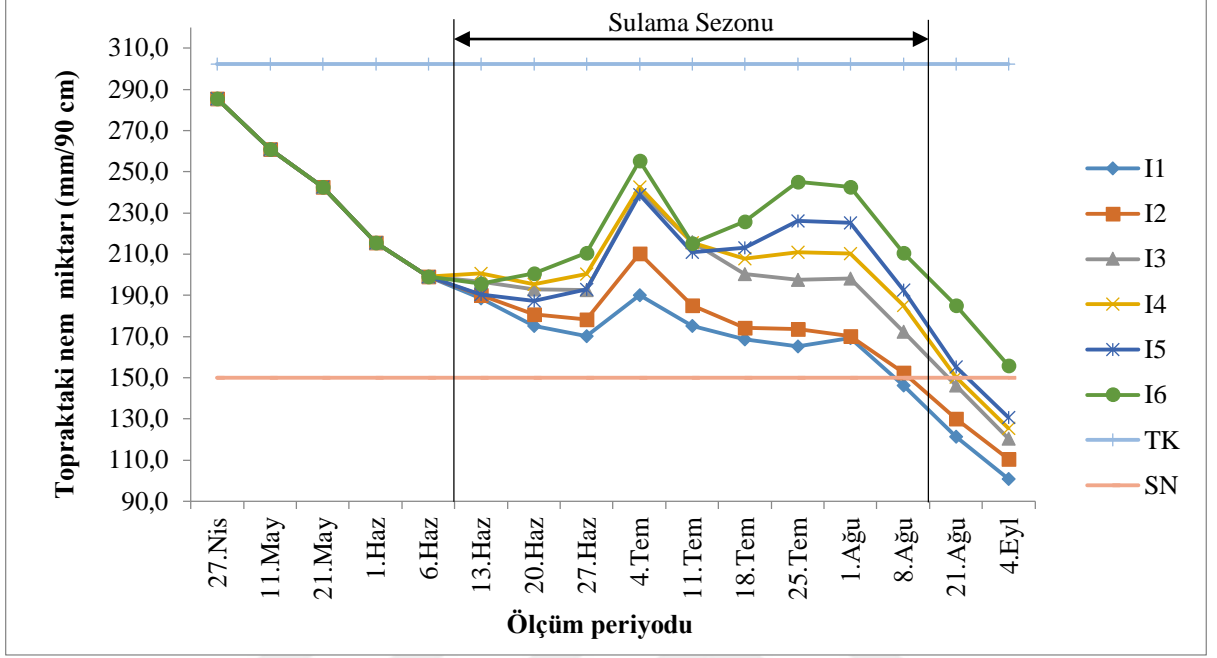
Sulama no	Tarih	Buharlaşma (mm)	Uygulanan sulama suyu miktarları (mm)					
			I ₁ (%0)	I ₂ (%25)	I ₃ (%50)	I ₄ (%75)	I ₅ (%100)	I ₆ (%125)
1	6 Haziran	35,7	-	8,9	17,9	26,8	35,7	44,6
2	12 Haziran	40,2	-	10,1	20,1	30,2	40,2	50,3
3	20 Haziran	35,8	-	9,0	17,9	26,9	35,8	44,8
4	27 Haziran	32,9	-	8,2	16,5	24,7	32,9	41,1
5	11 Temmuz	45,5	-	11,4	22,8	34,1	45,5	56,9
6	18 Temmuz	36,4	-	9,1	18,2	27,3	36,4	45,5
7	8 Ağustos	41,3	-	10,3	20,7	31,0	41,3	51,6
TOPLAM		267,8	-	67,0	134,1	201,0	267,8	334,8

Çizelge 4.6. Araştırma konularına 2019 yılında uygulanan sulama suyu miktarları

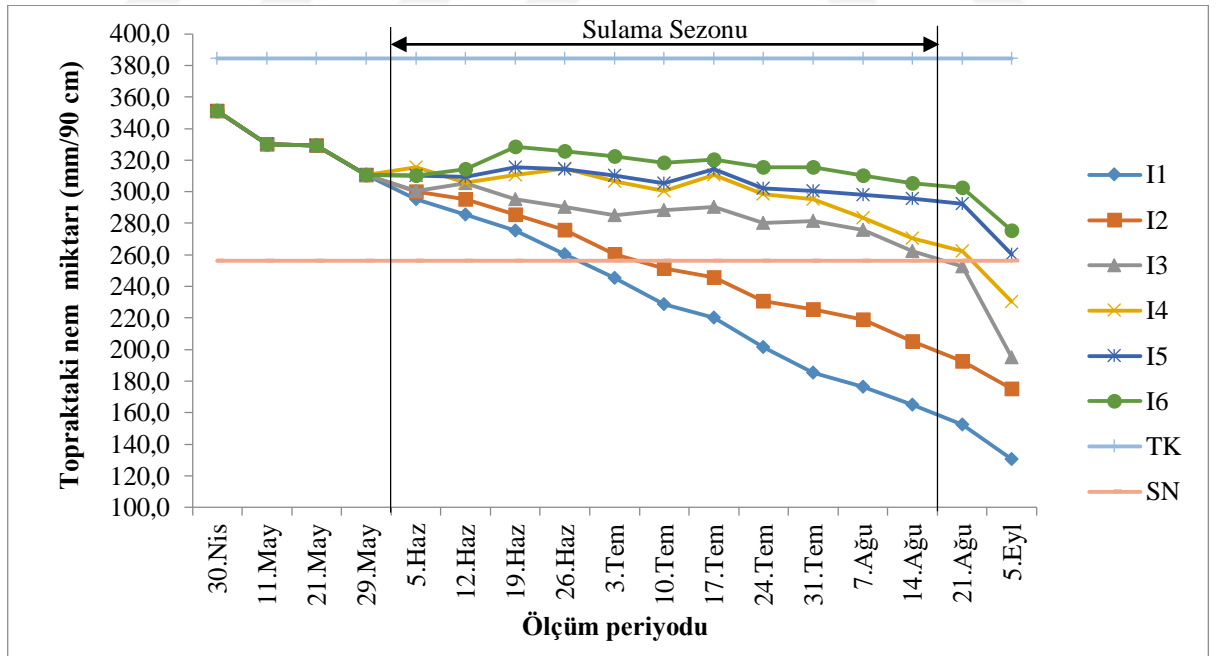
Sulama no	Tarih	Buharlaşma (mm)	Uygulanan sulama suyu miktarları (mm)					
			I ₁ (%0)	I ₂ (%25)	I ₃ (%50)	I ₄ (%75)	I ₅ (%100)	I ₆ (%125)
1	29 Mayıs	28,5	-	7,1	14,3	21,4	28,5	35,6
2	5 Haziran	35,0	-	8,8	17,5	26,3	35,0	43,8
3	12 Haziran	44,0	-	11,0	22,0	33,0	44,0	55,0
4	19 Haziran	43,2	-	10,8	21,6	32,4	43,2	54,0
5	26 Haziran	43,4	-	10,9	21,7	32,6	43,4	54,3
6	3 Temmuz	60,1	-	15,0	30,1	45,1	60,1	75,1
7	10 Temmuz	43,8	-	11,0	21,9	32,9	43,8	54,8
8	17 Temmuz	31,8	-	8,0	15,9	23,9	31,8	39,8
9	24 Temmuz	50,4	-	12,6	25,2	37,8	50,4	63,0
10	31 Temmuz	54,4	-	13,6	27,2	40,8	54,4	68,0
11	7 Ağustos	48,5	-	12,1	24,3	36,4	48,5	60,6
12	14 Ağustos	51,3	-	12,8	25,7	38,5	51,3	64,1
TOPLAM		534,4	-	133,7	267,4	401,1	534,4	668,1

Her bir deneme konusunda sulama uygulamaları öncesinde 90 cm toprak derinliğinde ölçülen nem değerleri 2018 yılı için Şekil 4.1’de ve 2019 yılı için Şekil 4.2’de verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi uygulanan sulama suyuna bağlı olarak ölçülen nem miktarlarında azalış daha fazla olmuştur. Denemenin ilk yılında aşırı yağışlardan dolayı sulama öncesi nem değerleri farklılıklar göstermiştir. Denemenin ikinci yılında ise A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %100’ün uygulandığı I₅ deneme konusunda sulama sezonu öncesinde ölçülen toprak nem değerlerinin ortalama olarak kullanılabilir su tutma kapasitesinin %60’ı seviyelerinde olduğu belirlenmiştir. Bu değer deneme konularında

uygulanan sulama suyuna bağı olarak değişmiştir. Özellikle 2019 yılında sulama suyu uygulanmayan (I₁) ve buharlaşma miktarının %25'i uygulanan I₂ deneme konularında sulama öncesi mevcut nemlerinin solma noktası ve altındaki seviyelere düştüğü görülmüştür.



Şekil 4.1 Sulama uygulamaları öncesi topraktaki nem değişimleri (2018)



Şekil 4.2. Sulama uygulamaları öncesi topraktaki nem değişimleri (2019)

Tüm deneme konularında 2018 ve 2019 yılı ayçiçeği büyüme periyodu boyunca uygulanan sulama suyu miktarları, etkili yağış ve topraktaki nem değişimi değerleri kullanılarak hesaplanan bitki su tüketimi tabloları Ek Çizelge 1 ve 2’de ayrıntıları ile verilmiştir. Her bir deneme konusu için ölçülen, toplam mevsimlik bitki su tüketimi değerleri ise Çizelge 4.7’de özetlenmiştir. Toplam büyüme mevsimi boyunca deneme konularından ölçülen bitki su tüketimi değerleri 2018 yılı için 375,2 mm ile 655,0 mm arasında, 2019 yılı için 278,2 mm ile 801,3 mm arasında değişmiştir. Mevsimlik toplam bitki su tüketimi değerleri tüm büyüme mevsimi boyunca uygulanan su miktarı arttıkça artmıştır. Denemenin birinci yılında aşırı yağış miktarları, ikinci yılında ise yüksek sulama suyu miktarları bitki su tüketimi değerlerini etkilemiştir. Deneme konularından I₁, I₂ ve I₃’de ölçülen mevsimlik bitki su tüketimleri aşırı yağıştan dolayı 2018 yılından daha yüksek olmuştur. Diğer yandan, I₄, I₅ ve I₆ deneme konularında ise ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi değerleri ise daha fazla sulama suyu uygulamasından dolayı 2019 yılında daha yüksek olmuştur. Bu çalışmadan elde edilen ayçiçeği bitkisi toplam mevsimlik bitki su tüketimi değerleri bölgemizde, ülkemizde ve dünyada yapılan daha önceki çalışmalardan elde edilen değerler ile paralellik göstermektedir (Erdem, 2000; Demir vd., 2006; Karam vd., 2007; Sezen vd., 2011; Yavuz 2016).

Çizelge 4.7. Deneme konularına göre ölçülen bitki su tüketimi miktarları (Özet)

Deneme yılı	Deneme konusu	Topraktaki nem değişimi (mm)	Yağış (mm)	Uygulanan toplam sulama suyu miktarı (mm)	Ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi (mm)
2018	I ₁	184,7	190,5	-	375,2
	I ₂	175,1		67,0	432,6
	I ₃	165,1		134,1	489,7
	I ₄	160,2		201,0	551,7
	I ₅	154,8		267,8	613,1
	I ₆	129,7		334,8	655,0
2019	I ₁	220,7	57,5	-	278,2
	I ₂	176,0		133,7	367,2
	I ₃	156,0		267,4	480,9
	I ₄	120,9		401,1	579,5
	I ₅	90,7		534,4	682,6
	I ₆	75,7		668,1	801,3

Her bir deneme konusu için Ek 1 ve 2’de detayları verilen değerler incelendiğinde günlük bitki su tüketimi değerlerinin araştırmanın birinci yılında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %100’ünün uygulandığı I₅ deneme konusunda 1,7 ile 8 mm/gün, açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %125’inin uygulandığı I₆ deneme konusunda 2,1 ile 8,6 mm/gün ve sulama suyu uygulanmayan I₁ deneme konusunda 1,5 ile 6,3 mm/gün arasında değişmiştir. Denemenin ilk yılında en yüksek bitki su tüketimleri 27 Haziran ile 4 Temmuz arasındaki periyotta elde edilmiştir. Bu periyottaki yağışların fazlalığı sulama suyu uygulanmayan deneme konusunda da günlük su tüketimlerini arttırmıştır. Denemenin ikinci yılında ise bitki su tüketimleri deneme konuları arasında 1,2 ile 11,3 mm/gün arasında değişmiştir. Sulama suyu uygulanmayan I₁ deneme konusunda 1,3 ile 3,9 mm/gün arasında değişen günlük bitki su tüketimi en fazla sulama suyu uygulanan I₆ deneme konusunda 1,8 ile 11,3 mm/gün arasında değişmiştir.

4.6. Vejetatif Gelişim Unsurlarına İlişkin Sonuçlar

4.6.1. Bitki Boyu

Denemenin her iki yılına ilişkin hasat sırasında ölçülen ortalama bitki boylarının sonuçları Çizelge 4.8’de, bu değerlere göre hazırlanan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.9 ve 4.10’da verilmiştir. Çizelgelerden izleneceği gibi en uzun bitki boyu, denemenin birinci yılında 194,40 cm ile I₆ konusunda, ikinci yıl 197,11 cm ile I₅ konusunda, en kısa bitki boyu ise her iki deneme yılında da 177,97 cm ve 183,95 cm ile I₃ deneme konusundan elde edilmiştir. Deneme konuları arasında yapılan varyans analizi sonucunda, her iki yılda da farklı sulama suyu uygulamalarının ayçiçeği bitkisinin bitki boylarını istatistiksel olarak etkilemediği belirlenmiştir.

Çizelge 4.8. Deneme konularına ilişkin bitki boyları (cm)

Deneme konuları	2018 yılı				2019 yılı			
	Bloklar			Ortalama	Bloklar			Ortalama
	I	II	III		I	II	III	
I ₁	184,60	186,15	175,40	182,05	199,75	179,80	179,60	186,38
I ₂	169,25	184,00	185,60	179,62	176,90	196,30	182,05	185,08
I ₃	166,90	184,00	183,00	177,97	192,15	180,10	179,60	183,95
I ₄	190,80	182,30	171,50	181,53	186,60	184,50	184,70	185,26
I ₅	187,70	190,05	189,80	189,18	202,75	192,85	195,75	197,11
I ₆	198,40	194,30	190,50	194,40	169,25	203,00	196,15	189,46

Çizelge 4.9. Bitki boyuna ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	64,686	32,343	0,566 ns
Sulama uygulamaları	5	601,305	120,261	2,105 ns
Hata	10	571,216	57,122	
Genel	17	1237,206	72,77	

ns: önemsiz

Çizelge 4.10. Bitki boyuna ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	114,457	57,228	1,060 ns
Sulama uygulamaları	5	658,151	131,630	2,439 ns
Hata	10	539,769	53,977	
Genel	17	1312,376	77,199	

ns: önemsiz

4.6.2. Sap Kalınlığı

Deneme konularından hasat sırasında ölçülen sap kalınlığı değerleri Çizelge 4.11’de, bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.12 ve 4.13’te verilmiştir.

Çizelgeler incelendiğinde en yüksek sap kalınlığı, denemenin birinci yılında 2,70 cm ile I₃ konusunda, ikinci yıl 3,04 cm ile I₄ konusunda, en düşük sap kalınlığı ise birinci yıl 2,45 cm ile I₄ konusunda, ikinci yıl 2,79 cm ile I₂ konusunda bulunmuştur. Bu değerlere göre yapılan varyans analizleri sonucunda her iki yılda da istatistiksel olarak önemli farklılıklar elde edilmemiştir. Böylelikle farklı sulama suyu uygulamalarının ayçiçeği sap kalınlığı değerlerini etkilemediği söylenebilir.

Çizelge 4.11. Deneme konularına ilişkin sap kalınlıkları (cm)

Deneme konuları	2018 yılı				2019 yılı			
	Bloklar			Ortalama	Bloklar			Ortalama
	I	II	III		I	II	III	
I ₁	2,75	2,34	2,50	2,53	3,01	2,76	2,88	2,89
I ₂	2,55	1,45	2,45	2,48	3,05	2,62	2,72	2,79
I ₃	2,65	2,78	2,66	2,70	3,16	2,70	2,89	2,92
I ₄	2,32	2,43	2,61	2,45	3,34	2,97	2,81	3,04
I ₅	2,47	2,71	2,33	2,51	3,20	2,91	2,83	2,98
I ₆	2,89	2,27	2,60	2,59	3,09	2,69	2,80	2,86

Çizelge 4.12. Sap kalınlıklarına ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,039	0,019	0,515 ns
Sulama uygulamaları	5	0,119	0,024	0,635 ns
Hata	10	0,375	0,037	
Genel	17	0,532	0,031	

ns: önemsiz

Çizelge 4.13. Sap kalınlıklarına ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,116	0,058	1,335 ns
Sulama uygulamaları	5	0,114	0,023	0,525 ns
Hata	10	0,433	0,043	
Genel	17	0,662	0,039	

ns: önemsiz

4.6.3. Tabla Çapı

Deneme konularından hasat sonrasında ölçülen tabla çapı değerleri Çizelge 4.14'te, bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.15 ve 4.16'da verilmiştir.

Çizelgeler incelendiğinde en yüksek tabla çapı denemenin birinci yılında 17,41 cm ile I₆ konusunda, ikinci yıl 16,66 cm ile I₃ konusunda, en düşük tabla çapı ise birinci yıl 14,74 cm

ile I₁ konusunda, ikinci yıl 15,41 cm ile I₂ konusunda bulunmuştur. Deneme konularından elde edilen tabla çaplarına ilişkin varyans analizi sonucunda, tekerrürler ve farklı sulama suyu uygulamaları arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar elde edilmemiştir. Bu sonuçlar farklı sulama suyu uygulamalarının ayçiçeği tabla çapı değerlerini etkilemediği şeklinde yorumlanabilir.

Çizelge 4.14. Deneme konularına ilişkin tabla çapları (cm)

Deneme konuları	2018 yılı				2019 yılı			
	Bloklar			Ortalama	Bloklar			Ortalama
	I	II	III		I	II	III	
I ₁	14,47	15,34	14,40	14,74	16,80	15,37	16,82	16,33
I ₂	15,35	16,66	14,90	15,64	15,20	15,66	15,37	15,41
I ₃	17,11	15,49	16,09	16,23	17,20	15,62	17,16	16,66
I ₄	16,12	16,28	16,33	16,24	16,27	16,97	14,82	16,02
I ₅	16,49	16,50	16,66	16,55	18,53	14,95	15,57	16,35
I ₆	16,42	16,01	19,80	17,41	17,23	15,20	15,41	15,94

Çizelge 4.15. Tabla çaplarına ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,480	0,240	0,204 ns
Sulama uygulamaları	5	12,067	2,413	2,049 ns
Hata	10	11,777	1,178	
Genel	17	24,323	1,431	

ns: önemsiz

Çizelge 4.16. Tabla çaplarına ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	5,251	2,626	2,605 ns
Sulama uygulamaları	5	2,798	0,560	0,555 ns
Hata	10	10,081	1,008	
Genel	17	18,130	1,066	

ns: önemsiz

4.7. Verim, Verim ve Kalite Unsurlarına İlişkin Sonuçlar

4.7.1. Dane Verimi

Deneme konularından elde edilen dane verimleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. Elde edilen dane verimi değeri 2018 yılında 272,88 kg/da ile 503,73 kg/da arasında, denemenin ikinci yılında ise 222,49 kg/da ile 518,61 kg/da arasında değişmiştir. Her iki yılda da deneme konularından elde edilen dane verimleri toprağa giren su miktarına (yağış + sulama) bağlı olarak değişmiştir. Özellikle denemenin ilk yılında yağış miktarının fazla olması, sulama suyu uygulamasının daha düşük miktarda olduğu I₂, I₃ ve I₄ deneme konularından ikinci yıla göre daha yüksek dane verimi vermesine neden olmuştur. Diğer yandan, uygulanan sulama suyu miktarının daha fazla olduğu I₅ ve I₆ deneme konularında ise toprağa giren su miktarı daha fazla olduğundan birinci yıla göre daha fazla dane verimleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.17. Deneme konularına ilişkin dane verimleri (kg/da)

Deneme konuları	2018 yılı				2019 yılı			
	Bloklar			Ortalama	Bloklar			Ortalama
	I	II	III		I	II	III	
I ₁	268,92	252,11	297,61	272,88	245,68	212,86	208,94	222,49
I ₂	318,46	264,23	299,48	294,05	274,67	270,87	279,29	274,94
I ₃	391,45	401,42	430,75	407,87	334,64	330,49	340,66	335,26
I ₄	351,13	446,33	375,63	391,03	375,46	414,30	329,67	373,14
I ₅	477,28	468,74	478,64	474,89	485,22	480,74	549,72	505,23
I ₆	455,22	491,20	564,76	503,73	598,50	477,40	479,92	518,61

Deneme süresince sulama suyu uygulanmayan I₁ konusunda elde edilen ayçiçeği dane verimi değerleri 2018 yılında ortalama olarak 272,88 kg/da 2019 yılında ise 222,49 kg/da olmuştur. İki deneme yılı arasındaki fark büyüme mevsimi boyunca 2018 yılında 57,5 mm, 2019 yılında ise 190,5 mm olarak gerçekleşen yağış miktarlarıdır. Bölge ve ülke koşullarında daha önce yürütülen araştırmalarda da sulama suyu uygulanmadığı koşullarda elde edilen ayçiçeği dane verimlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Erdem (2000) Tekirdağ koşullarında gerçekleştirdiği araştırmada, sulama suyu uygulanmayan koşullarda ayçiçeği dane verimini 254,41 ile 277,03 kg/da olarak belirtmiştir. Benzer ayçiçeği dane verimi değerleri, Süllü ve Dağdelen (2015) tarafından Söke koşullarında yürütülen araştırmada 231,40 kg/da ve Demir vd. (2006) tarafından Bursa koşullarında yürütülen araştırmada 216,0 kg/da olarak elde edilmiştir.

A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma değerinin %100'ünün uygulandığı I₅ deneme konusunda elde edilen dane verimleri denemenin birinci yılında 474,89 kg/da denemenin ikinci yılında ise 505,23 kg/da olarak elde edilmiştir. Açık su yüzeyi buharlaşma değerinin %125'inin uygulandığı I₆ deneme konusunda ise bu değerler 503,73 kg/da ve 518,61 kg/da olmuştur. Bölge ve ülke koşullarında daha önce yürütülen araştırmalarda da bitki su ihtiyacının maksimum olduğu koşullarda (ET_c = ET_m) elde edilen verim değerleri ile benzerlik göstermektedir (Erdem, 2000; Demir vd., 2006; Yavuz, 2006; Süllü ve Dağdelen, 2015).

Farklı sulama suyu uygulamaları altında deneme konularından elde edilen ayçiçeği verimleri arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları 2018 yılı için Çizelge 4.18'de, 2019 yılı için Çizelge 4.19'da, LSD testi sonuçları Çizelge 4.20'de sunulmuştur. Çizelgeler incelendiğinde denemenin her iki yılında da varyans analizi sonuçlarına göre tekerrürler arasında fark olmamasına karşın uygulanan sulama suyu miktarları arasında istatistiksel açıdan p<0,01 düzeyinde farklılıklar bulunmuştur. Bu farklılığı belirleyebilmek için yapılan LSD testi sonuçlarına göre her iki yılda da I₅ ve I₆ deneme konuları en yüksek grubu oluştururken, I₁ ve I₂ deneme konuları en düşük grubu oluşturmuştur.

Çizelge 4.18. Dane verimlerine ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	2938,199	1469,099	1,261 ns
Sulama uygulamaları	5	130136,790	26027,358	22,342 **
Hata	10	11649,466	1164,947	
Genel	17	144724,455	8513,203	

ns: önemsiz, **: p<0,01

Çizelge 4.19. Dane verimlerine ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	1871,932	935,966	0,638 ns
Sulama uygulamaları	5	215501,902	43100,380	29,387 **
Hata	10	14666,403	1466,640	
Genel	17	232040,236	13649,426	

ns: önemsiz, **: $p < 0,01$

Çizelge 4.20. Dane verimlerine ilişkin LSD testi sonuçları

Yetiştirme dönemi	Deneme konuları	Dane verimleri (kg/da)	LSD grubu
2018	I ₁	272,88	C
	I ₂	294,05	C
	I ₃	407,87	B
	I ₄	391,03	B
	I ₅	474,89	AB
	I ₆	503,73	A
	LSD _{0,01}		
2019	I ₁	222,49	C
	I ₂	274,94	BC
	I ₃	335,26	B
	I ₄	373,14	B
	I ₅	505,23	A
	I ₆	518,61	A
	LSD _{0,01}		

4.7.2. Bin Dane Ağırlığı

Deneme konularından elde edilen bin dane ağırlığı değerleri her iki yıl için Çizelge 4.21'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi denemenin ilk yılında deneme konularından elde edilen bin dane ağırlığı değerleri 76,27 ile 88,07 g arasında, ikinci yılında ise 70,33 ile 74,90 g arasında değişmiştir. Deneme konularından elde edilen bin dane ağırlıkları arasındaki farklılıkları istatistiksel olarak belirleyebilmek için yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 4.22 ve 4.23'de, LSD testi sonuçları Çizelge 4.24'te verilmiştir. Varyans analizi sonucunda,

farklı sulama suyu uygulama miktarlarının ayçiçeği bin dane ağırlıklarını denemenin ikinci yılında istatistiksel olarak etkilemediği, denemenin birinci yılında ise $p<0,05$ düzeyinde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Birinci yıl değerlerine göre hazırlanan LSD testi sonuçlarında I₆ konusu en üst grubu oluştururken, I₁ konusu en alt grubu oluşturmuştur.

Çizelge 4.21. Deneme konularına ilişkin bin dane ağırlıkları (g)

Deneme konuları	2018 yılı				2019 yılı			
	Bloklar			Ortalama	Bloklar			Ortalama
	I	II	III		I	II	III	
I ₁	73,6	74,4	80,8	76,27	76,6	70,3	73,6	73,50
I ₂	77,0	81,1	82,0	80,03	70,5	73,3	67,2	70,33
I ₃	79,0	85,0	85,5	83,17	75,0	74,2	75,5	74,90
I ₄	78,5	81,7	74,6	78,27	77,5	76,0	68,4	73,97
I ₅	83,5	85,8	82,2	83,83	79,4	66,4	71,3	72,37
I ₆	83,3	94,4	86,5	88,07	75,0	72,3	70,1	72,46

Çizelge 4.22. Bin dane ağırlıklarına ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	63,988	31,994	3,054 ns
Sulama uygulamaları	5	273,809	54,762	5,228 *
Hata	10	104,752	10,475	
Genel	17	442,549	26,032	

ns: önemsiz, *: $p<0,05$

Çizelge 4.23. Bin dane ağırlıklarına ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	71,201	35,601	3,122 ns
Sulama uygulamaları	5	37,664	7,533	0,661 ns
Hata	10	114,026	11,403	
Genel	17	222,891	13,111	

ns: önemsiz

Çizelge 4.24. Bin dane ağılıklarına ilişkin LSD testi sonuçları

Yetiştirme dönemi	Deneme konuları	Dane verimleri (kg/da)	LSD grubu
2018	I ₁	76,27	C
	I ₂	80,03	BC
	I ₃	83,17	AB
	I ₄	78,27	BC
	I ₅	83,83	AB
	I ₆	88,07	A
	LSD _{0,05}		

4.7.3. Hektolitre Ağırlığı

Deneme konularından hasat sonrasında ölçülen hektolitre ağırlığı değerleri Çizelge 4.25'te, bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.26 ve 4.27'de verilmiştir.

Çizelgeler incelendiğinde en yüksek hektolitre ağırlığı değerleri, denemenin birinci yılında 46,7 kg ile I₁ konusunda, ikinci yıl 46,87 kg ile I₆ konusunda, en düşük hektolitre ağırlığı değerleri ise her iki yılda da 45,34 kg ve 45,08 kg ile I₃ konusundan elde edilmiştir. Bu değerlere göre yapılan varyans analizleri sonucunda her iki yılda da istatistiksel olarak önemli farklılıklar elde edilmemiştir. Böylelikle farklı sulama suyu uygulamalarının ayçiçeği hektolitre ağırlığı değerlerini etkilemediği söylenebilir.

Çizelge 4.25. Deneme konularına ilişkin hektolitre ağırlıkları (kg)

Deneme konuları	2018 yılı				2019 yılı			
	Bloklar			Ortalama	Bloklar			Ortalama
	I	II	III		I	II	III	
I ₁	46,78	46,33	47,00	46,70	46,97	45,69	44,62	45,76
I ₂	47,61	45,75	45,38	46,25	45,54	46,18	46,67	46,13
I ₃	45,37	45,84	44,80	45,34	44,51	45,43	45,31	45,08
I ₄	46,77	45,72	45,19	45,89	45,20	44,77	46,83	45,60
I ₅	46,84	45,43	47,07	46,45	45,09	46,17	46,95	46,07
I ₆	48,57	44,32	46,54	46,48	47,21	46,03	47,37	46,87

Çizelge 4.26. Hektolitreye ağırlıklarına ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	6,407	3,204	3,508 ns
Sulama uygulamaları	5	3,692	0,738	0,809 ns
Hata	10	9,132	0,913	
Genel	17	19,232	1,131	

ns: önemsiz

Çizelge 4.27. Hektolitreye ağırlıklarına ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	1,256	0,628	0,802 ns
Sulama uygulamaları	5	5,391	1,078	1,377 ns
Hata	10	7,833	0,783	
Genel	17	14,480	0,852	

ns: önemsiz

4.7.4. Kuru Madde Miktarı

Denemenin yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarında her bir deneme konusundan elde edilen kuru madde miktarlarına ilişkin sonuçlar Çizelge 4.28, bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.29 ve 4.30'da verilmiştir.

Çizelgelerden izleneceği gibi, deneme konularından elde edilen kuru madde miktarları denemenin birinci yılında %94,01 ile 94,28 arasında, denemenin ikinci yılında ise %96,78 ile 97,09 arasında değişmiştir. Bu değerlere göre varyans analizi sonucunda, farklı sulama suyu uygulamalarının ayçiçeği bitkisinin kuru madde miktarlarını istatistiksel açıdan etkilemediği sonucuna varılmıştır.

Çizelge 4.28. Deneme konularına ilişkin kuru madde miktarları (%)

Deneme konuları	2018 yılı				2019 yılı			
	Bloklar			Ortalama	Bloklar			Ortalama
	I	II	III		I	II	III	
I ₁	94,21	94,01	94,18	94,13	97,10	97,22	96,03	96,78
I ₂	94,68	94,15	94,03	94,28	97,21	96,30	97,20	96,90
I ₃	94,09	94,15	93,90	94,04	97,17	97,53	96,56	97,09
I ₄	94,12	93,98	93,98	94,02	97,27	96,22	97,00	96,83
I ₅	93,99	94,01	94,12	94,04	97,23	97,31	96,04	96,86
I ₆	94,10	93,94	94,00	94,01	97,29	97,50	96,43	97,07

Çizelge 4.29. Kuru madde miktarlarına ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,104	0,052	2,261 ns
Sulama uygulamaları	5	0,164	0,033	1,436 ns
Hata	10	0,229	0,023	
Genel	17	0,497	0,290	

ns: önemsiz

Çizelge 4.30. Kuru madde miktarlarına ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	1,414	0,707	2,598 ns
Sulama uygulamaları	5	0,246	0,049	0,181 ns
Hata	10	2,721	0,272	
Genel	17	4,380	0,258	

ns: önemsiz

4.7.5. Yağ İçeriği

Deneme konularından hasat sonrasında belirlenen yağ içeriği değerleri Çizelge 4.31’de, bu değerlere ilişkin varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.32 ve 4.33’te verilmiştir.

Çizelgeler incelendiğinde en yüksek yağ içeriği değerleri, denemenin birinci yılında %41,17 ile I₁ konusunda, ikinci yıl %41,81 ile I₂ konusunda, en düşük yağ içeriği değerleri ise

birinci yılda %38,93 ile I₆ konusunda, ikinci yıl %39,36 ile I₁ konusundan elde edilmiştir. Bu değerlere göre yapılan varyans analizleri sonucunda her iki yılda da istatistiksel olarak önemli farklılıklar elde edilmemiştir. Böylelikle farklı sulama suyu uygulamalarının ayçiçeği yağ içeriğini etkilemediği söylenebilir.

Çizelge 4.31. Deneme konularına ilişkin yağ içerikleri (%)

Deneme konuları	2018 yılı				2019 yılı			
	Bloklar			Ortalama	Bloklar			Ortalama
	I	II	III		I	II	III	
I ₁	41,55	41,59	40,39	41,17	38,57	41,52	37,99	39,36
I ₂	39,29	40,66	42,64	40,86	41,88	41,29	42,25	41,81
I ₃	38,30	39,47	39,91	39,23	39,35	44,38	37,63	40,45
I ₄	39,73	40,41	39,89	40,01	40,73	37,93	42,38	40,35
I ₅	39,76	39,92	38,11	39,26	38,13	42,88	41,71	40,91
I ₆	40,52	41,12	35,16	38,93	39,66	43,30	42,00	41,65

Çizelge 4.32. Yağ içeriklerine ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	4,192	2,096	0,760 ns
Sulama uygulamaları	5	13,087	2,617	0,949 ns
Hata	10	27,594	2,759	
Genel	17	44,872	2,640	

ns: önemsiz

Çizelge 4.33. Yağ içeriklerine ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları

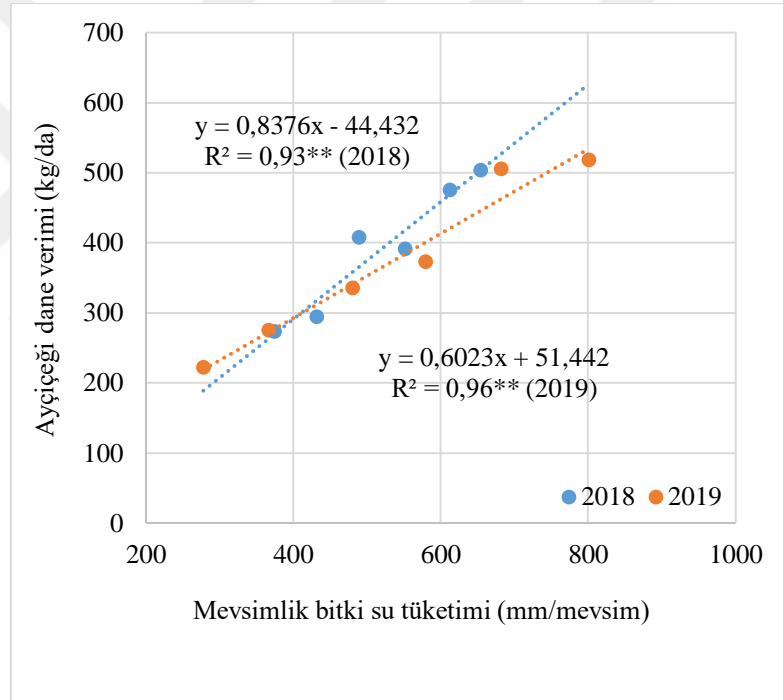
Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	14,120	7,060	1,493 ns
Sulama uygulamaları	5	12,419	2,484	0,525 ns
Hata	10	47,298	4,730	
Genel	17	73,838	4,343	

ns: önemsiz

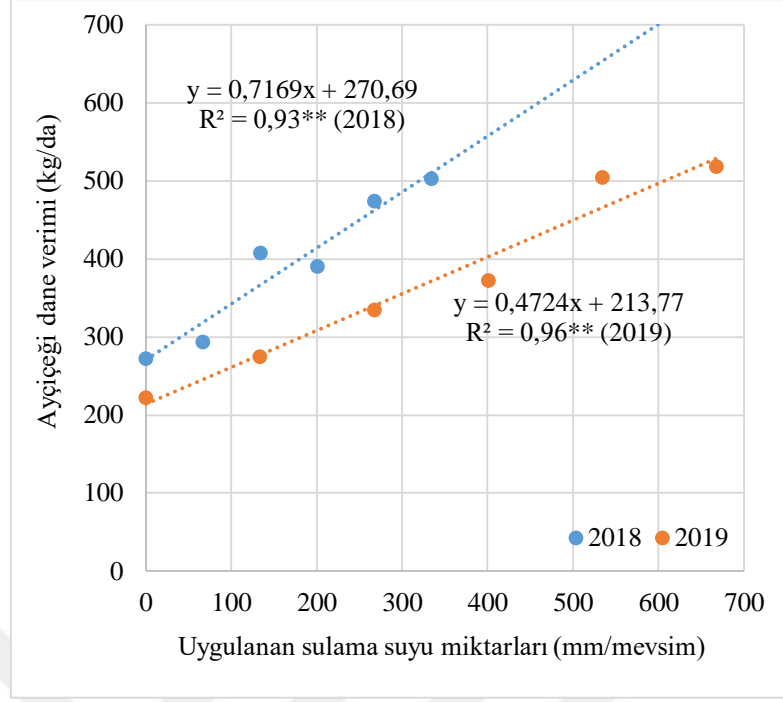
4.8. Su-Üretim Fonksiyonları, Mevsimlik Su-Verim İlişkisi Faktörü ve Sulama Randımanlarına İlişkin Sonuçlar

4.8.1. Su-Üretim Fonksiyonları

Deneme konularından ölçülen bitki su tüketimi ile elde edilen verim değerlerine göre hazırlanan ve deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı ile elde edilen verim değerlerine göre hazırlanan su-üretim fonksiyonu grafikleri Şekil 4.3 ve 4.4'te verilmiştir. Şekillerden görüleceği üzere deneme konularından ölçülen bitki su tüketimi ve uygulanan sulama suyu miktarları ile elde edilen ayçiçeği dane verimleri arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Ayrıca, her iki grafikte de elde edilen doğrusal denklemlerin istatistiksel açıdan %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.



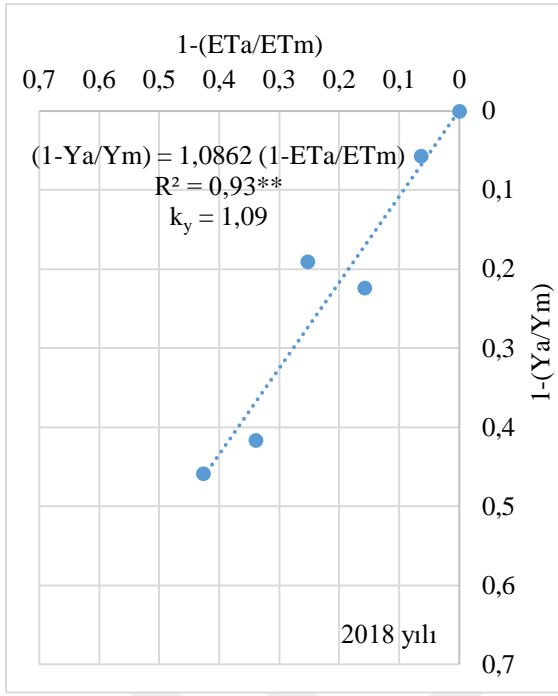
Şekil 4.3. Bitki su tüketimi-verim ilişkisi grafiği



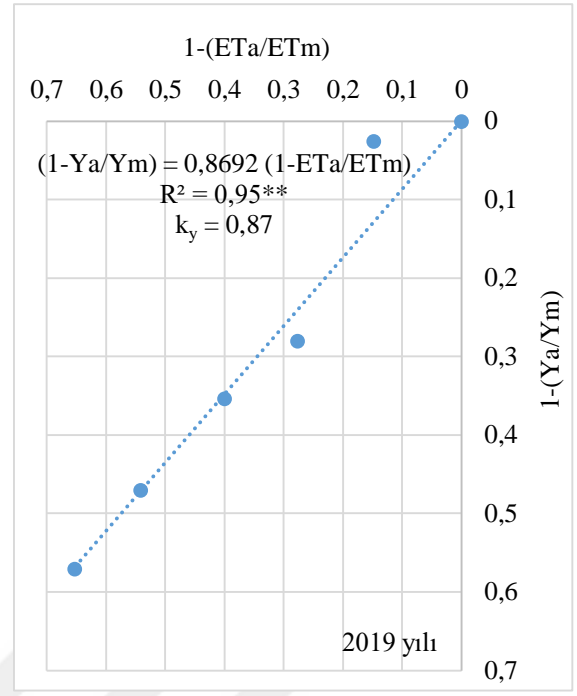
Şekil 4.4. Sulama suyu-verim ilişkisi grafiği

4.8.2. Mevsimlik Su-Verim İlişkisi Faktörü

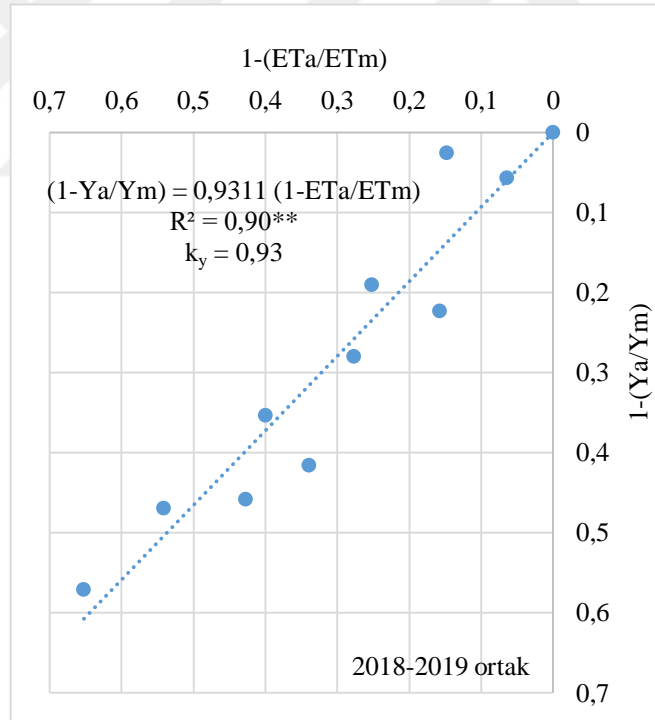
Deneme konularından ölçülen dane verimi ve bitki su tüketimlerinin Eşitlik 3.5'te yerine konulması ile elde edilen oransal verim azalmasına karşılık oransal bitki su tüketimi açığı değerlerine göre hazırlanmış mevsimlik su-verim ilişkisi grafikleri Şekil 4.5'te verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi damla sulama uygulamaları altında ayçiçeği bitkisinin mevsimlik su-verim ilişkisi faktörü (k_y), denemenin ilk yılında 1,09, ikinci yılında 0,87 ve her iki yıl değerleri için 0,93 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 1'den küçük olması Doorenbos ve Kassam (1979) tarafından belirtildiği gibi ayçiçeği bitkisinin topraktaki nem eksikliğine nispeten dayanıklı bir bitki olduğu söylenebilir. Elde edilen mevsimlik su-verim ilişkisi faktörü (k_y), daha önce bölge ve ülke koşullarında yürütülen çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Erdem (2000) Tekirdağ koşullarında karık sulama yöntemi altında yetiştirdiği ayçiçeği bitkisinin mevsimlik su-verim ilişkisi faktörünü 0,85 olarak elde etmiştir. Benzer şekilde Süllü ve Dağdelen (2015) Söke koşullarında damla sulama uygulamaları altında II. ürün ayçiçeğinin su-verim ilişkisi faktörünü 0,74 olarak elde etmiştir.



a) 2018 yılı



b) 2019 yılı



c) 2018 – 2019

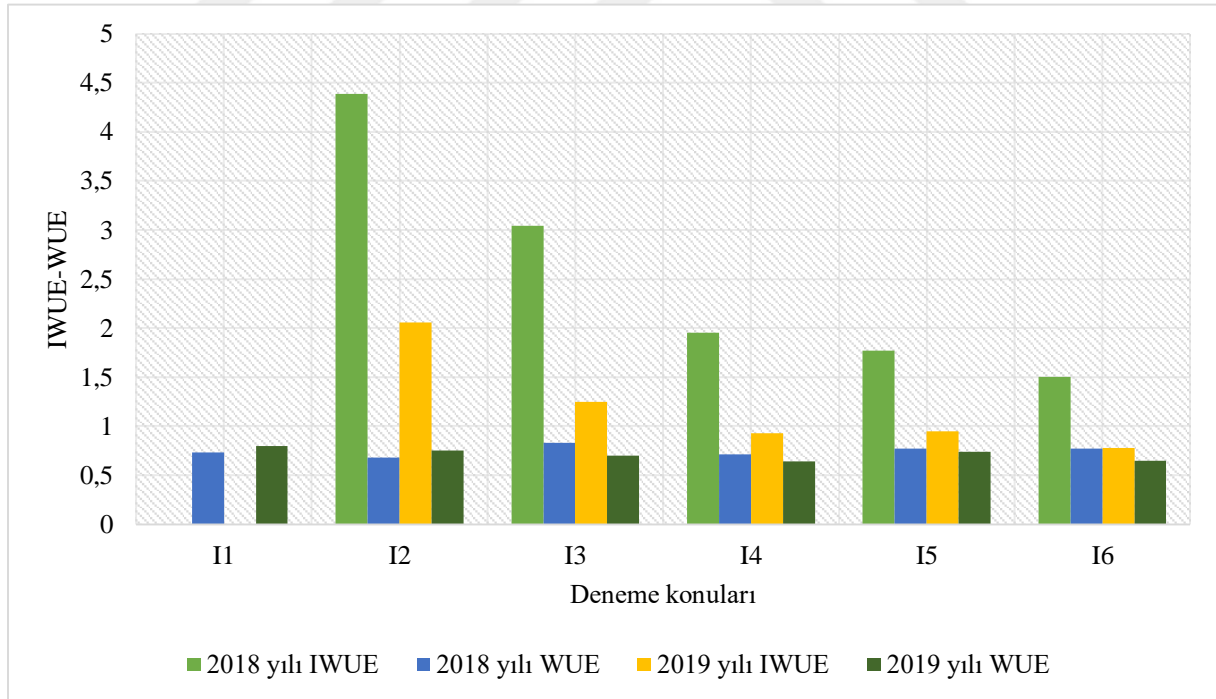
Şekil 4.5. Mevsimlik su-verim ilişkisi grafikleri

4.8.3. Sulama Suyu Kullanımı (IWUE) ve Su Kullanımı Randımanları (WUE)

Deneme konularından elde edilen ayçiçeği dane verimleri ile ölçülen bitki su tüketimi ve uygulanan sulama suyu miktarlarının Eşitlik 3.6 ve 3.7’de verilen denklemlerde yerine konulması ile elde edilen su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri Çizelge 4.34 ve Şekil 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.34. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE) değerleri (kg/m^3)

Deneme konuları	2018 yılı		2019 yılı	
	IWUE	WUE	IWUE	WUE
I ₁	-	0,73	-	0,80
I ₂	4,39	0,68	2,06	0,75
I ₃	3,04	0,83	1,25	0,70
I ₄	1,95	0,71	0,93	0,64
I ₅	1,77	0,77	0,95	0,74
I ₆	1,50	0,77	0,78	0,65



Şekil 4.6. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE)

Deneme konularından elde edilen IWUE değerleri denemenin ilk yılında 1,50 ile 4,39 kg/m³, denemenin ikinci yılında 0,78 ile 2,06 kg/m³ arasında değişmiştir. İlk yıl elde edilen yüksek IWUE değerlerinin nedeni, deneme konularına ikinci yıla göre yüksek yağıştan dolayı daha az sulama suyu uygulanmasıdır. Araştırma sonucunda elde edilen IWUE değerleri, daha önce yürütülen çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Süllü ve Dağdelen (2013) Söke koşullarında 1,00-2,36 kg/m³, Yavuz (2006) Konya koşullarında 0,70-3,70 kg/m³ ve Demir vd. (2006) Bursa koşullarında 0,47-1,02 kg/m³ IWUE değerleri elde etmişlerdir.

Deneme konularından elde edilen IWUE değerleri arasındaki farkı istatistiksel olarak açıklayabilmek için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.35 ve 4.36'da, LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.37'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre denemenin her iki yılında da IWUE değerleri arasında istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar elde edilmiştir. Bu değerlere göre yapılan LSD testlerine göre deneme konuları arasında en az sulama suyu uygulanan I₂ konusu en üst grubu oluşturmuştur.

Çizelge 4.35. IWUE değerlerine ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,045	0,022	0,347 ns
Sulama uygulamaları	4	17,049	4,262	66,053 **
Hata	8	0,516	0,065	
Genel	14	17,610	1,258	

ns: önemsiz, **: $p < 0,01$

Çizelge 4.36. IWUE değerlerine ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,002	0,001	0,153 ns
Sulama uygulamaları	4	3,158	0,790	115,126 **
Hata	8	0,055	0,007	
Genel	14	3,215	0,230	

ns: önemsiz, **: $p < 0,01$

Çizelge 4.37. IWUE değerlerine ilişkin LSD testi sonuçları

Yetiştirme dönemi	Deneme konuları	Dane verimleri (kg/da)	LSD grubu
2018	I ₂	4,39	A
	I ₃	3,04	B
	I ₄	1,95	C
	I ₅	1,77	C
	I ₆	1,50	C
	LSD _{0,01}		0,696
2019	I ₂	2,06	A
	I ₃	1,25	B
	I ₄	0,95	C
	I ₅	0,93	C
	I ₆	0,78	C
	LSD _{0,01}		0,227

Deneme konularından elde edilen WUE değerleri denemenin ilk yılında 0,68 ile 0,83 kg/m³, denemenin ikinci yılında 0,64 ile 0,80 kg/m³ arasında değişmiştir. Deneme konuları arasında her iki yılda da elde edilen WUE değerleri benzerlik göstermiştir. En yüksek WUE değerleri denemenin birinci yılında I₃ deneme konusundan elde edilirken, ikinci yılda I₁ deneme konusundan elde edilmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen WUE değerleri, daha önce yürütülen çalışmalardan elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Süllü ve Dağdelen (2013) Söke koşullarında 0,71-1,22 kg/m³, Yavuz (2006) Konya koşullarında 0,53-0,75 kg/m³ ve Demir vd. (2006) Bursa koşullarında 0,60-0,78 kg/m³, Karam vd. (2007) Lübnan koşullarında 0,83 kg/m³ WUE değerleri elde etmişlerdir.

Deneme konularından elde edilen WUE değerleri arasındaki farkı istatistiksel olarak açıklayabilmek için yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.38 ve 4.39'da verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre denemenin her iki yılında da WUE değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar elde edilmemiştir.

Çizelge 4.38. WUE değerlerine ilişkin 2018 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,010	0,005	1,262 ns
Sulama uygulamaları	5	0,045	0,009	2,266 ns
Hata	10	0,040	0,004	
Genel	17	0,095	0,006	

ns: önemsiz

Çizelge 4.39. WUE değerlerine ilişkin 2019 yılı varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F
Tekerrür	2	0,006	0,003	0,827ns
Sulama uygulamaları	5	0,057	0,011	3,071ns
Hata	10	0,037	0,004	
Genel	17	0,100	0,006	

ns: önemsiz

4.9. Sulama Zamanı Planlamasında Bitkiye Dayalı Ölçüm Tekniklerinin Sonuçları

4.9.1. Yaprak Su Potansiyeli (YSP)

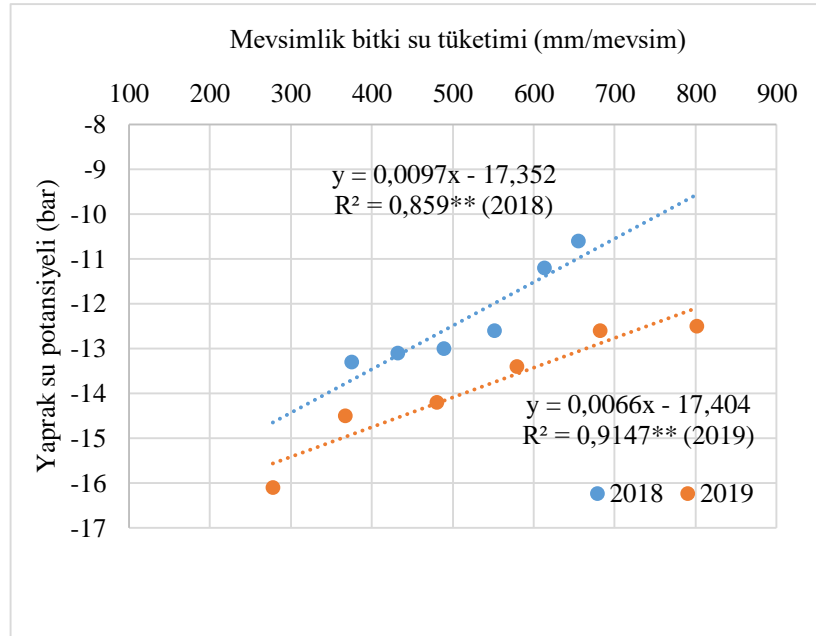
Ayçiçeği bitkisinin suya en hassas olduğu büyüme periyodu olan çiçeklenme periyodu boyunca sulama uygulamaları öncesinde ölçülen ortalama yaprak su potansiyeli değerleri (YSP) Çizelge 4.40'ta ve bu değerlerin ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi ve elde edilen dane verimleri arasındaki ilişkileri Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de verilmiştir.

Deneme konularından elde edilen YSP değerleri birinci yıl -10,6 ile -13,3 bar arasında, ikinci yıl ise -12,5 bar ile -16,1 bar arasında değişmiştir. Denemenin ikinci yılında birinci yıla göre daha yüksek YSP değerlerinin elde edilmesinin nedeni birinci yıl bitki büyüme mevsimi boyunca ölçülen yüksek yağış değerleri olarak açıklanabilir. Diğer yandan deneme konuları arasında uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak elde edilen YSP değerleri değişmiş, artan su kısıtı ile birlikte YSP değerleri düşmüştür. En düşük YSP değerleri sulama suyu uygulanmayan I₁ deneme konusundan, en yüksek YSP değerleri ise en fazla sulama suyu uygulanan I₆ konusundan elde edilmiştir. Şekil 4.7 ve 4.8'den izleneceği gibi deneme

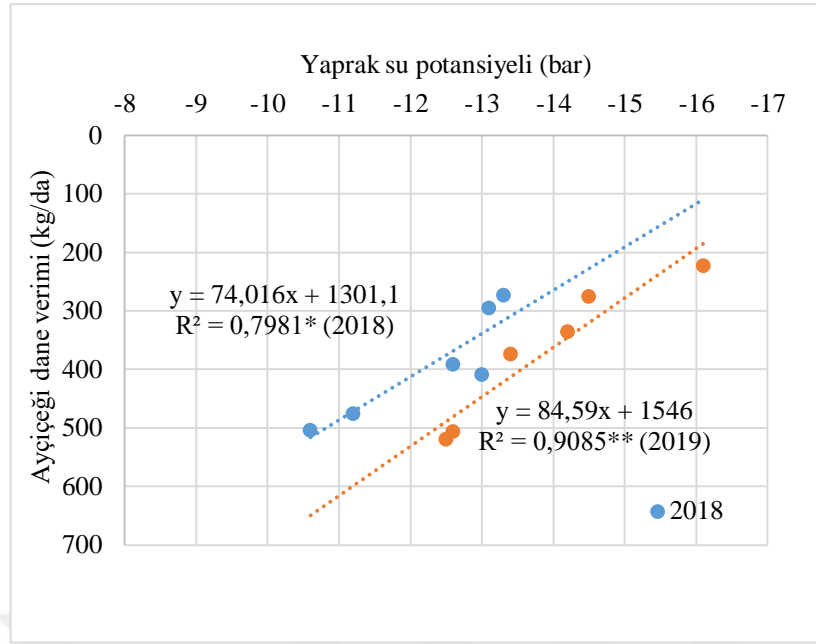
konularından ölçülen YSP değerleri ile ayçiçeği mevsimlik bitki su tüketimleri arasında doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Elde edilen değerlerinin her iki yılda da istatistiksel açıdan $p < 0,01$ düzeyinde önemli ve korelasyon katsayısının 0,86 (2018) ve 0,92 (2019) olduğu görülmüştür. Aynı şekilde deneme konularından elde edilen YSP değerleri ile ayçiçeği dane verimleri arasında da doğrusal ve $p < 0,01$ düzeyinde ilişkiler belirlenmiştir. Sionit ve Kramer (1976) ABD’de yürüttükleri araştırmada ayçiçeği bitkisini yaprak su potansiyeli değerlerinin -16 bar ve -23 bar’a ulaştığında sulamışlardır. Araştırma sonucunda ayçiçeği bitkisinin YSP değerinin -16 bar’ın altına düştüğünde su stresine girdiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.40. Deneme konularından ölçülen ortalama yaprak su potansiyeli değerleri (YSP) (bar)

Deneme konuları	2018 yılı	2019 yılı
I ₁	-13,3	-16,1
I ₂	-13,1	-14,5
I ₃	-13,0	-14,2
I ₄	-12,6	-13,4
I ₅	-11,2	-12,6
I ₆	-10,6	-12,5



Şekil 4.7. Mevsimlik bitki su tüketimi-YSP ilişkisi grafiği



Şekil 4.8. YSP-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği

4.9.2. Fotosentez Hızı (A)

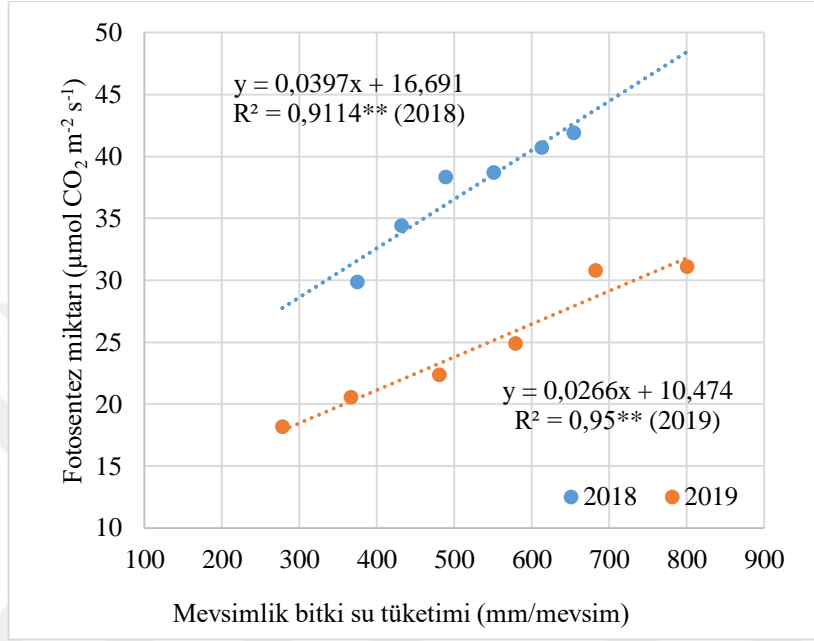
Deneme konularında sulama uygulamalarından önce ölçülen fotosentez hızı değerleri Çizelge 4.41’de, bu değerlerin ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi ve elde edilen dane verimleri arasındaki ilişkileri Şekil 4.9 ve Şekil 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.41. Deneme konularından ölçülen fotosentez hızı miktarları ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)

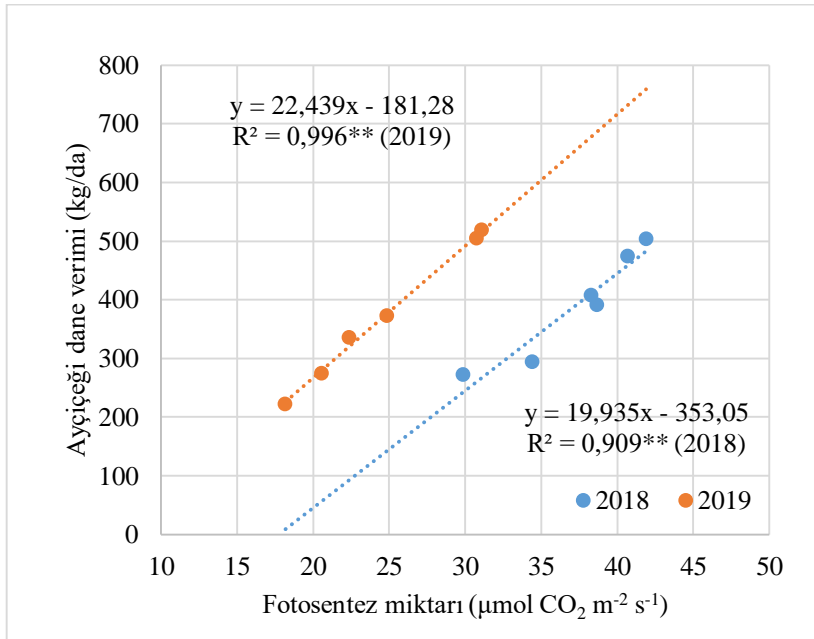
Deneme konuları	2018 yılı	2019 yılı
I ₁	29,86	18,18
I ₂	34,42	20,55
I ₃	38,31	22,36
I ₄	38,68	24,87
I ₅	40,69	30,77
I ₆	41,90	31,11

Ölçümler her iki deneme yılında da çiçeklenme periyodu boyunca gerçekleştirilmiştir. Deneme konularından elde edilen ortalama fotosentez hızı değerleri 2018 yılında 29,86-41,90 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ arasında, 2019 yılında ise 18,18-31,11 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ arasında değişmiştir. Her iki yılda da deneme konularından elde edilen fotosentez hızı değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarının artışına bağlı olarak değişim göstermiştir. En düşük fotosentez hızı değerleri

her iki yılda da I₁ deneme konusundan elde edilirken en yüksek fotosentez hızı değerleri I₆ deneme konusundan elde edilmiştir. Şekillerden izleneceği gibi deneme konularından ölçülen fotosentez hızı değerleri ile ayçiçeği mevsimlik bitki su tüketimleri arasında doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Elde edilen değerlerinin her iki yılda da istatistiksel açıdan p<0,01 düzeyinde önemli ve korelasyon katsayısının 0,91 (2018) ve 0,95 (2019) olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.9. Mevsimlik bitki su tüketimi-fotosentez hızı ilişkisi grafiği



Şekil 4.10. Fotosentez hızı-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği

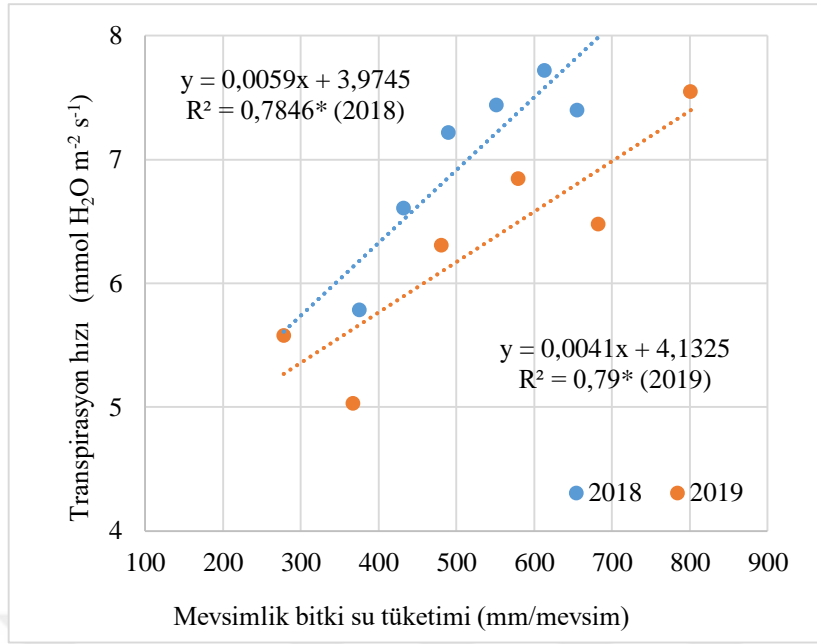
4.9.3. Transpirasyon Hızı (E)

Deneme konularında sulama uygulamalarından önce ölçülen transpirasyon hızı değerleri Çizelge 4.42’de, bu değerlerin ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi ve elde edilen dane verimleri arasındaki ilişkileri Şekil 4.11 ve Şekil 4.12’de verilmiştir.

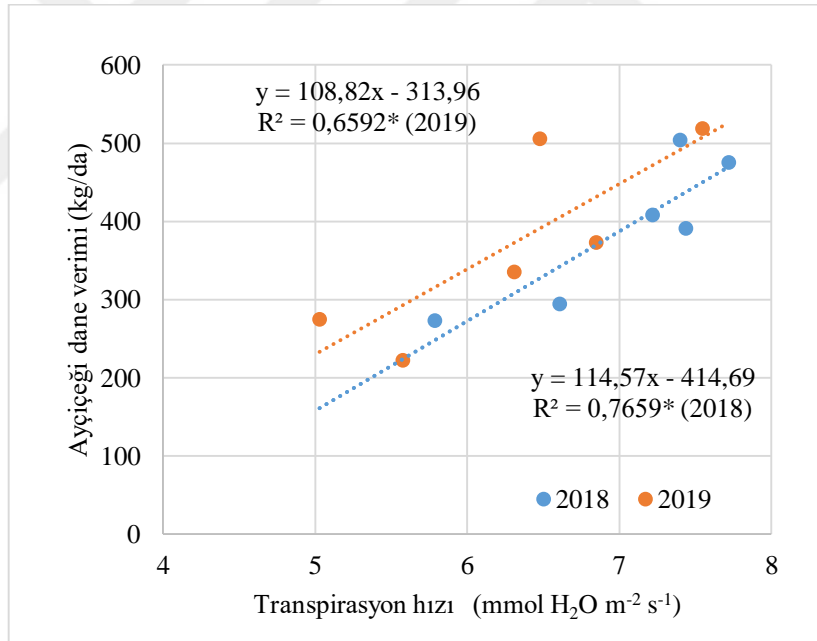
Ölçümler her iki deneme yılında da çiçeklenme periyodu boyunca gerçekleştirilmiştir. Deneme konularından elde edilen ortalama transpirasyon hızı değerleri 2018 yılında 5,79-7,72 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ arasında, 2019 yılında ise 5,03-7,55 mmol H₂O m⁻² s⁻¹ arasında değişmiştir. Her iki yılda da deneme konularından elde edilen transpirasyon hızı değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarının artışına bağlı olarak değişim göstermiştir. En düşük transpirasyon hızı değerleri ilk yıl I₁, ikinci yıl ise I₂ deneme konusundan elde edilirken en yüksek transpirasyon hızı değerleri ilk yıl I₅, ikinci yıl I₆ deneme konusundan elde edilmiştir. Şekillerden izleneceği gibi deneme konularından ölçülen transpirasyon hızı değerleri ile ayçiçeği mevsimlik bitki su tüketimleri arasında doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Elde edilen değerlerinin her iki yılda da istatistiksel açıdan p<0,05 düzeyinde önemli ve korelasyon katsayısının her iki yılda da 0,79 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.42. Deneme konularından ölçülen transpirasyon hızı miktarları (mmol H₂O m⁻² s⁻¹)

Deneme konuları	2018 yılı	2019 yılı
I ₁	5,79	5,58
I ₂	6,61	5,03
I ₃	7,22	6,31
I ₄	7,44	6,85
I ₅	7,72	6,48
I ₆	7,40	7,55



Şekil 4.11. Mevsimlik bitki su tüketimi-transpirasyon hızı ilişkisi grafiği



Şekil 4.12. Transpirasyon hızı-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği

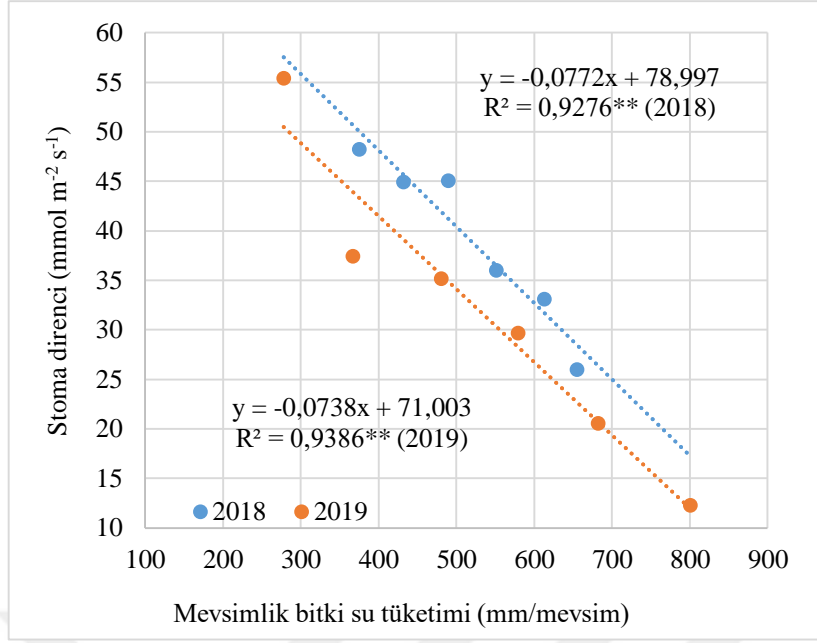
4.9.4. Stoma Direnci (g_s)

Araştırmada, ayçiçeği bitkisinin su kısıtına en hassas büyüme periyodu olan çiçeklenme periyodu boyunca her sulama uygulamasından önce ölçülen ortalama stoma direnci değerleri Çizelge 4.43'te, bu değerlerin ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi ve elde edilen dane verimleri arasındaki ilişkileri Şekil 4.13 ve Şekil 4.14'te verilmiştir.

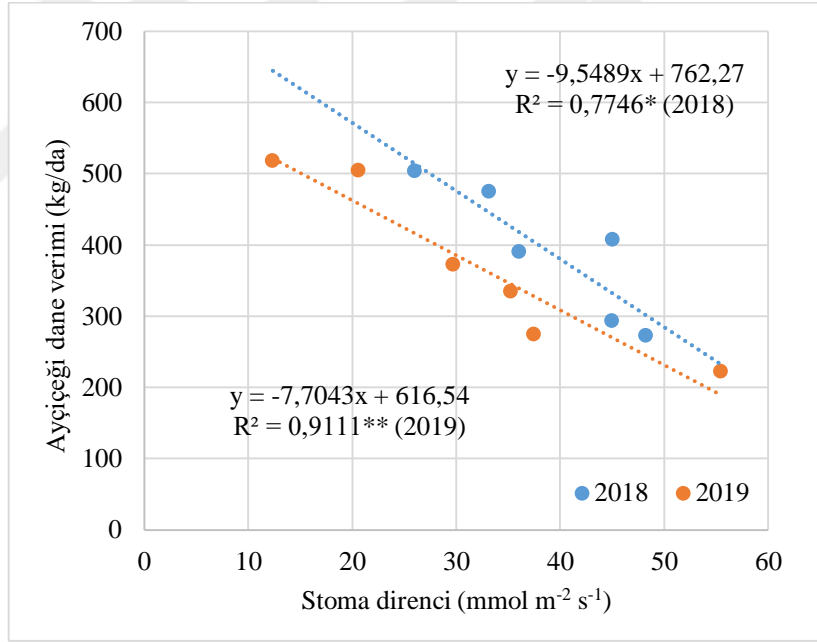
Çizelgeden görüleceği gibi, her iki yılda da çiçeklenme dönemine denk gelen stoma direnci değerleri sulama suyu kısıtına bağlı olarak artmıştır. En yüksek stoma direnci değerleri her iki yılda da I₁ deneme konusundan elde edilmiştir. Şekillerden izleneceği gibi çiçeklenme döneminde ölçülen stoma direnci değerleri ile ayçiçeği mevsimlik bitki su tüketimleri arasında doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Elde edilen değerlerinin her iki yılda da istatistiksel açıdan p<0,01 düzeyinde önemli ve korelasyon katsayısının 0,93 olduğu görülmüştür. Ayrıca, Orta vd. (2002) Tekirdağ koşullarında yürüttükleri araştırmada farklı sulama suyu uygulamaları altında ayçiçeği bitkisinin stoma direnci değerlerinin 15 ile 110 mmol m⁻² s⁻¹ arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.43. Deneme konularından ölçülen stoma direnci değerleri (mmol m⁻² s⁻¹)

Deneme konuları	2018 yılı	2019 yılı
I ₁	48,23	55,42
I ₂	44,95	37,48
I ₃	45,05	35,21
I ₄	36,05	29,72
I ₅	33,15	20,59
I ₆	26,02	12,33



Şekil 4.13. Mevsimlik bitki su tüketimi-stoma direnci ilişkisi grafiği



Şekil 4.14. Stoma direnci-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği

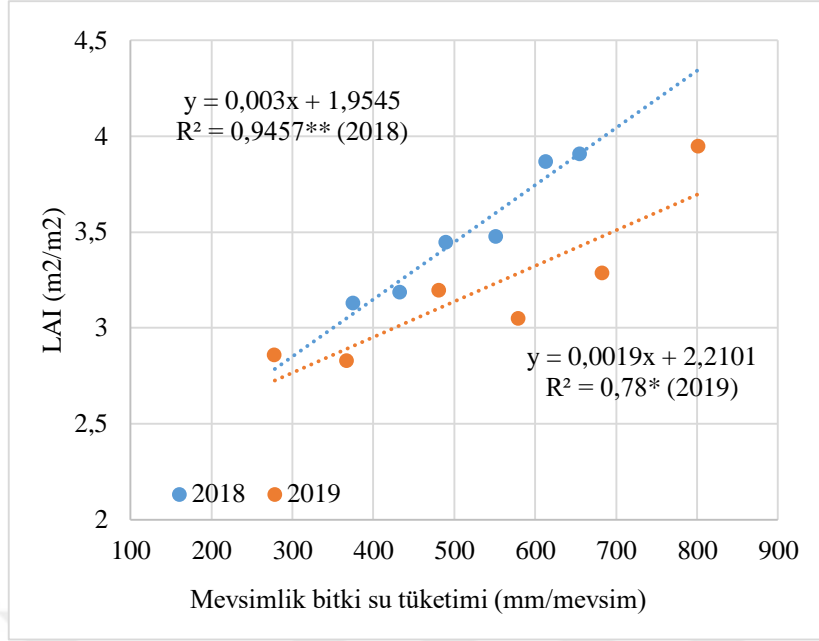
4.9.5. Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Araştırmada, ayçiçeği bitkisinin su kısıtına en hassas büyüme periyodu olan çiçeklenme periyodu boyunca her sulama uygulamasından önce hesaplanan ortalama yaprak alan indeksi değerleri Çizelge 4.44'te, bu değerlerin ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi ve elde edilen dane verimleri arasındaki ilişkileri Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da verilmiştir.

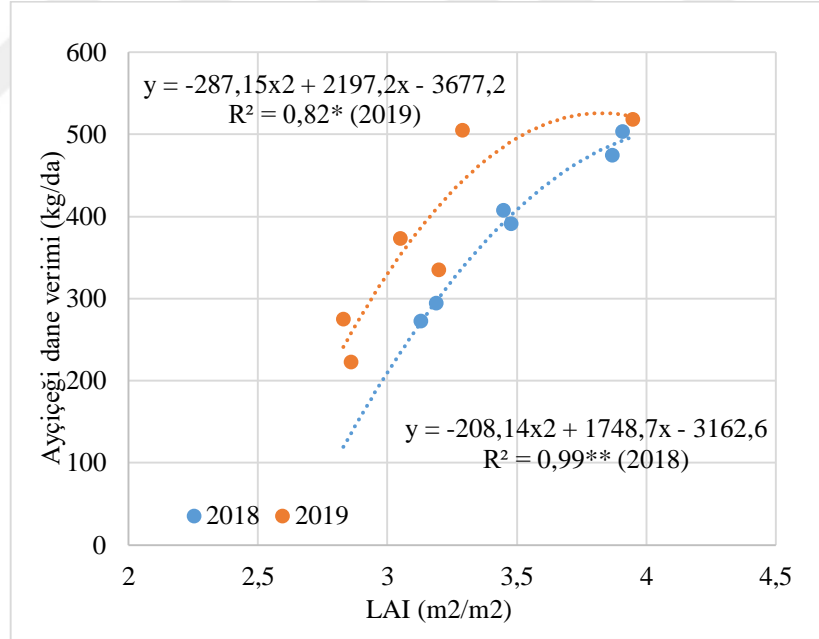
Ölçümler her iki deneme yılında da Temmuz ayı içerisinde birinci yıl 3 kez, ikinci yıl 4 kez yapılmıştır. Çizelgeden görüleceği gibi, her iki yılda da çiçeklenme dönemi LAI değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarının artışına bağlı olarak artmıştır. En yüksek LAI değerleri her iki yılda da I₆ deneme konusundan elde edilmiştir. Şekillerden izleneceği gibi çiçeklenme döneminde ölçülen LAI değerleri ile ayçiçeği mevsimlik bitki su tüketimleri arasında doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Elde edilen değerlerinin her iki yılda da istatistiksel açıdan $p < 0,01$ ve $p < 0,05$ düzeyinde önemli ve korelasyon katsayısının 0,95 (2018) ve 0,78 (2019) olduğu görülmüştür. Ayrıca, Orta vd. (2002) Tekirdağ koşullarında yürüttükleri araştırmada farklı sulama suyu uygulamaları altında ayçiçeği LAI değerlerinin en yüksek çiçeklenme döneminde olduğu ve değerlerin 3,31 ile 4,05 m²/m² arasında değiştiğini açıklamışlardır.

Çizelge 4.44. Deneme konularında ayçiçeği çiçeklenme döneminde ölçülen ortalama yaprak alan indeksi değerleri (m²/m²)

Deneme konuları	2018 yılı	2019 yılı
I ₁	3,13	2,86
I ₂	3,19	2,83
I ₃	3,45	3,20
I ₄	3,48	3,05
I ₅	3,87	3,29
I ₆	3,91	3,95



Şekil 4.15. Mevsimlik bitki su tüketimi-LAI ilişkisi grafiği



Şekil 4.16. LAI-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği

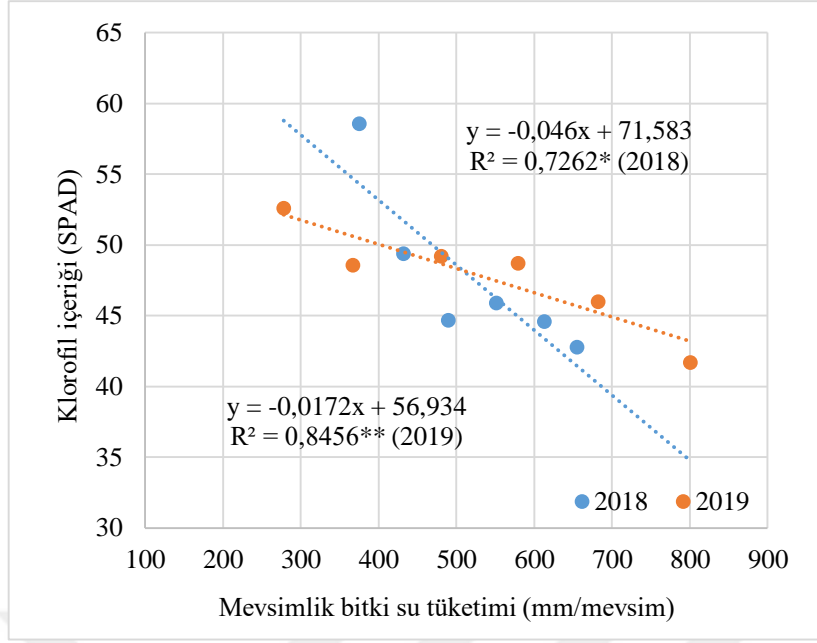
4.9.6. Klorofil İçeriği (SPAD)

Deneme konularında sulama uygulamalarından önce ölçülen ortalama klorofil içeriği değerleri Çizelge 4.45'te, bu değerlerin ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi ve elde edilen dane verimleri arasındaki ilişkileri Şekil 4.17 ve Şekil 4.18'de verilmiştir. Ölçümler her iki deneme yılında da Temmuz ayı içerisinde birinci yıl 3 kez, ikinci yıl 4 kez yapılmıştır. Deneme konularından elde edilen ortalama SPAD değerleri 2018 yılında 42,8 ile 58,6 arasında, 2019 yılında ise 41,7 ile 52,6 arasında değişmiştir. Her iki yılda da deneme konularından elde edilen SPAD değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarının artışına bağlı olarak değişim göstermiştir. En düşük SPAD değerleri her iki yılda da I₆ deneme konusundan elde edilmiştir. Ayçiçeği bitkisi için elde edilen SPAD değerleri önceki çalışmalardan elde edilen değerler ile paralellik göstermektedir. Furtado vd. (2016) Brezilya koşullarında beş farklı sulama suyu miktarının uygulandığı araştırmada SPAD değerlerinin uygulanan su miktarının azalması ile birlikte arttığını açıklamışlardır.

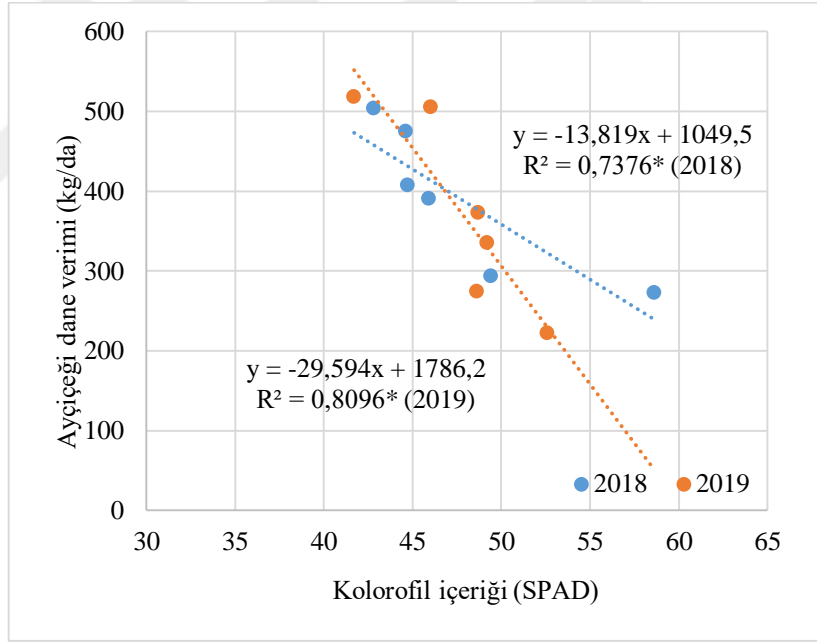
Şekillerden izleneceği gibi deneme konularından ölçülen SPAD değerleri ile ayçiçeği mevsimlik bitki su tüketimleri arasında doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Elde edilen değerlerinin her iki yılda da istatistiksel açıdan $p < 0,01$ ve $p < 0,05$ düzeyinde önemli ve korelasyon katsayısının 0,73 (2018) ve 0,85 (2019) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.45. Deneme konularından ölçülen ortalama klorofil içerikleri (SPAD)

Deneme konuları	2018 yılı	2019 yılı
I ₁	58,6	52,6
I ₂	49,4	48,6
I ₃	44,7	49,2
I ₄	45,9	48,7
I ₅	44,6	46,0
I ₆	42,8	41,7



Şekil 4.17. Mevsimlik bitki su tüketimi-klorofil içeriği ilişkisi grafiği



Şekil 4.18. Klorofil içeriği-ayçiçeği dane verimi ilişkisi grafiği

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Ayçiçeği ülkemizde en fazla ekim alanı ve üretime sahip yağlı tohumlu bitkidir. Adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması, kuru ve sulu koşullarda yetiştirilebilmesi, ekiminden hasadına kadar mekanizasyona uygun olması ayçiçeği tarımının üstün özellikleridir. Ayrıca tohumunda bulunan yüksek orandaki yağ birim alandan elde edilen yağ miktarının yüksek olmasına, yağ maliyetinin ise düşük olmasına neden olmaktadır. Ayçiçek yağının yemeklik kalitesinin de yüksek olması, tüketimin fazla olmasını sağlamaktadır. Bitkisel yağ üretimimizin %69'u, toplam sıvı yağ tüketimimizin yaklaşık %84'ü, toplam yağ kullanımının ise %32'si ayçiçeğinden karşılanmaktadır. Ayçiçeği üretimimizin %67'si kuru, %23'ü ise sulu koşullarda gerçekleştirilmektedir. Sulu tarım alanlarında ayçiçeği tarımının yaygınlaştırılmaması ayçiçek yağı üretimimize dolayısıyla da bitkisel yağ üretimimize olumsuz olarak yansımaktadır (Ziraat Mühendisleri Odası [ZMO] Ayçiçeği Raporu, 2018). Sulu tarım koşullarında yetiştirilen ayçiçeği bitkisinden elde edilecek yüksek verimin yağ açığımızı azaltacağı ortadadır. Bu çalışmada farklı sulama koşulları altında yetiştirilen ayçiçeğinin sulama zamanı planlamasına yönelik teknikler değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçların bölge ve ülke üreticilerine katkı yapacağı düşünülmektedir.

Damla sulama yöntemi altında farklı sulama suyu uygulamalarının ayçiçeği bitkisine olan etkilerinin araştırıldığı çalışma, 2018 ve 2019 yıllarında Tekirdağ koşullarında yürütülmüştür. Araştırmada, A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma değerlerinin %0, 25, 50, 75, 100 ve 125'inin uygulandığı altı farklı sulama suyu uygulaması denenmiştir.

Denemelerin yürütüldüğü 2018 ve 2019 yıllarında uygulanan sulama sayıları, sulama suyu miktarı ve ölçülen bitki su tüketimleri, toprak ve iklim koşullarına bağlı olarak farklılıklar göstermiştir. Özellikle araştırmanın ilk yılında tüm büyüme sezonu boyunca düşen 190,5 mm'lik yağış hedeflenen 7 günlük sulama aralığının değişmesine neden olmuştur. Bu nedenle, denemenin ilk yılında toplam 7 kez sulama uygulaması ile birlikte deneme konularına toplam 67,0 ile 334,8 mm su uygulanmıştır. Denemenin ikinci yılında büyüme mevsimi boyunca 7 gün sulama aralığında 12 kez sulama uygulaması yapılmış ve uygulanan sulama suyu miktarları 133,7 ile 668,1 mm arasında değişmiştir.

Deneme konularından ölçülen mevsimlik bitki su tüketimleri uygulanan sulama suyu miktarları ve düşen yağışa bağlı olarak 2018 yılında 375,2 ile 655 mm, 2019 yılında 278,2 ile 801,3 mm arasında değişmiştir. En yüksek mevsimlik bitki su tüketimi değerleri her iki yılda

da A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %125'inin uygulandığı deneme konusundan elde edilmiştir. Deneme konuları arasında, sulama zamanı planlaması açısından önemli bir parametre olan günlük bitki su tüketimi değerleri ise uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak 2018 yılında 1,4 ile 8,6 mm/gün ve 2019 yılında ise 1,2 ile 11,3 mm/gün arasında değişmiştir.

Farklı sulama suyu miktarlarının ayçiçeği bitkisinin vejetatif gelişme, verim, verim ve kalite unsurlarına olan etkileri incelenmiştir. Vejetatif gelişme unsurları olarak; bitki boyu, sap kalınlığı ve tabla çağı değerleri değerlendirilmiştir. Yapılan istatistikler analizler sonucunda farklı sulama uygulamalarının vejetatif gelişme unsurlarını etkilemediği sonucuna ulaşılmıştır. Verim ve kalite unsurları olarak, bin dane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, kuru madde miktarı ve yağ içeriği değerleri incelenmiştir. Bu değerlere göre yapılan analizler sonucunda, bin dane ağırlığı değerlerinin ikinci yıl sonuçları hariç deneme konularından elde edilen değerler arasında istatistiksel olarak önemli farklar elde edilmemiştir.

Deneme konularından elde edilen dane verimleri denemenin ilk yılında 272,88 kg/da ile 503,73 kg/da arasında, denemenin ikinci yılında ise 222,49 kg/da ile 518,61 kg/da arasında değişmiştir. Her iki yılda da deneme konularından elde edilen dane verimleri toprağa giren su miktarına (yağış + sulama) bağlı olarak değişmiştir. En yüksek dane verimleri, açık su yüzeyi buharlaşma değerinin %125'inin uygulandığı deneme konusundan elde edilmiştir. Farklı sulama suyu uygulamalarının ayçiçeği dane verimine etkisinin istatistiksel olarak belirlenmesi sonucunda deneme konularını arasındaki farklılığın %1 seviyesinde önemli olduğu bulunmuştur. Bu değerlere göre hazırlanan LSD gruplaması sonucunda en üst grubu açık su yüzeyi buharlaşma değerinin %100 ve 125'inin uygulandığı deneme konuları oluşturmuştur.

Deneme konularına uygulanan sulama suyu, ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi ve elde edilen ayçiçeği dane verimleri arasındaki ilişkileri incelenmesi sonucunda doğrusal ilişkiler elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı ve ölçülen mevsimlik bitki su tüketimi arttıkça elde edilen ayçiçeği dane verimleri artmaktadır. Diğer yandan bitkinin suya karşı tepkisini gösteren su-verim ilişkisi değeri (k_y) her iki yıl değerleri için 0,93 olarak hesaplanmıştır. Bu değere göre ayçiçeği bitkisinin su kısıtına nispeten dayanıklı olduğu söylenebilir.

Araştırmada deneme konularından elde edilen sonuçlara göre sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE) değerleri incelenmiştir. Deneme konularından elde edilen IWUE değerleri denemenin ilk yılında 1,50 ile 4,39 kg/m³, denemenin

ikinci yılında 0,78 ile 2,06 kg/m³ arasında değişmiştir. İlk yıl elde edilen yüksek IWUE değerlerinin nedeni, deneme konularına ikinci yıla göre yüksek yağıştan dolayı daha az sulama suyu uygulanmasıdır. Denemenin her iki yılında da IWUE değerleri arasında istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli farklılıklar elde edilmiştir. Bu değerlere göre yapılan LSD testleri göre deneme konuları arasında en az sulama suyu uygulanan I₂ konusu en üst grubu oluşturmuştur. Deneme konularından elde edilen WUE değerleri denemenin ilk yılında 0,68 ile 0,83 kg/m³, denemenin ikinci yılında 0,64 ile 0,80 kg/m³ arasında değişmiştir. Deneme konuları arasında her iki yılda da elde edilen WUE değerleri benzerlik göstermiştir. En yüksek WUE değerleri denemenin birinci yılında I₃ deneme konusundan elde edilirken, ikinci yılda I₁ deneme konusundan elde edilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre denemenin her iki yılında da WUE değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar elde edilmemiştir.

Farklı sulama uygulamalarının ayçiçeği dane verimine yönelik elde edilen tüm veriler birlikte incelendiğinde, bitkinin su kısıtına karşı nispeten dayanıklı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu sonuç bölge koşullarında sadece yağışlı koşullarda yetiştirilen bitkiden ülke ortalamasına göre yüksek verimler elde edilmesini desteklemektedir. Diğer yandan sulama uygulaması ile birlikte elde edilecek ayçiçeği verimini arttırmak olasıdır. Araştırmada beş farklı sulama suyu uygulanmış ve uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça elde edilen dane verimi artmıştır. Artan su miktarı ve elde edilen dane verimleri arasında ilişkiyi belirlemek için hesaplanan IWUE ve WUE değerlerine göre ise az sulama suyu uygulanan deneme konularının ön plana çıktığı görülmektedir. Bu verilerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, su kaynaklarının yeterli olması ve damla sulama yönteminin uygulandığı koşullarda 7 gün sulama aralığından A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %100 ve 125'inin uygulanması önerilebilir. Diğer yandan su kaynağının kısıtlı olduğu koşullarda yüksek IWUE ve WUE değerleri dikkate alınarak 7 gün sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %25 ve 50'sinin uygulanması önerilebilir.

Ayçiçeğinin sulama zamanının planlanmasına yönelik bölge, ülke ve dünya koşullarında birçok araştırma mevcuttur. Yürütülen araştırmada bu çalışmalardan farklı olarak bitkiye dayalı ölçüm tekniklerinin sulama zamanı planlamasında kullanım olanakları araştırılmıştır. Bu bağlamda, ayçiçeği bitkisinin en fazla su tükettiği çiçeklenme periyodunda bitkiye yönelik; yaprak alan indeksi, yaprak su potansiyeli, klorofil içeriği, stoma direnci, fotosentez hızı ve transpirasyon hızı ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bitkiye yönelik tüm

ölçümler sulama uygulaması öncesi yapılmıştır. Böylelikle elde edilen veriler yardımıyla üreticiler için sulamaya başlanacak zamanının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Deneme konularından ölçülen yaprak alan indeksi (LAI) değerlerinde büyük farklar elde edilmemiştir ve değerler 2,83 ile 3,95 m^2/m^2 arasında değişmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça LAI değerleri artmıştır. Deneme konularından elde edilen yaprak su potansiyeli (YSP) değerleri birinci yıl -10,6 ile -13,3 bar arasında, ikinci yıl ise -12,5 bar ile -16,1 bar arasında değişmiştir. Bu sonuçlara göre, özellikle kısıtlı su kaynağı koşullarında ayçiçeği bitkisinin sulaması için -13 ve -14 bar yaprak su potansiyeli değerlerinin kullanılması önerilebilir. Deneme konularından elde edilen ortalama klorofil içeriği (SPAD) değerleri 2018 yılında 42,8 ile 58,6 arasında, 2019 yılında ise 41,7 ile 52,6 arasında değişmiştir. Her iki yılda da deneme konularından elde edilen SPAD değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarının artışına bağlı olarak değişim göstermiştir. Kısıtlı su kaynağı koşullarında ayçiçeği bitkisinin sulama zamanı planlaması için klorofil içeriği (SPAD) değerinin 45-50 aralığında alınması önerilebilir. Deneme konularından sulama önceleri ölçülen stoma direnci değerleri uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça azalmıştır. Ayçiçeği bitkisinin kısıtlı su kaynağı koşullarında sulamaya başlanacak stoma direnci değerlerinin 35-70 $mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$ olarak alınması önerilebilir. Deneme konularından elde edilen ortalama fotosentez hızı değerleri 2018 yılında 29,86-41,90 $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ arasında, 2019 yılında ise 18,18-31,11 $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ arasında değişmiştir. Her iki yılda da deneme konularından elde edilen fotosentez hızı değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarının artışına bağlı olarak değişim göstermiştir. Kısıtlı su kaynağı koşullarında ayçiçeği bitkisinin sulama zamanı planlaması için fotosentez hızı değerinin 25-35 $\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$ aralığında alınması önerilebilir. Her iki yılda da deneme konularından elde edilen transpirasyon hızı değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarının artışına bağlı olarak değişim göstermiştir. Ayçiçeği bitkisinin kısıtlı su kaynağı koşullarında sulamaya başlanacak transpirasyon hızı değerlerinin 5-8 $mmol\ H_2O\ m^{-2}\ s^{-1}$ olarak kullanılması önerilebilir.

Sonuçta, sulama uygulamalarının çok yoğun olmadığı ve damla sulama uygulamalarının oldukça yeni olduğu Trakya Bölgesinde toprak ve su kaynaklarının korunumu açısından özellikle bölgenin hakim bitkisi olan ayçiçeği için gerekli sulama verilerinin ortaya konulması önemlidir. Bu araştırmada, ayçiçeği bitkisi için genel su-verim ilişkilerinin belirlenmesinin yanı sıra sulama uygulamaları için önemli olan bitkiye yönelik göstergelerin ortaya konulması amaçlanmıştır. Elde edilen verilerin üreticilere ve bu konuda çalışacak araştırmacılara faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akyıldız, R. (1968). *Yemler Bilgisi Laboratuvar Kılavuzu*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 358, S: 214.
- Ali, A., Noorka, I.R. (2013). Differential growth and development response of sunflower hybrid an contrasting irrigation regimes. *American Journal of Plant Sciences*, 4, 1060-1065.
- Ashok Kumar, K., Neelima, S., Munirathnam, P. (2014). Influence of subsurface drip irrigation system on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in scarce rainfall zone of andhra pradesh in subtropical India. *HELIA*, 37(60), 69-75.
- Atakişi, İ. (1991). *Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı*. Tekirdağ: Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 148, S: 181.
- Ayyıldız, M. (1990). *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1196.
- Azevedo, B.M., Vasconcelos, D.V., Bomfim, G.V., Viana, T.V.A., Nascimento Neto, J.R., Oliveira, K.M.A.S. (2016). Production and yield response factor of sunflower under different irrigation depths. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.20, n.5, 427-433.
- Beg, A., Pourdad, S.S., Alipour, S. (2007). Row and plant spacing effect on agronomic performance of sunflower in warm and semi-cold areas of Iran. *HELIA*, 30, 99–104.
- Bektaş, İ., Güler, C., Kalaycıoğlu, H. (2002). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) saplarından üre-formaldehit tutkalı ile yonga levha üretimi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(2), 49-56.
- 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.
- Blake, G.R. (1965). Bulk density methods of soil analysis. *Soil Science Society of America, Madison*, Part I. Am. Soc. Agron. 9: 374-390.
- Bozkurt Çolak, Y. (2010). *Akdeniz bölgesinde flame seedless ve italia sofralık üzüm çeşitlerinde yaprak su potansiyeline göre sulama programlarının oluşturulması*. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

- Delibaş, L. (1994). *Sulama*. Tekirdağ: Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları No.213, Ders Kitabı No. 24.
- Demir, A., Göksoy, A., Büyükcangaz, H., Turan, Z., Köksal, E. (2006). Deficit irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a sub-humid climate. *Irrig. Sci.* 24:279-289.
- Demirtaş, N.M., Kırnak, H. (2006). Kayıtsızda farklı sulama sistemleri ve sulama programının yaprak su içeriğine etkisi. *BAHÇE*, 35(1-2), 97-107.
- Doorenbos, J., Kassam, A.H. (1979). Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage paper No. 33, FAO, Rome, Italy, p. 193.
- Doorenbos, J., Pruitt, W.O. (1977). *Crop Water Requirements*. Rome: FAO, 179 p. Irrigation and Drainage Paper, 24.
- Eğilmez, Ö. (1977). *Ayçiçeği Kimya ve Teknolojisi*. Ankara: Tarım Bakanlığı Yayınları, Ayçiçeği Projesi El Kitabı, D-170. Gaye Matbaası.
- Erdem, T. (2000). *Tekirdağ koşullarında ayçiçeğinin (Helianthus annuus L.) su-verim ilişkileri*. (Doktora Tezi), Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Furtado, G.F., Xavier, D.A., Andrade, E.M.G., Lima, G.S., Chaves, L.H.G., Vasconcelos, A.C.F., Wanderley, J.A.C. (2016). Growth and physiological responses of sunflower grown under levels of water replacement and potassium fertilization. *African Journal of Agricultural Research*, Vol. 11(14), pp. 1273-1281.
- Goldhamer, D. A., Phene, B. C., Beede, R., Scherlin, L., Brazil, J., Kjelgren, R. K., Rose, D. (1986). Tree Performance After Two Years of Sustained Deficit Irrigation California Pistachio Industry, Annual Report of 1985-1986 Crop Year, 104-109.
- Gönen, E., Bozkurt Çolak, Y., Yazar, A., Tanrıverdi, Ç., Sesveren, S. (2018). Bitkiye dayalı ölçümler kullanılarak gün içerisinde en uygun sulama zamanının belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı, 281-289.
- Grompone, M.A. (2005). Sunflower Oil. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, Six volume set, Edited by Fereidoon Shahidi.
- Güngör, Y., Yıldırım, O. (1989). *Tarla Sulama Sistemleri*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 1155. 371s.

- Gürbüz, M.A. (2011). *Asit karakterli toprakları kireçlemenin ayçiçeği ve mısır bitkilerinin su kullanma randımanı üzerine etkileri*. (Doktora Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Hisio, T.C. (1993). *Plant Atmosphere Interactions, Evapotranspiration and Irrigation Scheduling Course I.C.M.A.S. Bari, Italy, 148s.*
- Ismail, S.M., El-Nakhlawy, F.S. (2018). Optimizing water productivity and production of sunflower crop under arid land conditions. *Water Science and Technology: Water Supply*, 18.5(2018), 1861-1868.
- Kanber, R. (1997). *Sulama*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Adana: Genel Yayın No. 174, Ders Kitapları Yayın No. 52, 530s.
- Kanber, R., Steduto, P., Aydın, Y., Ünlü, M., Özmen, S., Çetinkökü, Ö., Özekici, B., Diker, K., Sezen, M.S. (2004). Damla Sulama Sistemiyle Fertigasyon Uygulamalarının Antepfıstığında Gelişme, Verim ve Periyodisiteye Etkisinin İncelenmesi. Tübitak, TARP 1825.
- Kapluhan, E. (2013). Türkiye’de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27, 487-510.
- Karam, F., Lahoud, R., Masaad, R., Kabalan, R., Breidi, J., Chalita, C., Roupheal, Y. (2007). Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management*, 90(2007), 213-223.
- Kaviya, V., Sathyamoorth, N.K., Rajeswari, M., Chinnamuthu, C.R. (2018). Effect of deficit drip irrigation on water use efficiency, water productivity and yield of hybrid sunflower. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 9(5), 1119-1122.
- Kaya, Y., Evci, G., Pekcan, V., Gücer, T., Yılmaz, M.İ. (2009). Ayçiçeğinde yağ verimi ve bazı verim öğeleri arasında ilişkilerin belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 15(4), 310-318, Ankara.
- Klorofil Metre*. (t.y.). Erişim adresi <https://www5.konicaminolta.eu/en/measuring-instruments/products/colour-measurement/chlorophyll-meter/spad502plus/introduction.html>
- Korukçu, A., Kanber, R. (1981). Su-Verim İlişkileri. Topraksu Araştırma Ana Projesi, (435-1), Tarsus.
- Korukçu, A., Yıldırım, O. (1981). *Yağmurlama Sulama Sistemlerinin Projelenmesi*. Ankara: TOPRAKSU Genel Müdürlüğü Yayınları.

- Köksal, E.S., Üstün, H., İlbeyi, A. (2010). Bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı göstergesi olarak yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi sınır değerleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1), 25-36.
- LAI-2200C Plant Canopy Analyzer. (t.y.). Erişim adresi https://www.licor.com/env/products/leaf_area/LAI-2200C/
- LICOR-6400XT. (t.y.). Erişim adresi <https://www.selectscience.net/products/li-6400xt-portable-photosynthesis-system/?prodID=197585#tab-2>
- Mahmoud, A.M., Ahmed, T.A. (2016). Water use efficiency of sunflower genotypes under drip irrigation. *African Journal of Agricultural Research*, 11(11), 925-929.
- Maya, F. (2007). *Farklı su ve gübre sistemlerinde pamuk bitkisinde yaprak su potansiyelinin değişimi*. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Oil World Monthly. (2018). 16 Şubat 2018, Erişim adresi <https://www.oilworld.biz/t/publications/monthly>
- Orta, A.H. (1997). *Bağ Sulamasında Damla ve Karık Yöntemlerinin Ekonomik Yönden Karşılaştırılması*. Tekirdağ: Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Gn. Müdürlüğü Bağcılık Araştırma Enstitüsü Yayınları 151.
- Orta, A.H., Erdem, T., Erdem, Y. (2002). Determination of water stress index in sunflower, *HELIA*, 25, Nr.37, 27-38.
- Özer, S. (2012). *Kabak (cucurbita pepo l.) bitkisinin sulama zamanının planlanmasında bitkiye dayalı ölçüm tekniklerinin kullanım olanakları*. (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Papazafiriou, Z.G. (1980). A compact procedure for trickle irrigation system design. *ICID Bulletin*, 19(1), 28-45.
- Pekcan, V., Erdem, T. (2005). Edirne koşullarında destekleme sulamanın ayçiçeğinin su kullanımı ve verimine etkileri. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 6(2), 59-66.
- Pepo, P., Novak, A. (2016). Correlation between photosynthetic traits and yield in sunflower. *Plant Soil Environ*, Vol. 62, 2016, No. 7, 335–340.

- Qureshi, A.L., Gadehi, M.A., Mahessar, A.A., Memon, N.A., Soomro, A.G., Memon A.H. (2015). Effect of drip and furrow irrigation systems on sunflower yield and water use efficiency in dry area of Pakistan. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 15(10), 1947-1952.
- Sanay MR. (t.y.). Erişim adresi https://www.syngenta.com.tr/sites/g/files/zhg251/f/sanay_mrbrosur_2.pdf?token=1482095386
- Scholander Basınç Odası. (t.y.). Erişim adresi <http://ictinternational.com/products/3115/portable-plant-water-status-console/>
- Sezen, S.M., Yazar, A., Kapur, B., Tekin, S. (2011). Comparison of drip and sprinkler irrigation strategies on sunflower seed and oil yield and quality under Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 98(2011), 1153–1161.
- Sinha, I., Buttar, G.S., Brar, A.S. (2017). Drip irrigation and fertigation improve economics, water and energy productivity of spring sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Indian Punjab. *Agricultural Water Management*, 185(2017), 58–64.
- Sionit, N., Kramer, P.J. (1976). Water potential and stomatal resistance of sunflower and soybean subjected to water stress during various growth stages. *Plant Physiology*. 58, 537-540.
- Sönmez, N., Ayyıldız, M. (1964). *Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Teşhis ve Islahı*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 229.
- Sugözü, İ., Aksoy, F., Bayındır, Ş.A. (2009). Bir dizel motorunda ayçiçeği metil esterinin kullanımının motor performans ve emisyonlarına etkisi. *Makine Teknolojileri Dergisi*, 6(2), 45-56.
- Süllü, A., Dağdelen, N. (2013). Söke ovası koşullarında II. ürün ayçiçeğinde damla sulamanın verim ve kalite üzerine etkilerinin irdelenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2015;12(2),45-54.
- Swain, O.S., Mohapatra, P., Digal, B., Sahu, A.P. (2019). Water use efficiency of sunflower under deficit drip irrigation in east and south-east coastal plain agro-climatic zone of Odisha, India. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, ISSN: 2319-7706 Volume 8 Number 06.

- T.C. Gümrük ve Ticaret Bakanlığı Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü. (2017). *2016 yılı ayçiçeği raporu*. Erişim adresi <http://koop.gtb.gov.tr/data/58e5f4451a79f54dd851b457/2016%20Ay%C3%A7i%C3%A7e%C4%9Fi%20Raporu%20son%20hali.pdf>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2019). *İllere ait mevsim normalleri*. Erişim adresi <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=TEKIRDAG>
- Teare, I.D., Kanemasu, E.T., Powers, W.J., Jacoms, H.S. (1975). Water use efficiency and its role to crop canopy area, stomatal regulation and root distribution. *Agron Journal*, 65(2), 207-211.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2017). Erişim adresi http://www.tuik.gov.tr/VeriTabanlari.do?vtid=28&ust_id=null
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2018). Erişim adresi http://www.tuik.gov.tr/VeriTabanlari.do?vtid=28&ust_id=null
- Walker, W.R., Skogerboe, G.V. (1987). *Surface Irrigation. Theory and Practice*. Prentice- Hall, Englewood Cliffs, 375pp, New Jersey.
- Williams, L.E, Araujo, F.J. (2002). Correlations among predawn leaf, midday leaf stem water potential and their correlations with other measures of soil and plant water status in vitis nifera. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 127 (3), 448-454
- Yavuz, N. (2016). *Farklı sulama aralığı ve kısıtlı sulamanın, ayçiçeği verim ve kalitesi üzerine etkisi*. (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yazdıç, M., Değirmenci, H. (2018). pamukta farklı sulama seviyelerinin yaprak su potansiyeli ve klorofil değerine etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21(4), 511-519.
- Yıldırım, M. (2004). *Damla yöntemiyle sulanan erik ağaçlarında farklı sulama programlarının ağaç gelişmesi, meyve verimi ve kalitesi üzerine etkileri*. (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yıldırım, O. (2008). *Sulama Sistemlerinin Tasarımı*. Ankara: *Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Yayınları*: 1565.
- Yıldırım, O., Madanoğlu, K. (1985). A-Sınıfı Buharlaştırma Kaplarının Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılması. Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi No.433, Ankara.

Yurtsever, N. (1984). *Deneyisel İstatistik Metotları*. Ankara: Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları No. 56.

Zhang, Y., Kendy, E., Qiang, Y., Changming, L., Yanjun, S., Hongyong, S. (1999). Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the North China plain. *Agricultural Water Management*, 64, 107-122.

Ziraat Mühendisleri Odası. (2018). *Ayçiçeği raporu*. 03.12.2018, Erişim adresi http://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30602&tipi=17&sube=0





Ek 1. Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2018) (I₁ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I ₁	27 Nisan	285,6				
				5,5	30,3	2,2
	11 Mayıs	260,8				
				17,3	35,6	3,6
	21 Mayıs	242,5				
				4,6	31,6	2,9
	1 Haziran	215,5				
					16,3	3,3
	6 Haziran	199,2				
				3,4	14,1	2,0
	13 Haziran	188,5				
				1,1	14,4	2,1
	20 Haziran	175,2				
				7,0	11,9	1,7
	27 Haziran	170,3				
				63,9	44,2	6,3
	4 Temmuz	190,0				
					14,8	2,1
	11 Temmuz	175,2				
				13,1	19,8	2,8
	18 Temmuz	168,5				
				28,6	31,9	4,6
	25 Temmuz	165,2				
				46,0	42,0	6,0
	1 Ağustos	169,2				
					23,0	3,3
	8 Ağustos	146,2				
					24,9	1,9
21 Ağustos	121,3					
				20,4	1,5	
4 Eylül	100,9					
		184,7	0,0	190,5	375,2	

Ek 1. (Devamı) Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2018) (I₂ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I ₂	27 Nisan	285,6				
				5,5	30,3	2,2
	11 Mayıs	260,8				
				17,3	35,6	3,6
	21 Mayıs	242,5				
				4,6	31,6	2,9
	1 Haziran	215,5				
					16,3	3,3
	6 Haziran	199,2				
			8,9	3,4	21,3	3,0
	13 Haziran	190,2				
			10,1	1,1	20,7	3,0
	20 Haziran	180,7				
			9,0	7,0	18,5	2,6
	27 Haziran	178,2				
			8,2	63,9	40,1	5,7
	4 Temmuz	210,2				
					25,0	3,6
	11 Temmuz	185,2				
			11,4	13,1	35,5	5,1
	18 Temmuz	174,2				
			9,1	28,6	38,4	5,5
	25 Temmuz	173,5				
				46,0	49,3	7,0
	1 Ağustos	170,2				
					17,7	2,5
	8 Ağustos	152,5				
			10,3		32,6	2,5
21 Ağustos	130,2					
				19,7	1,4	
	4 Eylül	110,5				
TOPLAM		175,1	67,0	190,5	432,6	

Ek 1. (Devamı) Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2018) (I₃ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I ₃	27 Nisan	285,6				
				5,5	30,3	2,2
	11 Mayıs	260,8				
				17,3	35,6	3,6
	21 Mayıs	242,5				
				4,6	31,6	2,9
	1 Haziran	215,5				
					16,3	3,3
	6 Haziran	199,2				
			17,9	3,4	23,8	3,4
	13 Haziran	196,7				
			20,1	1,1	25,1	3,6
	20 Haziran	192,8				
			17,9	7,0	25,2	3,6
	27 Haziran	192,5				
			16,5	63,9	32,7	4,7
	4 Temmuz	240,2				
					24,4	3,5
	11 Temmuz	215,8				
			22,8	13,1	51,5	7,4
	18 Temmuz	200,2				
			18,2	28,6	49,4	7,1
	25 Temmuz	197,6				
				46,0	45,4	6,5
	1 Ağustos	198,2				
					25,8	3,7
	8 Ağustos	172,4				
			20,7		46,9	3,6
21 Ağustos	146,2					
				25,7	1,8	
4 Eylül	120,5					
TOPLAM		165,1	134,1	190,5	489,7	

Ek 1. (Devamı) Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2018) (I₄ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I₄	27 Nisan	285,6				
				5,5	30,3	2,2
	11 Mayıs	260,8				
				17,3	35,6	3,6
	21 Mayıs	242,5				
				4,6	31,6	2,9
	1 Haziran	215,5				
					16,3	3,3
	6 Haziran	199,2				
			26,8	3,4	28,9	4,1
	13 Haziran	200,5				
			30,2	1,1	36,3	5,2
	20 Haziran	195,5				
			26,9	7,0	29,0	4,1
	27 Haziran	200,4				
			24,7	63,9	46,5	6,6
	4 Temmuz	242,5				
					27,1	3,9
	11 Temmuz	215,4				
			34,1	13,1	54,9	7,8
	18 Temmuz	207,7				
			27,3	28,6	52,8	7,5
	25 Temmuz	210,8				
				46,0	46,4	6,6
	1 Ağustos	210,4				
					25,2	3,6
	8 Ağustos	185,2				
		31,0		66,0	5,1	
21 Ağustos	150,2					
				24,8	1,8	
4 Eylül	125,4					
TOPLAM		160,2	201,0	190,5	551,7	

Ek 1. (Devamı) Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2018) (I₅ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I ₅	27 Nisan	285,6				
				5,5	30,3	2,2
	11 Mayıs	260,8				
				17,3	35,6	3,6
	21 Mayıs	242,5				
				4,6	31,6	2,9
	1 Haziran	215,5				
					16,3	3,3
	6 Haziran	199,2				
			35,7	3,4	47,8	6,8
	13 Haziran	190,5				
			40,2	1,1	44,6	6,4
	20 Haziran	187,2				
			35,8	7,0	37,2	5,3
	27 Haziran	192,8				
			32,9	63,9	50,8	7,3
	4 Temmuz	238,8				
					28,0	4,0
	11 Temmuz	210,8				
			45,5	13,1	56,2	8,0
	18 Temmuz	213,2				
			36,4	28,6	52,2	7,5
	25 Temmuz	226,0				
				46,0	46,7	6,7
	1 Ağustos	225,3				
					32,8	4,7
	8 Ağustos	192,5				
			41,3		78,6	6,0
21 Ağustos	155,2					
				24,4	1,7	
4 Eylül	130,8					
TOPLAM		154,8	267,8	190,5	613,1	

Ek 1. (Devamı) Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2018) (I₆ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I ₆	27 Nisan	285,6				
				5,5	30,3	2,2
	11 Mayıs	260,8				
				17,3	35,6	3,6
	21 Mayıs	242,5				
				4,6	31,6	2,9
	1 Haziran	215,5				
					16,3	3,3
	6 Haziran	199,2				
			44,6	3,4	51,6	7,4
	13 Haziran	195,6				
			50,3	1,1	46,5	6,6
	20 Haziran	200,5				
			44,8	7,0	41,7	6,0
	27 Haziran	210,6				
			41,1	63,9	60,4	8,6
	4 Temmuz	255,2				
					40,0	5,7
	11 Temmuz	215,2				
			56,9	13,1	59,4	8,5
	18 Temmuz	225,8				
			45,5	28,6	54,7	7,8
	25 Temmuz	245,2				
				46,0	48,7	7,0
	1 Ağustos	242,5				
					32,0	4,6
	8 Ağustos	210,5				
			51,6		76,9	5,9
21 Ağustos	185,2					
				29,3	2,1	
4 Eylül	155,9					
TOPLAM		129,7	334,8	190,5	655,0	

Ek 2. Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2019) (I₁ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)	
I ₁	30 Nisan	351,2					
				5,4	26,4	2,4	
	11 Mayıs	330,2					
				22,0	23,0	2,3	
	21 Mayıs	329,2					
				3,8	22,5	2,8	
	29 Mayıs	310,5					
				1,9	17,2	2,5	
	5 Haziran	295,2					
				0,4	10,0	1,4	
	12 Haziran	285,6					
				4,9	15,3	2,2	
	19 Haziran	275,2					
				0,3	15,2	2,2	
	26 Haziran	260,3					
					15,1	2,2	
	3 Temmuz	245,2					
						16,6	2,4
	10 Temmuz	228,6					
					18,8	27,1	3,9
	17 Temmuz	220,3					
						18,8	2,7
	24 Temmuz	201,5					
						16,3	2,3
	31 Temmuz	185,2					
						8,9	1,3
	7 Ağustos	176,3					
						11,1	1,6
14 Ağustos	165,2						
					12,9	1,8	
21 Ağustos	152,3						
					21,8	1,5	
5 Eylül	130,5						
TOPLAM		220,7	0,0	57,5	278,2		

Ek 2. (Devamı) Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2019) (I₂ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I ₂	30 Nisan	351,2				
				5,4	26,4	2,4
	11 Mayıs	330,2				
				22,0	23,0	2,3
	21 Mayıs	329,2				
				3,8	22,5	2,8
	29 Mayıs	310,5				
			7,1	1,9	19,3	2,8
	5 Haziran	300,2				
			8,8	0,4	14,2	2,0
	12 Haziran	295,2				
			11,0	4,9	25,5	3,6
	19 Haziran	285,6				
			10,8	0,3	21,1	3,0
	26 Haziran	275,6				
			10,9		26,3	3,8
	3 Temmuz	260,2				
			15,0		24,0	3,4
	10 Temmuz	251,2				
			11,0	18,8	35,2	5,0
	17 Temmuz	245,8				
			8,0		23,0	3,3
	24 Temmuz	230,8				
			12,6		17,8	2,5
	31 Temmuz	225,6				
			13,6		20,3	2,9
	7 Ağustos	218,9				
			12,1		25,8	3,7
14 Ağustos	205,2					
		12,8		25,5	3,6	
21 Ağustos	192,5					
				17,3	1,2	
	5 Eylül	175,2				
TOPLAM		176,0	133,7	57,5	367,2	

Ek 2. (Devamı) Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2019) (I₃ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I ₃	30 Nisan	351,2				
				5,4	26,4	2,4
	11 Mayıs	330,2				
				22,0	23,0	2,3
	21 Mayıs	329,2				
				3,8	22,5	2,8
	29 Mayıs	310,5				
			14,3	1,9	26,2	3,7
	5 Haziran	300,5				
			17,5	0,4	13,2	1,9
	12 Haziran	305,2				
			22,0	4,9	36,9	5,3
	19 Haziran	295,2				
			21,6	0,3	26,8	3,8
	26 Haziran	290,3				
			21,7		26,8	3,8
	3 Temmuz	285,2				
			30,1		26,9	3,8
	10 Temmuz	288,4				
			21,9	18,8	38,9	5,6
	17 Temmuz	290,2				
			15,9		25,9	3,7
	24 Temmuz	280,2				
			25,2		23,9	3,4
	31 Temmuz	281,5				
			27,2		33,1	4,7
	7 Ağustos	275,6				
			24,3		37,4	5,3
14 Ağustos	262,5					
		25,7		35,7	5,1	
21 Ağustos	252,5					
				57,3	3,8	
5 Eylül	195,2					
TOPLAM		156,0	267,4	57,5	480,9	

Ek 2. (Devamı) Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2019) (I₄ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I ₄	30 Nisan	351,2				
				5,4	26,4	2,4
	11 Mayıs	330,2				
				22,0	23,0	2,3
	21 Mayıs	329,2				
				3,8	22,5	2,8
	29 Mayıs	310,5				
			21,4	1,9	18,5	2,6
	5 Haziran	315,3				
			26,3	0,4	36,4	5,2
	12 Haziran	305,6				
			33,0	4,9	32,7	4,7
	19 Haziran	310,8				
			32,4	0,3	28,7	4,1
	26 Haziran	314,8				
			32,6		40,9	5,8
	3 Temmuz	306,5				
			45,1		51,1	7,3
	10 Temmuz	300,5				
			32,9	18,8	41,6	5,9
	17 Temmuz	310,6				
			23,9		36,0	5,1
	24 Temmuz	298,5				
			37,8		41,1	5,9
	31 Temmuz	295,2				
			40,8		52,7	7,5
	7 Ağustos	283,3				
			36,4		49,2	7,0
14 Ağustos	270,5					
		38,5		46,6	6,7	
21 Ağustos	262,4					
				32,1	2,1	
5 Eylül	230,3					
TOPLAM		120,9	401,1	57,5	579,5	

Ek 2. (Devamı) Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2019) (I₅ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I ₅	30 Nisan	351,2				
				5,4	26,4	2,4
	11 Mayıs	330,2				
				22,0	23,0	2,3
	21 Mayıs	329,2				
				3,8	22,5	2,8
	29 Mayıs	310,5				
			28,5	1,9	30,6	4,4
	5 Haziran	310,3				
			35,0	0,4	36,5	5,2
	12 Haziran	309,2				
			44,0	4,9	42,5	6,1
	19 Haziran	315,6				
			43,2	0,3	44,9	6,4
	26 Haziran	314,2				
			43,4		47,4	6,8
	3 Temmuz	310,2				
			60,1		65,1	9,3
	10 Temmuz	305,2				
			43,8	18,8	53,6	7,7
	17 Temmuz	314,2				
			31,8		44,0	6,3
	24 Temmuz	302,0				
			50,4		51,9	7,4
	31 Temmuz	300,5				
			54,4		56,7	8,1
	7 Ağustos	298,2				
			48,5		51,2	7,3
14 Ağustos	295,5					
		51,3		54,3	7,8	
21 Ağustos	292,5					
				32,0	2,1	
5 Eylül	260,5					
TOPLAM		90,7	534,4	57,5	682,6	

Ek 2. (Devamı) Deneme konularında uygulanan sulama suyu miktarları ve bitki su tüketimi değerleri (2019) (I₆ konusu)

Deneme konusu	Tarih	Mevcut nem (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Bitki su tüketimi (mm)	Periyotların günlük bitki su tüketimi (mm)
I ₆	30 Nisan	351,2				
				5,4	26,4	2,4
	11 Mayıs	330,2				
				22,0	23,0	2,3
	21 Mayıs	329,2				
				3,8	22,5	2,8
	29 Mayıs	310,5				
			35,6	1,9	37,8	5,4
	5 Haziran	310,2				
			43,8	0,4	40,2	5,7
	12 Haziran	314,2				
			55,0	4,9	45,5	6,5
	19 Haziran	328,6				
			54,0	0,3	57,3	8,2
	26 Haziran	325,6				
			54,3		57,4	8,2
	3 Temmuz	322,5				
			75,1		79,1	11,3
	10 Temmuz	318,5				
			54,8	18,8	71,6	10,2
	17 Temmuz	320,5				
			39,8		44,9	6,4
	24 Temmuz	315,4				
			63,0		62,8	9,0
	31 Temmuz	315,6				
			68,0		73,4	10,5
	7 Ağustos	310,2				
			60,6		65,3	9,3
14 Ağustos	305,5					
		64,1		67,1	9,6	
21 Ağustos	302,5					
				27,0	1,8	
5 Eylül	275,5					
TOPLAM		75,7	668,1	57,5	801,3	

ÖZGEÇMİŞ

Balıkesir'in Bandırma ilçesinde 03/01/1994 tarihinde doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Gönen-Balıkesir'de tamamladı. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği bölümünde lisans eğitimine 2012 yılında başladı ve eğitimini 2017 yılında tamamladı. 2017 yılı içerisinde Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı.

