



**T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU STRESİNİN AZALTILMASINDA FARKLI PROLİN DOZLARININ
SOYA BİTKİSİNİN FİZYOLOJİK, VERİM ve KALİTE
PARAMETRELERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

GÜLŞEN DURAKTEKİN

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

**HATAY
MART-2025**



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SU STRESİNİN AZALTILMASINDA FARKLI PROLİN DOZLARININ
SOYA BİTKİSİNİN FİZYOLOJİK, VERİM ve KALİTE
PARAMETRELERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

GÜLŞEN DURAKTEKİN
ORCID:0000-0001-5398-1437

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Danışman
Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ
ORCID: 0000-0001-7636-2858

HATAY
MART-2025

T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SU STRESİNİN AZALTILMASINDA FARKLI PROLİN DOZLARININ SOYA
BİTKİSİNİN FİZYOLOJİK, VERİM ve KALİTE PARAMETRELERİNE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

GÜLŞEN DURAKTEKİN

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ danışmanlığında hazırlanan bu tez **20/03/2025** tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **OYBİRLİĞİ** ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ
Başkan

Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
Üye

Prof. Dr. Ahmet İRVEM
Üye

Prof. Dr. Sevgi ÇALIŞKAN
Üye

Prof. Dr. Kemal DOĞAN
Üye

Kod No:

Prof. Dr. Cengiz KARACA
Enstitü Müdürü

Bu çalışma MKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmemiştir.

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

20/03/2025

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

İmzası

GÜLŞEN DURAKTEKİN

ÖZET

SU STRESİNİN AZALTILMASINDA FARKLI PROLIN DOZLARININ SOYA BİTKİSİNİN FİZYOLOJİK, VERİM ve KALİTE PARAMETRELERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Bu çalışma, farklı su stresi koşullarında Asya çeşidi soya bitkisine yaprakdan uygulanan farklı prolin seviyelerinin kuraklık toleransının artırılmasındaki etkilerini belirlemek ve su stresi koşullarında uygulanabilecek en uygun prolin dozunu saptamak amacıyla 2019 ve 2021 yıllarında Tarsus'da yürütülmüştür. Araştırmada, 3 farklı sulama düzeyi (S_{100} , S_{66} , S_{33}) ana parselleri, 4 farklı prolin düzeyi (P_0 , P_5 , P_{10} , P_{25}) alt parselleri oluşturmuştur. Araştırma sonucunda, S_{100} , S_{66} , S_{33} konularına uygulanan sulama suyu miktarları sırasıyla ilk yıl 463 mm, 319 mm, 179 mm; ikinci yıl 434 mm, 306 mm, 188 mm, bitki su tüketimleri ilk yıl 546 mm, 434 mm, 303 mm; ikinci yıl 512 mm, 409 mm, 308 mm, su kullanım etkinliği ilk yıl $7.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, $8.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, $9.8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$; ikinci yıl $9.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, $9.8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, $10.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Prolin dozları bitki su tüketiminde anlamlı farklılık yaratmazken, P_{10} uygulaması su kullanım etkinliğini (WUE) ilk yıl %11, ikinci yıl, %14 artırmıştır.

Her iki yılda da artan sulama suyu ile verim de artmıştır. S_{100} konusunda prolin uygulamaları verimi etkilemezken; S_{66} konusunda P_5 ve P_{10} uygulamaları verimi sırasıyla ilk yıl %12.7 ve %15.7; ikinci yıl %8.2 ve %19.7; S_{33} konusunda ilk yıl %15.7 ve %21.2, ikinci yıl %20 ve %29 artırmıştır. Su kısıtı ile bakla sayısı, bakladaki tohum sayısı, 1000 tohum ağırlığı, protein oranı, yaprak alan indeksi, yaprak su potansiyeli, kuru madde miktarı, klorofil konsantrasyonu, yaprak makro ve mikro element içerikleri azalırken, S_{66} ve S_{33} konularında P_5 ve P_{10} uygulamaları bakla sayısı, yaprak alan indeksi, yaprak su potansiyeli, kuru madde miktarı, klorofil konsantrasyonu, yaprak makro ve mikro element içeriklerini artırmıştır. Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde; yaprakdan 5 ve 10 mM prolin uygulamasının soyada kuraklık stresinin oluşturduğu zararların etkisini azalttığı, kısıntılı sulama koşullarında çiftçilerin minimum ürün kaybı ile verim elde etmesi için optimum dozun 10 mM olduğu sonucuna varılmıştır.

2025, 136 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kısıntılı sulama, Prolin, Soya, Su kullanım etkinliği, Abiyotik stres

ABSTRACT

RESEARCH of DIFFERENT PROLINE DOSES EFFECTS on PHYSIOLOGICAL, YIELD and QUALITY PARAMETERS of SOYBEAN PLANT in REDUCING WATER STRESS

This study was conducted in Tarsus during the years 2019 and 2021 to investigate the effects of different foliar-applied proline levels on improving drought tolerance in the Asian soybean variety under various water stress conditions, and to determine the most suitable proline dose that can be applied under water stress conditions. In the research, three different irrigation levels (S_{100} , S_{66} , S_{33}) constituted the main plots, four different proline levels (P_0 , P_5 , P_{10} , P_{25}) formed the subplots. As a result of the research, the amounts of irrigation water applied to the S_{100} , S_{66} , and S_{33} treatments were 463 mm, 319 mm, and 179 mm in the first year and 434 mm, 306 mm, and 188 mm in the second year, evapotranspiration values were 546 mm, 434 mm, and 303 mm in the first year, and 512 mm, 409 mm, and 308 mm in the second year. Water use efficiency values were $7.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, $8.3 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, and $9.8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ in the first year, and $9.0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, $9.8 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, and $10.4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ in the second year. While proline doses did not create a significant difference in evapotranspiration, the P_{10} application increased water use efficiency (WUE) by 11% in the first year and by 14% in the second year.

While proline applications had no effect on yield under the S_{100} condition, under the S_{66} condition, P_5 and P_{10} applications increased yield by 12.7% and 15.7% in the first year, and by 8.2% and 19.7% in the second year, respectively. Under the S_{33} condition, P_5 and P_{10} applications increased yield by 15.7% and 21.2% in the first year, and by 20% and 29% in the second year, respectively. With water deficit, the number of pods, grains per pod, 1000-grain weight, protein content, leaf area index, leaf water potential, dry matter content, chlorophyll concentration, and leaf macro and microelement contents decreased. However, in the S_{66} and S_{33} treatments, P_5 and P_{10} applications increased the number of pods, leaf area index, leaf water potential, dry matter content, chlorophyll concentration and leaf macro- and microelement contents. When the results were evaluated overall, it was concluded that foliar application of 5 and 10 mM proline reduced the negative effects of drought stress in soybean, and that under limited irrigation conditions, the optimum dose for farmers to achieve yield with minimal yield loss was 10 mM.

2025, 136 pages

Key Words: Deficit irrigation, Prolin, Soybean, Water use efficiency, Abiotic stress

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinden yazım sürecine kadar geçen her aşamada desteğini esirgemeyen, doktora sürecimde bilimsel gelişimime büyük katkılar sağlayan, bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, yol gösterici yaklaşımıyla ilham veren ve öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyduğum değerli hocam Prof. Dr. Berkant ÖDEMİŞ'e en derin saygı ve sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez İzleme Komitesi ve Tez Savunma sürecimde bilimsel rehberlikleri ve değerli katkıları için Sayın Prof. Dr. Sevgi ÇALIŞKAN, Prof. Dr. Ahmet İRVEM, Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ, Prof. Dr. Kemal DOĞAN hocalarıma içtenlikle teşekkür ederim.

Bu zorlu ve yoğun süreçte her zaman yanımda olan, laboratuvar aşamasında katkılarını esirgemeyen, yalnızca akademik çalışmalarda değil, her daim moral ve motivasyon kaynağım olan kıymetli arkadaşlarım Zir. Yük. Müh. Havva AKÇA ve Dr. Emine ARSLAN'a gönülden teşekkür ederim.

Deneme sürecinde daima desteğini hissettiren, yardımlarıyla süreci kolaylaştıran, mesai arkadaşım ve kadim dostum Mete ÖZFİDANER'e teşekkür ederim.

Tezimin desteklenmesi sağlayan ve çalışmaktan gurur duyduğum kurumum Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne (TAGEM) teşekkürü borç bilirim.

Tezimin arazi çalışmaları aşamasında desteklerini esirgemeyen Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Bölüm Başkanlığı'nda emeği geçen değerli mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında laboratuvar olanaklarından yararlanmamı sağlayan ProGen Tohum A.Ş. Ar-Ge Müdürü Dr. Batuhan AKGÖL'e, Ziraat Yüksek Mühendisi Deniz CAN'a ve ProGen A.Ş. çalışanlarına teşekkürlerimi borç bilirim.

Ders ve tez yazım aşamasında desteğini esirgemeyen, manevi anlamda her daim yanımda olan canım arkadaşım Derya KAZGÖZ CANDEMİR'e teşekkürlerimi sunarım. Lisansüstü eğitimimi düzenleyen HMKÜ FBE Müdürlüğü çalışanlarına da çok teşekkür ederim.

Hayatımın her anında olduğu gibi bu süreçte de yanımda olan, sabrı, özverisi, maddi ve manevi desteğiyle bana güç veren sevgili eşim Oktay DURAKTEKİN'e ve fedakârlıklarıyla bana ilham kaynağı olan biricik oğullarım Yağız ve Metehan'a sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından TAGEM/TSKAD/A/19/A9/P3/1709 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VIII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	X
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	4
2.1. Tarımsal Su Kullanımı ve Sorunlar	4
2.2. Soya Bitkisinin Su- Verim İlişkileri	6
2.3. Soya Bitkisinin Gelişme Dönemlerinin Suya Tepkisi.....	10
2.4. Soya Bitkisinin Su Stresine Fizyolojik Tepkisi	12
2.5. Su Stresinin Etkilerini Azaltan Uygulamalar	15
2.6. Stresin Azaltılmasında Prolin Uygulamaları	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	26
3.1. Materyal.....	26
3.1.1. Araştırma Alanı	26
3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri	26
3.1.3. Toprak Özellikleri	28
3.1.4. Bitki Özellikleri.....	28
3.1.5. Sulama Suyu Özellikleri.....	29
3.1.6. Sulama Sistemi Özellikleri.....	29
3.1.7. Prolinin Özellikleri.....	30
3.1.8. Toprak Örneklerinin Analiz Yöntemleri	30
3.1.9. Deneme Deseni ve Deneme Konuları	31
3.1.10. Sulama Uygulamaları	33
3.1.11. Prolin Uygulamaları	33
3.1.12. Toprak Nem Gözlemleri.....	35
3.1.13. Bitki Su Tüketimi	36
3.1.14. Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği	36
3.1.15. Vejetatif Ölçümler.....	37
3.1.15.1. Bitki Boyu.....	37
3.1.15.2. Yaprak Alan İndeksi	37
3.1.15.3. Kuru Madde Miktarı (Biyomas)	38
3.1.15.4. Bitkide Çiçek Döküm Oranı	38
3.1.16. Fizyolojik Ölçümler	39
3.1.16.1. Yaprak Su Potansiyeli (YSP).....	39
3.1.16.2. Klorofil Konsantrasyonu	39
3.1.16.3. Prolin Analizi.....	40
3.1.17. Makro ve Mikro Besin Element Analizleri	42
3.1.18. Tarımsal İşlemler ve Gözlemler	42
3.1.18.1. Toprak Hazırlığı, Ekim ve Parselasyon İşlemleri.....	42
3.1.18.2. Gübreleme ve Bakım İşlemleri	43
3.1.19. Hasat ve Hasat Sonrası Yapılan Ölçümler	43
3.1.20. Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi	46

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	47
4.1. Araştırma Yıllarında Meteorolojik Parametrelerdeki Değişim	47
4.2. Toprak Nem Değişimi	47
4.3. Sulama Suyu Miktarı	50
4.4. Bitki Su Tüketimi	52
4.5. Tohum Verimi	55
4.6. Su Kullanım Etkinliği (WUE) ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE)	60
4.7. Prolin Konsantrasyonu	62
4.8. Verim Bileşenleri	64
4.8.1. Bakla Sayısı (adet bitki ⁻¹)	64
4.8.2. Bakladaki Tohum Sayısı (adet bakla ⁻¹)	68
4.8.3. 1000 Tohum Ağırlığı (g)	72
4.8.4. Yağ Oranı	76
4.8.5. Protein Oranı	79
4.9. Vejetatif Ölçümler	83
4.9.1. Bitki Boyu	83
4.9.2. Yaprak Alan İndeksi	86
4.9.3. Kuru Madde Miktarı	88
4.9.4. Çiçek Döküm Oranı	92
4.10. Fizyolojik Ölçümler	93
4.10.1. Yaprak Su Potansiyeli	93
4.10.2. Klorofil Konsantrasyonu	95
4.11. Yaprak Makro ve Mikro Elementleri	96
4.11.1. Azot (N)	97
4.11.2. Fosfor (P)	98
4.11.3. Potasyum (K)	100
4.11.4. Demir (Fe)	102
4.11.5. Çinko (Zn)	103
5. SONUÇ ve ÖNERİLER	106
KAYNAKLAR	111
ÖZGEÇMİŞ	128
EKLER	129

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Bölümü meteoroloji istasyonu uzun yıllık ve araştırma yıllarına ait iklim verileri	27
Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri	28
Çizelge 3.3. Deneme alanı topraklarının kimyasal özellikleri	28
Çizelge 3.4. Denemede kullanılan sulama suyunun kimyasal özellikleri	29
Çizelge 4.1. Konulara uygulanan sulama suyu tarih ve miktarları (mm)	51
Çizelge 4.2. Araştırma konularına ait bitki su tüketim (BST) değerleri	53
Çizelge 4.3. Tohum verimine ilişkin varyans analiz tablosu	55
Çizelge 4.4. Sulama düzeyi ve prolin düzeylerine ait tohum verimlerinin ortalama değerleri	57
Çizelge 4.5. Sulama düzeyi x prolin düzeyine ait tohum verimlerinin ortalama değerleri	58
Çizelge 4.6. Sulama ve prolin düzeylerine ait su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE)	60
Çizelge 4.7. Su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE)	61
Çizelge 4.8. Prolin içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu	62
Çizelge 4.10. Bakla sayısı değerlerine ilişkin varyans analiz tablosu	65
Çizelge 4.11. Bakla sayısının ortalama değerleri	66
Çizelge 4.12. Bakladaki tohum sayısına ilişkin varyans analiz tablosu	69
Çizelge 4.13. Bakladaki tohum sayısı ortalama değerleri	70
Çizelge 4.14. 1000 tohum ağırlığına ilişkin varyans analiz tablosu	72
Çizelge 4.16. Yağ oranına ilişkin varyans analiz tablosu	76
Çizelge 4.17. Yağ oranına (%) ilişkin ortalama değerler	77
Çizelge 4.18. Protein oranına (%) ilişkin varyans analiz tablosu	80
Çizelge 4.19. Protein oranına (%) ilişkin ortalama değerler	82
Çizelge 4.20. Bitki boyu değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları	83
Çizelge 4.21. Sulama düzeyi ve prolin düzeylerine ait bitki boyu ortalama değerleri ...	84
Çizelge 4.22. Sulama düzeyi x prolin düzeylerine ait bitki boyu ortalama değerleri	85
Çizelge 4.23. Kuru madde miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları (2019-2021)	89
Çizelge 4.24. Kuru madde miktarının sulama düzeyine göre değişimi	89
Çizelge 4.26. Kuru madde miktarının sulama düzeyi x prolin düzeyine göre değişimi .	91
Çizelge 4.27. Sulama düzeyi ve prolin düzeylerine ait çiçek döküm oranı	92
Çizelge 4.28. Klorofil konsantrasyonuna ilişkin varyans analiz tablosu	95
Çizelge 4.29. Klorofil konsantrasyonunun sulama düzeyine ve prolin dozuna göre değişimi	96
Çizelge 4.30. Yaprak azot içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu	97
Çizelge 4.32. Yaprak fosfor içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu	99
Çizelge 4.33. Yaprak fosfor içeriğinin sulama düzeyine ve prolin dozuna göre değişimi	99
Çizelge 4.34. Yaprak potasyum içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu	100
Çizelge 4.35. Yaprak potasyum içeriğinin sulama düzeyine ve prolin dozuna göre değişimi	101
Çizelge 4.36. Yaprak demir içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu	102
Çizelge 4.37. Yaprak demir içeriğinin sulama düzeyine ve prolin dozuna göre değişimi	103
Çizelge 4.38. Yaprak çinko içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları	104

Çizelge 4.39. Yaprak çinko içeriğinin sulama düzeyine ve prolin dozuna göre değişimi	104
--	-----



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Araştırma alanı.....	26
Şekil 3.2. Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Bölümü Meteoroloji İstasyonu	27
Şekil 3.3. Asya soya çeşidine ait genel görünüm.....	29
Şekil 3.4. Damla sulama sitemi.....	30
Şekil 3.5. Deneme deseni	32
Şekil 3.7. Yaprak alan indeksi ölçümü.....	37
Şekil 3.8. Bitkide çiçek sayımı.....	38
Şekil 3.9. Yaprak su potansiyeli ölçümü.....	39
Şekil 3.10. Klorofil analizi a) Bitki tartımı, b-c) Asetonla homojenize edilmesi d) Klorofil içeriğinin okunduğu spektrofotometre	40
Şekil 3.11. Prolin analizi. a) Tartılan bitki örneklerinin saf su ile homojenize edilmesi (100 °C de 20 dk), b) Homojenatın filtre edilmesi, c) Bitki ekstraktına ninhidrin çözeltisi eklenip 100 °C de 1 sa inkübe edilmesi, d) Buz banyosunda soğutma işlemi, e) Renklenen çözeltinin toluen ile ekstrakte edilmesi, f) Spektrofotometrede okuma işlem	41
Şekil 3.12. a) Toprak hazırlığı b-c) Ekim d) Parselasyon işlemi	43
Şekil 3.13. a) Çapalama, b-c) İlaçlama işlemi	43
Şekil 3.14. Hasat parseli.....	44
Şekil 3.15. Toplam verimi belirlemeye ilişkin bir görünüm a) Baklaların ayrılması, b) Tanelerin ayrılması, c) Tanelerin tartılarak verimin belirlenmesi.....	44
Şekil 3.16. Bitki başına bakla sayısını belirlemeye ilişkin alınan bitki örnekler	45
Şekil 3.17. Bakladaki tohum sayısını belirlemeye ilişkin alınan bitki örnekleri	45
Şekil 3.18. 1000 tohum ağırlığını belirlemeye ilişkin görünüm	46
Şekil 3.19. NIR cihazı ile yağ ve protein oranının belirlenmesine ilişkin görünüm.....	46
Şekil 4.1. Sulama düzeylerine ait sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi (2019)	48
Şekil 4.2. Sulama düzeylerine ait sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi (2021)	49
Şekil 4.3. Prolin düzeylerine ait sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi (2019)	49
Şekil 4.4. Prolin düzeylerine ait sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi (2021)	50
Şekil 4.5. Sulama suyu ile verim arasındaki ilişkiler	59
Şekil 4.6. Prolin dozu ile verim arasındaki ilişkiler	59
2019 yılı için $S_{100} = -0.045x^2 + 1.037x + 402.7$ ($r^2 = 0.98^{**}$), $S_{66} = -0.380x^2 + 9.22x + 339.8$ ($r^2 = 0.99^{**}$), $S_{33} = -0.415x^2 + 10.01x + 274.9$ ($r^2 = 0.99^{**}$), 2021 yılı için $S_{100} = -0.049x^2 + 1.013x + 460.3$ ($r^2 = 0.98^{**}$), $S_{66} = -0.474x^2 + 11.831x + 371.3$ ($r^2 = 0.94^{**}$), $S_{33} = -0.574x^2 + 14.062x + 286.3$ ($r^2 = 0.99^{**}$).	59
Şekil 4.7. Sulama suyu ile bakla sayısı arasındaki ilişkiler	67
Şekil 4.8. Bakla sayısı ile verim arasındaki ilişkiler	67
Şekil 4.9. Prolin dozları ile bakla sayısı arasındaki ilişkiler	68
Şekil 4.10. Sulama suyu ile bakladaki tohum sayısına ilişkin ilişkiler	70
Şekil 4.11. Bakladaki tohum sayısı ile tohum verimine ilişkin ilişkiler	71
Şekil 4.12. Prolin dozları ile bakladaki tohum sayısı arasındaki ilişkiler	71
Şekil 4.13. Sulama suyu ile 1000 tohum ağırlığı arasındaki ilişkiler.....	74

Şekil 4.14. Bitki su tüketimi ile 1000 tohum ağırlığı arasındaki ilişkiler	74
Şekil 4.15. 1000 tohum ağırlığı ile tohum verimi arasındaki ilişkiler	75
Şekil 4.16. Prolin dozları ile 1000 tohum ağırlığı arasındaki ilişkiler	75
Şekil 4.17. Sulama suyu ile yağ oranı arasındaki ilişkiler	78
Şekil 4.18. Bitki su tüketimi ile yağ oranı arasındaki ilişkiler	79
Şekil 4.19. Prolin dozları ile yağ oranı arasındaki ilişkiler	79
Şekil 4.20. Sulama suyu ile protein oranı arasındaki ilişkiler	81
Şekil 4.21. Bitki su tüketimi ile protein oranı arasındaki ilişkiler	81
Şekil 4.22. Prolin dozları ile protein oranı arasındaki ilişkiler	82
2019 yılı için $S_{100} = - 0.0008x^2 + 0.02x + 36.1$ ($r^2 = 0.99^{**}$), 2021 yılı için $S_{100} = -$ $0.0064x^2 + 0.17x + 35.3$ ($r^2 = 0.98^{**}$), $S_{66} = 0.0019x^2 - 0.05x + 35.48$ ($r^2 =$ 0.69^{**})	82
Şekil 4.23. Bitki boylarının zamansal değişim	86
Şekil 4.24. Yaprak alan indeksinin zamansal değişimi	87
Şekil 4.25. Yaprak su potansiyelinin sulama düzeyleri ve prolin dozlarına bağlı zamansal değişimi	94

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Derece Celsius
%	: Yüzde
Da	: Dekar
Ha	: Hektar
m ²	: Metre kare
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetre küp
mm	: Milimetre
kg	: Kilogram
µg g ⁻¹	: Mikrogram/gram
mg g ⁻¹	: Miligram/gram
meq	: Miliekivalen
g da ⁻¹	: Gram/dekar
kg da ⁻¹	: Kilogram/dekar
ml da ⁻¹	: Mililitre/dekar
kg ha ⁻¹	: Kilogram/hektar
ton ha ⁻¹	: Ton/hektar
kg m ⁻³	: Kilogram/metreküp
g l ⁻¹	: Gram/litre
ppm	: Part per million (milyon birimde bir birim)
m sn ⁻¹	: Metre/saniye
MPa	: Mega Paskal
mM	: Milimolar
HCO ₃	: Bikarbonat

KISALTMALAR

S ₁₀₀	: Tam sulama
S ₆₆	: Tam sulamanın %66'sı oranında sulama
S ₃₃	: Tam sulamanın %33'ü oranında sulama
V5	: Vejetatif dönem
R1	: Çiçeklenme başlangıcı dönemi
R2	: Tam çiçeklenme dönemi
R3	: Bakla oluşum dönemi
R4	: Hızlı bakla oluşum dönemi
R5	: Tohum oluşum başlangıcı dönemi
R6	: Tam tohum oluşum dönemi
P0	: Prolin uygulanmayan konu
P5	: 5 mM prolin uygulaması
P10	: 10 mM prolin uygulaması
P25	: 25 mM prolin uygulaması
IPCC	: Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli
SİC	: Siltli kil
SİCL	: Siltli killi tın

C ₂ S ₁	: Orta tuzlu - az sodyumlu sular
TK	: Tarla kapasitesi
SN	: Solma noktası
MN	: Mevcut toprak nemi
SO ₄	: Sülfat
TL	: Türk Lirası
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
WUE	: Su kullanım etkinliği
IWUE	: Sulama suyu kullanım etkinliği
YSP	: Yaprak su potansiyeli
LAI	: Yaprak alan indeksi
Y	: Verim
ΔS	: Topraktaki nem değişimi
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
pH	: Potansiyel hidrojen
SAR	: Sodyum absorbdiyon oranı
SÇKM	: Suda çözünen kuru madde
SAR	: Sodyum absorbdiyon oranı
MDA	: Malondialdehid
N	: Azot
Na	: Sodyum
NaCl	: Sodyum klorür
CO ₃	: Karbonat
CO ₂	: Karbondioksit
Ca	: Kalsiyum
CaCl	: Kalsiyum klorür
Cl	: Klor
A	: Alan
ABA	: Absesik asit
ABKAEM	: Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
DSİ	: Devlet Su İşleri
EC	: Elektiriksel iletkenlik
BST	: Bitki su tüketimi
Fe	: Demir
K	: Potasyum
Mg	: Magnezyum
N	: Azot
Fe	: Demir
Zn	: Çinko

1. GİRİŞ

Sanayi devrimi ile artan karbon konsantrasyonu karbondioksitin ısıyı hapsedici özelliği nedeniyle küresel ölçekte ısınmaya neden olmuştur. Başlangıçta fark edilemeyen ısınma, 1960'lardan itibaren küresel ölçekte tüm meteorolojik elemanların yersel ve zamansal olarak değişimi ile kendini göstermiştir. İklim değişimine neden olan bu durumun yarattığı en önemli olumsuzluklardan biri, yağış rejimlerindeki düzensizliğe bağlı olarak su kaynaklarının azalması ile sonuçlanmıştır. Süreç hala devam etmekte ve bugün ülkemizin de dahil olduğu Akdeniz Havzası başta olmak üzere dünyanın birçok bölgesinde kuraklık sorunları yaşanmaktadır. Sıcaklığın artması, tarımsal açıdan su gereksinimi yüksek bitkilerin büyüme ve gelişme süreçlerini olumsuz etkilemiştir. Özellikle tarla bitkileri yetiştiriciliğinde sulamanın önemli rol oynaması kuraklığa bağlı verim ve ürün kalitesinin olumsuz etkilenmesine neden olmaktadır. Araştırmalar, kuraklık stresine bağlı olarak 2050 yılında ayçiçeği, mısır, buğday, pamuk ve arpada verimin sırası ile %12.89, %9.11, %8.18, %4.53, %2.24 azalabileceğini (Dellal, 2012), gelecek 30 yılda beklenen 0.6-0.8°C'lik sıcaklık artışının, yağlı tohum bitkilerinde önemli sorunlara neden olacağını (Demir, 2013) göstermektedir. Bu durum tarımsal üretimde kullanılan sulama suyunun bilimsel ölçütlere göre kullanılmasını ve su tasarrufu sağlayacak stratejilerin önemini artırmaktadır.

Ülkemizdeki toplam su kaynaklarının %74'ünün tarımda kullanıldığı düşünüldüğünde ürün veriminde herhangi bir azalma oluşturmaksızın uygulanacak sulama yöntem ve stratejilerinin hayata geçirilmesi büyük önem arz etmektedir. Bu amaca yönelik olarak modern sulama tekniklerinin kullanımı ile tarımsal sulamada uygulanacak su miktarının %10 azaltılarak %74'den %64'e düşürülebileceği belirlenmiştir (Ekinci, 2015). Bunun yanı sıra, bitki yetiştirme dönemi içerisinde aşırı verim kaybına neden olmayacak düzeyde eksik su uygulanarak suyun bitki tarafından daha verimli kullanımına imkân veren kısıntılı sulama uygulamalarının ve basınçlı sulama yöntemlerinin uygulanması da su tasarrufunda önemli avantajlar sağlamaktadır.

Kısıntılı sulamada, her birim suya karşılık en yüksek verimin elde edilmesi amaçlanmakta (Kırda, 2002) ve bu sayede artırılan su ile daha fazla alanın sulanması sağlanabilmektedir. Sulama düzeyinin tüm mevsim içerisinde düşürülmesi, sulama aralıklarının açılarak sulama sayısının azaltılması ve bazı sulamaların atlanarak yapılması kısıntılı sulama stratejisinin başlıca uygulanma şekilleridir. Kısıntılı sulama

stratejileri dışında su stresinin bitkideki etkisini azaltacak yapraktan kükürt (Ödemiş ve ark., 2023), bor (Ödemiş ve Uncu, 2022), silikon (Korkmaz, 2018) ve prolin (Ödemiş ve ark., 2019) gibi dolaylı olarak stres azaltıcı uygulamalarda birçok araştırmanın konusu haline gelmiştir.

Prolin, strese maruz kalan bitkilerin hücre turgorunu dengelemeye çalışan bir amino asittir. Bitkiler, su stresi koşullarında “ozmolit” diye bilinen ve hücre turgorunu dengelemeye çalışırken prolin, glisin ve asparajin gibi serbest amino asitleri sentezler ve biriktirirler (Serraj ve ark., 2002; Ashraf ve Harris, 2004; Tabay, 2014). Ozmolitler bitkinin kuraklık stresine direncini direk olarak olumlu etkileyerek yapraktaki turgor basıncını dengeledikleri için stoma direncini düşürür, fotosentez miktarını artırarak bitki büyümesi için olumsuz koşulları azaltırlar. Prolin, kurak koşullar oluştuğunda hücre içi konsantrasyonunda artması ve ilk biriken amino asit olması nedeni ile su stresinin varlığının saptanmasında ve stres düzeyinin belirlenmesinde önemli bir ölçüttür (Anjum ve ark., 2011; Bakır, 2012; Kishor ve Sreennivasulu, 2014).

Stres koşullarında prolin gibi ozmolit koruyucuların dışsal olarak yapraktan ya da tohumdan uygulanması ile bitkinin abiyotik strese olan direncini arttırdığı (Ali ve ark., 2007; Ali ve Ashraf 2011), transpirasyon miktarını azaltarak, suyu bitki bünyesinde kalmaya zorladığı ve sonuçta kuraklık stresinin olumsuz etkilerini engellediği/azalttığı (Ahmed ve ark., 2011) saptanmıştır. Yapraktan prolin uygulamalarının etkinliği; bitki çeşidine, hangi dönemde ve kaç kez uygulandığına ve uygulama dozuna bağlı olarak değişim göstermektedir (Ashraf ve Foolad 2007). Özellikle suya hassas bitkilerde veya tuzluluk stresi koşullarında stresin etkilerini azaltma yönünde prolinin kullanımına yönelik birçok araştırma bulunmaktadır (Ödemiş ve ark., 2019; Semida ve ark., 2020).

Soya fasulyesi (*Glycine max*) yaklaşık 5000 yıl önce ortaya çıktığı kabul edilen en temel besin maddelerinden biridir. İlk çıkış yeri Çin olarak kabul edilen soya, sonraki süreçte Japonya, Malezya, Hindistan gibi ülkelerde de yayılarak dünya genelinde üretimi artmıştır. Soya, yağı ve protein içeriği yüksek bir bitki olup (Wilcox ve Shilbes, 2001) tohumlarında %40-45 protein, %18-20 yağ içermesi nedeni ile gıda ve yem sanayisinde yoğun olarak kullanılmaktadır. Dünya genelinde yaklaşık 313.5 milyon ton üretilen soya (Taşcı ve Uçum, 2018), 133.3 milyon tonluk ithalat hacmi ile ticari açıdan en önemli bitkilerden biridir (Oliveria ve Schneider, 2014). Üretim ve ihracat miktarı

olarak ABD ilk sırada yer almaktadır. Dünya soya üretiminin %90'nı ABD, Brezilya, Çin ve Arjantin, geri kalan miktarın %5'i ise Asya ve Afrika kıtalarına aittir.

Türkiye'nin soya ekim alanı 43.892 ha, üretim miktarı 182 bin ton, ortalama verim 415 kg da⁻¹ dır (TÜİK, 2021). Türkiye, soya ithalatı 3 milyon ton, toplam soya arzı ise 3.3 milyon ton düzeyindedir (Demircan, 2021). Soyanın yoğun olarak yetiştirildiği Çukurova bölgesinde yetiştiricilik, tahıl hasadından sonra ikinci ürün olarak yapılmaktadır (Bayer ve Yılmaz, 2004). Soya ekim alanı bakımından Adana 24.530 ha alan ile ilk sırada yer alırken, Mersin ili Tarsus ilçesi 8.678 ha alan ile ikinci sırada yer almaktadır (TÜİK, 2021). Türkiye toplam soya üretim miktarının %63'ü Adanada (114.29 ton), %17'si ise Mersin iline bağlı Tarsus ilçesinde (30.65 ton) gerçekleşmektedir (TÜİK, 2021).

Soya su tüketimi yüksek ve suya duyarlı bir bitkidir. Su stresi, meydana geldiği zamana bağlı olarak verim ve verim bileşenleri üzerine farklı şekilde etki etmektedir. Çiçeklenme döneminde (R1-R2) oluşacak su stresi çiçek dökümüne ve bakla sayısında azalmaya (He ve ark., 2020), bakla oluşum başlangıcındaki (R3) su stresi bakla sayısı ve bakla iriliğinde azalmaya (Çırak, 2005), tohum oluşum (R4) dönemindeki stres bitki başına tohum ağırlığı ve bakla başına düşen tohum büyüklüğünü azaltarak verimi olumsuz etkilemektedir (Hall ve Twidwell, 2002).

Bu çalışma, farklı düzeylerdeki su stresinin soya bitkisinde yarattığı olumsuz etkinin giderilmesinde prolinin etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaca yönelik olarak, soya bitkisi vegetatif, generatif, fizyolojik, verim ve meyve kalitesi açısından incelenmiş ve her parametreye stresin ve prolinin etkisi ayrı ayrı belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca, prolinin çiftçi koşullarında kullanılabilme olanağı ve yağ-protein içeriğine etkileri de irdelenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Tarımsal Su Kullanımı ve Sorunlar

Su, tüm ekosistemler için olduğu gibi tarımsal ekosistemler için de en gerekli unsurdur. Ekonomik kalkınma ve klimatolojiden kaynaklanan bölgesel farklılıklara bağlı olarak kullanılabilir su kaynaklarının yaklaşık %80'ini kullanan tarımsal ekosistemler, dünya genelinde suyun ana tüketicisidir (Gilbert ve ark., 2012; Hedley, 2014). Tarımda su kullanımı gelişmiş ülkelerde %60 iken, gelişmekte olan ülkelere %90'a kadar çıkmaktadır (Adeyemi ve ark., 2017). Dünya genelinde sulanan yaklaşık 275 milyon hektarlık alan yılda %1.3 oranında artmaktadır (Hedley, 2014). Toplam gıda üretiminin %45'inin sulanan alanlardan elde edilmesine rağmen, bu alanlar ekili alanların sadece %23'ünü oluşturmaktadır. Bununla birlikte 2050'ye kadar artan nüfusa bağlı olarak gıda talebinin karşılanması için, dünya gıda üretiminin %70 oranında artması gerekmektedir (Wu ve ark., 2015). Bu artışın sağlanması ancak ekili alanların genişletilmesi, mevcut ekili alanlardaki verimliliğin artırılması veya entegre yönetim sistemlerinin işletilmesi ile sağlanabilir (Stoeckl ve ark., 2015). En olumsuz senaryoya göre, anılan ürün artışının sağlanabilmesi için 2050'ye kadar su kaynaklarının tüketiminde %53 ve dünya çapında ekili arazilerde %38'lik bir artışa gerek vardır (Fraiture ve ark., 2010). Gıda talebini karşılamak için sulama suyu tüketimindeki artışların gelişmekte olan ülkelere %50, gelişmiş ülkelere ise %16 olacağı tahmin edilmektedir (Fischer ve ark., 2007). Buna karşın su tüketimindeki artış biyoçeşitlilik kaybına, toprak tuzlanmasına, toprak erozyonuna, sektörler arasında su paylaşımında eşitsizliğe ve bütüncül olarak ekosistemlerin bozulmasına yol açabilir (Singh ve ark., 2010). Son yıllarda etkisini belirgin şekilde gösteren küresel iklim değişimi de, su kaynaklarının ve tarım sistemlerinin kullanılabilirliğini tehdit etmektedir. Yağış döngülerindeki değişim, iklime dayalı felaketlerin sayısının ve şiddetinin artması, toprak nemi, evapotranspirasyon, yüzey akış ve su kaynaklarında görülen değişimler iklim değişikliğinin ekolojik yapıda neden olduğu başlıca etkilerdir (Sillmann ve ark., 2008).

İklim değişikliğinin sebep olduğu en önemli olumsuzluklardan biri de kuraklıktır (Trenberth, 2011; Partigöç ve Soğancı, 2019). Yağış miktarı ve dağılımındaki

düzensizlikler kuraklık sorunlarına ve tarımda ürün miktarlarının azalmasına ve ürün kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır. Dellal (2012), 2050 yılında ayçiçeği, mısır, buğday, pamuk ve arpa verimlerinde sırası ile %12, %9, %8 ve %2 azalma olabileceğini, Demir (2013), gelecek 30 yılda beklenen 0.6-0.8 °C'lik sıcaklık artışının bitki su ihtiyacını artırması sonucunda yazın yetiştirilen yağlı tohum bitkilerinde erken olgunlaşma, verimde azalma ve hastalık oranında artma gibi sorunlara yol açacağını belirtmişlerdir. Dasgupta (2013), 1971-2002 yılları arasında 66 ülkede iklim değişikliğinin mısır ve pirinç gibi çok su tüketen bitkilerde ürün miktarında belirgin azalmaya neden olduğunu vurgulamıştır. Bitki büyüme sezonunda ortalama sıcaklıktaki her 1°C'lik artış, ürün verimini %17'ye kadar azaltabilmektedir (Öztürk, 2015). Hatfield ve Prueger (2015), artan sıcaklıklara bağlı olarak sıcaklığa duyarlı mısır, soya fasulyesi, buğday ve pamukta verimin azaldığını bildirmişlerdir.

İklim değişikliğinin etkileri ülkemizde de önemli sorunlara neden olmaktadır. Yağış miktarının azalması ile Konya gibi 'yarı kurak' bölgelerin gelecekte 'kurak' hale geçmesinin kaçınılmaz olacağı (Şen ve Başaran, 2007) ve bu durumun tarımsal üretimde %18'lik azalmaya neden olacağı belirtilmiştir (Tsuji ve Gültekin, 2007). Yine Konya'da, 1956-2008 ve 1999-2008 yılları arasındaki aylık ortalama yağış değerlerine göre, son 27 yılın 17'sinde (%63) etkin bir kuraklık olduğu belirtilmiştir (Oturanç, 2008). Hatay ili sınırlarında yer alan Amik ovasında ortalama yağış miktarı 843 mm'den (2012 yılı) yaklaşık 500 mm (2013 yılı) seviyesine gerilemiş (Delice, 2017), anılan yılda topraktaki nem eksikliği nedeniyle bazı bölgelerde ekim yapılamamıştır. Seyhan Ovasında iki farklı model ile yapılan araştırmada 2070 yılına kadar yağış miktarının %29.4-34.7, nehir akışlarının %37.5-46.4, su depolama kapasitesinin %24.7 azalacağı (Tezcan ve ark., 2007), tarımsal su kullanım miktarının turunçgillerde %13, meyvede ve pamukta %11, sebzelerde ise %32 oranında artacağı, Trakya, Ege, Batı ve Orta Akdeniz, Güneydoğu Anadolu'nun bir kısmı ile İç Anadolu bölgesinde yağışların %30-40 oranında azalacağı öngörülmektedir (Demir ve ark., 2008).

Yağışların azalması sonucunda kuraklık sorunlarının artıracığı göz önüne alındığında, özellikle su tüketimi yüksek ve insani ihtiyaçlarda önemli yer tutan mısır, pamuk ve soya gibi bitkilerin maruz kalacağı su stresinin önemli sorunlara yol açacağı ve su kıtlığının ekonomik kalkınmayı engelleyici bir sorun haline gelebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle mevcut su kaynaklarını daha verimli kullanmak için farklı

iklimlerde havza ve tarla bazında bitkilerin gerekli sulama suyu ihtiyacının belirlenmesi oldukça önemlidir. İklim, toprak sulama yöntemi ve bitki çeşidi başta olmak üzere su tüketiminde değişikliklere neden olan etmenlerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınıp maksimum verim için optimum su gereksiniminin ortaya çıkarılmasında bitki bazında nasıl bir sulama yönetiminin benimsenmesi gerektiği üreticilere aktarılmalıdır.

2.2. Soya Bitkisinin Su- Verim İlişkileri

Soya bitkisinin sulama suyu ihtiyacı diğer sıra bitkilerine kıyasla daha fazladır. Bitkinin su isteği, vejetatif ve generatif gelişme dönemi boyunca farklılık göstermektedir. Bu nedenle, soya bitkisinde suyun kısıtlı olduğu koşullarda yapılan yetiştiricilikte bitki gelişim dönemlerini dikkate alarak su tüketimini azaltmayı hedefleyen sulama programlarının hazırlanması önem arz etmektedir.

Araştırmalar su tüketiminin soya bitkisinin yetiştirildiği bölgenin iklim koşullarına bağlı olarak değiştiğini (Engels ve ark., 2017; He ve ark., 2017), İzmir’de 360.3-521.7 mm (Özkara, 1991), Bursa’da 355-809 mm arasında (Candoğan ve Yazgan, 2016), Hatay’da bakteri aşılı soyada 253.5-787.7 mm, aşısız soyada 319.04-778.41 mm arasında değiştiğini (Karakaya ve Ödemiş, 2019) belirlemişlerdir. Hatayda daha önceki yıllarda yapılan bir araştırmada su tüketimi ortalama 396 mm olarak saptanmıştır (Güler, 1990).

Araştırmalar ekonomik değere sahip olan soya fasulyesinde verim ve kaliteyi değiştirebilen faktörlerden birinin de su eksikliği olduğunu (Teixeira ve ark., 2000), gereksinim duyulandan daha az sulama suyunun soya fasulyesinin verimini azalttığını (Bajaj ve ark., 2008; Gercek ve ark., 2009) ve kaliteyi düşürerek (Vurukonda ve ark., 2016), potansiyel verimin %40’ına kadar verimi düşürebildiğini göstermektedir (Manavalan ve ark., 2009). Bunun yanı sıra, gereksinim duyulandan %10 daha az sulama suyu uygulamasının tohum verimi ve biyolojik verimde ortalama %5.20 ve %5.33 oranında azalmaya neden olduğu bildirilmektedir (Ouda ve ark., 2008).

Özkara (1991), İzmir Menemen’de killi bünyeye sahip toprakta ikinci ürün soyada en yüksek verimin (286.3 kg da⁻¹) elverişli nemin %60’ı tüketildiği konudan elde edildiğini, mevsimlik ortalama sulama suyu gereksiniminin 334.2 mm, bitki su

tüketiminin 444.9 mm ve ortalama mevsimlik bitki katsayısının (kc) 0.54 olarak ölçüldüğünü belirtmiştir.

Tüzel ve ark. (1992), ikinci ürün soyada 10, 15 ve 20 günlük sulama aralıklarında bitkiye sırasıyla 435.8, 378.3, 317.5 mm sulama suyu uygulamışlar ve bitki su tüketimini sırasıyla 525.9, 481.5 ve 426.8 mm, verim değerlerini 313.5 kg da⁻¹, 296.6 kg da⁻¹ ve 219.1 kg da⁻¹ olarak belirlemişlerdir.

Ainer ve ark. (1999), farklı iklime sahip bölgelerde soya bitkisinin gelişme döneminin 100 ile 120 gün arasında, ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarının ise 325-436 mm arasında olduğunu belirtmişlerdir.

Evett ve ark. (2000), Texas'da killi tınlı toprakta soya fasulyesinde damla sulama yöntemi kullanarak 7 gün sulama aralığında tam sulama (%100) ve tam sulamanın %67'si (I67) ve %33'ünün (I33) uygulandığı konularında sulama suyu miktarını sırası ile 671 mm, 586 mm ve 450 mm, bitki su tüketimlerini 905, 855 ve 750 mm, su kullanım etkinliğini (WUE) 0.383 kg m⁻³, 0.329 kg m⁻³ ve 0.272 kg m⁻³, verimi 401 kg da⁻¹, 368 kg da⁻¹, 328 kg da⁻¹ olarak belirlemişlerdir.

Karam ve ark. (2005), Lübnan'da ağır bünyeli toprakta yetiştirilen soyanın mevsimlik ve günlük bitki su tüketimini 762.5 mm ve 5.5 mm gün⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Bitki su tüketimini vejetatif gelişme döneminde (V10: ekimden 68. güne kadar) günlük 4.3 mm toplam 294 mm, tam çiçeklenmeden bakla başlangıcına (R2-R3: ekimden sonra 68 ile 89. gün arası) kadar günlük 8.0 mm toplam 170 mm ve tam bakladan tam olgunlaşmaya kadar (R4-R8: ekimden sonra 89 ile 139. gün arası) günlük 5.9 mm toplam 299 mm olarak ölçmüşlerdir.

Rosadi ve ark. (2007), Endenozya'da serada ağır bünyeli toprakta yaptıkları çalışmada ETc'ye göre tam sulama konusu (I100), %80 (I80), %60 (I60), %50 (I50) ve % 40'ının (I40) uygulandığı sulama konularında en yüksek verimin 35.2 g bitki⁻¹ ile I100 konusundan, I80, I60, I50 ve I40 konularındaki verimlerin ise sırasıyla 31.0 g bitki⁻¹, 18.1 g bitki⁻¹, 7.6 g bitki⁻¹ ve 3.3 g bitki⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Kısıntılı sulama uygulamaları arasında en yüksek verim, vejetatif dönemde %20 kısıntının yapıldığı konudan belirlenmiştir.

Sincik ve ark. (2008), Bursa'da killi toprakta (ağır bünyeli) yetiştirilen soyanın bitki su tüketiminin 372.2–821.1 mm, su kullanım etkinliğinin 4.58-5.55 kg ha⁻¹ mm⁻¹

arasında değiştiğini; en yüksek verimin 376 kg da⁻¹ ile tam sulama konusundan, en düşük verimin 206.9 kg da⁻¹ ile susuz konudan elde edildiğini bildirmişlerdir.

Kırnak ve ark (2010), şanlıurfa'da killi toprakta ikinci ürün soyada elverişli kapasitenin %100 (tam sulama), %75, %50% %25 düzeyinde ve susuz konuda birinci yıl ve ikinci yıl sırası ile sulama suyu miktarının 72-550 mm ve 74-596 mm, su kullanım etkinliğinin 3.9- 6.4 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 3.1-6.4 kg ha⁻¹ mm⁻¹, verim değerlerinin 32.2 -368.4 kg da⁻¹ ve 24.7-395.2 kg da⁻¹ arasında değiştiğini, verimlerde tam sulama konusu ile %75, %50, %25 eksik verilen konular ve susuz konu kıyaslandığında sırası ile %25, %50, %76, %92 azalmalar meydana geldiğini, su stresinin, vejetatif büyüme, yaprak nem iğeriği ve klorofil miktarında azalmalara neden olduğunu bildirmiştir.

Golezani ve Jafari (2012), İran'da kumlu tınlı toprakta yetiştirilen soya bitkisinde Class-A Pan'daki buharlaşma değerleri 70 (I1), 110 (I2) ve 150 (I3) mm'ye ulaştığında yaptıkları sulamalarda en yüksek tane dolum oranını I2 konusundan, en yüksek tane ağırlığını I3 konusundan elde edildiğini, I2 konusunda bitki başına tane sayısının daha fazla olmasından dolayı daha küçük tanelerin elde edildiğini, su eksikliği ile yağ oranında azalma, protein oranında artış olduğunu, şiddetli su stresinin tane veriminde düşüşlere neden olduğunu bildirmişlerdir.

İrmak ve ark. (2014), yüzey altı damla sulama sistemi ile sulanan soyada ilk yıl bitki su tüketimi, sulama suyu miktarı, sulama suyu kullanım etkinliği ve verim değerlerinin sırası ile 452-602 mm, 65-108.2 mm, 4.64-10.35 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 404-482 kg da⁻¹, ikinci yıl 473-579 mm, 23.1-46 mm, 0.51-2.92 kg ha⁻¹ mm⁻¹ da, 482-497 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Delice (2017), Amik Ovasında orta bünyeli toprakta yetiştirilen soyada sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi ve su kullanım etkinliğinin sırası ile 185-791 mm, 254-782 mm ve 0.52-0.89 kg da mm⁻¹ arasında değiştiğini, sulama düzeylerinin verim, 1000 tohum ağırlığı, hasattaki yağ oranına istatistiksel olarak etki ederken, iek ve bakla sayısı ile protein oranına etki etmediğini, bitkiye uygulanan sulama suyu miktarının azalması ile klorofil iğeriği ve stoma iletkenliğin azaldığını saptamışlardır.

Gajic ve ark. (2018), Sırbistan'da siltli-tınlı toprakta yetiştirilen yağmurlama sulama ile sulanan soya bitkisinde elverişli kapasitenin %100, %65, %40 ve sulanmayan konuda sulama suyu miktarlarını sırasıyla 143 mm, 93 mm, 49 mm ve 0 mm, bitki su tüketiminin 461 mm, 410 mm, 316 mm ve 325 mm, su kullanım etkinliğini sırasıyla

0.72 kg m⁻³, 0.90 kg m⁻³, 0.81 kg m⁻³, 0.80 kg m⁻³, verim değerlerini ise 3.32 t ha⁻¹, 3.69 t ha⁻¹, 2.97 t ha⁻¹, 2.59 t ha⁻¹ olarak belirlemişlerdir.

Aydınşakir (2018), Antalya’da siltli killi toprakta yetiştirilen soya fasulyesinde elverişli kapasitenin %100’ü (tam sulama) ve tam sulamanın %75’i %50’si, %25’i düzeyinde ve susuz konulardaki verimlerin ilk yıl sırası ile 4.01 t ha⁻¹, 3.95 t ha⁻¹, 3.57 t ha⁻¹, 2.83 t ha⁻¹ ve 1.92 t ha⁻¹, ikinci yıl 4.11 t ha⁻¹, 3.60 t ha⁻¹, 3.24 t ha⁻¹, 2.61 t ha⁻¹ ve 1.81 t ha⁻¹ olarak belirlemiştir. Tam sulama konusu ile karşılaştırıldığında, susuz, %25, %50 ve %75 için ortalama verim azalmasının sırasıyla %54, %32, %17 ve %8 olduğunu, su kullanım etkinliğini ilk yılda 5.2 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ile 8.7 kg ha⁻¹ mm⁻¹, ikinci yılda 5.6 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ile 8.0 kg ha⁻¹ mm⁻¹ arasında değiştiğini ve su kullanım etkinliğinin en yüksek I100, en düşük ise I0 konusundan elde edildiğini bildirmiştir.

Aydınşakir ve ark. (2019), Antalya’da siltli killi toprakta elverişli kapasitenin %100’ü, %80’i ve %60’ı düzeyinde ve susuz konuda soya bitki su tüketimlerinin yüzey damla sulamada 171-541 mm, yüzey altı damla sulamada 164-641 mm arasında değiştiğini ve aynı sırayla verimlerin 198.2-560.5 kg da⁻¹ ve 228.8-632.6 kg da⁻¹ arasında gerçekleştiğini belirlemişlerdir. Her iki sulama yöntemi karşılaştırıldığında yüzeyaltı damla sulama sisteminden 92 mm su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir.

Karakaya ve Ödemiş (2019), Amik Ovasında orta bünyeli toprakta elverişli kapasitenin %25 (I25), %50 (I50), %75 (I75), %100 (tam sulama) ve tam sulamanın %25 fazlasının (I125) uygulandığı aşılı ve aşısız soyada konulara uygulanan sulama suyu miktarlarının 201.54-807.12 mm arasında, bitki su tüketiminin aşılı konularda 253.5-787.7 mm, aşısız konularda 319.04-778.41 mm arasında değiştiğini, aşılı konuda en yüksek su kullanım etkinliği I50 (0.93 kg m⁻³), en düşük I125 konusundan (0.57 kg m⁻³) elde edildiğini; su kullanım etkinliğini en yüksek aşısız konunun I75 (0.85 kg m⁻³) sulama düzeyinden elde edildiğini, aşılı uygulamalarda verimlerin I125, I100, I75, I50 ve I25 konularında 468.27 kg da⁻¹, 449.33 kg da⁻¹, 431.80 kg da⁻¹, 328.07 kg da⁻¹ ve 218.90 kg da⁻¹, aşısız uygulamaların ise 518.73 kg da⁻¹, 473.03 kg da⁻¹, 409.10 kg da⁻¹, 295.80 kg da⁻¹, 198.56 kg da⁻¹ olarak belirlemişlerdir.

Yüzbaşı (2021), soyada bitki su tüketimlerinin damla sulama yönteminde 296-441 mm, yüzeyaltı damla sulama yönteminde 252-375 mm, karık sulama yönteminde 324-516 mm arasında değiştiğini belirlemiştir.

Bitkiler büyüme ve gelişme döneminin tamamında su eksikliğine aynı düzeyde tepki vermez. Suyu duyarlılık her gelişme döneminde farklı olabilir. Her gelişme dönemindeki stres nihai verime farklı oranlarda etki ettiğinde bitkilerin gelişme dönemlerinin iyi bilinmesini gerektirmektedir. Özellikle, suya tepki yönünden her gelişme dönemi diğerinden farklı olan soya gibi bitkilerin su stresine bütüncül etkisinin belirlenmesi ve önlem alınması istenilen kalite ve verimde ürün elde edilebilmesine imkân veren yaklaşımlar ortaya çıkarabilir.

2.3. Soya Bitkisinin Gelişme Dönemlerinin Suyu Tepkisi

Soya fasulyesi, çok sayıda ve farklı özellikler gösteren büyüme ve gelişme dönemlerine sahiptir. Bu dönemlerin ilki çıkıştan çiçeklenmeye kadar olan vejetatif gelişme dönemleri (V), ikincisi çiçeklenmeden olgunlaşmaya kadar olan ürün oluşum dönemleridir (R) (Herman, 1992). Vejetatif dönemler; çıkış (VE), kotiledon (C), ilk üç yaprakçıklı hakiki yaprağın oluştuğu dönem (V1), 3 boğum ve 2 hakiki yaprağın oluştuğu dönem (V2), 4 boğum ve 3 hakiki yaprağın oluştuğu dönem (V3), 6 boğum ve üst yaprakların koltuklarında çiçek tomurcuklarının görünmeye başladığı dönem (V5), 7 veya daha fazla boğumun olduğu dönemler (V6-Vn) olarak ayrılır. Ürün oluşum dönemleri ise, çiçeklenme başlangıcı (R1), tam çiçeklenme dönemi (R2), bakla oluşum başlangıcı dönemi (R3), tam bakla oluşum dönümü (R4), tane başlangıcı dönemi (R5), tam tane oluşum dönemi (R6), olgunlaşma başlangıcı dönemi (R7) ve tam olgunluk dönemlerini (R8) kapsamaktadır. Soyanın ekimden vejetatif gelişme döneminin bitmesi arasındaki süre ortalama 43 gündür. Generatif gelişme dönemleri arasındaki ortalama süre ise yaklaşık olarak, R1-R2 3 gün, R2-R3 10 gün, R4-R5 9 gün, R5-R6 15 gündür (Fehr ve Caviness, 1977; Çırak ve Esendal, 2005).

Soya bitkisinin su stresine verdiği tepki gelişme döneme bağlı olarak değişir ve bu durum tohum verimi ve verim bileşenlerini farklı şekilde etkiler (Maleki ve ark., 2013).

Çalışmalar, çiçeklenme öncesi günlük su kullanımı daha az olan, ancak çiçeklenme sonrası daha fazla su kullanan çeşitlerin daha yüksek tane verimine ve daha yüksek su kullanım verimliliğine (WUE) sahip olduğunu göstermiştir (Engels ve ark., 2017). Su stresi çiçeklenme döneminde olduğunda, çiçek sayısının azalmasıyla bitki başına bakla sayısı azalmakta (Desclaux, 2000), tam bakla oluşum döneminde oluşan su

stresi bakla sayısını azaltarak verimde ciddi kayıplara sebep olmaktadır (Hall ve Twidwell, 2002).

Foroud ve ark. (1993), soya fasulyesi tane verimi üzerine tam çiçeklenme (R2) döneminde su stresinin bakla (R3) ve tane oluşumu (R5) dönemlerine göre daha az etkili olduğunu belirtmişlerdir.

John (2001), soyada kuraklık stresinin olumsuz etkilerinin çiçeklenme, tohum oluşumu ve tohum doldurma aşamalarında daha belirgin olduğunu, Maleki ve ark. (2013), generatif gelişme döneminde oluşan kuraklığın çiçeklenme dönemine kıyasla daha hassas olduğunu, Bartels ve Sour (2004), soyada su stresine en hassas dönemin çiçeklenme ve tohum oluşumu dönemi olduğunu, tohum aşamasındaki stresin tohum boyutunu küçültmek verimi azalttığını bildirmişlerdir.

Desclaux ve ark. (2000), soyada 4 yapraklı dönemdeki (V4) su stresinin boğum uzunluklarını kısalttığını, bunun sonucunda bitki boyunun kısaldığını, çiçeklenme dönemindeki su stresinin ise bakla sayısını azalttığını, bakla dolum dönemindeki su stresinin ise tohumları küçültmesi nedeniyle tohum ağırlığını azalttığını belirtmişlerdir.

Karam ve ark. (2005), lizimetreler kullanılarak farklı gelişme dönemlerinde sulanan soyanın birinci ve ikinci yıl bitki su tüketimini sırasıyla 800 mm ve 725 mm olarak belirlemişlerdir. Gelişme dönemi boyunca sulama yapılan kontrol konusuna kıyasla tam çiçeklenme, tane ve tohum olgunlaşma döneminde sırası ile %17 ve %12 daha az bitki su tüketiminin gerçekleştiğini, evapotranspirasyonun %65'inin tohum doldurma döneminde gerçekleşerek bu dönemde yüksek su gereksinimine ihtiyaç duyduğunu, R2 aşamasındaki su stresinin tohum verimini önemli ölçüde etkilemezken, R5 aşamasında bakla sayısını, tohum sayısını ve tohum ağırlığını azalttığını, R7 döneminde bakla ve tohum sayısında önemli bir azalma olmazken tohum ağırlığını azalttığını bildirmişlerdir. Doğan ve ark. (2007) ise su stresinin R3, R5 ve R6 dönemlerinde diğer dönemlere göre daha fazla verim kaybına neden olduğunu belirtmişlerdir.

Farias ve ark. (2007), soya su ihtiyacının en fazla olduğu dönemlerin çiçeklenme ve bakla dolum dönemleri olduğunu ($7-8 \text{ mm gün}^{-1}$) ve daha sonra azaldığını, en yüksek verim için toplam su ihtiyacının hava, toprak ve iklim şartlarına bağlı olarak 450-800 mm arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Candoğan ve Yazgan (2018), Bursa’da ağır bünyeli toprakta, soyada en yüksek verimin gelişme dönemi boyunca sulanan (400 kg da^{-1}), en düşük verimin susuz konudan (197 kg da^{-1}) elde edildiğini, vejetatif gelişme dönemindeki %75 ve %50 kısıntılı sulama konularından elde edilen verimin susuz konuya kıyasla % 49.5 ve % 49.2 daha fazla olduğunu, vejetatif gelişme, çiçeklenme, bakla ve tane oluşum döneminde uygulanan su kısıntısının susuz konuya kıyasla %48, %37.8, %36.2 ve %32.6 daha yüksek verim sağladığını, vejetatif dönemde yapılan kısıntılı sulamanın verimi önemli ölçüde etkilemezken; çiçeklenme, bakla ve tane oluşum döneminde yapılan kısıntılı sulamanın verimi etkilediğini, soyada sulama programlaması yapılırken su kısıntısının vejetatif dönemde yapılabileceğini saptamışlardır. Araştırmada verim tepki etmeni (k_y), vejetatif dönem için 0.37, çiçeklenme dönemi için 1.12, bakla oluşumu dönemi için 1.31 ve tane oluşum dönemi için 1.89, mevsimlik k_y değerini ise 1.21 olarak hesaplamışlardır.

Wei ve ark. (2018), soyada bakla oluşum ve tane oluşum döneminde kısıntılı sulamanın verim ve verim bileşenlerinde azalmalara neden olduğunu, bakla oluşum dönemindeki kısıntılı sulamanın kontrol konusuna kıyasla bitki boyunda %22, bitki başına yaprak sayısında %61, kuru maddede %67 azalma sağladığını, bakla oluşum dönemi boyunca kuraklığa maruz kalan bitkilerde bitki başına %73-82 oranında verim kaybı oluştuğunu, 100 tane ağırlığındaki en büyük kayıpların (%42-48) tane oluşum dönemindeki kuraklık stresinde gözlemlendiğini bildirmişlerdir.

2.4. Soya Bitkisinin Su Stresine Fizyolojik Tepkisi

Su stresi, günümüzde bitkisel üretimi ve gıda güvenliğini olumsuz etkileyen en önemli unsurlardandır. Bu nedenle bitkilerin su stresi koşullarında verdikleri fizyolojik tepkilerin belirlenmesi ve strese bağlı verim kayıplarının azaltılmasına yönelik araştırmaların sayısı son yıllarda önemli ölçüde artmıştır (Kamara ve ark., 2003; Niu ve ark., 2018; Basal ve Szabó., 2020).

Su stresinin bitkiler üzerindeki etkisi stresin büyüklüğüne ve süresine bağlı olarak değişmektedir. Bitkiler, yapılarına göre değişmekle birlikte su stresine 3 aşamalı tepki gösterir; (a) kısa süreli su eksikliklerinde görülen fizyolojik tepkiler, (b) mevcut su miktarına alışma gayreti ve (c) su eksikliğinin artması sonucu ortaya çıkan kuraklık

adaptasyonuna gösterdikleri tepkiler olarak sınıflandırılabilir. Su stresine karşı kısa süreli tepkiler, stresin başlamasından sonraki saniyeler içinde etkili olur ve farklı fizyolojik tepkiler göstermeye başlar. Stoma iletkenliğinin azalması, transpirasyon hızının yavaşlaması, yaprak yüzey sıcaklığının artması, bitki turgorunda ve yaprak su potansiyelinde (ve yaprak nem içeriğinde) azalma ve klorofil sentezinin yavaşlaması bitkilerde görülen önemli fizyolojik tepkilerdir (Bartels ve Sunkar, 2005; Farooq ve ark., 2009; Dolferus, 2014; Osakabe ve ark., 2014). Söz konusu parametrelerin ölçümü ve sayısallaştırılması su stresi koşullarında tarladaki ürünün tahmininde ve önlem alınmasında kolaylık sağlamaktadır.

Arazi koşullarında bitkinin strese maksimum tepki verdiği zaman aralığında ölçülen bu parametrelerden en önemlisi yaprak su potansiyelidir (YSP). Anılan parametre, bitki su stresinin belirlenmesinde güvenilir bir parametre olup (Nayyer ve ark., 2005), su stresi derecesinin göstergesi olarak kullanılmaktadır (Chowdhury ve ark., 2017).

Wang ve ark. (2006), soyada yapılan saksı denemesinde toprak su içeriğinin %47'nin altına düşmesi ile yaprak su potansiyelinin (YSP) gözle görülür şekilde düştüğünü, stressiz (kontrol) konuda -0.96-1.02 MPa arasında, stresli konuda 5. günden sonra YSP'nin -2.3 MPa'a kadar düştüğünü saptamışlardır.

Chowdhury ve ark. (2018), kuraklığa dayanıklı ve duyarlı soya çeşidinde kuraklık stresinin yaprak su potansiyelini düşürdüğünü, en düşük ve en yüksek YSP'ni -1.58 MPa ve -1.2 MPa olarak belirlemişlerdir.

Bitkiler strese girdiğinde en önemli fizyolojik tepkilerinden biri de yaprak klorofil içeriğinin azalmasıdır (Jackson ve ark., 1996). Soyada yapılan araştırmalar, artan stresin klorofil içeriğini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Makbul ve ark. 2011; Tunçtürk ve ark., 2021). Özellikle çiçeklenme öncesi ve sonrasında gerçekleşen su stresi soyanın klorofil içeriğinin önemli şekilde azalmasına neden olmuştur (Burman ve ark., 2004). Gelişme dönemlerinin yanı sıra soyada çeşitler arasında da artan stresin klorofil içeriğine farklı düzeylerde etki ettiğini, çok sayıda çeşit içerisinde en yüksek klorofil içeriğinin Cinsoy çeşidinde bakla bağlama döneminde ölçüldüğünü ve tüm çeşitlerde gelişme dönemlerinin sonuna doğru klorofil değerinin azaldığı belirlenmiştir (Yiğit ve ark., 2021).

Su eksikliği, fotosentez oranının düşmesiyle birlikte vejetatif büyümenin önemli ölçüde azalmasına neden olur. Kurak koşulların olduğu ilk dönemlerde, bitki daha fazla suya ulaşabilmek için gövde uzamasını yavaşlatıp kök gelişimini tetiklediği için (Öztürk, 2015), kök büyümesine kıyasla gövde büyümesi ve yaprak büyümesi su stresinden daha fazla etkilenir (Sağlam, 2004).

Su stresinin bitki boyunu fide ve bakla dolum döneminde %9 (Wei ve ark., 2018), tohum oluşum başlangıcı döneminde %7 azalttığı (Foroud, 1992) belirlenmiştir. Kazgöz Candemir (2024), tam sulama konusunda %33 su kısıntısına kıyasla ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %21 ve %11, %66 kısıntıda %50 ve %29 daha yüksek bitki boyu belirlemiştir.

Suyun yetersiz olduğu ortamlarda, bitki boyunun kısalması yanında bitkilerin büyüme hızları yavaşlar ve yaprak gelişimi kısıtlanarak verim kayıpları oluşur (Gerik ve ark., 1996, Hussain, 2008). Pettigrew (2004), su stresinin, özellikle yaprak büyüklüğünde önemli bir azalmaya yol açtığını, Blum (2005), su stresi koşullarında yetişen tarla bitkilerinin daha küçük yapraklara sahip olmasının, su kaybını azaltarak suyun daha verimli kullanılmasını sağlayan evrimsel bir strateji olduğunu ve bu stratejinin bitkilerin kuraklık koşullarında hayatta kalmalarına yardımcı olduğunu belirtmiştir.

Basal ve Szabó (2020), kuraklık stresine karşı üç farklı soya çeşidinde (Commandor, Advisor ve Steara) yürüttükleri çalışmada, tam sulama koşullarına kıyasla kuraklık stresinin soya çeşitlerinde yaprak alan indeksini sırasıyla %19.4, %20.6 ve %25.7 azalttığını belirlemişlerdir.

Kuraklık stresinin soya'nın gelişme dönemlerindeki belirgin ve ayrımlı etkisi nedeniyle çiçeklenme, bakla oluşumu ve tohum doldurma aşamalarındaki su stresinin yaprak alan indeksinde sırasıyla %40, %33.8 ve %36.4 azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir (Li ve ark., 2013).

Pujiwati ve ark. (2022), soyada elverişli kapasitenin %100, %75, %50 ve %25'i düzeyinde sulanan konularda LAI sırasıyla $23.09 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-2}$, $22.0 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-2}$, $18.28 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-2}$ ve $13.72 \text{ m}^{-2} \text{ m}^{-2}$ olarak belirlemişler ve LAI'nin %100 ve %75 konularında istatistiksel fark oluşturmadığı, %50 ve %25 konularında ise LAI'de önemli azalmalar olduğunu belirtmişlerdir.

2.5. Su Stresinin Etkilerini Azaltan Uygulamalar

Bitkilerde kuraklık stresi üzerine çok sayıda araştırmalar olmasına rağmen maruz kaldıkları su stresinin etkilerinin azaltılması için ne tür uygulamaların yapılması gerektiği ile ilgili bilgiler yeterli değildir. Bu nedenle, son yıllarda stresin etkilerinin azaltılmasında azot (Song ve ark., 2019), potasyum (Çakmak, 2005; Aytekin ve Çalışkan, 2024), mangan (Karim ve ark., 2012), çinko (Paul ve ark., 2016), kükürt (Jie ve ark., 2008; Ödemiş ve ark., 2023), bor (Souza Júnior ve ark., 2023; Ödemiş ve Uncu, 2022), mikrobiyolojik uygulamalar (bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler) (Zou ve ark., 2021), çeşitli osmolit uygulamaları (prolin, salisilik asit vb.) (Abdelhamid ve ark., 2013; AlKahtani ve ark., 2021) gibi bitki besin elementi uygulamalarından başarılı sonuçlar sağlanmıştır. Bu uygulamaların yapraktan yapılarak bitkinin strese karşı direnci artırabilme (Yavaş ve ark., 2016) yeteneklerinin araştırılması ve uygulamaya aktarılması stresin neden olduğu verim azalmasına karşın önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Su stresi koşullarında bitkide ozmotik ayarlama ve hücrel yapıların korunması, bitkiye dışardan uygulanacak düşük molekül ağırlığına sahip osmotik koruyucuların (salisilik asit, jasmonik asit, prolin vb.) fonksiyonları ile sağlanabilmektedir. Stres koşullarında toprak kaynaklı sınırlayıcı unsurları atlatmak ve hızlı bir şekilde etkili bir sonuç elde etmek için bu osmolitler, bitkiye çoğunlukla yapraktan uygulanmaktadır.

Basal ve Szabo (2020), farklı sulama düzeylerinde sulanan soyaya farklı dozda azot uyguladıkları çalışmada, yüksek dozda azot uygulamalarının kurak koşullarda bitki başına çiçek sayısı, bakla sayısı, bitki boyunu arttırdığını, kurak koşulların olmadığı durumda ise aşırı dozun önerilmediğini bildirmişlerdir.

Gullap ve ark. (2022), soya fasulyesinde su stresinin bitki büyümesi ve klorofil içeriğini olumsuz etkilediğini, malondialdehit (MDA), hidrojen peroksit (H_2O_2), prolin, sakaroz ve absisik asit (ABA) içeriklerinin yanı sıra antioksidan enzim aktivitesi (peroksidaz (POD), katalaz (CAT) ve süperoksit dismutaz (SOD)) oranlarını artırırken, indol asetik asit (IAA) ve giberellik asit (GA) içeriğini azalttığını, biyoçar uygulamasının kuraklık stresinin yarattığı olumsuz etkileri azaltarak bitki büyümesi ve klorofil içeriğinde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Kurt (2020), iklim odasında farklı tuzluluk düzeylerinde yetiştirilen soya bitkilerinde yapraktan salisilik asit uygulanan konulara ait bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal özellikler bakımından olumlu etki gözlemlendiğini bildirmiştir.

El-Mageed ve ark. (2016), soyada 3 farklı sulama düzeyi (%100, %85, %70) ve 3 farklı potasyum dozunun (90 kg ha⁻¹, 120 kg ha⁻¹, 150 kg ha⁻¹) uygulandığı araştırmada, sulama düzeyi ile potasyum arasında pozitif ilişkiler olduğunu, su stresi koşulunda potasyum uygulamalarının yaprak sayısı ve alanını, bitki kuru ağırlığını, verim ve su kullanım etkinliğini artırdığını bildirmişlerdir.

Tekin (2019), serada yetiştirilen soyada sıcaklığın etkisi ile yapraklarda dökülmeler yaşandığını, nitrik oksit uygulaması yapılan bitkilerdeki yaprak dökülmelerinin önemli ölçüde azaldığını, klorofil miktarının arttığını, soya yapraklarında kontrole kıyasla sıcaklık stresi ve nitrik asit uygulaması ile Na⁺, K⁺, Ca⁺⁺, Cl⁻ ve prolin düzeyinde artışlar sağlandığını, nitrik asit uygulanmasının sıcaklık stresine karşı direnç sağlayarak büyüme ve gelişmenin olumsuzluğunu azalttığını bildirmiştir.

Singh ve Usha (2003), su stresi altındaki buğday fidelerine ekimden 10 ve 13 sonra yapraktan 1 mM, 2 mM, 3 mM salisilik asit uyguladıkları çalışmada, salisilik asitin, fotosentezde ve strese karşı korunmada aktif rol oynayan başta ribuloz difosfat ve süperoksit dismutaz enzimleri olmak üzere birçok enzimin sentezini olumlu yönde etkilediğini, kuraklığa toleransın artırılmasında salisilik asitin etkili olduğunu bildirmiştir.

Sonobe ve ark. (2009), ekimden 10 gün sonra su stresine maruz bırakılan sorgum fidelerinde, su stresi nedeniyle azalan kuru ağırlık miktarı ve su alım oranını 50 ppm silisyum uygulaması ile hafifletirken, su stresi olmadan yetiştirilen sorgum üzerinde silisyum uygulamasının herhangi bir etkisinin bulunmadığını, su stresi altında, silisyum uygulamasının stoma iletkenliği, fotosentez oranı ve terleme oranını artırdığını saptamışlardır.

Dehnavi ve ark. (2022), tuzlu koşullarda yetiştirilen sorgum bitkisine yapraktan salisilik asit uygulamasının prolin birikimini indükleyerek tuzluluğa direnci arttırdığını, antioksidan enzim aktiviteleri ve fotosentetik aktiviteleri koruyarak tuzluluğun neden olduğu olumsuz etkileri azalttığını, tuz stresinin olumsuz etkilerini gidermek için en etkili dozun 150 mg l⁻¹, tuzlu olmayan koşullar altında ise 100 mg l⁻¹ olduğu bildirmişlerdir.

Heidarian ve ark. (2011), soyada yapraktan demir (Fe), çinko (Zn) ve demir+çinko (Fe + Zn) uygulamalarının verim, bitki başına bakla sayısı ve 100 tane ağırlığında artışlar sağladığı, en yüksek değerlerin Zn+Fe'nin birlikte uygulamasından ve kontrole kıyasla çinko ve demir uygulamalarından sırası ile %25 ve %14 daha yüksek verim elde edildiğini bildirmişlerdir.

Heidari ve ark. (2015), ayçiçeğinde kuraklığın bağlı su içeriği, fotosentez, klorofil ve katalaz aktivesini azalttığını, peroksidaz aktivitesini artırdığını, kükürt ve mangan uygulamalarının kontrole kıyasla fotosentez, klorofil ve katalaz aktivitesini artırarak kuraklığın olumsuz etkisini bir yere kadar azaltabildiğini belirtmişlerdir.

Hozman (2016), su stresine maruz bırakılan kestane fidanlarına yapraktan %0.5 dozunda glisin betain (GB) uygulamasının %75 sulama düzeyinde en iyi etkiyi gösterdiği ve kestane fidanlarında %25 ile %50 su kısıntısı yapılması durumunda GB'nin uygulanabilirliğini bildirmiştir.

Kazgöz Candemir ve Ödemiş (2018), Hatay'da farklı gelişme dönemlerinde su stresine maruz bırakılan pamukta taraklanma ve ekimden hasata kadar olan sürede sulama yapılmayan konularda yapraktan 150 ml da⁻¹, 250 ml da⁻¹, 350 ml da⁻¹ konstantrastonlarında uygulanan kükürtün verimde önemli artışlara neden olduğunu, su kısıntısı koşullarında yapraktan kükürt uygulamasının üreticiler açısından olumlu sonuçlar sağlayabileceğini bildirmişlerdir.

Kaya ve İnan (2018), tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarındaki tütün bitkilerinde yaprak alanında azalma, malondialdehit (MDA), antioksidan enzim aktiviteleri, prolin miktarı ve karotenoid içeriğinde artış tespit etmişlerdir. Ancak yapraktan melatonin uygulamasının kuraklık ve tuzluluktan kaynaklanan olumsuz etkileri azalttığını bildirmişlerdir.

Aksu ve Altay (2021), su stresi koşullarındaki şeker pancarına uygulanan indol asetik asitin, yaprak en ve boyunun azalmasını engellediğini, yapraktan 5 ve 20 µM indol asetik asit uygulamasının yaprak oransal su içeriğini değiştirmezken, 10 µM dozun yaprak oransal su içeriğini artırdığını, su stresinin artması ile membran zararlanması ve malondialdehit (MDA) içeriğinin artarak, indol asetik asit uygulamasının bu olumsuz etkileri azaltmaya yardımcı olduğunu bildirmişlerdir.

Saudy ve ark. (2021), ayçiçeğinde 2 farklı sulama seviyeleri (I100 ve I85), 2 farklı askorbik asit (150 mg l⁻¹ ve 300 mg l⁻¹) ve 2 farklı sitrik asit (250 mg l⁻¹ ve 500 mg l⁻¹)

dozu uyguladıkları çalışmada, 300 mg l⁻¹ gibi yüksek dozda askorbik asidin dışarıdan uygulanmasının, I100 ile birlikte, diğer etkileşim uygulamalarına kıyasla klorofil a, klorofil b artışında en yüksek etkileri gösterdiğini ve prolin içeriğini en düşük düzeye indirdiğini ortaya koymuşlardır. I100 ve 300 mg l⁻¹ askorbik asit ile I85 ve 300 mg l⁻¹ askorbik asit uygulamalarında, kontrol grubuna kıyasla tohum verimini anlamlı derecede artırdığı saptanmıştır. I85 konusunda, antioksidan uygulanan bitkilerde sulama suyu kullanım etkinliğinin (IWUE) kontrol konusuna kıyasla arttığını, askorbik asit ve sitrik asit uygulamasının, su kısıntı koşullarında büyüme ve verimde meydana gelen azalmalara kısmen engel olduğunu bildirmişlerdir.

Bijanzadeh ve ark. (2022), su stresinin mısırdaki bitki büyüme parametrelerini olumsuz etkilediğini, yapraktan sodyum silikat uygulandığında kontrole kıyasla yaprak alanında %45, klorofil a'da %35, klorofil b'de %31, K⁺'da %20, Ca⁺²'de %38 oranında artış sağladığını, yapraktan sodyum silikat uygulamasının kuraklığa toleransı artırdığını bildirmişlerdir.

Günalp (2011), embriyo kültüründe yetiştirilen tuza duyarlı ve tolerant 2 çeşit patlıcan bitkisinde kontrol grubunda yer alan bitkilerin gelişimlerinde bir sıkıntı yaşanmadığını, ancak besin ortamına tuz ilave edilen bitkilerin gelişiminin olumsuz etkilendiği, tuz ile birlikte yapraktan jasmonik asetik asit uygulamasının yapıldığı konularda embriyoların 1-2 gün içerisinde nekroze olarak, sadece jasmonik asetik asit ile ön uygulama yapılan ve ardından sadece tuz içeren besin ortamına alınan embriyolarda gelişimin devam edebildiği, yüksek konsantrasyondaki jasmonik asetik asit uygulamalarının gelişmeyi olumsuz etkileyerek hatta ölümcül etki yarattığı, daha düşük dozlar kullanılarak tuzluluğa direncin artırılabilceği sonucuna varmıştır.

Kang ve Saltveit (2002), mısır, hıyar ve çeltik fidelerinde 0.5 mM salisilik asiti toprağa uygulayarak 2.5 °C'de ve 4 gün boyunca soğuk stresine maruz bırakmışlardır. Hıyar bitkisinden alınan yaprak örneklerinde salisilik asit uygulaması yapılan bitkilerdeki elektriksel iletkenlik değerinin daha yüksek olduğunu, bunun soğuk stresine olan direncin artmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Stres koşullarında stresi azaltmak amacıyla yapraktan yapılan bitki besin uygulamalarının yanı sıra strese ilk biriken amino asitin prolin olması nedeniyle özellikle önemli bir osmolit olan prolinin dışsal uygulanması ozmotik ayarlama sağlayarak stresle mücadelede etkilidir (Szabados ve Savoure, 2010; Kaur ve Asthir,

2015). Stresin olumsuz etkilerini bertaraf etmek ve hızlı bir etki oluşturmak için çoğunlukla yapraktan uygulanan bu koruyuculardan olan prolin stres direncinin artırılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Verslues ve Sharma, 2010). Bu nedenle, stres çalışmalarında prolin uygulamaların araştırılması ve yaygınlaştırılması önem arz etmektedir.

2.6. Stresin Azaltılmasında Prolin Uygulamaları

Strese maruz kalan bitkide protein parçalanması ve protein sentezinde yavaşlama meydana gelerek protein metabolizmasında bozulmalar oluşur. Protein parçalanması sonucunda hücrelerde amino asitler birikir. Prolin, stres koşullarında ilk biriken amino asit olup abiyotik strese karşı toleransı artırmada en iyi bilinen ozmolittir (Hossain ve ark., 2014; Yediyıldız, 2019) ve bitkinin kuraklığa dayanıklılığının en önemli göstergelerinden biri olarak kabul edilir (Dong ve ark., 2019). Prolinin hücre içindeki yoğunluğunun artması hem strese karşı indikatör olup, hem de bitkinin strese karşı savunma mekanizmasını harekete geçiren metabolik olayın ilk basamağını içermektedir. Birçok araştırmacı, stres koşullarında prolinin doğrudan veya dolaylı olarak antioksidon olarak görev yaptığını bildirmişlerdir (Hossain ve Fujita, 2010; Yan ve ark., 2013; Hasanuzzaman ve ark., 2014).

Prolin biyosentezi, glutamat ve ornitin olmak üzere iki yolla gerçekleşir (Per ve ark., 2017). Rejeb ve ark. (2014), prolin sentezinin asıl olarak glutamatta meydana geldiğini bildirmiştir. Glutamat yolunda prolin karboksilat sentaz (PCS) ve pirolin karboksilat redüktaz (PCR) olmak üzere iki enzim görev alır. Prolin biyosentezi, P5CS enzimi tarafından denetlenir. PCS enziminin glutamik asiti fosforile etmesi sonucunda glutamil semialdehite (GSA) dönüşür. GSA'da kendiliğinden proline dönüşerek prolin karboksilata dönüşür (Szabados ve Savouré, 2010). Pirolin karboksilat, prolin redüktaz tarafından proline indirgenir. Prolin sentezi kloroplast ve sitozolde sentezlenirken, mitokondride de yıkımı gerçekleşir (Yediyıldız, 2019).

Prolin, lipid oksidasyonunu engelleyerek membran sistemlerini ve oluşturdukları bileşikler aracılığıyla da protein yapılarını korumakta (Mansour 1998), sinyal iletimi yaparak hücre bölünmesini engellemekte (Carvalho ve ark., 2013), farklı tipte antioksidan enzimlerin aktivitesinde artışa neden olabilmekte (Carvalho ve ark., 2013;

Rejeb ve ark., 2014) ve mitokondri işlevinin düzenlenmesinde rol almaktadır (Hoque ve ark., 2007). Stres süresince kloroplastlardaki prolin biyosentez oranındaki artış, daha düşük NADPH/NADP⁺ oranı sağlayarak, hücre bütünlüğüne zarar veren reaktif oksijen radikallerinin (ROS) oluşumunu azaltmakta (Szabados ve Savoure 2010; Lehman ve ark., 2010; Miller ve ark., 2010; Per ve ark., 2017), hücre su potansiyelini düşürerek hücre turgor basıncını dengelemekte, hücre yapısının bozulmasına direnç sağlayıp dış ortamdan su alımını kolaylaştırmaktadır (Tabay, 2014; Yediyıldız, 2019).

Yapraktan prolin uygulanan bitkilerde prolin, stomalar tarafından emilir. Stres koşullarında prolinin dışsal olarak yapraktan ya da tohumdan uygulanması bitkinin abiyotik strese olan direncini artırmaktadır (Ali ve ark., 2007; Ali ve Ashraf 2011).

Yapraktan prolin uygulamalarının etkinliği; bitki çeşidine, hangi dönemde ve kaç kez uygulandığına ve uygulama dozuna bağlı olarak değişim göstermektedir (Ashraf ve Foolad 2007). Prolinin yüksek dozda uygulanması hücre büyümesi ve proteinlerin fonksiyonlarını olumsuz etkilemektedir (Ashraf ve Foolad 2007). Prolinin hücre içerisinde çok fazla birikmesi *Arabidopsis* 'te morfogenez ve amino asitlerin sentezinde yer alan bazı genlerin ifadesini önemli ölçüde baskılar (Nanjo ve ark., 2003). Bu nedenle hücre içerisinde biriken prolinin uygun düzeyde olması strese olan direnci artırmak açısından önemlidir. Bu amaçla her bitki için en uygun prolin dozunu belirlemek gerekmektedir.

Teixeira ve ark. (2019), serada farklı düzeylerde sulanan soyada, tohumdan glutamat uygulamasının tam sulama koşullarında prolinden daha etkili olduğunu, şiddetli su stresinde tohumlara glutamat uygulamasının bitki bağıl su içeriği ve bitki kuru maddesinde artış, yapraktan uygulama ile de verimde artış elde edildiğini, orta derecede su stresindeki bitkilerde yapraktan prolin uygulamasının kuru madde ve verimde artışlar sağladığını belirtmişlerdir.

Ghafari ve ark. (2018), serada tuz stresi altındaki soyaya yapraktan prolin ve salisilik asit uygulamasının bitki boy ve kuru maddede %32 ve %38 artışlar sağladığını, antioksidan enzimlerin aktivasyonunu artırarak tuz stresine karşı toleransı artırdığını bildirmişlerdir.

Ghafari ve Tadayan (2019), serada elektiriksel iletkenliği (EC) 2.5 dS m⁻¹, 5 dS m⁻¹ ve 10 dS m⁻¹ olan sulama suları ile sulanan soyada tuz stresi altındaki bitkilerde, prolin ve çözünür şeker miktarı artarken bağıl su içeriğinin azaldığını, EC= 5 dS⁻¹ m⁻¹

ile sulanan bitkilerde yapraktan 10 mM prolin+3mM salisilik asit uygulamasının klorofil b, karotenoid ve prolin içeriğinde %93, %53ve %143 artış sağlandığını, tuz stresinin olumsuz etkilerini gidermede en etkili uygulamanın yapraktan 10 mM prolin+3mM salisilik asit uygulaması olduğu saptanmıştır.

El-Taib ve ark. (2021), Mısır'da ağır bünyeli toprakta yetiştirilen 4 farklı soya çeşidinde 50 ppm ve 75 ppm yapraktan prolin uygulamalarının bakla sayısı, bitki ağırlığı ve verimde önemli artışlar sağladığını belirtmişlerdir.

Knipp ve Honermeier (2006), transgenik patates hatlarında su stresi koşullarında yapraklardaki prolin miktarında artış olduğunu, bitki büyüme sezonu boyunca da ilerleyen dönemlerde prolin düzeyinde artışların devam ettiğini bildirmişlerdir.

Aktaş ve ark. (2008), sera koşullarında elverişli kapasitenin %75, %50 ve %25'i düzeylerinde sulanan defne fidanlarına kuraklığa dayanımı artırmak amacı ile yapraktan farklı konsantrasyonlarda prolin, absesik asit (ABA) ve prolin+absesik asit uygulamışlardır. Sonuçta, sulama suyu miktarı azaldıkça bitkinin yaşam yüzdesinin azaldığı, en yüksek yaşam yüzdesinin %75 ve %50 konularında 50 μ M ABA+1 μ M, %25 konusunda ise 1 μ M prolin uygulamalarından elde edildiği görülmüştür.

Ali ve ark. (2013), Pakistan'da killi tınlı toprakta su stressiz ve stresli koşullar altındaki iki mısır çeşidinde su stresinin şeker, yağ, protein, nem, lif ve kül içeriğini azalttığını, yapraktan prolin uygulamalarının bu parametreleri artırdığını, ancak anılan parametrelerdeki iyileşmenin su stresi uygulanmayan konuya kıyasla su kısıntısı koşullarında daha belirgin olduğunu, vejetatif dönemde yapraktan 30 mM prolin uygulamasının doğrudan bir etkiden ziyade koruyucu bir etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Aktaş ve Akça (2015), sera koşullarında tam sulanan defne fidanlarının yaprak ozmotik potansiyel değerini -1.5 MPa, %75 su kısıntısında -2.53 MPa olarak ölçmüşlerdir. Su stresine maruz bırakılan fidelerde yapraktan prolin uygulaması ile bağıl su içeriği ve taze ağırlığının değişmediğini, fidelerin yaşama oranının %52 artarak prolin uygulaması ile kuraklığa toleransın artırılabilceğini bildirilmişlerdir.

Sarıyer (2018), Çanakkale'de killi tınlı toprakta 3 farklı pan katsayısı kullanarak (Kp50: 0.5, Kp100: 1.0, Kp150: 1.5) sulanan bibere, 3 farklı zamanda (20., 30., 40. günler) 12 mM prolin uygulanmış; sulama suyu azaldıkça taç çapı, meyvedeki tohum sayısı, bitki boyu, meyve eti kalınlığı, yaprak alanı indeksi, nispi büyüme oranı ve bitki

boyunun azaldığı, tam (Kp100) ve aşırı sulanan (Kp150) konularda prolin etkisinin görülmediği, su stresi çeken Kp50 konusunda prolin uygulaması ile bitkideki prolin konsantrasyonuna arttığı, su stresi koşullarında prolinin daha etkili olduğunu bildirmiştir.

Merwad ve ark. (2018), sera koşullarındaki fasulyede su kısıtı ile büyüme kriterlerinin (bitki kuru ağırlığı, bitki boyu, yaprak alanı ve bitki başına dal sayısı), verim özelliklerinin (bitki başına kuru tohum ağırlığı, biyolojik verim ve 100 tohum ağırlığı), yapraktaki klorofil a ve b içeriklerinin, tohum besin maddelerinin (N, P ve K), yaprak bağıl su içeriğinin azaldığını, yaprak antioksidan enzim aktivitelerinin (peroksidaz, süperoksit dismutaz ve katalaz), yaprak prolin içeriğinin önemli ölçüde arttığını; su stresi koşullarında prolin, silikon ve metiyonin yapraktan uygulanması ile belirtilen parametrelerde kontrole göre iyileşme sağlandığını bildirmişlerdir.

Hanif ve ark. (2021), serada sıcaklık, kuraklık ve sıcaklık+kuraklık stresi altındaki pirinç bitkisinde antioksidan üretimi, osmolitler ve klorofil içeriğinde azalmalar olduğunu; yapraktan 10, 20 ve 30 mM prolin uygulamasının antioksidan, klorofil, osmolit içeriğini ve verimi artırdığını, stresin olumsuz etkilerini azaltan en etkili prolin konsantrasyonunun 30 mM olduğunu belirtmişlerdir.

Kılınçoğlu ve ark. (2020) Şanlıurfa'da sera koşullarında pamuk bitkisinde su stresinin artması ile Mg, Na, P ve Ca oranları ile klorofil a ve b değerlerinde düşüş olduğu; karbonhidrat, karotenoidin, potasyum (K) ve toplam çözünmüş protein oranının arttığını, yapraktan prolin uygulamasının kuraklığa toleransı artırarak kuraklığın olumsuz etkilerini azalttığını ileri sürmüşlerdir.

Al Kahtani ve ark. (2021), Mısır'da ağır bünyeli toprakta tam sulama ve %50 su kısıntısı koşullarında ekimden 35 gün sonra ve ilk uygulamadan 15 gün sonra olmak üzere 2 kez yapraktan prolin (10 mM), silikon (2 mM) ve prolin+silikon (10 mM pro+2 Mm Si) uyguladıkları şeker pancarında kuraklık stresinin azot, fosfor, potasyum, klorofil, kök verimi ve şeker içeriğini önemli ölçüde azalttığını, tüm uygulamalarının bu parametrelerde iyileştirici etki yaptığını ancak en iyi etkinin prolin+silikon uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir.

Islam ve ark. (2022), Bangladeş'de ağır bünyeli toprakta 5, 10, 15 gün su stresine maruz bırakılan çeltik bitkisinde morfolojik özelliklerin, verim ve verim parametrelerinin önemli ölçüde azaldığını, prolin ve trehaloz uygulamalarının bu

parametreleri artırdığını, bununla birlikte her iki ozmolitin farklı kuraklık stresi altında iyi performans göstermesine rağmen 10 mM prolin uygulamasının stresin 5 gün olduğu konuda su stresinin olumsuz etkilerini en fazla azaltan konu olduğunu, orta dereceli su stresi koşullarında ozmolitlerin kullanımının ileriye dönük çare olabileceğini bildirmişlerdir.

Santos ve ark. (2022), b r lcede kuraklık stresine tabi tutulan bitkilerde prolin konsantrasyonunda ve antioksidan aktivitesinde artışlar, yaprak su potansiyeli değerlerinde ve büyüme parametrelerinde (yaprak alan indeksi ve toplam kuru sürgün ağırlığı) azalmalar görüldüğünü, yapraktan prolin ve silikon uygulamalarının yaprağın su potansiyeli değerini yükselttiğini ve b r lce büyümesi üzerindeki kuraklık stresini azalttığını, fizyolojik, biyokimyasal ve büyüme parametrelerinde en etkili uygulamanın prolin+silikon uygulamasının olduğunu bildirmişlerdir.

Ibrahim ve ark. (2022), Mısır'da kumlu-tınlı toprakta elverişli kapasitesinin %100, %85 ve %70'i ile sulanan mısır bitkisine 2 mM ve 4 mM prolin uyguladıkları araştırmada, prolin uygulanmayan konuya kıyasla 2 mM ve 4 mM prolin uygulanan bitkilerin klorofil içeriğinde %9 ve %14, bağıl su içeriğinde %7 ve %10, bitki boyunda %16 ve %18 ve tane veriminde %10 ve %14 oranlarında artışlar sağlandığını, en yüksek verimin %100 sulama konusunun 4 mM prolin uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir.

Hadid ve ark. (2023), Mısır'da kumlu toprakta bitki su gereksiniminin %100, %80 ve %60'ına kadar sulanan buğdaya yapraktan 0 mg l⁻¹, 100 mg l⁻¹, 200 mg l⁻¹, 300 mg l⁻¹ ve 400 mg l⁻¹ prolin uyguladıkları çalışmada, kuraklık stresinin fotosentetik pigmentlerde ve verim bileşenlerinde azalmaya neden olduğunu, şiddetli su stresi altında (%60) en yüksek klorofil a, klorofil b ve toplam pigment değerlerinin 200 mg l⁻¹ ve 300 mg l⁻¹ prolin uyulanan konudan elde edildiğini, %100 ve %80 sulama düzeylerinde antioksidan aktivite yüzdesi (DPPH radikal giderimi) ve fenol içeriğinin artırılması için en etkili uygulamanın 300 mg l⁻¹ olduğunu, tüm sulama düzeylerinde tane verimini, başaktaki tane sayısını ve 1000 tane ağırlığını en çok artıran dozun 300 mg l⁻¹ olduğunu, buğdayda su stresi koşullarında prolin uygulamasının su eksikliğine karşı toleransını artırdığını bildirmişlerdir.

Teixeira ve Pereira (2007), serada patates bitkisinde, yüksek tuzluluk (250 mM NaCl) ve kuraklık faktörünün hem bitki gelişimi ile organlarını hem de prolin,

çözünebilir protein ve klorofil içeriğini olumsuz etkilediğini, tuz ve kuraklık stresinde glutamin sentetaz aktivitesinin yaprak ve köklerde azaldığını ve kuraklık stresinde gelişen yumruda arttığını bildirmişlerdir.

Karakuş (2008), 0 mM, 25 mM, 50 mM 100 mM tuz konantrasyonunda bitki büyüme odasında yetiştirilen patatese yapraktan 0 mM, 5 mM, 15 mM prolin uygulamış, tuz konsantrasyonunun artması ile toplam kuru madde miktarı, yaprak alanı ve sayısı, bitki başına yumru sayısı ve çapı, bitki boyu, klorofil içeriği ve yapraktaki Ca, K, Mg miktarının azaldığını; malondialdehid (MDA) miktarı, hücre membran geçirgenliği, prolin miktarı ve yapraktaki sodyum miktarının arttığını, sap sayısının da değişmediğini belirlemiştir. Yapraktan uygulanan prolinin ise tuz stresi altındaki bitkilerde yaprak sayısı ve alanı, bitki boyu, bitki başına yumru sayısı, çapı ve ağırlığı, yapraktaki Mg, K, Na, Ca içeriği, hücre membran geçirgenliği, klorofil içeriği, malondialdehid (MDA) ve prolin miktarı üzerine olumlu etki yaptığını belirlemiştir.

Özden ve ark. (2011), Şiraz çeşidi asma fidanlarını 5 hafta boyunca 0 mM, 50, mM 100 mM ve 150 mM konsantrasyonlardaki sulama suyu ile sulayarak, NaCl uygulaması ile eş zamalı olarak yapraklara 0 mM, 5 mM ve 15 mM prolin uygulamışlar, deneme sonunda tuz stresi koşullarındaki bitkilerde tuz seviyesine bağlı olarak, yaprak hücrelerindeki iyon akışı, MDA, klorofil degradasyonu, prolin miktarlarında bir artış belirlenirken, prolin uygulaması yapılan konulardan alınan yaprak örneklerinde ise bu parametrelerde azalmalar belirlenmiştir. Tuz stresi koşullarında yapraktan prolin uygulamasının lipid peroksidasyonu, enzim sistemi ve bitki hücre zarı faz değişimi üzerinde etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Ödemiş ve Çalışkan (2014), sera koşullarında 0.19 dS m⁻¹, 3.54 dS m⁻¹, 7.12 dS m⁻¹, 9.57 dS m⁻¹ ve 12.86 dS m⁻¹ tuz konsantrasyonlarında sulama suyu ile sulanan patatese 10 mM ve 20 mM prolin uygulamışlar, tuzlu koşullarda yetiştirilen bitkilerde su kullanım etkinliği, sulama suyu miktarı ve bitki su tüketiminin azaldığını, hasat indeksi değerleri hariç verim ve verim parametrelerinde azalmalar meydana geldiğini, tuzluluk stresine en duyarlı ve az duyarlı parametrenin stoma iletkenliği ve fotosentez hızı olduğunu, prolin uygulamasının verim ve verim parametrelerine etkisinin istatistiksel olarak önemsiz bulunduğunu bildirmişlerdir.

Bayat ve ark. (2014), su kültüründe yetiştirilen tuza orta ve az toleranslı 2 kabak çeşidinde kontrol ve 100 mM tuz konantrasyonu altındaki bitkilere yapraktan 5 mM

ve 10 mM prolin uygulamışlardır. Tuza duyarlı olan kabak genotipinde 100 mM NaCl+10 mM prolin uygulamasının katalaz (CAT) enzim aktivitelerinde %140, orta derecede duyarlı olan kabak genotipinde ise %267 oranında artış sağladığını; yapraktan prolin uygulamalarının kontrole göre enzim aktivitelerinde artışa neden olduğunu, bu etkinin tuza toleranslı olan kabak genotipinde daha fazla olduğunu ve prolin uygulamalarının tuz stresinin ortaya çıkardığı olumsuz etkileri azaltarak tuza toleransı artırdığını bildirmişlerdir.

Tabay (2014), marul fidelerine dikimden 30 gün sonra yapraktan 10 mM ve 20 mM prolin uygulamış, uygulamadan 24 saat sonra iklimlendirme odasında bekletilen bitkilere $3.3W\ m^{-2}$ dozunda 12 saat UV-B radyasyonu uygulamıştır. Uygulamadan hemen sonra alınan yaprak örneklerinde prolin uygulamalarının hidrojen peroksit (H_2O_2), absisik ve salisilik asit, lipid peroksidasyonun miktarlarında azalmalara, giberilik ve indol asetik asit miktarı, enzim aktivitelerinde artışlara neden olarak UV-B zararını azalttığını bildirmiştir.

Silva Sa ve ark. (2016), serada $0.6\ dS\ m^{-1}$ ve $3.0\ dS\ m^{-1}$ elektiriksel iletkenliğe sahip sulama suyu ile sulanan dolmalık biberde, sulama suyu tuzluluğunun artması ile karbondioksit asimilasyon oranı, su kullanım etkinliği, transpirasyon değerleri azalmıştır. Tuzluluk düzeyinin en fazla olduğu konulardaki en yüksek karbondioksit asimilasyon oranı, transpirasyon, su kullanım etkinliği 10 mM ve 20 mM prolin uygulamalarından elde edildiğini, bu değerlerin 10 mM prolin seviyesine kadar artış sağladığını, 20 mM seviyesinden sonra ise bu değerlerde azalmalar meydana geldiğini, tuz stresinin olumsuz etkilerini azaltan prolin seviyesinin 12.8 mM -16.8 mM olduğunu bildirmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanı

Araştırma, 2019 ve 2021 yıllarında Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (ABKAEM), Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Bölümüne ait Merkez İşletmede yürütölmüştür (Şekil 3.1). Deneme alanı, Çukurova Bölgesinin 210.000 ha'lık alanına sahip olan Aşağı Seyhan Ovasında yer almaktadır. Bu sahanının 181.000 ha'ı sulanabilir arazi niteliğinde olup, yetiştiriciliğı engelleyebilecek drenaj problemi söz konusu değildir.



Şekil 3.1. Araştırma alanı

3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Akdeniz iklimine sahip olan araştırma alanındaki uzun yıllık ve deneme yıllarına ait iklim verileri (Çizelge 3.1), ABKAEM Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Bölümünde bulunan meteoroloji istasyonundan alınmıştır.



Şekil 3.2. Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Bölümü Meteoroloji İstasyonu

Uzun yıllık iklim verilerine göre denemenin yürütüldüğü bölgede ortalama sıcaklık 18.1 °C'dir. Ortalama en yüksek sıcaklık 28.7 °C ile Ağustos'ta, en düşük 8.9 °C ile Ocak ayında ölçülmüştür. Uzun yıllık ortalama yağış miktarı 591 mm'dir. Yağışların %55'i (326 mm) Aralık, Ocak, Şubat, %22'si (129 mm) Mart, Nisan, Mayıs aylarında yağmur olarak düşmektedir. Temmuz ve Ağustos ayları ise en kurak geçen aylardır.

Çizelge 3.1. Tarsus Toprak ve Su Kaynakları Bölümü meteoroloji istasyonu uzun yıllık ve araştırma yıllarına ait iklim verileri

Araştırma Yılları	İklim Parametreleri	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
2019	Ort. Sıcaklık, °C	25.7	27.1	27.9	25.6	23.0
	Yağış, mm	0.2	18.6	0.0	3.2	16.0
	Rüzgâr hızı, m/s	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9
	Oransal nem, %	75.9	76.6	76.2	69.2	64.3
2021	Ort. Sıcaklık, °C	24.4	28.4	28.7	25.1	21.1
	Yağış, mm	0.0	0.0	0.0	53.0	0.0
	Rüzgâr hızı, m/s	2.2	1.9	1.8	1.7	1.4
	Oransal nem, %	74.4	75.9	71.7	69.1	51.7
Uzun yıllık (1950-2022)	Ort. Sıcaklık, °C	24.9	27.3	27.5	24.9	20.8
	Yağış, mm	12.6	4.0	1.9	10.5	32.7
	Rüzgâr hızı, m/s	2.0	1.9	1.8	1.7	1.4
	Oransal nem, %	72.0	75.3	75.0	69.2	64.5

3.1.3. Toprak Özellikleri

Araştırma yerinin 2 farklı noktasından alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’de verilmiştir. Her iki çizelgeden de görüleceği gibi deneme alanı toprakları pH’sı hafif alkali, 0-30, 60-90 cm derinlikte killi-tınlı, 30-60 cm derinlikte siltli killi tınlı bünyeye sahip, kireçli, tuzsuz, potasyum içeriği yeterli, organik madde ve fosfor içeriği düşük seviyededir.

Çizelge 3.2. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Bünye Sınıfı	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Tarla Kapasitesi (% Pw)	Solma Noktası (% Pw)
0-30	SIC	48.8	40.2	11.1	1.30	31.45	19.15
30-60	SICL	40.0	41.9	18.2	1.38	32.32	18.18
60-90	SIC	42.1	44.0	13.9	1.41	30.37	20.05

Çizelge 3.3. Deneme alanı topraklarının kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	ECe (dS m ⁻¹)	pH	Kireç (%)	Yarayışlı		Organik Madde (%)
				P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	K ₂ O (kg da ⁻¹)	
0-30	0.57	7.72	28.76	1.9	92.44	1.26
30-60	0.55	7.82	32.60	1.0	60.32	0.76
60-90	0.46	7.89	33.44	1.1	55.13	0.66

EC: toprak süzüğü elektriksel iletkenliği

3.1.4. Bitki Özellikleri

Araştırmada bitki materyali olarak Çukurova Bölgesinde yaygın olarak ekimi yapılan ProGen firmasına ait ‘Asya’ soya fasulyesi çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.3). Söz konusu soya çeşidi; birinci ve ikinci üründe yüksek verim potansiyeline sahip, çiçek rengi mor, bitki boyu 100-110 cm, olgunlaşma gün sayısı 110-145 gün, yağ oranı %20-21, protein oranı %33-36 arasında değişmektedir (Anonim, 2022).



Şekil 3.3. Asya soya çeşidine ait genel görünüm

3.1.5. Sulama Suyu Özellikleri

Araştırmada kullanılan sulama suyu, DSİ'ye ait sulama kanalından temin edilmiştir. Yapılan analizlerde sulama suyunun C₂S₁ (orta tuzlu, az sodyumlu) sınıfında olduğu, toprak ve bitki açısından herhangi bir sorun oluşturma potansiyelinin olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4. Denemede kullanılan sulama suyunun kimyasal özellikleri

ECw (dS m ⁻¹)	pH	Katyonlar (meq l ⁻¹)					Anyonlar (meq l ⁻¹)					
		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Top	CO ₃	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄	Top	SAR
0.464	8.04	1.80	3.11	0.36	0.03	5.30	0.77	3.26	0.98	0.29	5.30	0.23

ECw: sulama suyu elektriksel iletkenliği

3.1.6. Sulama Sistemi Özellikleri

Araştırmada damla sulama sistemi kullanılmıştır. Ortak bir denetim biriminden kontrol edilen sulama sisteminde su sayacı, vanalar kum-çakıl filtre, disk filtre ve bağlantı parçaları yer almaktadır. Suyun denetim biriminden alınarak araziye iletilmesinde polietilen (PE) borulardan oluşan ana boru, yan boru (monifold) ve her bitki sırasında bir lateral olacak şekilde yerleştirilmiş, çapı 20 mm, damlatıcı aralığı 40 cm olan basınç ayarlı lateraller kullanılmıştır (Şekil 3.4). Lateraller işletme basıncı 1.5-2.0 kg cm⁻² olacak şekilde çalıştırılmış ve bu aralıkta olup olmadığı sulama süresince

denetlenmiştir. Damlatıcı debisi infiltrasyon testleri sonucunda belirlenmiş ve 1.8 l h^{-1} debili damlatıcılar kullanılmıştır.



Şekil 3.4. Damla sulama sistemi

3.1.7. Prolinin Özellikleri

Araştırmada kullanılan prolin ($\text{C}_5\text{H}_9\text{NO}_2$) L-prolin formunda, molekül ağırlığı: 115.3 g mol^{-1} olup suda kolaylıkla çözülebilen toz formundadır. Prolin üretici firmadan her yıl ayrı partiler halinde alınmış ve kimyasal içeriğinde muhafaza koşullarından kaynaklanan bir bozulma olmaması için deneme süresince oda sıcaklığında, nem ve ışık almayan koşullarda saklanmıştır.

3.1.8. Toprak Örneklerinin Analiz Yöntemleri

Araştırmaya başlamadan önce araştırma alanını temsil eden 2 noktada profil çukur açılarak her 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm'lik derinliklerden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz yöntemleri aşağıda verilmiştir.

Tarla kapasitesi ve solma noktası (%): Bozulmuş toprak örneklerinde, basınçlı tencere (pressure chamber) setinde örnekler suyla doyurulduktan sonra $1/3 \text{ atm}$ basınç altında tutulan nem miktarı tarla kapasitesi, 15 atm basınç altında tutulan nem miktarı ise solma noktası olarak belirlenmiştir.

Hacim ağırlığı (g cm^{-3}): Her 30 cm'lik derinliklerden silindir yöntemi ile alınan bozulmamış toprak örneklerinde yapılmıştır (Richards, 1954).

Toprak bünyesi: Bouyoucos hidrometre yöntemi ile % silt, % kil ve % kum, oranları tespit edilip, tekstür sınıflandırma üçgeninde değerlendirilerek belirlenmiştir (Richards, 1954).

ECe (dS m⁻¹): Elektiriksel iletkenlik ölçüm aletiyle (Jenway 4510 model) saturasyon ekstraktından elde edilen süzük suyunun elektiriksel iletkenliğinin ölçülmesi ile belirlenmiştir (Richards, 1954).

Kireç (%): Scheibler kalsimetre metodu ile % olarak belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1993).

pH: Saturasyon çamurunda pH metre ile belirlenmiştir (Thermo Orion 3 Star) (Richards, 1954),

Yarayışlı fosfor (P₂O₅): Olsen metoduna göre spektrofotometrede belirlenmiştir (Olsen ve ark., 1954).

Yarayışlı potasyum (K₂O): Amonyum Asetat çözeltisinden yararlanarak fleymfotometrede ölçülmüştür (Jackson, 1958).

Organik madde (%): Modifiye edilmiş Walkley-Black metoduna göre saptanmıştır (Walkley, 1946).

3.1.9. Deneme Deseni ve Deneme Konuları

Araştırma, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak toplam 36 parselde yürütülmüştür. Araştırmada ana parseller 3 farklı sulama düzeyinden, alt parseller ise yapraktan uygulanan dört farklı prolin düzeyinden oluşturulmuştur. Buna göre sulama ve prolin konuları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

Ana konular:

S₁₀₀: 7 günlük sulama aralığında 60 cm'lik toprak profilindeki eksik nemin tarla kapasitesine getirildiği tam sulama konusu,

S₆₆: Tam sulama konusuna uygulanan suyun %66'sının verildiği konu,

S₃₃: Tam sulama konusuna uygulanan suyun %33'ünün verildiği konu.

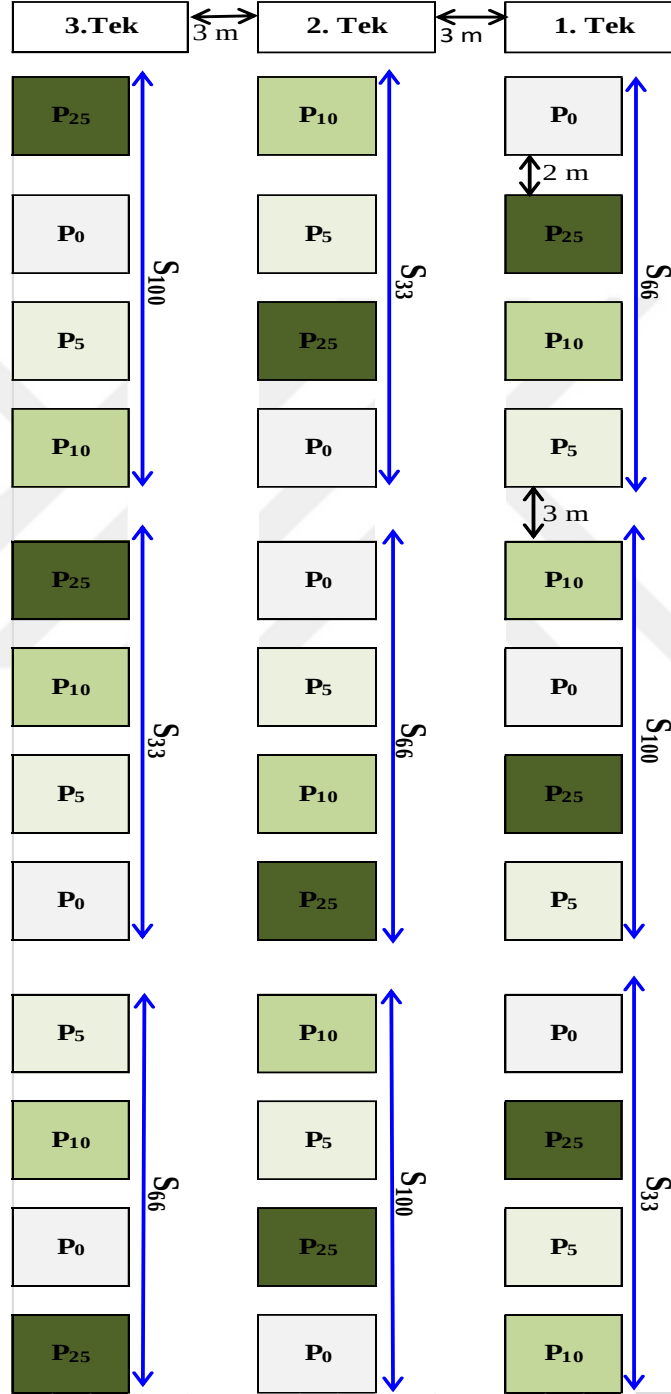
Alt konular:

P₀: Geleneksel gübre (topraktan N, P, K) uygulaması,

P₅: Geleneksel gübre (topraktan N, P, K) uygulaması + yapraktan 5 mM prolin uygulaması,

P₁₀: Geleneksel gübre (topraktan N, P, K) uygulaması + yapraktan 10 mM prolin uygulaması,

P₂₅: Geleneksel gübre (topraktan N, P, K) uygulaması + yapraktan 25 mM prolin uygulaması



Şekil 3.5. Deneme deseni

Farklı prolin konsantrasyonlarının uygulandığı parseller arasında 2 m, sulama ve tekerrür parselleri arasında ise 3 m boşluk bırakılmıştır (Şekil 3.5). Her bir parsel, sıra uzunluğu 6 m ve sıra arası 70 cm olan 8 sıradan oluşturulmuş olup, 33.6 m²'lik alana sahiptir.

3.1.10. Sulama Uygulamaları

Araştırmada bitkiler ilk yıl 05.07.2019, ikinci yıl 11.06.2021 tarihlerinde ekilmiş ve her yılda da bitkilere ekimden sonra çimlenme ve üniform bitki çıkışını sağlayabilmek amacı ile tüm parsellere eşit miktarda su verilmiştir. Konulu sulamalara bitki gelişimi de göz önüne alınarak elverişli kapasitenin %50'si tüketildiğinde başlanmıştır.

Sulamalardan önce deneme parsellerinin S₁₀₀ P₀ konularından haftada bir olmak üzere 60 cm toprak derinliği dikkate alınarak gravimetrik yöntem ile toprak örnekleri alınmış ve mevcut nemi tarla kapasitesine getirmek için gerekli sulama suyu miktarı aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır:

$$V = A \times \Delta S \times P \quad (3.1)$$

Eşitlikte; V: uygulanan sulama suyu miktarı (L), A: parsel alanı (m²), Δs: 60 cm toprak derinliğindeki eksik toprak nemi (mm), P: örtü yüzdesi (%). Sulamalarda örtü yüzdesi değeri %30 oluncaya kadar 0.30, örtü yüzdesi %70 oluncaya kadar gerçek örtü yüzdesi, örtü yüzdesi %70'den fazla olduğunda 0.70 sabit değer olarak alınmıştır.

3.1.11. Prolin Uygulamaları

Soya bitkisi, çimlenmeden çiçeklenme dönemine kadar süren vejetatif gelişme dönemi (V) ile çiçeklenmeden hasat olgunluğuna kadar süren generatif gelişme dönemi (R) olmak üzere 2 farklı gelişme döneminden oluşmaktadır. Vejetatif ve generatif gelişme dönemleri Çizelge 3.5'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Soya bitkisi gelişim dönemleri (Fehr ve Cavines, 1977)

Gelişim Dönemleri		Açıklama
Vejetatif Dönem	VE	Çimlenme ve çıkış
	VC	Kotiledon dönemi
	V1	İlk hakiki yaprağın oluşumu
	V2	İkinci hakiki yaprağın oluşumu
	V3-V5	4-6 boğumlu dönem
	V6-Vn	7 ve daha fazla boğumlu dönem
Generatif Dönem	R1	Ana sap üzerindeki herhangi bir boğumda bir çiçek bulunması
	R2	Ana sap üzerindeki en üst iki boğumdan birinde çiçek bulunması
	R3	Ana sap üzerindeki son dört boğumdan birinde 5 mm uzunluğunda bir bakla bulunması
	R4	Ana sap üzerindeki son dört boğumdan birinde 2 cm uzunlukta bir bakla bulunması
	R5	Ana sap üzerindeki son dört boğumdan birinde 3 mm uzunlukta bir tohum bulunması
	R6	Ana sap üzerindeki son dört boğumdan birinde meyve içini dolduran yeşil bir tohuma sahip bir bakla bulunması
	R7	Ana sap üzerinde olgunluk rengini almış bir bakla bulunması
	R8	Ana sap üzerinde olgunluk rengini almış bir bakla bulunması

Prolin, stres altındaki bitkilerin savunma mekanizmasında önemli bir rol oynamaktadır. Stres koşulları oluştuğunda prolinin hücre içi konsantrasyonunda artması ve ilk biriken amino asit olması nedeni ile stres düzeyinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan önemli bir ölçüm değeridir. Bu nedenle farklı su stresi düzeylerine maruz kalmış soya bitkisinde, stres nedeniyle oluşacak verim kayıplarının hangi dozda prolin uygulaması ile azaltılabileceği amaçlandığından, denemede tanık (P_0) hariç 3 farklı doz prolin uygulaması belirlenmiştir. Araştırmada prolin uygulamaları, bitkinin su stresine en duyarlı olduğu R1-R5 generatif gelişim devreleri arasındaki dönemler esas alınarak 4 farklı dönemde yapılmıştır. Buna göre;

1. prolin uygulaması, soyanın çiçeklenme başlangıcı (R1) - tam çiçeklenme (R2) dönemi arasında (20.08.2019 ve 26.07.2021 tarihlerinde),

2. prolin uygulaması, tam çiçeklenme (R2) - bakla oluşum başlangıcı (R3) dönemi arasında (27.08.2019 ve 10.08.2021 tarihlerinde),

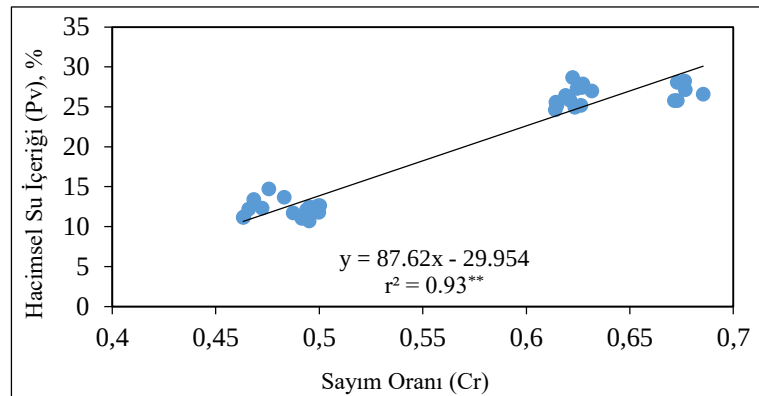
3. prolin uygulaması, bakla oluşumunun başlangıcı (R3) - hızlı bakla oluşum (R4) dönemi arasında (03.09.2019 ve 17.08.2021 tarihlerinde),

4. prolin uygulaması, hızlı bakla oluşumu (R4) - tohum oluşum başlangıcı (R5) dönemi arasında (16.09.2019 ve 01.09.2021 tarihlerinde) olmak üzere deneme süresince toplamda 4 kez yapraktan prolin uygulanmıştır.

Araştırmada su stresinin çiçeklenme zamanlarını değiştireceği düşünüldüğünden, prolin uygulamalarına S₆₆ konusundaki çiçeklenmenin %20-30'a ulaştığı dönem esas alınarak başlanmıştır. Prolin dozlarının homojen uygulanması ve diğer parsellere dağılmaması için yapraktan uygulamalar, rüzgârın olmadığı sabahın erken saatlerinde (06:00-08:00) yapılmıştır. Uygulamalar iki sulama aralığının ortasında (sulamalardan 3 ya da 4 gün sonra) sırt pülverizatörü ile yapılmıştır. Her uygulamadan önce sırt pülverizatörü ile aynı büyüklükteki başka bir parsel su uygulanarak denemede kullanılacak su miktarı belirlenmiş ve belirlenen su miktarına göre çözeltiler hazırlanmıştır. Uygulama hızlarının aynı olması, uygulamalar arasında farklılık oluşmaması amacı ile uygulamaları aynı kişinin yapmasına özellikle dikkat edilmiştir.

3.1.12. Toprak Nem Gözlemleri

Toprak nem ölçümleri 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm toprak derinliklerinde, 2 tekerrürde nötronmetre cihazı ile her sulamadan önce belirlenmiştir. Toprak nem içeriklerinin doğru tespit edilebilmesi amacı ile deneme başlamadan önce araştırmanın yapıldığı arazide 0-30 cm, 30-60 cm ve 60-90 cm derinlikleri için nötronmetre kalibrasyon eşitlikleri çıkarılmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Nötronmetre kalibrasyon grafiği

3.1.13. Bitki Su Tüketimi

Bitki su tüketimi (BST) 60 cm kök derinliğinde tüketilen nem miktarı esas alınarak hesaplanmıştır (Howell ve ark., 1986).

$$BST = I + P - D - R \pm \Delta S \quad (3.2)$$

Eşitlikte, BST: Bitki su tüketimi (mm), I: Uygulanan sulama suyu (mm), P: Yağış (mm), D: Derine sızma (mm), R: Yüzey akış (mm), ΔS : Toprak nem içeriği farkı. Yüzey akış değerleri (R), damla sulama sistemi kullanıldığı için ihmal edilmiştir. S_{100} konularında, sulamalardan 24 saat sonra nötronmetre cihazı ile toprak nem ölçümleri yapılarak derine sızma (D) olup olmadığı belirlenmeye çalışılmış ancak derine sızma belirlenmemiştir.

3.1.14. Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği

Su kullanım etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE), konulardan elde edilen bitki su tüketimi ve verim değerlerinden yararlanılarak aşağıdaki eşitliklerden belirlenmiştir (Howell ve ark., 1990).

$$WUE = \frac{Y}{BST} \quad (3.3)$$

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.4)$$

Eşitlikte;

WUE: Su kullanım etkinliği ($\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), IWUE: Sulama suyu kullanım etkinliği ($\text{kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$), BST: Bitki su tüketimi (mm), Y: Konulardan elde edilen soya verimi (kg ha^{-1}), I: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm).

3.1.15. Vejetatif Ölçümler

3.1.15.1. Bitki Boyu

Toprakta suyun sınırlı olması durumunda, bitki kökleri suya ulaşmak amacıyla kök gelişimini hızlandırır, bitkinin boyca uzamasını azaltır (Çetinkaya, 2015). Bitki boyunun azalması, vejetatif aksamın ve gövde gelişmesinin azalmasına ve fotosentez yapan aksamın azalarak verimin düşmesine sebep olur (Köşkeroğlu, 2006).

Büyüme ve gelişme süresince gözlem bitkilerinde 10 gün aralıklarla, her tekerrürde işaretlenmiş 3 bitkide ana gövdenin kök boğazından büyüme noktasının ucuna kadar olan yüksekliğin ölçülmesi ile belirlenmiştir. Bitki boyu araştırmada ilk yıl 08.08.2019-8.10.2019, ikinci yıl 16.07.2021- 16.09.2021 tarihleri arasında olmak üzere her iki yılda da 7'şer kez ölçülmüştür.

3.1.15.2. Yaprak Alan İndeksi

Fotosentez sürecinin büyük kısmının gerçekleştiği organ yapraklardır. Yaprak alanının büyüklüğü bitkinin ışıktan yararlanma miktarı ve ne kadar enerji tutabileceği ile doğrudan ilişkili olduğundan (Müjdecı ve ark., 2005), uygulamaların etkilerini görmek amacıyla 2 haftada bir her konunun 2 tekerrüründe taşınabilir bitki tac analizörü (Li-Cor 2000) ile yaprak alan indeksi ölçülmüştür (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Yaprak alan indeksi ölçümü

Bitki tacı analizörü yaprak alan indeksini balık-gözü denilen optik sensörle (148°'lik görüş açısı) radyasyon ölçümlerinden tahmin etmektedir. Yöntem yaprak alan indeksi'ni (LAI), tacın üstünde ve altında 5 açıdan ölçüm yaparak ve bitki tacının ışık intersepsiyonunu (*bitki tacında radyasyon transferi modeli yoluyla*) kullanarak tahmin etmektedir.

3.1.15.3. Kuru Madde Miktarı (Biyomas)

Konulu sulamalara geçmeden önce (01.08.2019 ve 16.07.2021), çiçeklenme başlangıcı-tam çiçeklenmenin görüldüğü R1-R2 (20.08.2019 ve 27.07.2021), tam çiçeklenme-bakla oluşumunun başlangıcının görüldüğü R2-R3 (27.08.2019 ve 10.08.2021), bakla oluşumunun başlangıcı-hızlı bakla oluşumunun görüldüğü R3-R4 (03.09.2019 ve 17.08.2021), hızlı bakla oluşumu-tohum oluşum başlangıcının görüldüğü R4-R5 döneminde (16.09.2019 ve 01.09.2021) ve hasatta (22.10.2019 ve 12.10.2021) olmak üzere toplam 6 kez biyomas örnekleri alınmıştır. Her uygulamanın 3 tekerrüründen ve her tekerrürde 2 bitkinin toprakla temas ettiği noktadan kesilerek alınan bitki örnekleri etüvde 65 °C'de 48 saat kadar bekletilerek tartımları yapılmış ve kuru madde miktarları hesaplanmıştır.

3.1.15.4. Bitkide Çiçek Döküm Oranı

Her konunun 2. tekerrüründen ve 1 m²'lik mesafede belirlenen bitkiler üzerinde çiçek sayısı ve bakla sayısı alınarak çiçek döküm oranları belirlenmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Bitkide çiçek sayımı

3.1.16. Fizyolojik Ölçümler

3.1.16.1. Yaprak Su Potansiyeli (YSP)

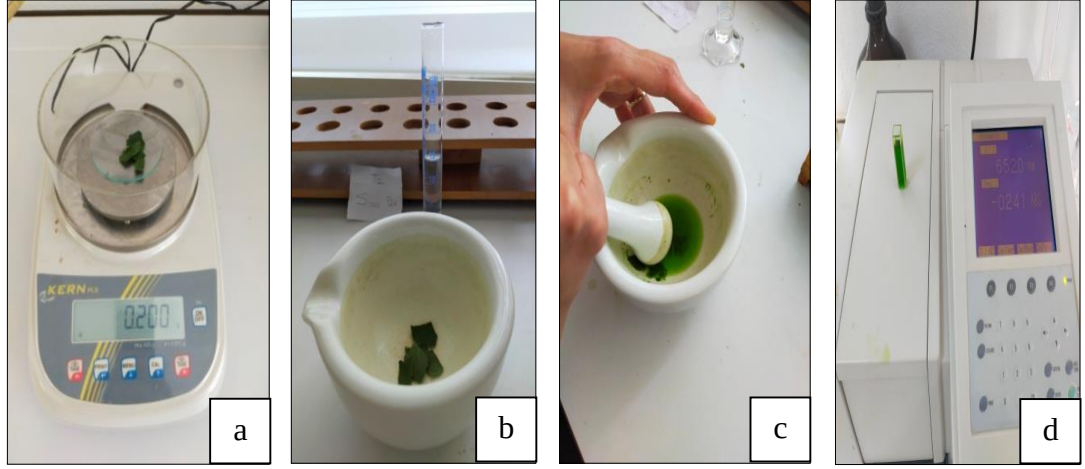
Yaprak su potansiyeli (YSP) ölçümü, portatif basınç odacığı aleti kullanılarak her sulama öncesinde saat 11:00 - 14:00 arasında 2 tekerrürdeki iki ayrı bitkide ve 2 yaprakta PMS Instrument Company Model 615 cihazı ile yapılmıştır. Ölçümlerde güneşe bakan, tam gelişmiş yapraklar seçilmiş ve elde edilen değerlerin ortalaması alınarak sulama öncesi yaprak su potansiyeli değerleri belirlenmiştir. Ölçüm sırasında yaprak ayası basınç odacığının içinde, yaprak sapı dışarıda kalacak şekilde cihaza yerleştirilmiştir. Yaprak sapında bitki öz suyu çıktığı ana kadar basınç uygulanmış ve bu değer yaprak su potansiyeli değeri olarak okunmuştur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Yaprak su potansiyeli ölçümü

3.1.16.2. Klorofil Konsantrasyonu

Klorofil, ışık enerjisini kimyasal enerjiye çevirerek canlıların yaşaması için gerekli olan oksijen ve besin maddelerinin oluşmasında görev alan ve bu nedenle fotosentezde hayati önem taşıyan ana faktördür (Sevik ve ark., 2012; Çetin, 2016). Stres koşullarında bitkinin verdiği ilk tepki klorofil içeriğindeki azalmadır (Khayatnezhad ve Gholamin, 2011; Başyigit, 2014).



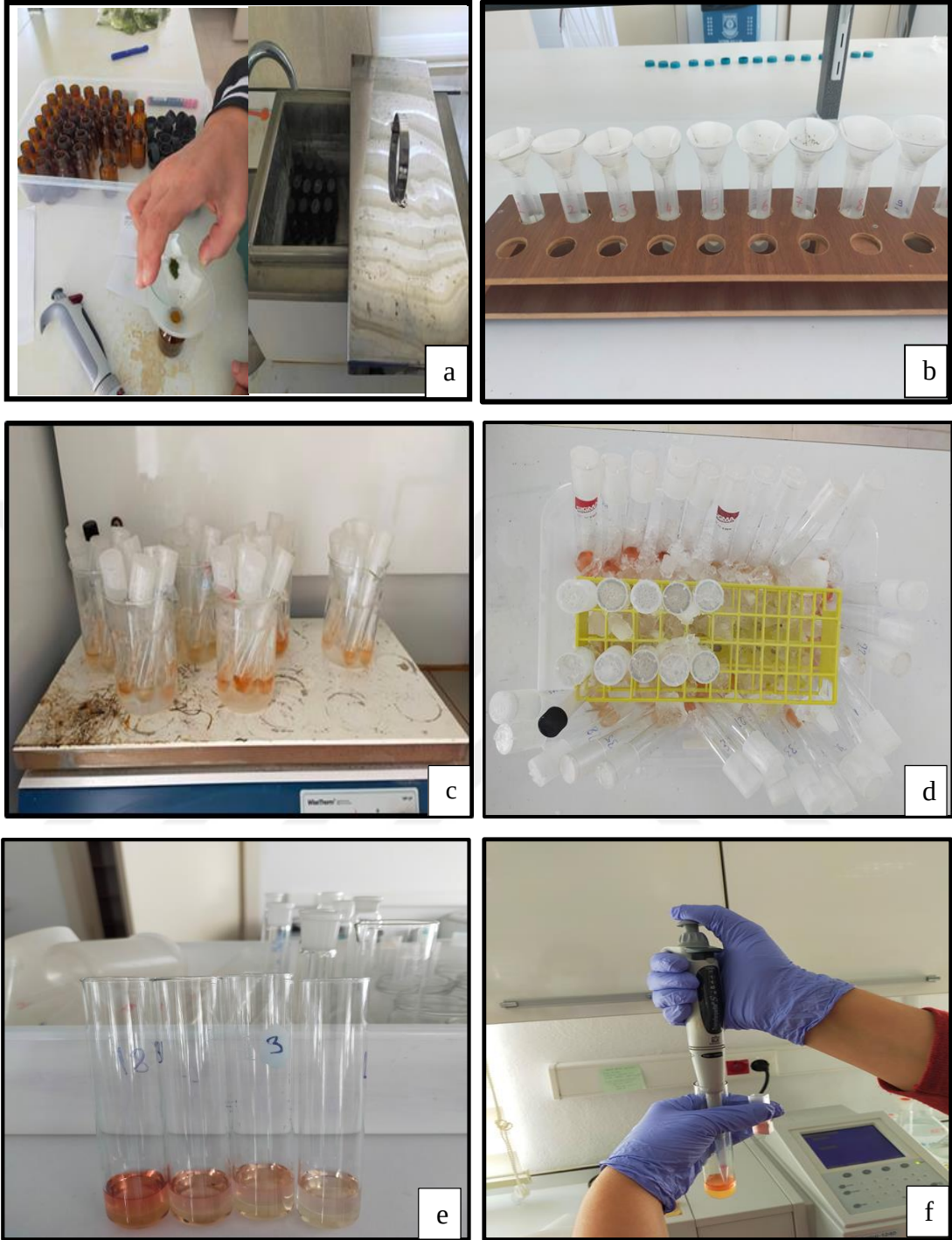
Şekil 3.10. Klorofil analizi a) Bitki tartımı, b-c) Asetonla homojenize edilmesi d) Klorofil içeriğinin okunduğu spektrofotometre

Klorofil konsantrasyonu prolin uygulamalarının yapıldığı tarihten sonra her uygulamanın 3 tekrerründen alınan yaprak örneklerinde belirlenmiştir. Klorofil, 200 mg taze yaprak örneklerinin doğrudan ışık gelmeyen loş bir yerde 15 ml %80'lik aseton içerisinde homojenize edilip mavi bantlı filitre kâğıdından süzülmesi yoluyla elde edilmiştir (Şekil 3.10). Elde edilen örnekler spektrofotometre cihazında 652 nm dalga boyunda ölçülüp toplam klorofil miktarı taze ağırlık başına mg g^{-1} olarak hesaplanmıştır (Arnon,1949).

3.1.16.3. Prolin Analizi

Prolin, abiyotik (kuraklık ve tuzluluk vb.) stres koşullarında bitkide birikimi en fazla olan amino asittir (Hasegawa ve ark., 2000). Prolin osmotik basıncı dengeleyerek Ca, Mg, Na ve K ve gibi iyonların konsantrasyonlarını etkiler. Enzim aktivitelerinde ve klorofil moleküllerinde önemli bir görev almaktadır (Iba, 2002).

Prolin uygulamalarının yapıldığı tarihlerden sonra her uygulamanın 3 tekrerründen alınan yaprak örneklerinde prolin analizi yapılmıştır (Bates ve ark.1973).



Şekil 3.11. Prolin analizi. a) Tartılan bitki örneklerinin saf su ile homojenize edilmesi (100°C de 20 dk), b) Homojenatın filtre edilmesi, c) Bitki ekstraktına ninhidrin çözeltisi eklenip 100°C de 1 sa inkübe edilmesi, d) Buz banyosunda soğutma işlemi, e) Renklenen çözeltinin toluen ile ekstrakte edilmesi, f) Spektrofotometrede okuma işlemi

3.1.17. Makro ve Mikro Besin Element Analizleri

Prolin uygulamalarının yapıldığı tarihten 1 gün sonra makro ve mikro besin elementlerin analizi için her uygulamanın 3 tekerrüründen alınan yaprak örnekleri önce çeşme suyu ile ardından bir kez saf su, bir kez de ultra saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan yaprak örnekleri 65 °C de 48 saat etüvde kurutulduktan sonra öğütülmüş, analize hazır hale getirilmiştir. Makro ve mikro besin elementlerin belirlenmesinde izlenen yöntemlere yönelik analizler aşağıda verilmiştir.

Azot (N): Modifiye Kjeldahl yöntemi kullanılarak kurutulup öğütülen yaprak örneklerinde belirlenmiştir (Kaçar, 1972).

Fosfor (P): Nitrik-perklorik asit karışımı yaş yakma metodu ile elde edilen süzüklerde P vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemine göre spektrofotometrik olarak tayin edilmiştir (Kaçar, 1972).

Potasyum (K): Yaş yakma metodu ile elde edilen süzüklerde K, Ca, Mg miktarları Inductively Coupled Plasma (ICP) ile belirlenmiştir (Kaçar, 1972).

Demir (Fe) ve Çinko (Zn): Yaprak örneklerinin yaş yakma sonucu elde edilen süzüklerinde Inductively Coupled Plasma (ICP) yardımıyla belirlenmiştir (Kaçar, 1972).

3.1.18. Tarımsal İşlemler ve Gözlemler

3.1.18.1. Toprak Hazırlığı, Ekim ve Parselasyon İşlemleri

Araştırmanın her iki yılında da arpa hasadı yapıldıktan sonra mevcut arazide goble diskaro ile sürüm yapılmış, daha sonra kesekleri küçük parçalara ayırmak amacı ile rotatil kullanılarak ikinci sürüm yapılmıştır. Arazi tapan çekilerek, tohum yatağı hazır hale getirilmiştir.

Ekimden hemen önce soya fasulyesi tohumlarına bakteri aşılama yapılmıştır. Ekim, ilk yıl 05.07.2019, ikinci yıl ise 11.06.2021 tarihlerinde dekara 9 kg soya gelecek şekilde pnömatik ekim makinesi ile yapılmıştır. Tohumlar sıra arası 70 cm ve ekim derinliği 3-4 cm olacak şekilde ekilmiştir. Her bir parselde 8 bitki sırası yer almıştır. Bitki çıkışları sağlandıktan sonra parsel boyu 6 m olacak şekilde parselasyon işlemi yapılmıştır (Şekil 3.12 (d)).



Şekil 3.12. a) Toprak hazırlığı b-c) Ekim d) Parselasyon işlemi

3.1.18.2. Gübreleme ve Bakım İşlemeleri

Araştırmanın her iki yılında da ekimden hemen önce dekara 18 kg DAP (18-46-0) gübresi uygulanmıştır. Çapalama, bitki boyu 5-10 cm'ye ulaştınca 25.07.2019 ve 12.07.2021 tarihlerinde yapılmıştır.

Deneme süresince ihtiyaç duyuldukça ekiminden itibaren deneme parselleri kontrol edilerek ilk yıl 26.07.2019, 07.08.2019, 19.08.2019, 02.09.2019 tarihlerinde, ikinci yıl 06.07.2021, 25.07.2021, 04.08.2021, 19.08.2021, 26.08.2021 tarihlerinde beyaz sinek, süne, kırmızı örümcek, yeşil kurt zararlıları ile mildiyö için ilaçlamalar yapılmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. a) Çapalama, b-c) İlaçlama işlemi

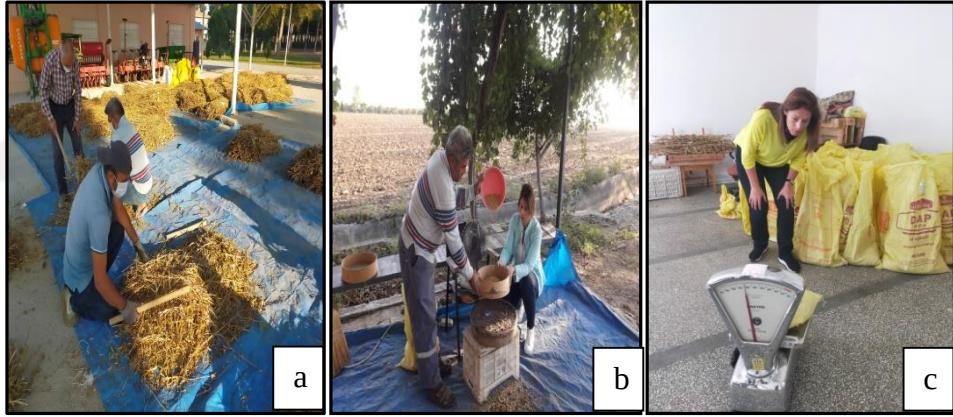
3.1.19. Hasat ve Hasat Sonrası Yapılan Ölçümler

Hasatta, her uygulamaya ait tekerrür alanında bulunan 8 bitki sırasından kenarlardan ikişer sıra, parsel başlarından ve sonlarından ise 1 m değerlendirme dışı bırakılarak ortada kalan dört sıra (11.2 m²) hasat edilmiştir (Şekil 3.14). Hasat için belli aralıklarla soya tohumlarının nem ölçümleri PM600 nem ölçer aleti ile belirlenerek, tanedeki nem oranı %13-14'e düştüğü zaman hasat gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.14. Hasat parseli

Toplam Verim (kg da^{-1}): Her parselin orta iki sırasından hasat edilen bitkiler tanelerinden ayrılarak, temizlendikten sonra tartılmış ve ağırlıkları bulunarak dekara tane verimi hesaplanmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Toplam verimi belirlemeye ilişkin bir görünüm a) Baklaların ayrılması, b) Tanelerin ayrılması, c) Tanelerin tartılarak verimin belirlenmesi

Bitki Başına Bakla Sayısı (adet bitki^{-1}): Hasat edilen parsellerden alınan 10 adet bitkideki baklalar sayılarak ortalamaları alınmak suretiyle bitki başına bakla sayısı belirlenmiştir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Bitki başına bakla sayısını belirlemeye ilişkin alınan bitki örnekler

Bakladaki Tohum Sayısı (adet bakla⁻¹): Hasat edilen parsellerden alınan 10 adet bitkideki tohumlar sayılarak ortalamaları alınmak suretiyle bakladaki tohum sayısı belirlenmiştir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Bakladaki tohum sayısını belirlemeye ilişkin alınan bitki örnekleri

Bin Tohum Ağırlığı (g): Her parselden hasat edilen tohumlardan 4 farklı örnekte 100 adet tohum sayılarak örneklerin ortalama ağırlıkları hesaplanmış ve elde edilen değer 10 ile çarpılarak bin tohum ağırlığı (g) belirlenmiştir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. 1000 tohum ağırlığını belirlemeye ilişkin görünüm

Yağ ve Protein Oranı (%): Her parselde hasat edilen bitkilerden elde edilen tohum örneklerinin yağ ve protein oranı yakın kızılötesi (NIR) spektroskopi yöntemi ile belirlenmiştir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. NIR cihazı ile yağ ve protein oranının belirlenmesine ilişkin görünüm

3.1.20. Verilerin Analizi ve Değerlendirilmesi

Deneme süresince elde edilen bitki boyu, yaprak klorofil içeriği ve prolin içeriği, kuru madde miktarı, yaprak makro ve mikro element değerleri, bakla sayısı, bin tohum ağırlığı, yağ ve protein oranlarına ait tüm verilerin istatistiksel analizlerinde JUMP paket istatistik programı kullanılmıştır. Uygulamalar arasındaki farklılıkların karşılaştırılmasında LSD testi uygulanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Araştırma Yıllarında Meteorolojik Parametrelerdeki Değişim

Deneme yıllarında (2019 ve 2021) ortalama sıcaklık yaklaşık aynı seviyede ölçülmüştür (27.9 °C ve 28.7 °C). Denemenin ilk yılında Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarına ait sıcaklık değerleri (27.1 °C, 27.9 °C ve 25.6 °C), uzun yıllık ortalama sıcaklık değerleri ile benzerlik (Temmuzda 27.3 °C, Ağustosta 27.5 °C, Eylülde 24.9 °C) gösterirken, Ekim ayındaki sıcaklığın (23.0 °C) uzun yıllık ortalamalardan (20.8 °C) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İkinci yıl Temmuz ve Ağustos ayındaki sıcaklık değerleri (28.4 °C ve 28.7 °C) uzun yıllık sıcaklık ortalamalardan 1°C daha yüksek, Eylül ve Ekim aylarında (25.1 °C ve 21.1 °C) ise uzun yıllık ortalama sıcaklık ile benzerlik göstermiştir. En yüksek aylık ortalama sıcaklık Ağustos ayında belirlenmiştir.

Soya ekim tarihinden (05.07.2019 ve 11.06.2021) hasada kadar (22.10.2019 ve 12.10.2021) ilk yıl toplam 38 mm, ikinci yıl 53 mm yağış düşmüştür. İlk yıl yağışın yarısı (19 mm) ekimden sonraki 9. ve 14. günde, geri kalanı ise bitkinin R4-R5 döneminde, ikinci yıl ise yağışın %65'i (34.6 mm) son konulu sulamadan sonra gerçekleşmiştir. Uzun yıllık verilerle karşılaştırıldığında yağış miktarı 2019'da 11 mm azalmış, 2021'de 4 mm artmıştır.

Buharlaşma miktarları denemenin yürütüldüğü Haziran, Temmuz, Ağustos, Eylül ve Ekim aylarında sırasıyla 2019'da 191 mm, 197 mm, 211 mm, 156 mm, 116 mm; 2021'de 208 mm, 257 mm, 236 mm, 183 mm, 156 mm olarak ölçülmüştür. Denemenin ikinci yılında buharlaşma miktarı ilk yıla kıyasla toplam 169 mm daha yüksek saptanmıştır.

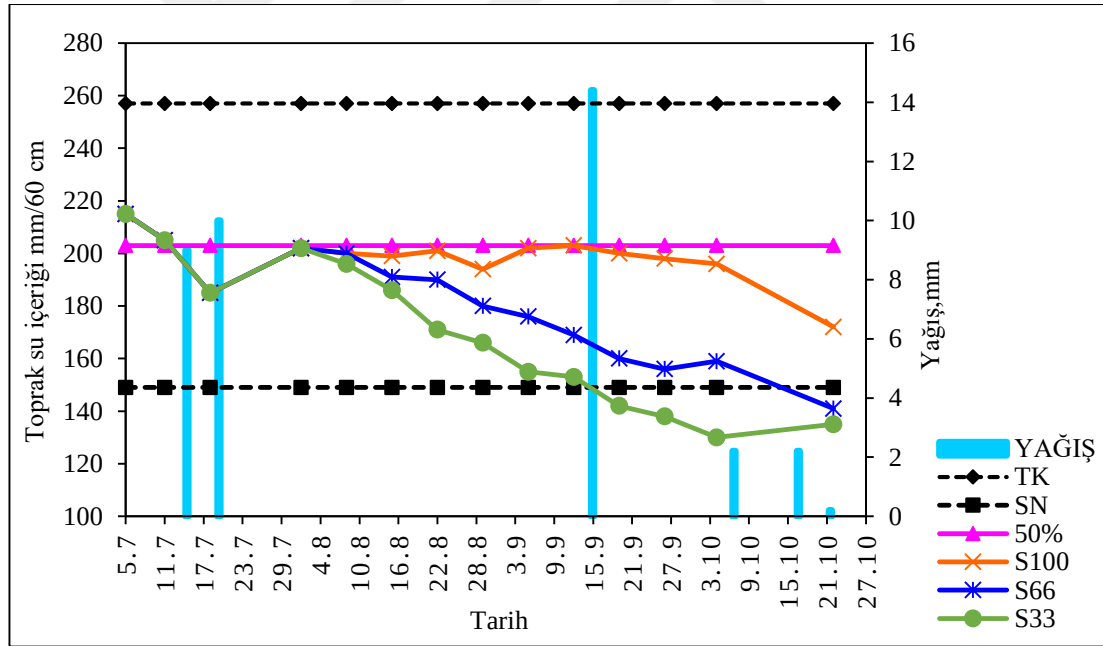
Rüzgâr hızı deneme süresince ilk yıl 1.9-2.0 m sn⁻¹, ikinci yıl 2.0-2.2 m sn⁻¹ arasında değişmiştir. Araştırma yıllarına ait rüzgâr hızları, uzun yıllık ortalama rüzgâr hızları ile benzerlik göstermiştir.

4.2. Toprak Nem Değişimi

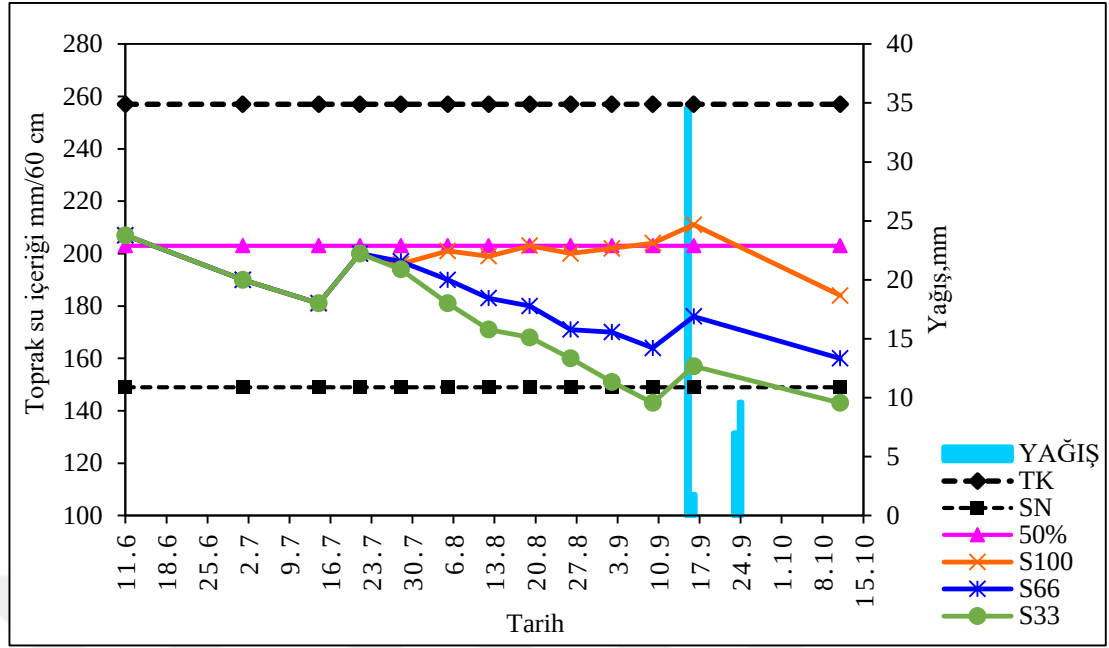
Araştırmanın her iki yılında da 0-60 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde başlangıç nemi ilk yıl 215 mm, ikinci yıl 207 mm, hasat nemi ilk yıl 122-175 mm, ikinci yıl 130-184 mm olarak belirlenmiştir.

Toprak nem içeriği sulama düzeylerine göre farklılık göstermiştir. Prolin uygulanmayan (P_0) kontrol konularındaki S_{100} , S_{66} ve S_{33} sulama düzeylerinin 2019 ve 2021 yılına ait sulama öncesi toprak nem değişimleri Şekil 4.1-4.2’de verilmiştir. Bitki yetiştirme sezonu boyunca en yüksek ve en düşük toprak nemi içeriği su stresinin olmadığı S_{100} ve S_{33} konularından belirlenmiştir. Her iki yılda da S_{100} konusunda sulama öncesi toprak nemi genellikle elverişli kapasitenin %50’si seviyesinde, S_{66} konusunda tarla kapasitesi ve solma noktası arasında kalmıştır. S_{33} konusunda ilk yıl 12 Eylül’den (R_4), ikinci yıl 2 Eylül’den (R_4 - R_5) sonra solma noktasının altına düşmüş, Eylül ayında yağan 53 mm’lik yağışın etkisi ile solma noktasının üzerine çıkmıştır.

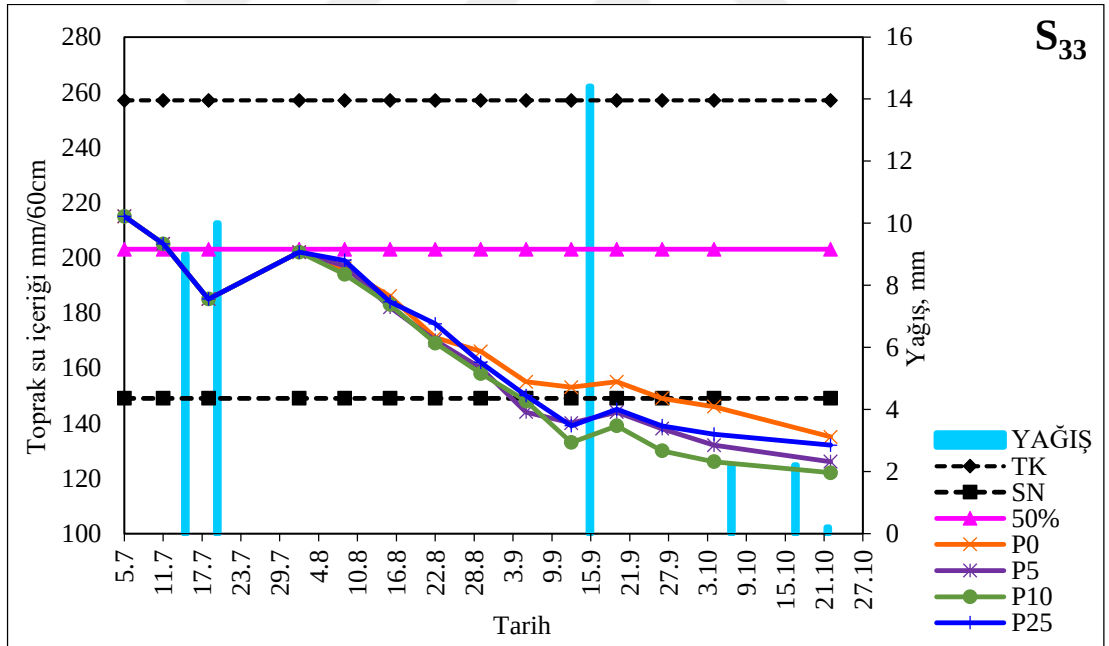
Prolin uygulamaları toprak nem içeriğinde anlamlı bir farklılık göstermemiştir. S_{100} konularındaki prolin dozlarında toprak nemi yaklaşık aynı değerlerde ölçülürken, S_{66} ve S_{33} konularında, P_5 , P_{10} ve P_{25} dozlarındaki toprak nemi P_0 ’a kıyasla önemsiz sayılabilecek düzeyde düşük ölçülmüştür (Şekil 4.3-4.4).



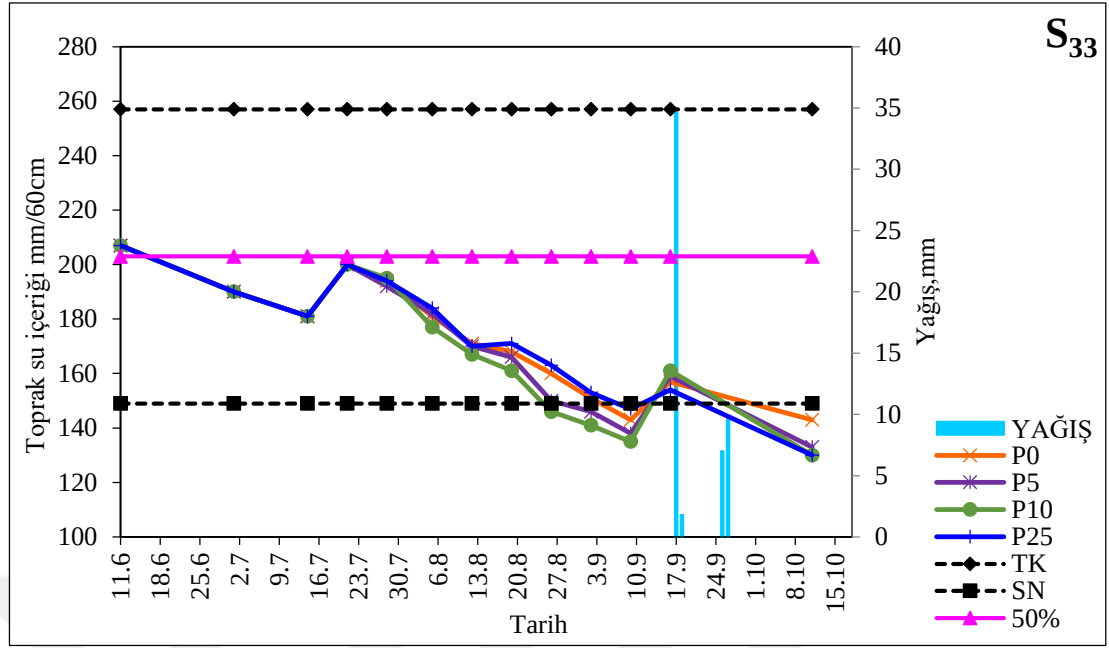
Şekil 4.1. Sulama düzeylerine ait sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi (2019)



Şekil 4.2. Sulama düzeylerine ait sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi (2021)



Şekil 4.3. Prolin düzeylerine ait sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi (2019)



Şekil 4.4. Prolin düzeylerine ait sulama öncesi toprak su içeriğinin zamansal değişimi (2021)

Toprak nem içeriğinin belirlenmesi bölgesel su kaynakları yönetiminde önemli rol oynar. Hem sulama uygulamaları başlamadan önce (tohum ekim tarihlerinde), hem de sulama sezonunda toprak neminin izlenmesi havza bazında su kaynağının kullanım planlaması üzerine etkilidir. Özellikle ekim zamanında başlangıç toprak nemlerinin belirlenmesi ilk sulamanın yaklaşık tarihinin tahmin edilmesini sağlayabilir. Tohum ekim tarihinden sonra toprak nem içeriğinin miktarı bitki büyümesinin başlangıç aşamaları için en önemli unsurlardan biridir. Soyada tohum çimlenmesi gibi büyümenin erken aşamalarında toprakta optimum düzeyde suyun olmaması çıkış oranını ve verimini büyük ölçüde olumsuz etkilemektedir (Hobbs ve Obendorf, 1972; Helms ve ark., 1996). Bununla birlikte, sulama sezonunda toprak neminin izlenmesi, aşırı sulama ve yetersiz sulama eğiliminden kaynaklanan stresin engellenmesi açısından önemlidir (Göksu, 2023).

4.3. Sulama Suyu Miktarı

Araştırmada sağlıklı bitki çıkışı sağlamak amacı ile tüm konulara birinci yıl ekimden 6 gün, ikinci yıl 13 gün sonra can suyu verilmiştir. İlk yıl ekim tarihinden 9 ve 14 gün sonra yağın 19 mm'lik yağış nedeni ile 1 kez can suyu (15 mm) verilirken ikinci

yıl ekimden sonraki dönemin yağışsız geçmesi nedeni ile 2 kez can suyu (35 mm) verilmiştir. Birinci yıl bitki çıkışından 12 gün sonra, ikinci yıl 19 gün sonra tüm parseller tarla kapasitesine getirilecek şekilde eşit sulanmıştır. Konulu sulamalara bitki gelişimi göz önüne alınarak (çiçeklenme öncesi) 60 cm toprak derinliğindeki elverişli nemin yaklaşık %50'si tüketildiğinde; ilk yıl ekimden 21 gün sonra, ikinci yıl 27 gün sonra başlanmıştır. Can suyu hariç ilk yıl 10, ikinci yıl 9 sulama yapılmıştır.

Konulara uygulanan sulama suyu miktarları ve sulama zamanları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Sulama aralıkları her iki yılda da 7 gün olarak gerçekleşmiştir. S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularına ilk yıl sırasıyla 463 mm, 319 mm ve 179 mm, ikinci yıl sırasıyla 434 mm, 306 mm ve 182 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sulama suyu miktarlarının yıllar arasında önemli bir fark oluşturmadığı; ikinci yılda %6 daha az su uygulandığı belirlenmiştir. Denemenin yürütüldüğü yıllarda sıcaklık, oransal nem ve buharlaşma değerlerinde ve uygulanan kültürel uygulamalar arasında bir farkın olmaması soyanın sulama suyu gereksinimlerinin her iki deneme yılında yaklaşık aynı miktarlarda olmasına neden olmuştur. Soya büyüme ve gelişimini ekimden hasada kadar ilk yıl 103, ikinci yıl 111 günde tamamlamıştır. İkinci yıl Eylül ayında gerçekleşen 53 mm'lik yağış hasat tarihini geciktirmiştir.

Çizelge 4.1. Konulara uygulanan sulama suyu tarih ve miktarları (mm)

2019				2021			
Tarih	S ₁₀₀	S ₆₆	S ₃₃	Tarih	S ₁₀₀	S ₆₆	S ₃₃
11.07.2019	15	15	15	24.06.2021	15	15	15
23.07.2019	24	24	24	01.07.2021	20	20	20
01.08.2019	27	18	9	14.07.2021	23	23	23
08.08.2019	41	27	13	21.07.2021	38	25	12
15.08.2019	45	29	15	28.07. 2021	47	31	16
22.08.2019	43	28	14	05.08. 2021	43	28	14
29.08.2019	49	32	16	12.08. 2021	45	29	15
05.09.2019	42	28	14	19.08. 2021	42	27	14
12.09.2019	42	27	14	26.08. 2021	44	29	14
19.09.2019	44	29	14	02.09. 2021	42	28	14
26.09.2019	45	30	15	09.09. 2021	41	27	13
04.10.2019	47	31	16	16.09. 2021	35	23	12
Toplam	463	319	179	Toplam	434	306	182

Dünyada ve ülkemizde yapılan araştırmalar, sulama suyu gereksiniminin, başta iklimsel koşullar olmak üzere büyüme ve gelişme dönemi uzunluğuna, toprak özelliklerine, bitki çeşidine ve sulama yöntemine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Mısır'da 325-436 mm (Ainer ve ark., 1999) ve 555-1109 mm (Elmetwalli ve ark., 2019), Texas'da ilk yıl 450-671 mm, ikinci yıl 371-570 mm (Evet ve ark., 2000) arasında hesaplanan sulama suyu gereksinimi mikroklima alanlarında dahi değişiklikler göstermektedir.

Ülkemizde damla sulama yöntemi ile yapılan araştırmalarda soyanın sulama suyu gereksinimi Tokat'da 824 mm (Çelik, 1989), İzmir Menemen'de 269-379 mm arasında (Özkara, 1991), Şanlıurfa'da ilk yıl 575-1295 mm, ikinci yıl 601-1369 mm arasında, (Şimşek ve ark., 2001), Bursa'da ilk yıl 581 mm, ikinci yıl 663 mm (Candogan ve Yazgan, 2018), Hatay'da 185 mm-791 mm arasında (Delice ve Ödemiş, 2021) belirlenmiştir. Kazgöz Candemir (2024), Hatay'da elverişli kapasitenin %100, %66 ve %33'ü düzeylerinde sulanan sulama suyu gereksinimlerini ilk yıl 872 mm, 592 mm ve 319 mm, ikinci yıl 801 mm, 560 mm ve 326 mm, Aydınşakir (2018), Antalya koşullarında ilk yıl 686 mm, ikinci yıl ise 620 mm olarak belirlemiştir.

Bu çalışmada soyanın sulama suyu miktarının diğer araştırmalara kıyasla daha az olmasının nedeninin, ana ürüne kıyasla 2. ürün olarak ekimi yapılan soyanın yetiştirme periyodunun daha kısa olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bununla birlikte, yetiştirildiği bölgenin iklim koşulları, toprak özellikleri, kullanılan çeşit ve ekim zamanının farklılığı soyanın sulama sayısında etkili olmuştur.

4.4. Bitki Su Tüketimi

Bitki su tüketimi (BST) sulama düzeylerine ve prolin dozlarına bağlı olarak farklılık göstermiştir (Çizelge 4.2). Sulama suyu miktarı arttıkça BTS'de artmış; en yüksek ve en düşük bitki su tüketimleri deneme yıllarında S_{100} (546 mm ve 512 mm) ve S_{33} (303 mm ve 308 mm) konularından belirlenmiştir. S_{100} konusuna kıyasla S_{66} ve S_{33} sulama düzeylerinde BST sırasıyla ilk yıl %21 ve %45, ikinci yıl %20 ve %40 daha az ölçülmüştür (Çizelge 4.2).

Prolin dozları bitki su tüketiminde anlamlı bir farklılık yaratmamıştır. Her iki yılda da bitki su tüketimi en yüksek P_{10} (433 mm ve 412 mm), en düşük ise P_{25} (411

mm) konusundan elde edilmiştir. Prolin uygulanmayan (P_0) konuya kıyasla P_5 ve P_{10} konularındaki bitki su tüketimleri ilk yıl sırasıyla %1.4 ve %2.1; ikinci yıl her iki uygulamada da %1.5 artmıştır.

Mevsimlik BST, ilk yıl 297-548 mm, ikinci yıl ise 299-514 mm arasında değişmiştir. Her iki yılda da BST en yüksek $S_{100}P_{10}$ (531 mm ve 514 mm), en düşük $S_{33}P_0$ (297 mm ve 299 mm) interaksiyonlarından elde edilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Araştırma konularına ait bitki su tüketim (BST) değerleri

Sulama Düzeyleri	Prolin Düzeyleri	Bitki Su Tüketimi (mm)	
		2019	2021
S_{100}	P_0	545	510
	P_5	547	513
	P_{10}	548	514
	P_{25}	542	512
Ort		546	512
S_{66}	P_0	431	406
	P_5	437	411
	P_{10}	440	410
	P_{25}	428	408
Ort.		434	409
S_{33}	P_0	297	299
	P_5	306	309
	P_{10}	310	312
	P_{25}	300	312
Ort.		303	308
Prolin Düzeyi Ortalama Değerleri	P_0	424	405
	P_5	430	411
	P_{10}	433	412
	P_{25}	411	411

Soya bitkisinin su tüketimi ile ilgili çok sayıda araştırma yürütülmüştür. Kanemasu (1979), optimum verim için mevsimlik su tüketiminin 380-730 mm arasında değişse de 400-500 mm aralığında yoğunlaştığını, günlük su tüketiminin 7-9 mm olduğunu belirtmiştir. Qodirov ve ark. (2022), Özbekistan’da soya fasulyesinin tohumdan olgunlaşmaya kadar günlük su tüketimini 13.6-15.1 m³ gün⁻¹ olarak belirlemişlerdir. Damla sulama yöntemi ile yapılan çalışmalarda Karam ve ark. (2007) Lübnan’da ortalama BST’ni 763-596 mm arasında, Montoya ve ark. (2017), Uruguay-

Salto’da 609- 600 mm, Irmak ve ark. (2014), ilk yıl 452-602 mm, ikinci yıl 473-579 mm olarak hesaplamışlardır.

Ülkemizde yapılan çalışmalarda; soya mevsimlik su tüketiminin Korukçu ve Evsahibioğlu (1981) 450-700 mm arasında; Derviş ve Özel (1987) Tarsus’da siltli-killi bünyeye sahip toprakta karık sulama ile sulanan ve aynı alanda yürütülen ikinci ürün soyada mevsimlik bitki su tüketimi değerini 501 mm, Tüzel ve ark. (1992), İzmir’de ikinci ürün soyada 10, 15 ve 20 gün sulama aralığındaki bitki su tüketimlerini sırasıyla 525.9 mm, 481.5 mm ve 426.8 mm, Aydinsakir (2018), Antalya’da ortalama bitki su tüketimlerini damla sulama yönteminde %100, %75, %50 ve %25 sulama düzeylerinde sırasıyla 441 mm, 390 mm, 353 mm ve 296 mm, yüzey altı damla sulama yönteminde sırasıyla 375 mm, 335 mm, 298 mm ve 252 mm, Yüzbaşı (2021), İzmir’de damla ve yüzeyaltı damla sulama yönteminde ortalama bitki su tüketimlerini sırası ile 296-441 mm ve 252-375 mm arasında belirlemişlerdir. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar sözü edilen araştırmacıların sonuçları ile benzerlik gösterirken, Kazgöz Candemir (2024), Hatay’da %100, %66 ve %33 düzeyinde damla sulama ile sulanan soyanın sırasıyla ortalama bitki su tüketimlerini 1022 mm, 797 mm, 547 mm, Şimşek ve ark. (2001), Şanlıurfa’da damla sulama ile sulanan soyada bitki su tüketimlerini ilk ve ikinci yıl sırası ile 766-1445 mm ve 801-1509 mm arasında, yağmurlama sulama yönteminde ise 698-1378 mm ve 763-1425 mm arasında, Candoğan ve Yazgan (2016), Bursa’da damla sulama ile sulanan soyada bitki su tüketimini 355-809 mm arasında olduğunu bildiren araştırmacılar ile benzerlik göstermemektedir.

Prolinin su tüketimine etkileri konusundaki araştırmalarda ise, farklı tuzluluk düzeyine sahip sulama suyu ile sulanan mısırdan artan tuz konsantrasyonu ile bitki su tüketimi azalırken, prolin dozlarında fark oluşmadığı (Ayvaz., 2014), farklı su stres seviyelerinde yetiştirilen karpuzda, prolin uygulaması ilk yıl %1, ikinci yıl %2 daha yüksek bitki su tüketimine neden olduğu belirlenmiştir (Güngör, 2022).

Yapılan birçok araştırmada bitki su tüketimleri, bölgelere göre farklılık göstermekte; bu farklılık ekim zamanı, sulama yöntemi, bitki çeşidi, toprak ve iklim özellikleri gibi birçok faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmadaki bitki su tüketim değerlerinin genel olarak Tarsus, Antalya ve İzmir’de yapılan diğer çalışmalar ile daha yakın olduğu belirlenmiştir.

4.5. Tohum Verimi

Soya tohum verim değerlerine ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.3, ortalama değerler Çizelge 4.4-4.5’de verilmiştir. Varyans analizi sonucunda sulama düzeyi, prolin düzeyi, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonunun* tohum verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak her iki yılda da önemli bulunmuştur. Homojenlik testi yapılarak yılların birleştirmesi uygun olmadığı belirlenince her iki yılın verileri ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.3. Tohum verimine ilişkin varyans analiz tablosu

2019				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	1409.5	704.7	4.1
Sulama düzeyi	2	70134.2	35067.1	205.3**
Hata1	4	683.2	170.8	0.6
Prolin düzeyi	3	12801.1	4267.0	15.6**
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	4469.8	745.0	2.7**
Hata	18	4935.9	274.2	
Toplam	35	94433.7		
Cv (%) =4.67				
2021				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	1640.9	820.5	2.3681
Sulama düzeyi	2	121756	60878	175.7**
Hata1	4	1385.8	346.5	1.9
Prolin düzeyi	3	21220.1	7073.3	40.8**
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	8303.6	1383.9	8.0**
Hata	18	3119.4	173.3	
Toplam	35	157425.8		
Cv (%) =3.34				

**, Cv: Sırasıyla %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, varyasyon katsayısı

Denemede S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularına sulama düzeylerine ait tohum verim değerleri sırasıyla ilk yıl 405 kg da⁻¹, 361kg da⁻¹ ve 297 kg da⁻¹; ikinci yıl 461 kg da⁻¹, 401 kg da⁻¹ ve 319 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. S₁₀₀ konusuna göre, S₆₆ ve S₃₃ konularında ilk yıl sırasıyla %11 ve %27, ikinci yıl %13 ve %31 daha düşük tohum verimleri elde edilmiştir. Sulama düzeylerine ait en yüksek ve en düşük tohum verim

değerleri arasında ilk yıl 108 kg da⁻¹, ikinci yıl 142 kg da⁻¹ fark belirlenmiştir. Görüldüğü gibi, soya su stresine son derece duyarlı bir bitki olup düşük düzeydeki stres koşullarında dahi ürün miktarında önemli azalma görülebilmektedir. Su stresinin tohum verimi ve verim bileşenlerini olumsuz etkilediği, diğer araştırmalarla da ortaya konulmuştur (Moran ve ark., 1994; Karam ve ark., 2005; Payero ve ark., 2005; Rosadi ve ark., 2007; Aminifar ve ark., 2012; Irmak ve ark., 2014; Markovic ve ark., 2016; Zeleke ve Nendel, 2024).

Ülkemizde yapılan araştırmalarda Derviş ve Özel (1987), Tarsus'ta karık sulama yöntemi ile sulanan ikinci ürün soyada en yüksek ortalama tohum veriminin elverişli kapasitenin %45 seviyesinde (315 kg da⁻¹), en düşük veriminin %15 seviyesindeki konudan (272 kg da⁻¹) elde edildiğini bildirmişlerdir. Kırnak ve ark. (2010), Şanlıurfa'da ikinci ürün soyada ilk yıl ve ikinci yıl susuz ve tam sulamaya ait tohum verimlerini sırasıyla 32-368 kg da⁻¹, ikinci yıl 25-395 kg da⁻¹; Candoğan ve Yazgan (2016), tüm gelişme dönemleri boyunca tam sulanan ve sulanmayan soyanın tohum verimlerini sırasıyla 400.4 kg da⁻¹ ve 197.4 kg da⁻¹; Delice (2017), Hatay'da 203-439 kg da⁻¹; Aydınşakir (2018), Antalya'da farklı sulama düzeylerindeki verimleri ilk yıl 283-401 kg da⁻¹, ikinci yıl 261-411 kg da⁻¹; Yüzbaşı (2021) İzmir'de damla, yüzeyaltı damla ve karık sulama yöntemleri ile sulanan soyanın ortalama tohum verimlerini sırasıyla 366 kg da⁻¹, 354 kg da⁻¹ ve 330 kg da⁻¹; Kazgöz Candemir (2024), Hatay'da farklı sulama düzeylerinde soya tohum verimlerini 151-301 kg da⁻¹, ikinci yıl 189-331 kg da⁻¹ olarak bildirmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen verim değerleri, sözü edilen araştırmacıların verimleri ile yaklaşık aynı seviyededir.

Prolin uygulamaları, belli bir düzeye kadar tohum veriminde belirgin artışlar sağlamıştır. P₀, P₅, P₁₀ ve P₂₅ dozlarında ortalama tohum verimi sırasıyla ilk yıl; 338 kg da⁻¹, 368 kg da⁻¹, 377 kg da⁻¹, 333 kg da⁻¹; ikinci yıl 374 kg da⁻¹, 405 kg da⁻¹, 428 kg da⁻¹, 368 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Her iki yılda 5 mM ve 10 mM prolin dozları tohum veriminde artışa neden olmuş ve en yüksek tohum verimi P₁₀ dozundan elde edilmiştir. P₀ uygulamasına kıyasla P₅ uygulamasında tohum verimi, ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %9 ve %8; P₁₀ uygulamasında ise sırasıyla %12 ve %14 oranında artarken, P₂₅ uygulamasında yaklaşık %2 oranında azalmıştır. Prolinin olumsuz çevre koşullarına maruz kalan bitkilerde strese toleransa katkı sağladığı (Heuer, 1999), pamukta su stresi ile birlikte yapraktan prolin uygulamasının su stresinin olumsuz etkilerinin azalttığı

(Kılınçoğlu ve ark., 2020), defne fidanlarında yapraktan ABA ve prolin uygulamasının kuraklığa dayanımı artırdığı (Aktaş ve ark., 2008), şeker pancarında prolin uygulamasının kuraklık stresinin olumsuz etkilerini azaltarak kök ve şeker verimini artırdığı (AlKahtani ve ark., 2021) belirtilmiştir. Bununla birlikte, Koç (2023), ayçiçeğinde 200 mg l⁻¹ prolin uygulamasının tane verimini %34 artırdığını, Semida ve ark. (2020), su kısıtı ile soğan veriminin azaldığını, tam sulamadan %20 daha az su uygulamasında yapraktan 1mM ve 2 mM prolin uygulamasının toplam verimi sırasıyla %27.1 ve %21.1 artırdığını bildirmişlerdir.

Çizelge 4.4. Sulama düzeyi ve prolin düzeylerine ait tohum verimlerinin ortalama değerleri

Konular	Verim (kg da ⁻¹)			
	2019	% Değişim	2021	% Değişim
S ₁₀₀	405 a		461 a	
S ₆₆	361 b	-%11	401 b	-%13
S ₃₃	297 c	-%27	319 c	-%31
LSD (0.05)	14.8		21.1	
P	0.0001**		0.0001**	
P ₀	338 b		374 c	
P ₅	368 a	+%9	405 b	+%8
P ₁₀	377 a	+%12	428 a	+%14
P ₂₅	333 b	-%1.5	368 c	-%1.7
LSD (0.05)	16.4		13.03	
P	0.0001**		0.0001**	

** : %1 hata düzeyinde istatistiki önemli

Sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu incelendiğinde, tohum verimi ilk yıl 266-409 kg da⁻¹, ikinci yıl 279-465 kg da⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 4.5). Su kısıtının olmadığı S₁₀₀ konusunda tohum verimi, prolin düzeylerine bağlı olarak farklılık oluşturmamış, istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Ancak, S₆₆ ve S₃₃ sulama düzeylerinde 5 mM ve 10 mM prolin dozları, tohum veriminde anlamlı farklılıklar oluşturmuştur. S₆₆ konusunda, P₀ konusuna kıyasla P₅ ve P₁₀ dozlarının ilk yıl sırasıyla %12.7 ve %15.7; ikinci yıl %8.2 ve %19.7 oranında artış sağlarken P₂₅ uygulaması ilk yıl %1.5, ikinci yıl %1.6 oranında tohum verim kaybına neden olmuştur. S₃₃ konusunda da benzer sonuçlar elde edilmiş; P₀ konusuna kıyasla P₅ ve P₁₀ dozlarının ilk yıl sırasıyla %15.7 ve %21.2, ikinci yıl %20 ve %29 tohum verimini artırdığı, buna karşın P₂₅ dozunun uygulaması ilk yıl %3, ikinci yıl %2.5 oranında tohum verimini azalttığı

belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Abiyotik stres altındaki bitkilere dışarıdan prolin uygulanması genellikle olumlu etkiler sağlasa da, yüksek konsantrasyonlar büyüme inhibisyonu veya hücrel metabolizmalar üzerinde olumsuz etkilere yol açabilir (Ehsanpour ve Fatahian, 2003; Nanjo ve ark., 2003). Bu nedenle, bitki türüne bağlı olarak prolinin optimal konsantrasyonlarının belirlenmesi zorunludur.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, biberde prolin uygulamasının su stresinin olumsuz etkilerini azalttığını, ancak su stresinin olmadığı konularda prolin uygulamasının verim ve verim parametrelerine etki etmediğini bildiren Sarıyer (2018), buğdayda su stresi koşullarında prolin uygulaması ile verimde artışlar sağlandığını, su stresinin olmadığı konularda prolin uygulamalarının verim ve birçok parametrede istatistiksel farklılık yaratmadığını bildiren Farzana (2014), çeltikte 10 mM prolin uygulamasının su stresinin olumsuz etkilerini azalttığını bildiren İslam ve ark.(2022) ve prolin uygulamasının kuraklığa toleransı arttırabildiğini bildiren Aktaş ve Akça (2015), Kılıç (2020), Kılınçoğlu ve ark. (2020), AlKahtani ve ark. (2021) ile uyum içerisinde.

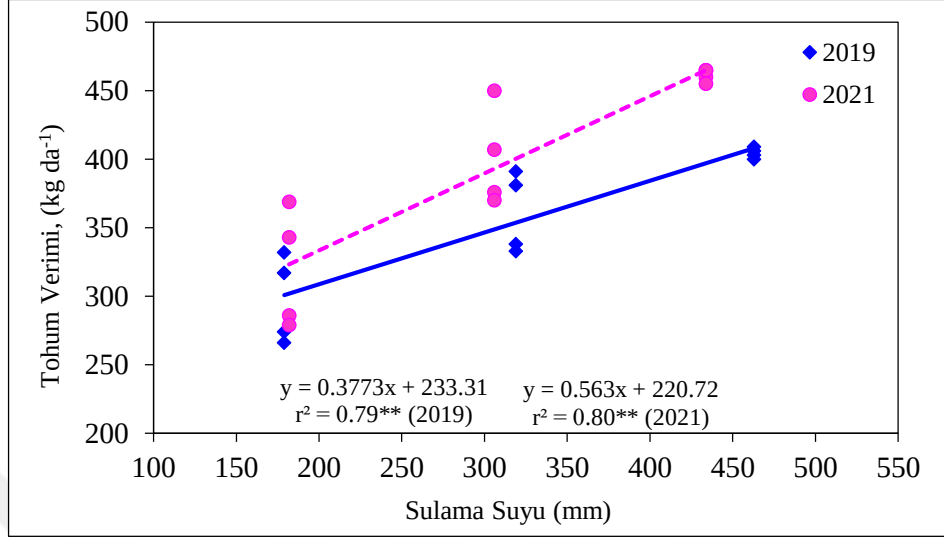
Çizelge 4.5. Sulama düzeyi x prolin düzeyine ait tohum verimlerinin ortalama değerleri

Sulama Düzeyleri	Prolin Düzeyleri	Verim (kg da ⁻¹)	
		2019	2021
S ₁₀₀	P ₀	403 a	460 a
	P ₅	406 a	465 a
	P ₁₀	409 a	465 a
	P ₂₅	400 a	455 a
S ₆₆	P ₀	338 b	376 c
	P ₅	381 a	407 b
	P ₁₀	391 a	450 a
	P ₂₅	333 b	370 c
S ₃₃	P ₀	274 c	286 e
	P ₅	317 b	343 d
	P ₁₀	332 b	369 c
	P ₂₅	266 c	279 e
LDS(0.05)		28.41	22.58
P		0.0466**	0.0003**

** : %1 hata düzeyinde istatistiki önemli

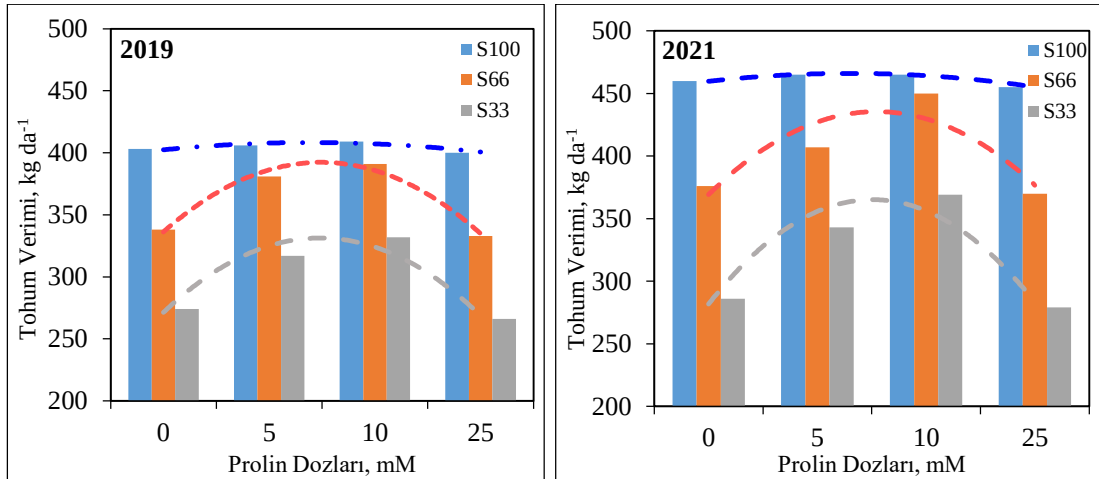
Denemede sulama suyu ile tohum verimi arasında her iki yılda da $p < 0.01$ düzeyinde önemli doğrusal ilişkiler belirlenmiştir. Sulama suyu miktarındaki her

birim artışın tohum verimini ilk yıl 0.38 kg da^{-1} , ikinci yıl 0.56 kg da^{-1} artırmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Sulama suyu ile verim arasındaki ilişkiler

Prolin dozları ile tohum verimi arasında S_{100} , S_{66} ve S_{33} konularında önemli parabolik ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 4.6). En yüksek tohum verimi S_{100} , S_{66} ve S_{33} konularında sırasıyla ilk yıl 11.3 mM, 12.1 mM ve 12.06 mM dozlarından; ikinci yıl 13.0 mM, 12.5 mM ve 12.1 mM dozlarından elde edilmiştir.



Şekil 4.6. Prolin dozu ile verim arasındaki ilişkiler

2019 yılı için $S_{100} = -0.045x^2 + 1.037x + 402.7$ ($r^2 = 0.98^{**}$), $S_{66} = -0.380x^2 + 9.22x + 339.8$ ($r^2 = 0.99^{**}$), $S_{33} = -0.415x^2 + 10.01x + 274.9$ ($r^2 = 0.99^{**}$), **2021 yılı için** $S_{100} = -0.049x^2 + 1.013x + 460.3$ ($r^2 = 0.98^{**}$), $S_{66} = -0.474x^2 + 11.831x + 371.3$ ($r^2 = 0.94^{**}$), $S_{33} = -0.574x^2 + 14.062x + 286.3$ ($r^2 = 0.99^{**}$).

4.6. Su Kullanım Etkinliği (WUE) ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği (IWUE)

Su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) sulama düzeylerine ve prolin dozlarına bağlı olarak farklılık göstermiştir (Çizelge 4.6).

Su kısıtının artması ile WUE’de artmıştır. Sulama düzeyleri arasında iki yılda da en yüksek WUE, S₃₃ (9.8 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 10.4 kg ha⁻¹ mm⁻¹), en düşük S₁₀₀ (7.4 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 9.0 kg ha⁻¹ mm⁻¹) konularından belirlenmiştir (Çizelge 4.6). S₁₀₀ konusu esas alındığında; S₆₆ ve S₃₃ konularında WUE, ilk yıl sırasıyla %12 ve %32, ikinci yıl aynı sırayla %9 ve %16 artmıştır.

IWUE’de, WUE’ne benzer sonuçlar elde edilmiş, iki yılda en yüksek ve en düşük IWUE 2019 ve 2021’de sırasıyla S₁₀₀ (8.7 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 10.5 kg ha⁻¹ mm⁻¹) ve S₃₃ (16.6 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 16.2 kg ha⁻¹ mm⁻¹) konularından belirlenmiştir (Çizelge 4.6). S₁₀₀’e kıyasla, S₆₆ ve S₃₃ konularında IWUE değerleri ilk yıl sırasıyla %30 ve %91, ikinci yıl aynı sırayla %23 ve %54 artmıştır.

Prolin dozları arasında her iki yılda da en yüksek ortalama WUE, P₁₀ (8.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 9.3 kg ha⁻¹ mm⁻¹), en düşük P₂₅ (8.0 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 9.0 kg ha⁻¹ mm⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. P₀ konusuna kıyasla P₁₀ dozunda WUE ilk yıl %11, ikinci yıl, %14 daha yüksek ölçülmüştür. IWUE değerleri en yüksek P₁₀ (13.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 15.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹), en düşük P₂₅ (11.3 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 10.9 kg ha⁻¹ mm⁻¹) konularından belirlenmiştir. P₀’a kıyasla P₁₀ uygulamasından ilk yıl %14, ikinci yıl %19 daha yüksek IWUE elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Sulama ve prolin düzeylerine ait su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE)

Konular	WUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)		IWUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	
	2019	2021	2019	2021
S ₁₀₀	7.4	9.0	8.7	10.5
S ₆₆	8.3	9.8	11.3	12.9
S ₃₃	9.8	10.4	16.6	16.2
P ₀	8.1	9.3	11.5	12.7
P ₅	8.8	10.1	12.8	14.1
P ₁₀	9.0	10.6	13.1	15.1
P ₂₅	8.0	9.0	11.3	10.9

Çizelge 4.7. Su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE)

Sulama Düzeyleri	Prolin Düzeyleri	WUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)		IWUE (kg ha ⁻¹ mm ⁻¹)	
		2019	2021	2019	2021
S ₁₀₀	P ₀	7.4	9.0	8.7	10.5
	P ₅	7.4	9.1	8.8	10.6
	P ₁₀	7.5	9.0	8.6	10.6
	P ₂₅	7.4	8.9	8.6	10.3
S ₆₆	P ₀	7.8	9.3	10.6	12.1
	P ₅	8.7	9.9	11.9	13.1
	P ₁₀	8.9	11.0	12.3	14.5
	P ₂₅	7.8	9.1	10.4	11.9
S ₃₃	P ₀	9.2	9.6	15.3	15.5
	P ₅	10.4	11.2	17.7	18.6
	P ₁₀	10.7	11.8	18.5	20.1
	P ₂₅	8.9	8.9	14.9	10.5

Denemede; su kısıtı olan konularında P₅ ve P₁₀ dozlarının verimi artırması nedeni ile P₀'a kıyasla P₅ ve P₁₀ dozlarında daha yüksek WUE elde edilirken, artan prolin düzeyi belli bir seviyeden sonra WUE'de azalmaya neden olmuştur. Araştırmanın her iki yılında da en yüksek WUE, yıllara göre sırasıyla 10.7 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 11.8 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ile S₃₃P₁₀ interaksiyonundan elde edilmiştir (Çizelge 4.7). WUE, prolin düzeylerine bağlı olarak ilk yıl S₁₀₀, S₆₆, S₃₃ konularında sırası ile 7.4-7.5 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 7.8-8.9 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 8.9-10.7 kg ha⁻¹ mm⁻¹; ikinci yıl aynı sırayla 8.9-9.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 9.1-11.0 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 8.9-11.8 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak belirlenmiştir. S₁₀₀ konusunda prolin uygulamaları WUE değerlerinde anlamlı farklılık yaratmazken, S₆₆ ve S₃₃ konularında P₅ ve P₁₀ uygulamalarının WUE'ni artırdığı belirlenmiştir. S₆₆P₀'a kıyasla, S₆₆P₅ konusunda ilk yıl %12, ikinci yıl %7; S₆₆P₁₀ konusunda ilk yıl %14, ikinci yıl %18 daha yüksek WUE elde edilmiştir. S₃₃P₀'a kıyasla, S₃₃P₅ konusunda, ilk yıl %13, ikinci yıl %17; S₃₃P₁₀ konusunda ilk yıl %16, ikinci yıl %23 daha yüksek WUE gerçekleşmiştir. Araştırmanın ikinci yılında daha yüksek WUE hesaplanması, tohum veriminin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır.

Araştırmanın iki yılında da en yüksek IWUE, S₃₃P₁₀ (18.5 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 20.1 kg ha⁻¹ mm⁻¹), en düşük S₁₀₀P₂₅ (8.6 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 10.3 kg ha⁻¹ mm⁻¹) interaksiyonlarından elde edilmiştir (Çizelge 4.7). S₆₆P₀'a göre, 2019 ve 2021'de S₆₆P₅ konsundan sırasıyla %12 ve %8, S₆₆P₁₀ konsundan %16 ve %20 daha yüksek IWUE hesaplanmıştır. S₃₃P₀'a kıyasla, S₃₃P₅ konusunda, %16 ve %20; S₃₃P₁₀ konusunda %21 ve %30 daha yüksek IWUE elde edilmiştir. WUE ve IWUE değerlerinin yüksek olması,

S₆₆ ve S₃₃ sulama düzeylerindeki P₅ ve P₁₀ uygulamalarından P₀'a kıyasla daha yüksek tohum verimi elde edilmesinden kaynaklanmaktadır.

WUE ve IWUE değerleri, soya bitkisi için farklı bölgelerde, çeşitten kaynaklanan bitki su tüketimine, sulama yöntemine, su uygulama randımanına ve sulayıcı tecrübesine göre değişiklik göstermektedir. Yüzbaşı (2021), İzmir'de WUE'ni ilk yıl 9-14 kg ha⁻¹ mm⁻¹, ikinci yıl 8-9 kg ha⁻¹ mm⁻¹, IWUE'ni ilk yıl 11-26 kg ha⁻¹ mm⁻¹, ikinci yıl 11-23 kg ha⁻¹ mm⁻¹ arasında; Irmak ve ark. (2014), WUE'ni 7.71- 8. kg ha⁻¹ mm⁻¹, IWUE'ni 5.15-10.35 kg ha⁻¹ mm⁻¹ arasında, Kazgöz Candemir (2024), Hatay'da WUE'ni 3.09-3.12 kg ha⁻¹ mm⁻¹, IWUE'ni 3.68-4.89 kg ha⁻¹ mm⁻¹, Sincik ve ark. (2008), Bursa'da WUE'ni 4.58-5.55 kg ha⁻¹ mm⁻¹, Candoğan ve Yazgan (2016), Bursa'da, WUE'ni 0.42-0.56 kg m⁻³, IWUE'ni 0.23-0.36 kg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

4.7. Prolin Konsantrasyonu

Araştırmada, prolin değerlerine ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.8'de, ortalama değerler Çizelge 4.9'da verilmiştir. Prolin uygulamasının yapıldığı her tarihte tüm konulardan yaprak örnekleri alınarak prolin konsantrasyonları belirlenmiştir. Araştırmanın her iki yılında da R1-R2, R2-R3, R3-R4 R4-R5 dönemlerinde alınan yapraklarda sulama düzeyi ve prolin uygulamalarının prolin konsantrasyonuna etkisi istatistiksel olarak önemli, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu* önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.8. Prolin içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Sd	2019				2021			
		1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
Sulama düzeyi	2	**	**	**	**	**	**	**	**
Hata1	4								
Prolin düzeyi	3	**	*	**	**	**	**	**	**
Sulama düzeyixprolin düzeyi	6	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Hata	18								
Toplam	35								
Cv(%)		18.76	18.52	18.91	13.71	12.61	12.38	8.59	15.32

**, *, ö.d., Sd, Cv: Sırasıyla, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, %5 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, serbestlik derecesi, varyasyon katsayısı

Çizelge 4.9. Prolin konsantrasyonunun ortalama değerleri

Konular	Prolin Konsantrasyonu ($\mu\text{mol g}^{-1}$)							
	2019				2021			
	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
S₁₀₀	10.69 c	11.17 c	13.40 c	13.47 c	8.85 c	8.98 c	11.58 c	14.01 c
S₆₆	14.70 b	20.42 b	24.42 b	27.74 b	15.18 b	17.65 b	18.87 b	23.84 b
S₃₃	20.62 a	25.95 a	32.68 a	36.00 a	19.11 a	24.07 a	36.34 a	40.69 a
LSD(0.05)	3.43	2.69	3.33	1.52	3.71	4.00	6.54	4.13
P	0.0033**	0.0003**	0.0002**	0.0001**	0.0039**	0.0012**	0.0011**	0.0001**
P₀	13.01 c	16.43 b	19.52 c	21.95 c	10.94 c	14.59 c	17.72 b	21.60 c
P₅	14.38 bc	18.58 ab	21.37 b	23.97 bc	13.82 b	15.64 bc	20.24 b	24.46 bc
P₁₀	16.21 ab	19.81 ab	23.06 b	25.44 b	15.89 ab	17.45 b	22.93 ab	25.74 b
P₂₅	17.75 a	21.90 a	30.05 a	31.60 a	16.89 a	19.92 a	28.17 a	32.93 a
LSD(0.05)	2.85	3.59	2.94	2.19	2.64	2.29	5.38	3.97
P	0.0137**	0.0347**	0.0001**	0.0001**	0.0008**	0.0007**	0.0047**	0.0001**
S₁₀₀ P₀	9.22	8.88	11.71	11.59	7.41	7.13	8.88	10.75
S₁₀₀ P₅	10.13	11.37	12.84	12.10	8.20	8.49	10.83	13.74
S₁₀₀ P₁₀	11.54	11.99	13.18	13.01	9.84	9.45	12.05	14.25
S₁₀₀ P₂₅	11.88	12.44	15.89	17.19	9.96	10.86	14.59	17.3
S₆₆ P₀	12.27	16.68	20.24	23.01	9.11	14.48	13.97	18.60
S₆₆ P₅	13.46	18.49	21.14	26.40	15.89	15.49	15.66	22.10
S₆₆ P₁₀	15.27	21.09	23.35	27.70	17.70	18.77	19.28	24.36
S₆₆ P₂₅	17.81	25.44	32.95	33.86	18.04	21.88	26.57	30.30
S₃₃ P₀	17.52	23.74	26.62	31.26	16.28	22.16	30.30	35.44
S₃₃ P₅	19.56	25.89	30.12	33.40	17.36	22.95	34.25	37.02
S₃₃ P₁₀	21.82	26.34	32.67	35.61	20.13	24.14	37.47	39.11
S₃₃ P₂₅	23.57	27.81	41.31	43.74	22.67	27.02	43.35	51.20
LSD(0.05)	-	-	-	-	-	-	-	-
P	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

*, **, ve ö.d., sırasıyla, %5, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli ve önemli değil

Farklı gelişme dönemlerinde alınan yapraklardaki prolin konsantrasyonları sulama düzeyleri ve prolin uygulamalarına bağlı olarak değişmiştir (Çizelge 4.9).

Sulama düzeylerinde, 4. uygulamada (R4-R5) alınan yapraklardaki prolin konsantrasyonu $14.01 \mu\text{mol g}^{-1}$ - $40.69 \mu\text{mol g}^{-1}$ arasında ölçülmüştür. Su stresinin artması ile yapraklardaki prolin konsantrasyonu artmış, en yüksek prolin konsantrasyonu su stresinin en fazla olduğu S₃₃, en düşük prolin konsantrasyonu ise stresin olmadığı S₁₀₀ konusundan belirlenmiştir. S₁₀₀ konusuna kıyasla S₆₆ ve S₃₃ konularında 4. uygulamada (R4-R5 dönemi) alınan yapraklardaki prolin konsantrasyonu sırasıyla ilk yıl %106 ve %167, ikinci yıl %70 ve %190 artmıştır. Ashraf ve Flood (2007), bitkilerde abiyotik stres altında prolin birikiminin arttığını ve stres toleransı ile prolin birikimi arasında olumlu ilişki olduğunu, Merwad ve ark. (2018) su kısıntısının

büyüme, verim, fizyolojik ve biyokimyasal parametreleri olumsuz etkilerken; yapraktan prolin uygulamasının bitkinin içsel prolin içeriğini artırarak bu olumsuz etkileri hafiflettiğini bildirmiştir. Elde edilen sonuçlar su stresi ile prolin miktarında artış olduğunu bildiren Delauney ve Verma (1993) ve Pereira ve ark. (2013) ile paralellik göstermektedir.

Prolin uygulamasında, uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklar elde edilmiştir. En yüksek prolin konsantrasyonu P₂₅, en düşük P₀ konusundan belirlenmiştir. Prolin dozunun artması ile yapraklarda biriken prolin de artmıştır. 4. uygulamada alınan yapraklardaki prolin konsantrasyonu P₀ konusuna göre P₅, P₁₀ ve P₂₅ konularında sırasıyla ilk yıl %9, %16 ve %44; ikinci yıl %13, %19 ve %52 artmıştır. Farzana (2014), Merward ve ark. (2018), Sarıyer (2018), Semida ve ark. (2020) yaptıkları araştırmalarda da bu çalışmanın sonuçlarını destekler nitelikte sonuçlara ulaşmışlardır.

4.8. Verim Bileşenleri

4.8.1. Bakla Sayısı (adet bitki⁻¹)

Araştırmada, farklı sulama düzeyleri ve farklı prolin seviyelerinin bakla sayısına etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.10'da, ortalama değerler Çizelge 4.11'de verilmiştir. İlk yıl sulama düzeyi, prolin düzeyi, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu*, ikinci yıl sulama düzeyi ve prolin düzeyinin bakla sayısına etkisi önemli bulunurken, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu* önemsiz bulunmuştur.

Sulama düzeylerinde de her iki yılda da en yüksek bakla sayısı S₁₀₀ (46.8 adet bitki⁻¹ ve 69.5 adet bitki⁻¹), en düşük S₃₃ (26.5 adet bitki⁻¹ ve 42.1 adet bitki⁻¹) konusundan belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Sulama suyu miktarı azaldıkça bakla sayısı azalmıştır. S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ sulama düzeylerindeki bakla sayısı sırasıyla ilk yıl 46.8 adet bitki⁻¹, 36.7 adet bitki⁻¹ ve 26.5 adet bitki⁻¹; ikinci yıl 69.5 adet bitki⁻¹, 56.7 adet bitki⁻¹, 42.1 adet bitki⁻¹ olarak belirlenmiştir. S₁₀₀ konusuna göre, S₆₆ ve S₃₃ konularında bakla sayısı sırasıyla ilk yıl sırasıyla %22 ve %43; ikinci yıl %18 ve %39 azalmıştır. James (1988), soyada çiçeklenme dönemindeki su stresinin bakla sayısını azalttığını, Çırak ve Esendal (2005), bakla oluşum başlangıç döneminde (R3) nem ve sıcaklık stresinin bakla sayısını olumsuz etkilediğini, Candoğan (2009), Ma ve Sonoko (2019) ve Yüzbaşı

(2021), soyada su stresinin artmasıyla bakla sayısında azalmalar olduğunu belirtmişlerdir.

Prolin uygulamalarında bakla sayısı ilk yıl 32.8-40.9 arasında değişmiştir. Prolin uygulanmayan konuya kıyasla, yapraktan 5 mM ve 10 mM prolin uygulaması bakla sayısını ilk yıl sırasıyla %10 ve %18; ikinci yıl %7 ve %18 oranında artırmıştır.

Çizelge 4.10. Bakla sayısı değerlerine ilişkin varyans analiz tablosu

2019				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	57.23	28.62	4.9716
Sulama düzeyi	2	2465.37	1232.68	214.16**
Hata1	4	23.024	5.76	0.7289
Prolin düzeyi	3	348.48	116.16	14.71**
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	133.35	22.22	2.81*
Hata	18	142.14	7.90	
Toplam	35	3169.59		
Cv(%)=7.66				
2021				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	62.93	31.467	1.72
Sulama düzeyi	2	4512.01	2256.01	123.47**
Hata1	4	73.09	18.272	1.60
Prolin düzeyi	3	578.76	192.919	16.92**
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	88.60	14.7668	1.30 ö.d.
Hata	18	205.19	11.399	
Toplam	35	5520.58		
Cv(%)=6.02				

*, **, ve ö.d., Cv: Sırasıyla, %5, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, varyasyon katsayısı

İstatiksel olarak ortalamalar arasındaki farkların $p < 0.05$ düzeyinde önemli çıkmış ve 2019 yılı *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksionunda* bakla sayısı 22.5-47.9 adet arasında değişmiştir. En yüksek bakla sayısı $S_{100}P_{10}$ (47.9 adet bitki⁻¹), en düşük $S_{33}P_{25}$ (22.5 adet bitki⁻¹) interaksionundan elde edilmiştir. S_{100} konusundaki prolin uygulamaları istatiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Su kısıtının olduğu $S_{66}P_0$ 'a kıyasla $S_{66}P_5$ ve $S_{66}P_{10}$ interaksionundan sırasıyla %18 ve %26; $S_{33}P_0$ 'a kıyasla $S_{33}P_5$ ve $S_{33}P_{10}$ interaksionundan sırasıyla %17 ve %32 daha fazla bakla elde edilmiştir. İkinci yılda S_{66} ve S_{33} konularında yapraktan 5 mM ve 10 mM prolin uygulaması bakla

sayısını artırmış ancak istatistiksel olarak *sulama düzeyi x prolin düzeyi* etkileşimi önemli çıkmamıştır.

Çizelge 4.11. Bakla sayısının ortalama değerleri

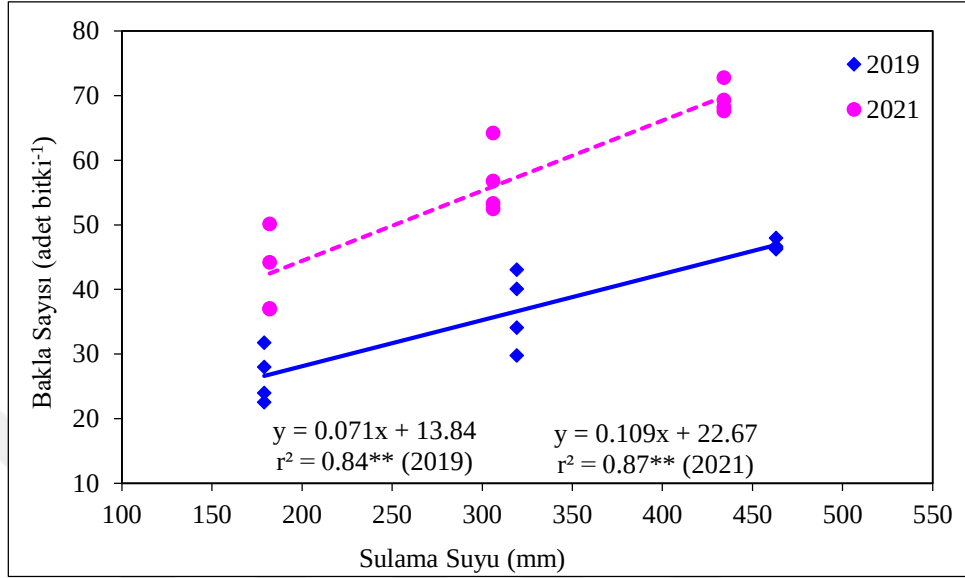
	Konular	2019	2021
Sulama düzeyi (SD)	S ₁₀₀	46.8 a	69.5 a
	S ₆₆	36.7 b	56.7 b
	S ₃₃	26.5 c	42.1 c
	LSD(0.05)	2.72	4.85
	P	0.0001**	0.0003**
Prolin düzeyi (PD)	P ₀	34.8 b	52.9 bc
	P ₅	38.3 a	56.8 b
	P ₁₀	40.9 a	62.4 a
	P ₂₅	32.8 b	52.3 c
	LSD(0.05)	2.78	3.34
	P	0.0001**	0.0001**
SD x PD	S ₁₀₀ P ₀	46.4 ab	68.2
	S ₁₀₀ P ₅	46.7 ab	69.3
	S ₁₀₀ P ₁₀	47.9 a	72.7
	S ₁₀₀ P ₂₅	46.2 ab	67.6
	S ₆₆ P ₀	34.1 d	53.3
	S ₆₆ P ₅	40.1 c	56.8
	S ₆₆ P ₁₀	43.0 bc	64.2
	S ₆₆ P ₂₅	29.8 de	52.4
	S ₃₃ P ₀	24.0 fg	37.1
	S ₃₃ P ₅	28.0 ef	44.2
	S ₃₃ P ₁₀	31.7 de	50.1
	S ₃₃ P ₂₅	22.5 g	36.9
	LSD(0.05)	4.82	-
	P	0.0412*	ö.d.

*, **, ve ö.d., sırasıyla, %5, %1 hata düzeyinde istatistiksel olarak önemli ve önemli değil

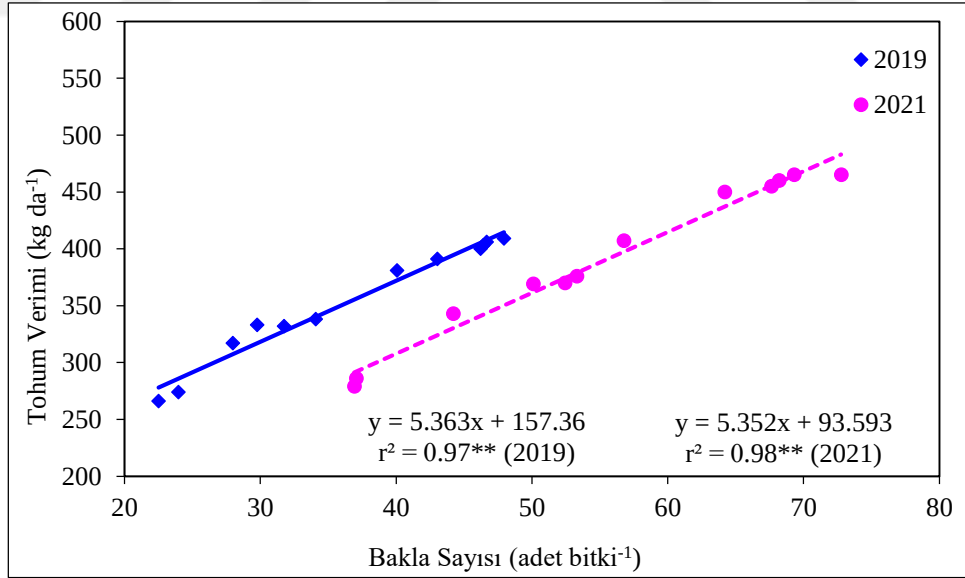
Sulama suyu ile bakla sayısı arasında doğrusal-artan ve önemli ilişkiler belirlenmiştir. Sulama suyunun bakla sayısını artmasında ilk yıl %84, ikinci yıl %87 etkili olduğu belirlenmiştir. Sulama suyundaki herbir birim artış bitkideki bakla sayısını ilk yıl 0.071 adet, ikinci yıl 0.109 adet artırmıştır (Şekil 4.7).

Bakla sayısının artmasıyla tohum verimi de artmıştır. S₁₀₀ konusuna göre S₆₆ konusunda bakla sayısı ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %22 ve %18 azalırken, tohum verimi %11 ve %13 azalmıştır. S₃₃ sulama düzeyinde ise aynı sıra ile bakla sayısı %43 ve %39 azalırken verim %27 ve %31 azalmıştır. Bakla sayısı ile tohum verimi arasında

yapılan regresyon analizinde iki yılda da önemli ilişkiler belirlenmiş ve bakla sayısındaki her birim artış tohum verimini ilk yıl 5.36 kg da⁻¹, ikinci yıl 5.35 kg da⁻¹ artırmıştır (Şekil 4.8).



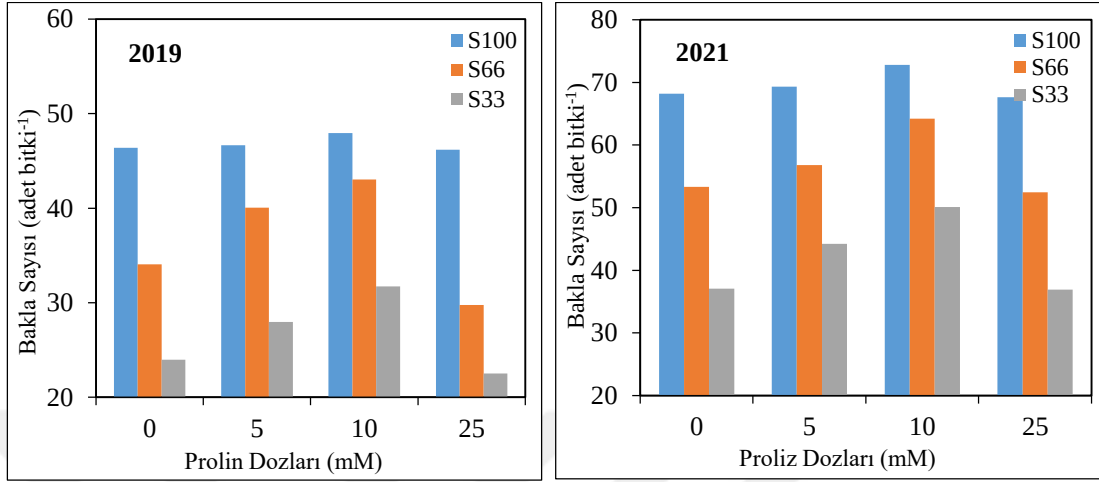
Şekil 4.7. Sulama suyu ile bakla sayısı arasındaki ilişkiler



Şekil 4.8. Bakla sayısı ile verim arasındaki ilişkiler

Bakla sayısı ile prolin dozları arasında S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularında önemli parabolik ilişkiler belirlenmiştir. İlk yıl S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularında sırasıyla en yüksek

bakla sayısı 12.5 mM, 11.3 mM ve 12.1 mM dozlarından; ikinci yıl aynı sırayla 12.5 mM, 12.6 mM ve 12.6 mM dozlarından elde edilmiştir (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Prolin dozları ile bakla sayısı arasındaki ilişkiler

2019 yılı için $S_{100} = -0.0093x^2 + 0.23x + 46.21$ ($r^2 = 0.80^{**}$), $S_{66} = -0.0707x^2 + 1.60x + 34.00$ ($r^2 = 0.99^{**}$), $S_{33} = -0.0533x^2 + 1.29x + 23.65$ ($r^2 = 0.98^{**}$), **2021 yılı için** $S_{100} = -0.0282x^2 + 0.71x + 67.71$ ($r^2 = 0.85^{**}$), $S_{66} = -0.0678x^2 + 1.70x + 52.34$ ($r^2 = 0.89^{**}$), $S_{33} = -0.0843x^2 + 2.12x + 36.68$ ($r^2 = 0.99^{**}$).

4.8.2. Bakladaki Tohum Sayısı (adet bakla⁻¹)

Araştırmada bakladaki tohum sayısına ilişkin varyans analiz tablosu Çizelge 4.12’de, konulara ait ortalama değerler Çizelge 4.13’de verilmiştir. Elde edilen veriler istatistiki olarak değerlendirildiğinde her iki yılda da sulama düzeylerinin bakladaki tohum sayısına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, proliz dozları, *sulama düzeyi x proliz düzeyi* etkileşimi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Bakladaki tohum sayısına ilişkin varyans analiz tablosu

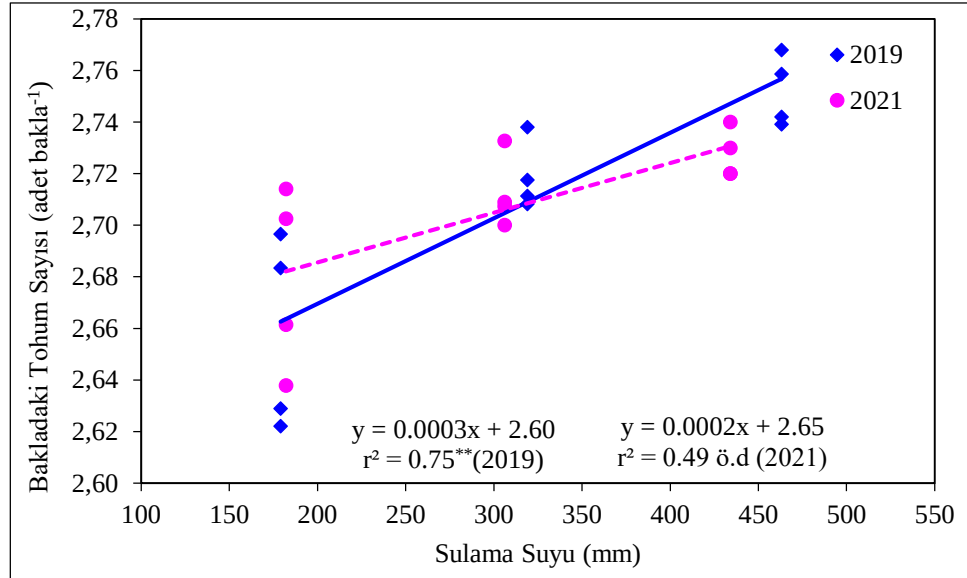
2019				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	0.01	0.003	3.15
Sulama düzeyi	2	0.06	0.027	28.74**
Hata1	4	0.004	0.00095	0.98
Prolin düzeyi	3	0.007	0.0024	2.42 ö.d
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	0.009	0.0015	1.53 ö.d.
Hata	18	0.018	0.00098	
Toplam	35	0.098	0.003	
Cv(%)=1.15				
2021				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	0.0013	0.00067	0.67
Sulama düzeyi	2	0.014	0.00723	7.25*
Hata1	4	0.004	0.001	0.43
Prolin düzeyi	3	0.0065	0.0022	0.93 ö.d.
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	0.0074	0.0012	0.52 ö.d.
Hata	18	0.042	0.0023	
Toplam	35	0.076	0.00067	
Cv(%)=1.79				

*, **, ve ö.d., Cv: Sırasıyla, %5, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, varyasyon katsayısı

Sulama suyu miktarının azalması ile bakladaki tohum sayısı azalmıştır. En yüksek tohum sayısı S_{100} ($2.75 \text{ adet bakla}^{-1}$, $2.73 \text{ adet bakla}^{-1}$), en düşük S_{33} ($2.66 \text{ adet bitki}^{-1}$, $2.68 \text{ adet bitki}^{-1}$) konularından belirlenmiştir (Çizelge 4.13). S_{100} ve S_{66} konuları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. S_{100} 'e kıyasla S_{33} konusundan ilk yıl %3, ikinci yıl %2 daha az tohum elde edilmiştir. Bakla oluşum döneminde (Sionit ve Kramer, 1977), çiçeklenme ve tohum oluşum dönemindeki (Hodges ve Heatherly, 1983) su stresi bakla ve tohum sayısını azaltmaktadır. Araştırmadan elde edilen bulgular su stresi ile tohum sayısında azalma olduğunu bildiren Korukçu ve Evsahibioğlu (1981), Candoğan (2009), Kazgöz Candemir (2024) ile paralellik göstermektedir.

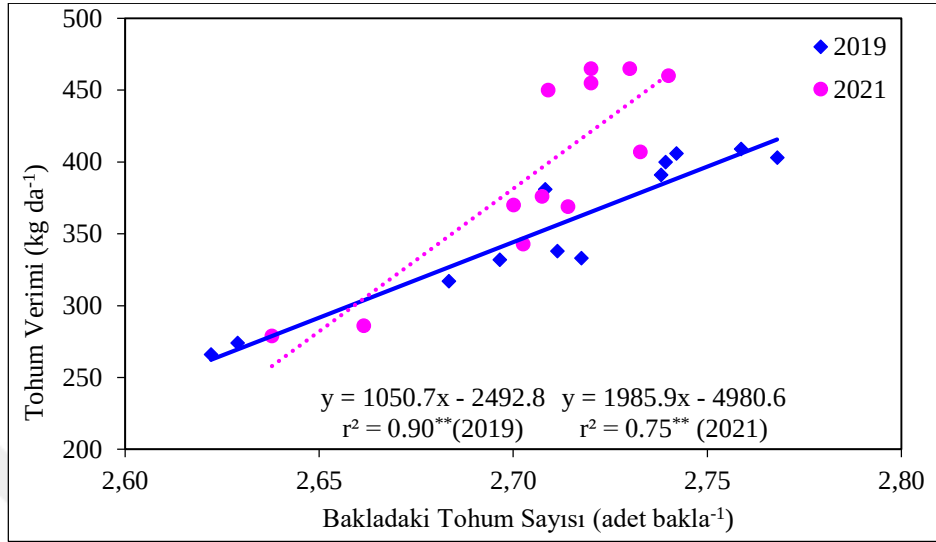
Çizelge 4.13. Bakladaki tohum sayısı ortalama değerleri

	Konular	2019	2021
Sulama düzeyi (SD)	S ₁₀₀	2.75 a	2.73 a
	S ₆₆	2.72 a	2.71 ab
	S ₃₃	2.66 b	2.68 b
	LSD(0.05)	0.035	0.036
	P	0.0042**	0.0467*
Prolin düzeyi (PD)	P ₀	2.70	2.70
	P ₅	2.71	2.72
	P ₁₀	2.73	2.71
	P ₂₅	2.69	2.69
	LSD(0.05)	-	-
SD x PD	P	ö.d.	ö.d.
	S ₁₀₀ P ₀	2.77	2.74
	S ₁₀₀ P ₅	2.74	2.73
	S ₁₀₀ P ₁₀	2.76	2.72
	S ₁₀₀ P ₂₅	2.74	2.72
	S ₆₆ P ₀	2.71	2.71
	S ₆₆ P ₅	2.71	2.73
	S ₆₆ P ₁₀	2.74	2.71
	S ₆₆ P ₂₅	2.72	2.70
	S ₃₃ P ₀	2.63	2.66
	S ₃₃ P ₅	2.68	2.70
	S ₃₃ P ₁₀	2.70	2.71
	S ₃₃ P ₂₅	2.62	2.64
	LSD(0.05)	-	-
	P	ö.d.	ö.d.



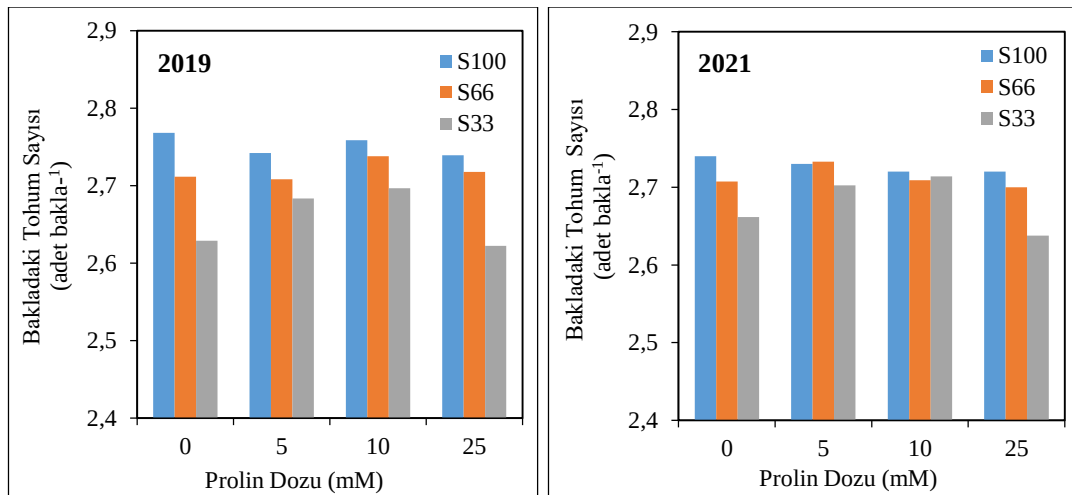
Şekil 4.10. Sulama suyu ile bakladaki tohum sayısına ilişkin ilişkiler

Sulama suyu ile bakladaki tohum sayısı arasında sadece ilk yıl önemli ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 4.10). Bakladaki tohum sayısının artmasında sulama suyunun etkisi ilk yıl %75, ikinci yıl %49 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.11. Bakladaki tohum sayısı ile tohum verimine ilişkin ilişkiler

Bakladaki tohum sayısı ile verim arasında yapılan regresyon analizlerinde tohum sayısının verime etkisi önemli bulunmuştur (Şekil 4.11). Tohum sayısı ile verim arasında ilk yıl $y = 1050.7x - 2492.8$ ($r^2 = 0.90^{**}$), ikinci yıl $y = 1985.9x - 4980.6$ ($r^2 = 0.75^{**}$) şeklinde ilişkiler elde edilmiştir.



Şekil 4.12. Prolin dozları ile bakladaki tohum sayısı arasındaki ilişkiler

2019 yılı için $S_{33} = -0.0005x^2 + 0.0118x + 2.63$ ($r^2 = 0.99^{**}$), **2021 yılı için** $S_{100} = 0.00008x^2 - 0.0027x + 2.74$ ($r^2 = 0.99^{**}$), $S_{33} = -0.0004x^2 + 0.0096x + 2.66$ ($r^2 = 0.99^{**}$).

Prolin dozları ile bakladaki tohum sayısı arasında ilk yıl S_{100} ve S_{66} konularında önemsiz, S_{33} konusunda ikinci dereceden önemli parabolik belirlenmiştir. İkinci yıl, S_{100} ve S_{33} konularında önemli parabolik ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 4.12).

4.8.3. 1000 Tohum Ağırlığı (g)

Sulama düzeyi ve prolin düzeyinin bin tohum ağırlığı etkisine ilişkin istatistiksel sonuçlar Çizelge 4.14’de, ortalama değerler Çizelge 4.15’de verilmiştir. Her iki yılda da sulama düzeylerinin 1000 tohum ağırlığına etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunurken, prolin düzeyi ve *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu* önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.14. 1000 tohum ağırlığına ilişkin varyans analiz tablosu

2019				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	8.57	4.28	0.20
Sulama düzeyi	2	1578.42	789.21	37.13**
Hata1	4	85.03	21.26	1.32
Prolin düzeyi	3	57.50	19.17	1.19 ö.d.
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	31.57	5.26	0.33 ö.d.
Hata	18	290.60	16.14	
Toplam	35	2051.67		
Cv(%)=2.53				
2021				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	37.06	18.53	2.72
Sulama düzeyi	2	2445.4	1222.7	179.27**
Hata1	4	27.28	6.82	0.22
Prolin düzeyi	3	250.18	83.39	2.63
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	39.95	6.66	0.21
Hata	18	570.18	31.68	
Toplam	35	3370.06		
Cv(%)=4.10				

*, **, ve ö.d., Cv: Sırasıyla, %5, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, varyasyon katsayısı

1000 tohum ağırlıkları, S_{100} , S_{66} ve S_{33} sulama düzeylerinde sırasıyla ilk yıl 166.4 g, 160.4 g, 150.3 g; ikinci yıl 147.6 g, 136.3 g ve 127.4 g olarak belirlenmiştir. S_{100} konusuna göre, S_{66} konusunda ilk yıl ve ikinci yıl sırayla %4 ve %8; S_{33} konusunda

%10 ve %14 daha düşük 1000 tohum ağırlığı belirlenmiştir. İki yılda da sulama suyu miktarının artması ile 1000 tohum ağırlığının arttığı görülmüş ve diğer araştırmalarda da benzer sonuçların elde edildiği belirtilmiştir (Sionit ve Kramer, 1977), Aydınşakir, 2018), Doğan ve ark., 2007), Anda ve ark., 2020).

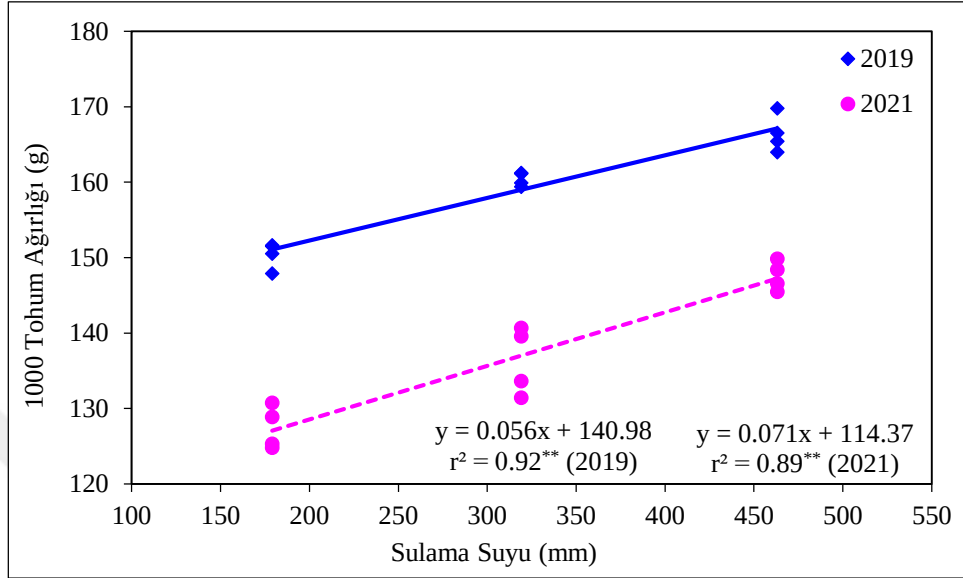
Çizelge 4.15. 1000 tohum ağırlığı (g) ortalama değerleri

	Konular	2019	2021
Sulama düzeyi (SD)	S ₁₀₀	166.4 a	147.6 a
	S ₆₆	160.4 b	136.3 b
	S ₃₃	150.3 c	127.4 c
	LSD(0.05)		
	P	0.0026**	0.0001**
Prolin düzeyi (PD)	P ₀	157.1	134.8
	P ₅	160.5	138.9
	P ₁₀	159.7	140.4
	P ₂₅	158.9	134.3
	LSD(0.05)	-	-
	P	ö.d.	ö.d.
SD x PD	S ₁₀₀ P ₀	163.9	145.5
	S ₁₀₀ P ₅	169.9	148.4
	S ₁₀₀ P ₁₀	166.5	149.8
	S ₁₀₀ P ₂₅	165.4	146.6
	S ₆₆ P ₀	159.4	133.6
	S ₆₆ P ₅	161.2	139.6
	S ₆₆ P ₁₀	161.1	140.7
	S ₆₆ P ₂₅	159.9	131.4
	S ₃₃ P ₀	147.9	125.3
	S ₃₃ P ₅	150.5	128.9
	S ₃₃ P ₁₀	151.5	130.7
	S ₃₃ P ₂₅	151.6	124.8
	LSD(0.05)	-	-
	P	ö.d.	ö.d.

1000 tohum ağırlığını, Aydınşakir (2019), ilk yıl 119.4-155.2 g, ikinci yıl 121.7-212.7 g, Altınyüzük (2017), Adana’da farklı çeşitlerde 152.4-200.4 g, Kınacı (2011), 147.3-187.3 g, Yetgin (2008), Adana’ da ana ürün olarak ekimi yapılan çeşitlerde 135.4-167.4 g, Sarımeahmetoğlu (2006), 125.1-178.4 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

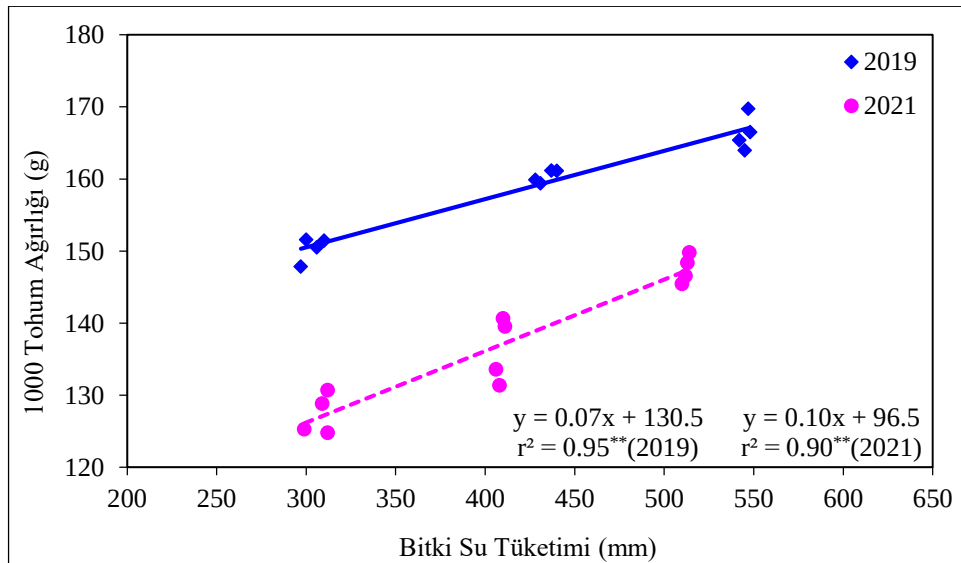
Sulama suyu ile 1000 tohum (Şekil 4.13) ve bitki su tüketimi ile 1000 tohum ağırlığı arasında (Şekil 4.14) önemli doğrusal ilişkiler belirlenmiştir. Sulama suyunun

1000 tohum ağırlığına etkisi birinci ve ikinci yıl sırasıyla %92 ve %89 olarak belirlenmiştir. Sulama suyundaki her bir birim artış 1000 tohum ağırlığını ilk yıl 0.056 g, ikinci yıl 0.071 g artırdığı belirlenmiştir (Şekil 4.13).

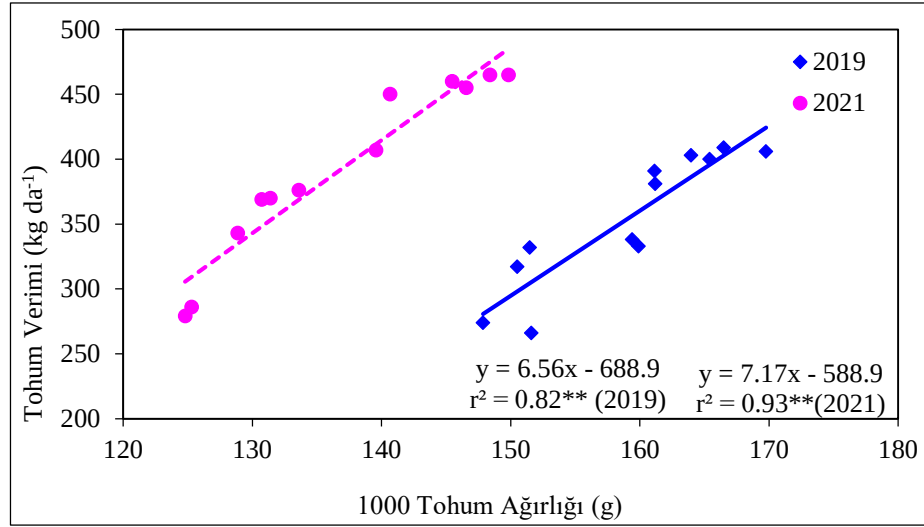


Şekil 4.13. Sulama suyu ile 1000 tohum ağırlığı arasındaki ilişkiler

Bitki su tüketimi (BST) ile 1000 tohum ağırlığı arasında elde edilen ilişkilerde BST'deki her bir birimlik artışın 1000 tohum ağırlığını ilk yıl 0.07 g, ikinci yıl 0.1 g artırdığı belirlenmiştir (Şekil 4.14) .

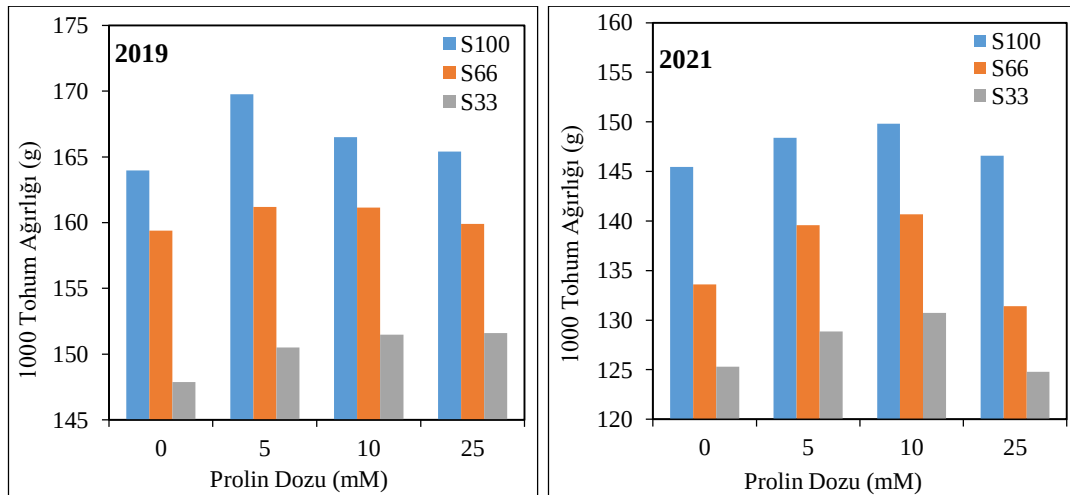


Şekil 4.14. Bitki su tüketimi ile 1000 tohum ağırlığı arasındaki ilişkiler



Şekil 4.15. 1000 tohum ağırlığı ile tohum verimi arasındaki ilişkiler

1000 tohum ağırlığı ile tohum verimi arasında pozitif yönlü doğrusal önemli ilişkilere ait denklemler Şekil 4.15’de verilmiştir. Araştırmada S_{100} ’e göre S_{66} konusunda 1000 tohum ağırlığı ilk yıl ve ikinci yıl %4 ve %8 azalmasına karşılık tohum verimi %11 ve %13, S_{33} konusunda %10 ve %14’lük azalmaya karşılık tohum verimi %27 ve %31 azalmıştır. 1000 tohum ağırlığı ile verim arasında ilk yıl $y = 6.56x + 688.9$ ($r^2 = 0.82^{**}$), ikinci yıl $y = 7.17x + 588.9$ ($r^2 = 0.93^{**}$) biçiminde ilişkiler belirlenmiştir.



Şekil 4.16. Prolin dozları ile 1000 tohum ağırlığı arasındaki ilişkiler

2019 yılı için $S_{66} = -0.0115x^2 + 0.30x + 160$ ($r^2 = 0.88^{**}$), $S_{33} = -0.015x^2 + 0.52x + 148$ ($r^2 = 0.98^{**}$),
2021 yılı için $S_{100} = -0.0263x^2 + 0.70x + 145$ ($r^2 = 0.99^{**}$), $S_{66} = -0.0551x^2 + 1.28x + 134$ ($r^2 = 0.99^{**}$),
 $S_{33} = -0.0374x^2 + 0.92x + 125$ ($r^2 = 0.99^{**}$).

Prolin dozları ile 1000 tohum ağırlığı arasında ilk yıl S₆₆ ve S₃₃ konularında, ikinci yıl S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularında önemli parabolik ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 4.16). İlk yıl S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularında sırasıyla en yüksek 1000 tohum ağırlığı 12.6 mM, 13.0 mM ve 17.3 mM dozlarından; ikinci yıl aynı sırayla 13.3 mM, 11.6 mM ve 12.3 mM dozlarından elde edilmiştir.

4.8.4. Yağ Oranı

Araştırmada farklı sulama düzeyi ve prolin seviyelerinin yağ oranına etkilerine ilişkin istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.16, ortalama değerler Çizelge 4.17’de verilmiştir. Sulama düzeylerinin yağ oranına etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, prolin düzeyi, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu* önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Yağ oranına ilişkin varyans analiz tablosu

2019				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	0.047	0.02	0.13
Sulama düzeyi	2	3.82	1.91	10.40*
Hata1	4	0.73	0.18	1.66
Prolin düzeyi	3	0.30	0.10	0.91 ö.d.
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	0.30	0.049	0.44 ö.d.
Hata	18	1.99	0.11	
Toplam	35	7.19		
Cv(%)=1.66				
2021				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	3.13	1.57	2.69
Sulama düzeyi	2	8.37	4.19	7.19*
Hata1	4	2.33	0.58	1.45
Prolin düzeyi	3	0.55	0.18	0.45 ö.d.
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	1.77	0.30	0.74 ö.d.
Hata	18	7.24	0.40	
Toplam	35	23.39		
Cv(%)=3.14				

*, ö.d., Cv: Sırasıyla, %5 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, varyasyon katsayısı

Sulama düzeylerine bağlı olarak her iki yılda da en yüksek yağ oranı S₃₃ (%20.5 ve %20.8) sulama düzeyinden elde edilmiştir. S₁₀₀ (%19.8, %19.7) ve S₆₆ (%19.9 ve

%20.0) konularındaki yağ oranı istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. Sulama suyu miktarının azalması yağ oranını artırmıştır. Bellaloui ve Mengistu (2008), tam sulanan soyaya kıyasla sulanmayan soyadan daha yüksek yağ, daha düşük protein oranı elde ettiklerini; Dornbos ve Mullen (1992), şiddetli kuraklık koşullarında yağ oranında %2.6 azalma görülürken, protein oranında %4.4 artış tespit ettiklerini, Kırnak ve ark. (2010), en yüksek yağ içeriğini şiddetli su stresine maruz kalan soya bitkisinden elde ettiklerini bildirmişlerdir.

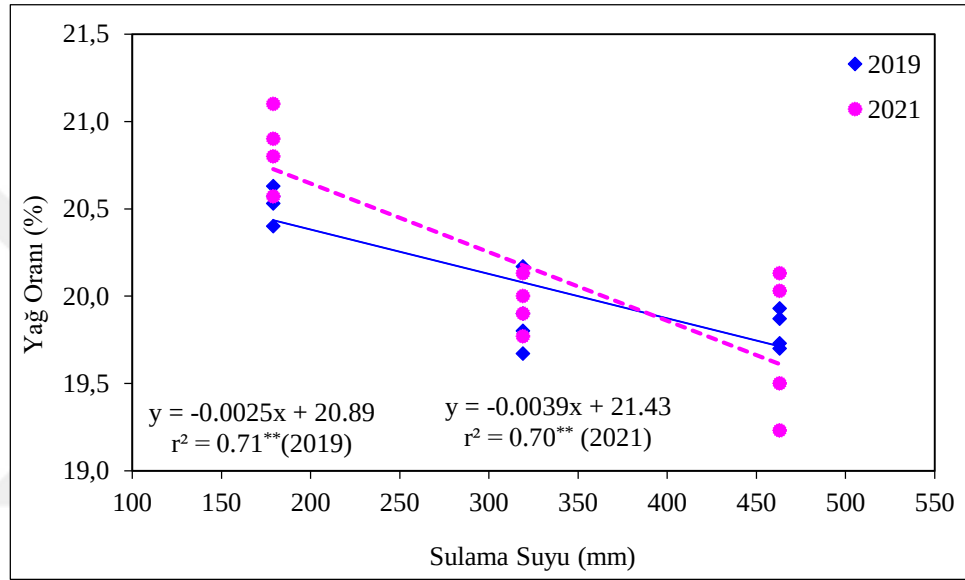
Çizelge 4.17. Yağ oranına (%) ilişkin ortalama değerler

	Konular	2019	2021
Sulama düzeyi (SD)	S ₁₀₀	19.8 b	19.7 b
	S ₆₆	19.9 b	20.0 b
	S ₃₃	20.5 a	20.8 a
	LSD(0.05)	0.49	0.86
	P	0.026*	0.047*
Prolin düzeyi (PD)	P ₀	19.9	20.3
	P ₅	20.0	20.1
	P ₁₀	20.2	20.0
	P ₂₅	20.1	20.2
	LSD(0.05)	-	-
	P	ö.d.	ö.d.
SD x PD	S ₁₀₀ P ₀	19.7	20.0
	S ₁₀₀ P ₅	19.7	19.5
	S ₁₀₀ P ₁₀	19.9	19.2
	S ₁₀₀ P ₂₅	19.9	20.1
	S ₆₆ P ₀	19.7	19.9
	S ₆₆ P ₅	19.9	20.1
	S ₆₆ P ₁₀	20.2	20.0
	S ₆₆ P ₂₅	19.8	19.8
	S ₃₃ P ₀	20.5	21.1
	S ₃₃ P ₅	20.4	20.6
	S ₃₃ P ₁₀	20.6	20.9
	S ₃₃ P ₂₅	20.6	20.8
	LSD(0.05)	-	-
	P	ö.d.	ö.d.

Araştırmada yağ oranı ilk yıl %19.7-20.6, ikinci yıl %19.2-21.1 arasında değişmiştir (Çizelge 4.17). Prolin uygulamalarının ve *sulama düzeyi x prolin düzeyi* interaksyonunun yağ oranına etkisi bulunamamıştır. Soya çeşidi, iklim özellikleri, ekim ve hasat zamanı gibi faktörlerin yağ oranı üzerinde etkili olması nedeniyle bu araştırma

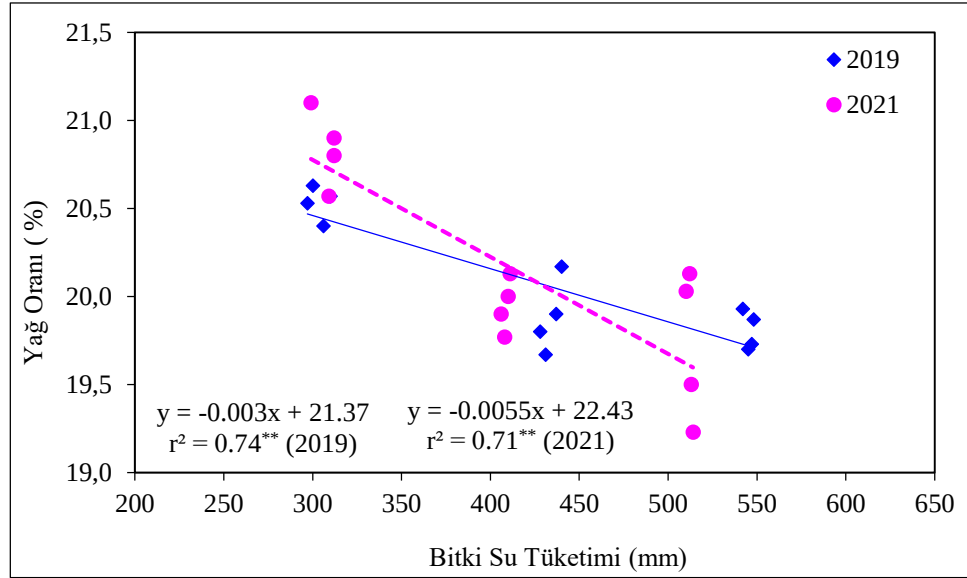
ile diğer araştırma sonuçları arasında genel olarak oransal farklılıklar bulunmaktadır. Zaimoğlu Onat (2019), soya yağ oranını %19.12-19.76, Kınacı (2011), %18.0-22.2, Dolapçı (2012), %22.06-24.67, Yıldırım ve İlker (2018) ikinci ürün koşullarında yetiştirilen soyada yağ oranının %19.47-21.93 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Sulama suyu ile yağ oranı ve bitki su tüketimi ile yağ oranı arasında negatif yönlü önemli doğrusal ilişkiler elde edilmiştir (Şekil 4.17 ve Şekil 4.18). Sulama suyu ve bitki su tüketiminin azalması yağ oranını artırmıştır.

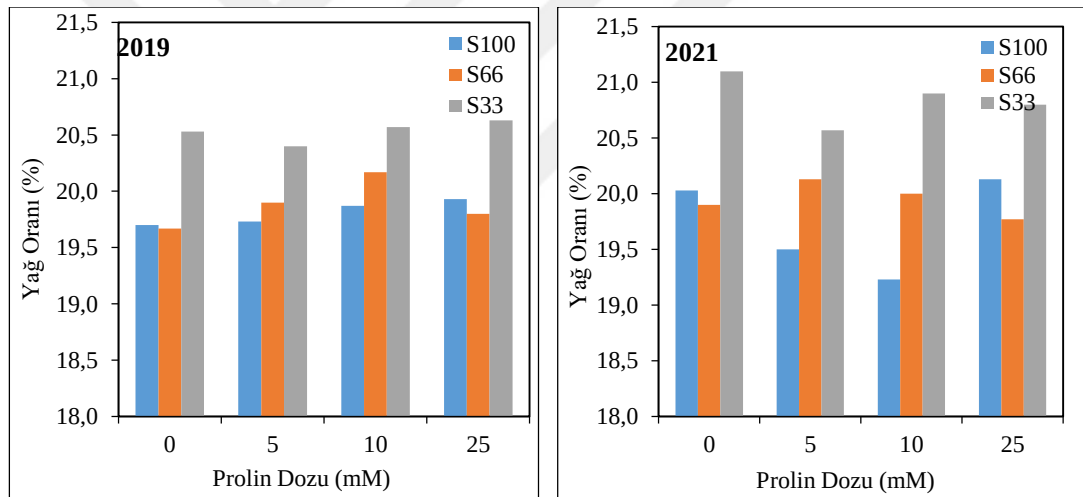


Şekil 4.17. Sulama suyu ile yağ oranı arasındaki ilişkiler

Yağ oranı ile prolin dozu arasında ilk yıl S_{100} , S_{66} ve S_{33} konularında önemli; ikinci yıl S_{100} ve S_{66} konularında önemli, S_{33} konusunda önemsiz parabolik ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.18. Bitki su tüketimi ile yağ oranı arasındaki ilişkiler



Şekil 4.19. Prolin dozları ile yağ oranı arasındaki ilişkiler

2019 yılı için $S_{100} = -0.0004x^2 + 0.02x + 19.7$ ($r^2 = 0.92^{**}$), $S_{66} = -0.0028x^2 + 0.08x + 19.6$ ($r^2 = 0.96^{**}$),
 2021 yılı için $S_{100} = 0.0056x^2 - 0.14x + 20.0$ ($r^2 = 0.99^{**}$), $S_{66} = -0.0013x^2 + 0.03x + 19.9$ ($r^2 = 0.79^{**}$),

4.8.5. Protein Oranı

Protein oranına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.18’de, ortalama değerler Çizelge 4.19’da verilmiştir. Sulama düzeyinin protein oranına etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunurken; prolin düzeyi, sulama düzeyi $\times$ prolin düzeyi etkileşimi önemli bulunmamıştır.

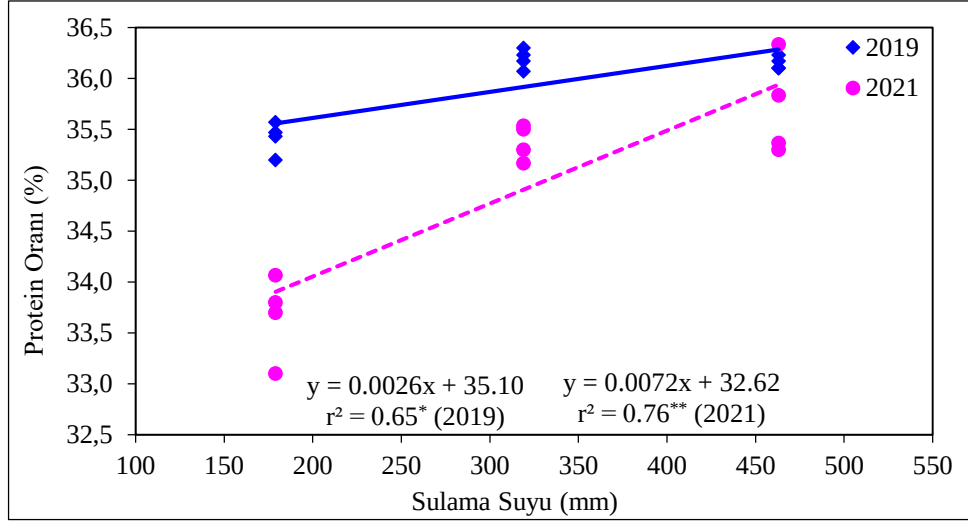
S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularında protein oranları ilk yıl sırasıyla %36.15, %36.19 ve %35.42; ikinci yıl aynı sırayla %35.71, %35.38, %33.67 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.19). S₁₀₀ ve S₆₆ konuları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. İlk yıl su kısıtının en fazla olduğu S₃₃ konusuna kıyasla S₆₆ ve S₁₀₀ konularında sırasıyla %2, ikinci yıl %5 ve %6 daha yüksek protein oranı belirlenmiştir. Su stresi arttıkça protein oranının da azaldığı diğer araştırmalar ile de belirlenmiştir (Latifi, (1989); Boydak ve ark., (2002); Kırnak ve ark., (2010); Candoğan ve ark., (2013); Aydınşakir, (2019)).

Çizelge 4.18. Protein oranına (%) ilişkin varyans analiz tablosu

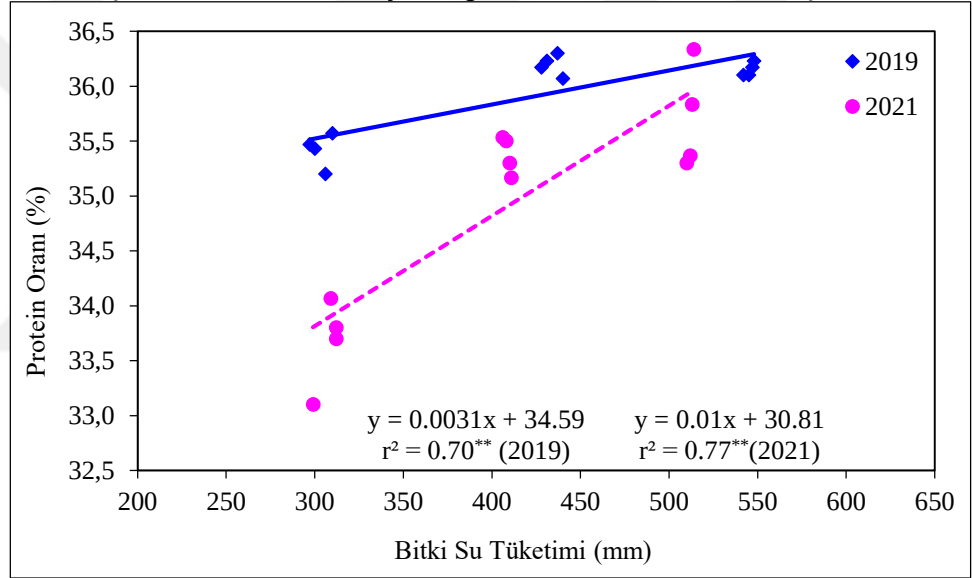
2019				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	0.057	0.029	0.099
Sulama düzeyi	2	4.56	2.28	7.86*
Hata1	4	1.16	0.29	2.85 ö.d.
Prolin düzeyi	3	0.025	0.008	0.083
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	0.317	0.053	0.52 ö.d.
Hata	18	1.835	0.101	
Toplam	35	7.956		
Cv(%)=0.61				
2021				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	6.55	3.28	2.42
Sulama düzeyi	2	28.79	14.40	10.63*
Hata1	4	5.42	1.35	1.23 ö.d.
Prolin düzeyi	3	1.11	0.37	0.34
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	2.72	0.45	0.41 ö.d.
Hata	18	19.81	1.10	
Toplam	35	64.41		
Cv(%)=1.32				

*, ö.d., Cv: Sırasıyla, %5 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, varyasyon katsayısı

Sulama suyu ile protein oranı (Şekil 4.20) ve bitki su tüketimi ile protein oranı (Şekil 4.21) arasında her iki yılda pozitif doğrusal ilişkiler belirlenmiştir. Sulama suyu ve bitki su tüketiminin artmasıyla protein oranı artmıştır.

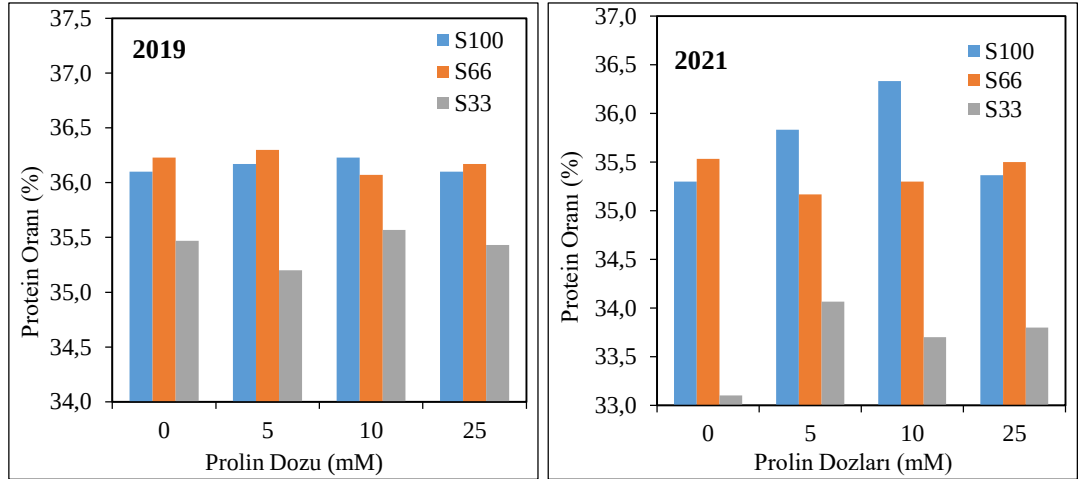


Şekil 4.20. Sulama suyu ile protein oranı arasındaki ilişkiler



Şekil 4.21. Bitki su tüketimi ile protein oranı arasındaki ilişkiler

Protein oranı ile prolin dozları arasında ilk yıl sadece S_{100} , ikinci yıl S_{100} ve S_{66} konularında önemli parabolik ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 4.22). S_{33} sulama düzeyinde her iki yılda da protein oranı ile prolin dozları arasında önemli ilişkiler belirlenememiştir.



Şekil 4.22. Prolin dozları ile protein oranı arasındaki ilişkiler

2019 yılı için $S_{100} = -0.0008x^2 + 0.02x + 36.1$ ($r^2 = 0.99^{**}$), 2021 yılı için $S_{100} = -0.0064x^2 + 0.17x + 35.3$ ($r^2 = 0.98^{**}$), $S_{66} = 0.0019x^2 - 0.05x + 35.48$ ($r^2 = 0.69^{**}$)

Çizelge 4.19. Protein oranına (%) ilişkin ortalama değerler

Konular		2019	2021
Sulama düzeyi (SD)	S ₁₀₀	36.15 a	35.71 a
	S ₆₆	36.19 a	35.38 a
	S ₃₃	35.42 b	33.67 b
	LSD(0.05)	0.61	1.32
	P	0.0412*	0.0251*
Prolin düzeyi (PD)	P ₀	35.9	34.6
	P ₅	35.9	35.0
	P ₁₀	36.0	35.1
	P ₂₅	35.9	34.9
	LSD(0.05)	-	-
	P	ö.d.	ö.d.
SD x PD	S ₁₀₀ P ₀	36.1	35.3
	S ₁₀₀ P ₅	36.2	35.8
	S ₁₀₀ P ₁₀	36.2	36.3
	S ₁₀₀ P ₂₅	36.1	35.4
	S ₆₆ P ₀	36.2	35.5
	S ₆₆ P ₅	36.3	35.2
	S ₆₆ P ₁₀	36.1	35.3
	S ₆₆ P ₂₅	36.2	35.5
	S ₃₃ P ₀	35.5	33.1
	S ₃₃ P ₅	35.2	34.1
	S ₃₃ P ₁₀	35.6	33.7
	S ₃₃ P ₂₅	35.4	33.8
	LSD(0.05)	-	-
	P	ö.d.	ö.d.

4.9. Vejetatif Ölçümler

4.9.1. Bitki Boyu

Bitki boyları sulama düzeylerine ve prolin dozlarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Sulama düzeyi ve prolin dozlarının bitki boyu'na ait varyans analiz tablosu Çizelge 4.20'de, LSD gruplandırması Çizelge 4.21-4.22'de verilmiştir. Varyans analizi sonucunda *sulama düzeyi*, *prolin düzeyi*, *sulama düzeyi x prolin düzeyi* *interaksiyonunun* bitki boyuna etkisi istatistiksel olarak her iki yılda da %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.20. Bitki boyu değerlerine ilişkin varyansa analiz sonuçları

2019				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	6.77	3.39	0.6985
Sulama düzeyi	2	3644.04	1822.02	375.88**
Hata1	4	19.39	4.85	2.13
Prolin düzeyi	3	291.29	97.10	42.67**
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	52.78	8.80	3.87**
Hata	18	40.96	2.28	
Toplam	35	4055.23		
Cv(%)=1.63				
2021				
Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	Hesap F
Tekerrür	2	9.69	9.69	2.1063
Sulama düzeyi	2	2304.39	2304.39	501.05**
Hata1	4	4.60	4.60	3.5775
Prolin düzeyi	3	79.93	79.93	62.17**
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	10.67	10.67	8.30**
Hata	18	1.29	1.29	
Toplam	35			
Cv(%)=1.13				

** , Cv: Sırasıyla %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, varyasyon katsayısı

Artan su kısıtı ile bitki boyları da azalmış; her iki yılda da en yüksek bitki boyu su kısıntısının olmadığı S₁₀₀ konusundan (104.9 cm ve 115.1 cm), en düşük bitki boyu su kısıntısının yüksek olduğu S₃₃ (80.3 cm ve 87.5 cm) konusundan belirlenmiştir (Çizelge

4.21). S₁₀₀ sulama düzeyine kıyasla S₆₆ ve S₃₃ düzeylerinde sırasıyla ilk yıl %24 ve %12; ikinci yıl %24 ve %14 daha düşük bitki boyları ölçülmüştür. Sulama düzeylerine ait en yüksek bitki boyu ile en düşük bitki boyu arasında ilk yıl 25 cm, ikinci yıl 28 cm fark belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kısıtlı sulama uygulamaları ile soya bitkisinde bitki boyunun azaldığını bildiren Candogan ve Yazgan (2016), Demirtaş ve ark. (2010), Khan ve ark. (2014) ile paralellik göstermektedir. Yüzbaşı (2021), bitki boyunu farklı sulama düzeylerinde ortalama 100.8-105.6 cm, farklı sulama yöntemlerinde 102.1-105.7 cm arasında; Aydınşakir (2019), farklı sulama düzeylerinde bitki boylarını ilk yıl 80.7-109.3 cm, ikinci yıl 93-140 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da sulama düzeylerine bağlı değişimlerin bitki boyunda benzer değişikliklere neden olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.21. Sulama düzeyi ve prolin düzeylerine ait bitki boyu ortalama değerleri

Konular	Bitki boyu (cm)			
	2019	% Değişim	2021	% Değişim
S ₁₀₀	104.9 a		115.1 a	
S ₆₆	92.0 b	-%12	99.6 b	-%14
S ₃₃	80.3 c	-%24	87.5 c	-%24
LSD (0.05)	2.5		2.4	
P	0.0001**		0.0001**	
P ₀	90.6 c		98.8 c	
P ₅	94.1 b	+%4	101.2 b	+%4
P ₁₀	96.1 a	+%9	104.8 a	+%7
P ₂₅	88.8 d	-%2	98.2 c	-%0.06
LSD (0.05)	1.49		1.12	
P	0.0001**		0.0001**	

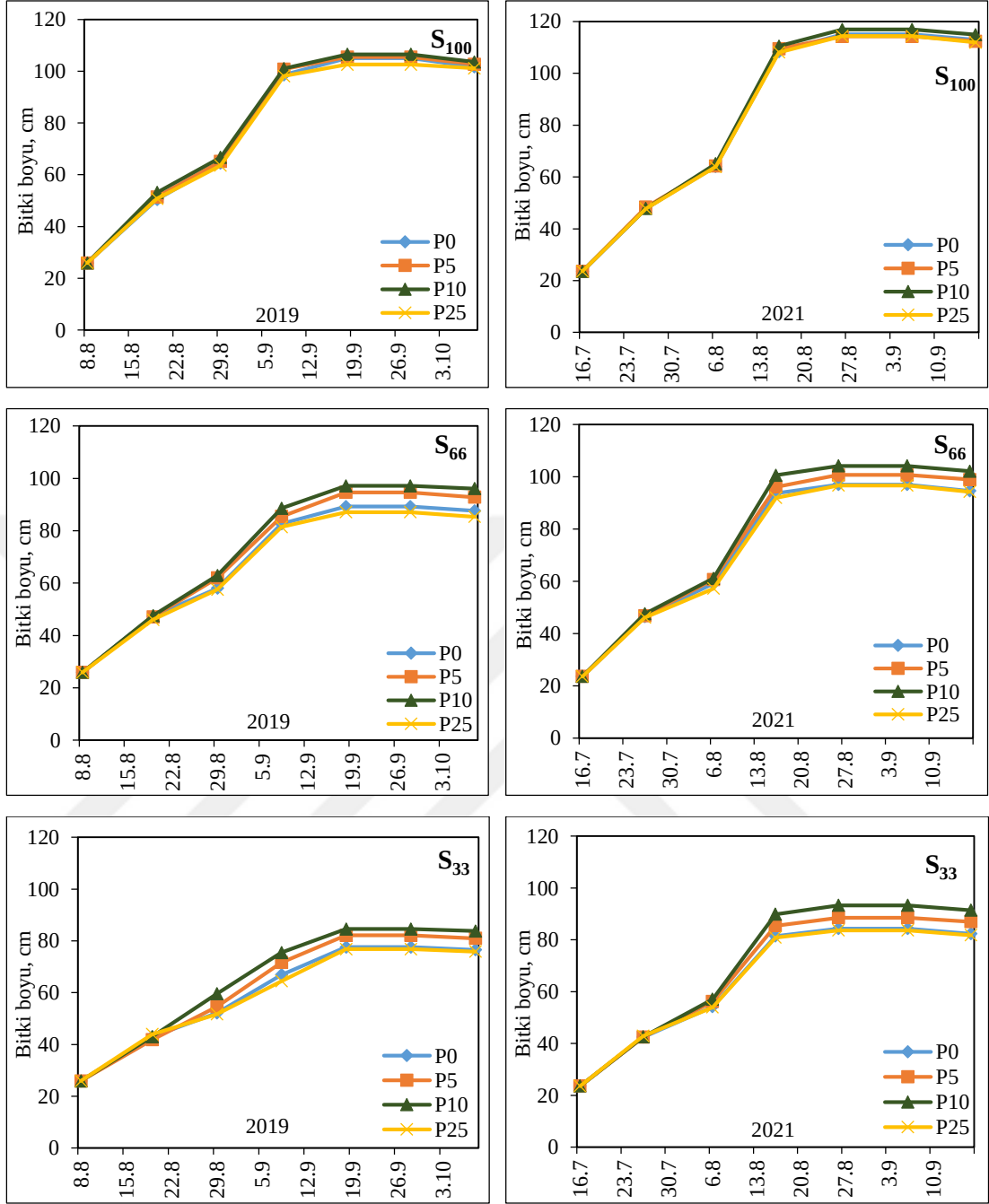
Prolin uygulamaları, belli bir düzeye kadar bitki boyunda önemli artışlar sağlamıştır. Prolin dozlarına ait en yüksek bitki boyu P₁₀ uygulamasından elde edilmiştir. Yapraktan 5 mM prolin uygulaması iki yılda da %4, 10 mM prolin uygulaması ilk yıl %9, ikinci yıl %7 bitki boyunda artış sağlamıştır. Benzer şekilde kuraklık stresindeki aynısefa (*Calendula officinalis* L.) çiçeğine yapraktan prolin uygulamasının bitki boyunu artırdığı (Soroori ve ark., 2021) ve kuraklık stresindeki mısır yapraktan 2 mM ve 4 mM prolin uygulamasının bitki boyunu sırasıyla %15.51 ve %21.25 artışlar sağladığı (İbrahim ve ark., 2022) belirtilmiştir.

Çizelge 4.22. Sulama düzeyi x prolin düzeylerine ait bitki boyu ortalama değerleri

Sulama Düzeyleri	Prolin Düzeyleri	Bitki boyu (cm)	
		2019	2021
S ₁₀₀	P ₀	105.0 ab	115.0 ab
	P ₅	105.4 a	114.2 b
	P ₁₀	106.5 a	116.9 a
	P ₂₅	102.6 b	114.4 b
S ₆₆	P ₀	89.2 d	97.0 e
	P ₅	94.7 c	100.7 d
	P ₁₀	97.1 c	104.1 c
	P ₂₅	87.1 de	96.7 e
S ₃₃	P ₀	77.6 g	84.3 h
	P ₅	82.1 f	88.6 g
	P ₁₀	84.6 ef	93.3 f
	P ₂₅	76.8 g	83.7 h
LSD(0.05)		2.59	1.95
P		0.0118**	0.0002**

Sulama düzeyi x prolin düzeyi etkileşimi incelendiğinde, bitki boyları ilk yıl 76.8 cm-106.5 cm, ikinci yıl 83.7 cm-116.9 cm arasında değişmiştir (Çizelge 4.22). Her iki yılda da en yüksek bitki boyu S₁₀₀P₁₀ (106.5 cm ve 116.9 cm), en düşük ise S₃₃P₂₅ (76.8 cm ve 83.7 cm) etkileşimlerinden elde edilmiştir. Su kısıtı konularında yaprakdan 5 mM ve 10 mM prolin uygulamaları bitki boyunda artırıcı etki yapmıştır. S₆₆ sulama düzeyinde P₀'a kıyasla, P₅ ve P₁₀ uygulamalarında sırasıyla ilk yıl %6 ve %9, ikinci yıl %4 ve %7; S₃₃ sulama düzeyinde ilk yıl %6 ve %9, ikinci yıl %5 ve %11 oranında bitki boyunda artışlar sağlanmıştır

Bitki boyunun zamana bağlı değişimini belirlemek amacı ile bitki yetiştirme süresi boyunca 10 gün aralıklarla gözlem bitkilerinde ölçüm yapılmış, bitki boyunun tohum oluşum dönemine kadar zamanla arttığı, daha sonra sabit değer ölçüldüğü ve hasada doğru bitkilerin kurumaya başlamasıyla azaldığı gözlemlenmiştir (Şekil 4.23)

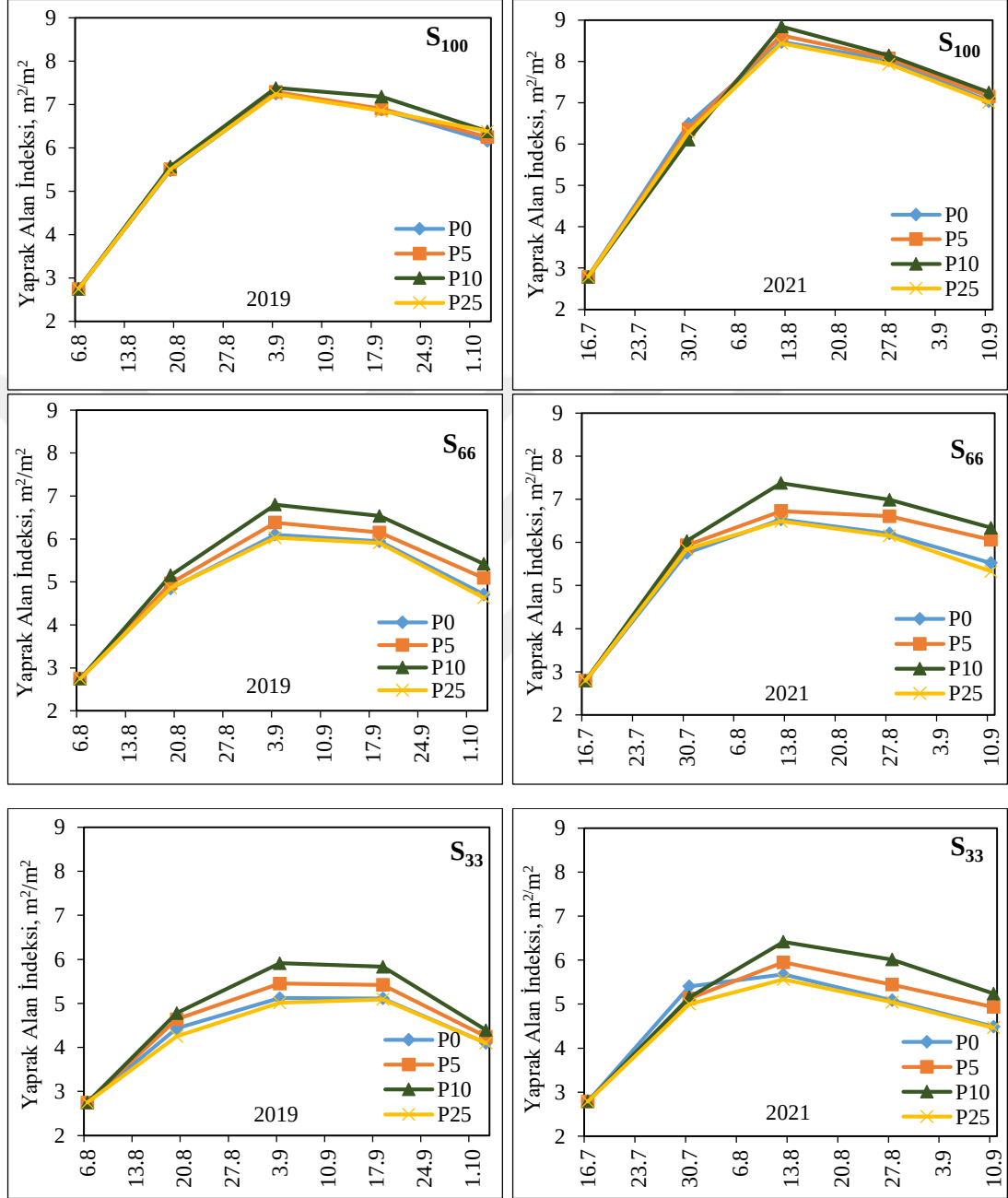


Şekil 4.23. Bitki boylarının zamansal değişim

4.9.2. Yaprak Alan İndeksi

Bitki yetiştirme sezonu boyunca iki hafta aralıklarla yapılan ölçümlerde yaprak alan indeksi (LAI) tüm konularda tane oluşum dönemine kadar artarken, hasat zamanına

doğru azalmıştır. LAI sulama düzeyleri ve prolin dozlarına bağlı olarak değişiklik göstermiştir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Yaprak alan indeksinin zamansal değişimi

Sulama suyu miktarı arttıkça yeşil aksamın artması sonucu yaprak alan indeksi değerleri artmış; en yüksek S_{100} , en düşük S_{33} sulama düzeylerinden belirlenmiştir. Sincik ve ark. (2008), soyada tüm büyüme dönemlerinde sulama suyu miktarı azaldıkça

yaprak alan indeksi değerlerinin önemli ölçüde azaldığını, Basal ve Szabo (2020) kuraklığın yaprak alanını olumsuz etkilediğini, Ashraf ve Flood (2007), kuraklık stresinin su ve besin alımını kısıtlayarak yaprak alanının azalmasına neden olduğunu bildirmiştir.

Prolin uygulamaları S₁₀₀ sulama düzeyinde LAI’de anlamlı bir farklılık göstermezken; S₆₆ ve S₃₃ sulama düzeylerinde belli bir düzeye kadar artış sağlamıştır. En yüksek LAI, P₁₀ uygulamasından elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kopya biberde su stresinin olmadığı tam sulama konularında yapraktan prolin uygulamasının yaprak alanı indeksi değerlerinde farklılık oluşturmadığını, su kısıtı olan konularda ise yaprak alan indeksini artırdığını ileri süren Sarıyer (2018) ile uyumludur.

Semida ve ark. (2020), %20 su kısıtı ile yapraktan prolin uygulamasının soğan bitkisinin yaprak alanını artırdığını bildirmiştir. Soya için en yüksek yaprak alan indeksi ilk ve ikinci yıl sırasıyla 7.38 ve 8.85 m² m⁻² olarak S₁₀₀P₁₀ konusundan belirlenmiştir (Şekil 4.24). Araştırmadan elde edilen değerler su stresi altında yetiştirilen soya fasulyesinde ortalama verilere göre yaprak alan indeksinin 7.6 m² m⁻²-10.6 m² m⁻² olarak belirleyen Tunçtürk ve ark. (2021) ile benzerlik göstermektedir.

Yaprak alan indeksinin zamana bağlı değişiminde (Şekil 4.24) tüm konularda LAI önce artmış ve en yüksek değer R3-R4 dönemindeyken ölçülmüştür. Basal ve Szabo (2020), soyada LAI’nin bitki gelişimiyle hızla arttığını, R4 aşamasında max değere ulaştığını ve daha sonra da azaldığını saptamışlardır.

4.9.3. Kuru Madde Miktarı

Kuru madde miktarı değerlerine ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.23, ortalama değerler Çizelge 4.24-25’de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Kuru madde miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları (2019-2021)

Varyasyon Kaynakları	Sd	2019					2021				
		1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R3-R4	4.Uyg R4-R5	Hasat	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R3-R4	4.Uyg R4-R5	Hasat
SD	2	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Hata1	4										
PD	3	ö.d.	**	**	**	*	ö.d.	*	**	**	**
SDxPD	6	ö.d.	ö.d.	**	*	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	*
Hata	18										
Toplam	35										
Cv(%)		7.04	6.27	5.20	3.94	10.50	13.66	13.70	8.35	7.58	6.15

*, **, ö.d., Cv, Sd, SD, PD: Sırasıyla, %5, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, varyasyon katsayısı, serbestlik derecesi, sulama düzeyi, prolin düzeyi

Kuru madde miktarları sulama düzeylerine ve prolin dozlarına göre farklılık göstermiştir. Sulama düzeylerinde en yüksek kuru madde miktarı her iki yılda da su stresinin olmadığı S₁₀₀ (1629 kg da⁻¹ ve 1865 kg da⁻¹), en düşük S₃₃ (1099 kg da⁻¹ ve 1168 kg da⁻¹) konularından belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

Çizelge 4.24. Kuru madde miktarının sulama düzeyine göre değişimi

Sulama düzeyi	Uygulama dönemi	Kuru madde miktarı (kg da ⁻¹)	
		2019	2021
S ₁₀₀	1.Uyg (R1-R2)	945 a	1073 a
	2.Uyg (R2-R3)	1239 a	1473 a
	3.Uyg (R3-R4)	1751 a	2017 a
	4.Uyg (R4-R5)	2169 a	2455 a
	Hasat	2043 a	2309 a
	S₁₀₀ Ort	1629	1865
S ₆₆	1.Uyg (R1-R2)	860 a	927 a
	2.Uyg (R2-R3)	1080 b	1203 b
	3.Uyg (R3-R4)	1414 b	1645 b
	4.Uyg (R4-R5)	1888 b	2160 b
	Hasat	1796 b	1998 b
	S₆₆ Ort	1408	1587
S ₃₃	1.Uyg (R1-R2)	733 b	656 b
	2.Uyg (R2-R3)	866 c	974 c
	3.Uyg (R3-R4)	1074 c	1164 c
	4.Uyg (R4-R5)	1438 c	1609 c
	Hasat	1384 c	1439 c
	S₃₃ Ort	1099	1168

S₁₀₀ konusuna göre, S₆₆ ve S₃₃ konularında ilk yıl sırasıyla %14 ve %33, ikinci yıl %15 ve %37 daha düşük ortalama kuru madde miktarı elde edilmiştir. Sulama düzeylerine ait en yüksek ve en düşük ortalama kuru madde miktarı arasında ilk yıl 530 kg da⁻¹, ikinci yıl 697 kg da⁻¹ fark belirlenmiştir. Frederick ve ark. (1990), soyada sulama suyu miktarı arttıkça kuru madde miktarının arttığını, He ve ark. (2020), soyada su kısıntısının biyomasi önemli ölçüde azalttığını, Kazgöz Candemir (2024), tam sulamadan %33 ve %66 daha az su uygulamalarında ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %27-%12 ve %46-%32 daha az kuru madde elde edildiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.25. Kuru madde miktarının prolin düzeyine göre değişimi

Prolin düzeyi (mM)	Uygulama dönemi	Kuru madde miktarı (kg da ⁻¹)	
		2019	2021
P ₀	1.Uyg (R1-R2)	844 ö.d.	897 ö.d.
	2.Uyg (R2-R3)	1025 bc	1147 b
	3.Uyg (R3-R4)	1343 b	1523 b
	4.Uyg (R4-R5)	1743 c	2030 bc
	Hasat	1683 b	1812 c
	P₀ Ort	1328	1482
P ₅	1.Uyg (R1-R2)	857 ö.d.	900 ö.d.
	2.Uyg (R2-R3)	1084 ab	1270 ab
	3.Uyg (R3-R4)	1499 a	1682 a
	4.Uyg (R4-R5)	1892 b	2135 ab
	Hasat	1790 ab	1963 b
	P₅ Ort	1460	1590
P ₁₀	1.Uyg (R1-R2)	848 ö.d.	900 ö.d.
	2.Uyg (R2-R3)	1135 a	1329 a
	3.Uyg (R3-R4)	1529 a	1757 a
	4.Uyg (R4-R5)	1977 a	2232 a
	Hasat	1874 a	2136 a
	P₁₀ Ort	1473	1671
P ₂₅	1.Uyg (R1-R2)	833 ö.d.	844 ö.d.
	2.Uyg (R2-R3)	1003 c	1121 b
	3.Uyg (R3-R4)	1282 b	1473 b
	4.Uyg (R4-R5)	1714 c	1902 c
	Hasat	1617 b	1750 c
	P₂₅ Ort	1290	1418

Prolin düzeylerinde yapraktan 5 mM ve 10 mM prolin uygulaması kuru madde miktarını artırmıştır. En yüksek kuru madde miktarı her iki yılda da P₁₀ uygulamasından belirlenmiştir (Çizelge 4.25). P₀ uygulamasına kıyasla P₅ ve P₁₀ uygulamalarında ilk yıl

sırasıyla %10 ve %11, ikinci yıl %7 ve %13 daha yüksek ortalama kuru madde miktarı elde edilmiştir. Prolin düzeylerine ait en yüksek ve en düşük kuru madde miktarı arasında ilk yıl 145 kg da⁻¹, ikinci yıl 189 kg da⁻¹ fark belirlenmiştir.

Sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksiyonun hasattaki kuru madde miktarına etkisi ilk yıl istatistiksel olarak önemsiz, ikinci yıl önemli bulunmuştur. Kuru madde miktarı hasatta alınan örneklerde ilk yıl 1237 kg da⁻¹-2073 kg da⁻¹, ikinci yıl 1138 kg da⁻¹-2387 kg da⁻¹ arasında değişmiştir (Çizelge 4.26). Su stresi olmayan konularda hasat kuru madde miktarı prolin düzeylerine bağlı olarak farklılık oluşturmamıştır. S₆₆ konusunda P₀ dozuna kıyasla P₅ ve P₁₀ dozlarında sırasıyla ilk yıl %8 ve %15; ikinci yıl %6 ve %17 oranında; S₃₃ konusunda P₀ dozuna kıyasla P₅ ve P₁₀ dozlarında ilk yıl sırasıyla %12 ve %21; ikinci yıl %25 ve %42 daha yüksek kuru madde miktarı belirlenmiştir. Prolinin etkinliği konusunda yapılan diğer araştırmalarda da bu çalışmayla benzerlik gösteren sonuçlar elde edilmiştir. Merwad ve ark. (2018), börülcede su stresi ile kuru madde miktarında azalmalar tespit edildiğini, yapraktan prolin uygulamasının kuru madde miktarında artış sağladığını, Abdelaal ve ark. (2020), arpada yapraktan prolin uygulamasının bitki büyüme parametrelerinde olumlu etki yaparak bitki kuru ağırlıklarını artırdığını belirtmişlerdir.

Çizelge 4.26. Kuru madde miktarının sulama düzeyi x prolin düzeyine göre değişimi

SD	PD	Kuru madde miktarı (kg da ⁻¹)									
		2019					2021				
		1.uyg	2.uyg	3.uyg	4.uyg	Hasat	1.uyg	2.uyg	3.uyg	4.uyg	Hasat
S ₁₀₀	P ₀	950	1233	1730 ab	2144 ab	2029	1163	1417	1986	2438	2289 a
	P ₅	974	1242	1775 a	2171 ab	2060	1094	1508	2058	2450	2291 a
	P ₁₀	940	1256	1782 a	2224 a	2073	1021	1601	2070	2519	2387 a
	P ₂₅	914	1224	1718 ab	2137 ab	2010	1015	1365	1954	2414	2267 a
S ₆₆	P ₀	846	1033	1265 d	1764 d	1731	898	1140	1512	2173	1910 bc
	P ₅	855	1103	1549 c	1978 c	1863	930	1256	1769	2231	2028 b
	P ₁₀	867	1187	1607 bc	2066 bc	1986	870	1285	1838	2260	2230 a
	P ₂₅	870	998	1236 d	1742 de	1605	1011	1131	1461	1975	1823 c
S ₃₃	P ₀	736	810	1035 e	1322 g	1289	629	882	1071	1479	1258 e
	P ₅	742	906	1172 d	1527 f	1446	677	1047	1219	1723	1570 d
	P ₁₀	738	963	1198 d	1640 ef	1563	642	1100	1363	1917	1791 c
	P ₂₅	715	785	893 f	1263 g	1237	674	868	1002	1316	1138 e
LSD(0.05)		-	-	125.9	123.7	-	-	-	-	-	202.0
P		ö.d.	ö.d.	0.0095**	0.0214*	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	0.016*

*, **, ve ö.d., sırasıyla, %5, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli ve önemli değil

Tüm sulama ve prolin düzeylerinde, ekim tarihi itibari ile tüm gelişme dönemlerinde bitki kuru madde miktarı artmış, hasatta ise yaprakların dökülmesi ve bitkilerin kuruması sebebi ile azalmıştır. En yüksek bitki kuru madde miktarı 4. uygulamada (R4-R5) alınan örneklerde ölçülmüştür.

4.9.4. Çiçek Döküm Oranı

Denemenin ilk yılında ekimden 43, ikinci yıl 48 gün sonra her konuya ait 1 m²'lik alandaki bitkilerin çiçekleri sayılmış, tam bakla döneminde baklalar sayılarak çiçek döküm oranı belirlenmiştir. Sulama düzeyleri ve prolin dozlarına bağlı olarak çiçek tutum oranları farklılık göstermiştir (Çizelge 4.27).

S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ sulama düzeylerinde sırasıyla ilk yıl %9, %32 ve %51; ikinci yıl %11, %25 ve %42 oranında çiçek dökümü tespit edilmiştir. İki yılda da en yüksek ve en düşük çiçek döküm oranı S₃₃ ve S₁₀₀ konularından belirlenmiştir. Su stresi konularda çiçek dökümlerinin daha yüksek olduğu, sulama suyu miktarının artması ile çiçek döküm oranının da azaldığı gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgular soyada su stresinin çiçek sayısını azaltarak verimi de önemli ölçüde azalttığını bildiren He ve ark (2020) ve Basal ve Szabo (2020) ile uyum içindedir.

Çizelge 4.27. Sulama düzeyi ve prolin düzeylerine ait çiçek döküm oranı

Çiçek döküm oranı (%)										
2019						2021				
SD	PD				SD	PD				SD
	P ₀	P ₅	P ₁₀	P ₂₅		P ₀	P ₅	P ₁₀	P ₂₅	
S ₁₀₀	10	8	8	11	9	12	11	9	13	11
S ₆₆	35	29	24	38	32	29	23	16	31	25
S ₃₃	55	47	41	61	51	45	38	34	51	42
PD Ort	33	28	24	37	31	29	24	20	32	26

SD: Sulama düzeyi, PD: Prolin düzeyi

Prolin düzeylerinde en yüksek çiçek döküm oranı P₂₅, en düşük P₁₀ konusundan elde edilmiştir. Prolin uygulanmayan konuya kıyasla P₅ uygulamasında çiçek döküm oranı ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %15 ve %8; P₁₀ uygulamasında %27 ve %31 azalmıştır.

Çiçek döküm oranları ilk yıl %8-%61; ikinci yıl %9-%51 arasında değişmiştir. Çiçek döküm oranı en yüksek $S_{33}P_{25}$, en düşük $S_{100}P_{10}$ interaksiyonlarından elde edilmiştir (Çizelge 4.27). S_{66} sulama düzeyinde P_0 a kıyasla P_5 ve P_{10} uygulamalarında sırasıyla ilk yıl %17 ve %31, ikinci yıl %21 ve %45; S_{33} sulama düzeyinde aynı sırayla ilk yıl %15 ve %26, ikinci yıl %16 ve %24 daha az çiçek dökümü tespit edilmiştir.

4.10. Fizyolojik Ölçümler

4.10.1. Yaprak Su Potansiyeli

Yaprak su potansiyeli (YSP), sulama düzeylerinden ve prolin dozlarından etkilenmiştir. YSP'nin zamana bağlı değişimi Şekil 4.25'de verilmiştir.

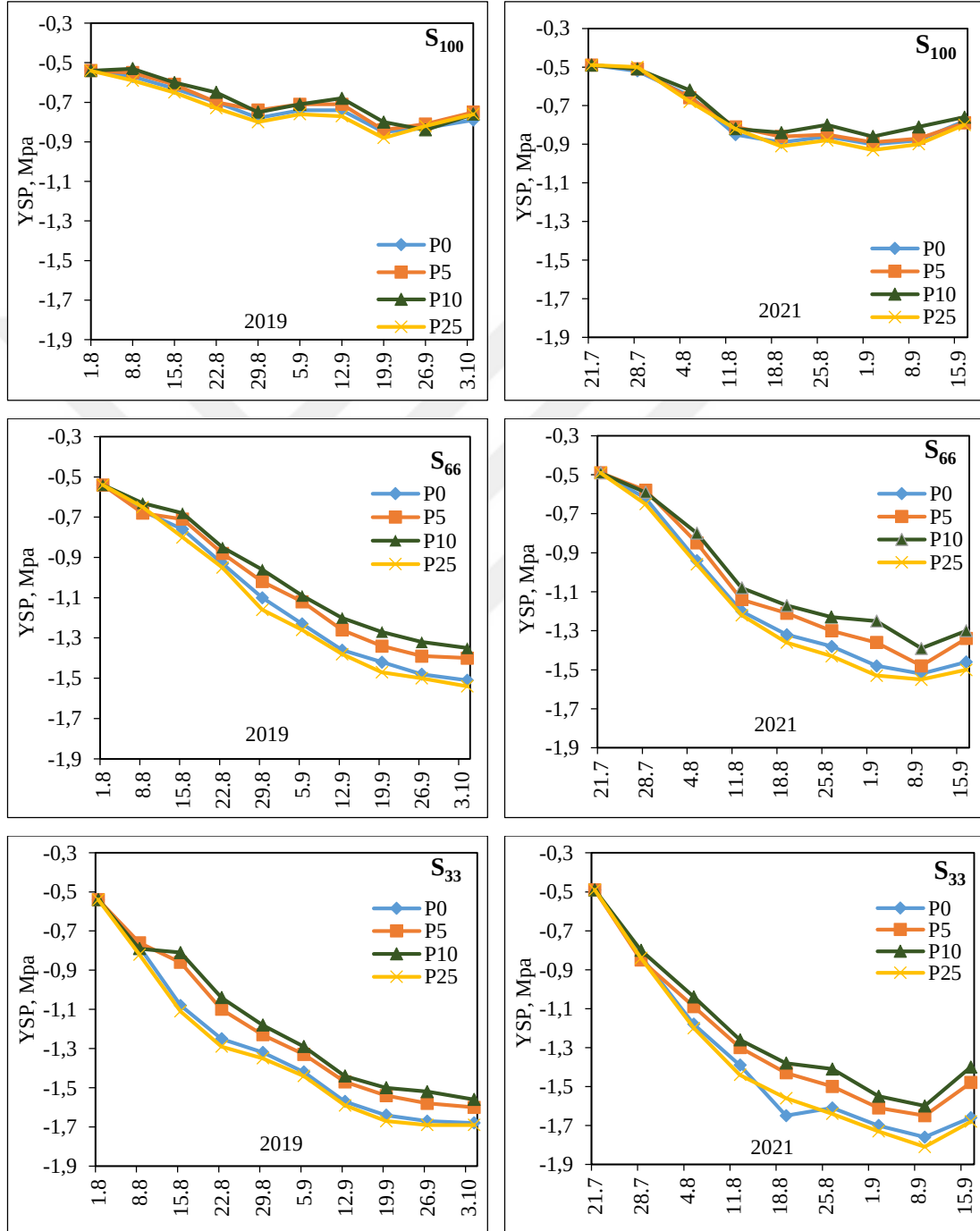
S_{100} , S_{66} ve S_{33} sulama düzeylerinde ortalama YSP değerleri sırasıyla ilk yıl -0.71 MPa, -1.06 MPa ve -1.25 MPa, ikinci yıl -0.75 MPa, -1.12 MPa ve -1.31 MPa olarak belirlenmiştir. En yüksek (negatif olarak en küçük değer) YSP değerleri S_{100} , en düşük S_{33} konularından elde edilmiş, su kısıtı uygulanan konularda daha düşük YSP değerleri ölçülmüştür.

Su kısıtı koşullarında yaprak hücresi su kaybettiği için turgor basıncı düşmekte, bu durum yaprak su potansiyelinde azalmaya neden olmaktadır. Elde edilen bulgular, soyada su stresinin YSP değerlerini azalttığını bildiren Sloane ve ark (1990), Makbul ve ark. (2011) ve Khan ve ark. (2015)'in sonuçları ile uyum içerisindedir.

P_0 , P_5 , P_{10} ve P_{25} dozlarında ortalama YSP değerleri sırasıyla ilk yıl -1.04 MPa, -0.98 MPa, -0.95 MPa ve -1.06 MPa, ikinci yıl -1.09 MPa, -1.03 MPa, -0.99 MPa ve -1.11 MPa olarak belirlenmiştir. En yüksek YSP değerleri (negatif olarak en küçük değer) P_{10} dozundan elde edilmiştir.

Uygulamalarda ortalama YSP değerleri ilk yıl -1.32 ile -0.69 MPa, ikinci yıl ise -1.38 ile -0.72 MPa arasında değişmiştir. Her iki yılda en yüksek ortalama YSP $S_{100}P_{10}$, en düşük $S_{33}P_{25}$ konusundan belirlenmiştir. Su stresi olan konularda prolin uygulaması belli bir doza kadar YSP değerini (negatif olarak en küçük değer) arttırmıştır. S_{66} ve S_{33} sulama düzeylerinde kontrole kıyasla P_5 ve P_{10} dozlarında daha yüksek YSP değerleri elde edilmiştir. Bu durum Fadhil ve Hussein (2020) ve Zhang ve ark. (2020) tarafından da ortaya atılan bitki dokusunda ozmotik basıncı kontrol etmede prolinin önemi ile açıklanabilir. Çeliktöpus ve ark. (2023), çilekte su stresi koşullarında yapraktan prolin

uygulamasının YSP değerini %8.5 oranında artırdığını, İbrahim ve ark. (2022) mısır bitkisinde, Santos ve ark. (2022), b r lcede yapraktan uygulanan prolinin kuraklığın olumsuz etkisini hafifleterek yaprak su içeriğini artırdığını bildirmişlerdir.



Şekil 4.25. Yaprak su potansiyelinin sulama düzeyleri ve prolin dozlarına bağlı zamansal değişimi

4.10.2. Klorofil Konsantrasyonu

Uygulamaların klorofil konsantrasyonuna etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.28, ortalama değerler Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Araştırmanın her iki yılındada, 1. uygulamada alınan yaprakların klorofil konsantrasyonunun sulama düzeyi, prolin düzeyi ve *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonuna* etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Uygulamaların (su stresi ve prolin) klorofil konsantrasyonuna etkisi 2. prolin uygulamasından itibaren ortaya çıkmış ve 2., 3., ve 4. uygulamalarda alınan yaprakların klorofil konsantrasyonunun sulama düzeyi ve prolin dozunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonunda* anılan farklılıklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.28. Klorofil konsantrasyonuna ilişkin varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Sd	2019				2021			
		1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R3-R4	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R3-R4	4. Uyg R4-R5
Sulama düzeyi	2	ö.d.	**	**	**	ö.d.	**	*	**
Hata1	4								
Prolin düzeyi	3	ö.d.	**	**	*	ö.d.	*	*	*
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Hata	18								
Toplam	35								
Cv(%)		5.61	4.35	2.85	7.13	5.52	4.74	5.55	6.39

**, *, ö.d., Sd, Cv: Sırasıyla, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, %5 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, serbestlik derecesi, varyasyon katsayısı

Sulama konularında, farklı gelişme dönemlerinde alınan yapraklardaki klorofil konsantrasyonu ilk yıl 0.190 mg g⁻¹-0.305 mg g⁻¹, ikinci yıl 0.200 mg g⁻¹-0.312 mg g⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek ve en düşük klorofil konsantrasyonu S₁₀₀ ve S₃₃ konularında belirlenmiştir. Artan su stresi ile klorofil konsantrasyonu azalmıştır. S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularında her iki yılda da en yüksek klorofil konsantrasyonu R2-R3 döneminde alınan yapraklarda belirlenirken, R3-R4 döneminden sonra klorofil konsantrasyonu azalmıştır. 4. uygulamada alınan yapraklardaki klorofil konsantrasyonu, S₁₀₀ konusuna göre S₃₃ konusunda ilk yıl %19, ikinci yıl %21 azalmıştır. Kayabaşı

(2011), Makbul ve ark. (2011), Yavaş ve ark. (2016) kuraklık stresi ile soya yapraklarında klorofil miktarının azaldığını bildirmişlerdir.

Farklı prolin dozlarında klorofil konsantrasyonu ilk yıl 0.198 mg g⁻¹-0.030 mg g⁻¹ arasında değişmiştir. Prolin uygulamasında en yüksek klorofil konsantrasyonu P₁₀, en düşük P₂₅ uygulamasından belirlenmiştir. 4. uygulamadan sonra 5 ve 10 mM prolin uygulamalarının kontrole kıyasla sırasıyla ilk yıl %7 ve %3, ikinci yıl %6 ve %9 daha fazla klorofil konsantrasyonuna neden olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, su stresi koşullarında yapraktan prolin uygulamasının klorofil içeriğini artırdığını bildiren Sarıyer (2018) ile abiyotik stres koşullarında prolinin, hücre için zararlı olan serbest oksijen radikallerini temizleyerek fotosentezi ve klorofil miktarını olumlu etkilediğini bildiren Alia Mohanty ve ark. (2001) ile uyumludur.

Çizelge 4.29. Klorofil konsantrasyonunun sulama düzeyine ve prolin dozuna göre değişimi

Konular	Klorofil Konsantrasyonu (mg g ⁻¹)							
	2019				2021			
	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R3-R4	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R3-R4	4. Uyg R4-R5
S ₁₀₀	0.292	0.305 a	0.291 a	0.234 a	0.260	0.312 a	0.298 a	0.252 a
S ₆₆	0.289	0.289 b	0.276 a	0.213 b	0.255	0.292 b	0.276 ab	0.225 b
S ₃₃	0.284	0.267 c	0.253 b	0.190 c	0.251	0.269 c	0.257 b	0.200 c
LSD(0.05)	-	0.013	0.017	0.011	-	0.004	0.030	0.014
P	ö.d.	0.001**	0.001**	0.001**	ö.d.	0.0001**	0.0453*	0.0014**
P ₀	0.279	0.282 bc	0.270 bc	0.210 bc	0.251	0.285 b	0.271 b	0.218 b
P ₅	0.295	0.289 ab	0.277 ab	0.216 ab	0.257	0.294 ab	0.279 ab	0.230 ab
P ₁₀	0.288	0.301 a	0.282 a	0.225 a	0.256	0.302 a	0.290 a	0.237 a
P ₂₅	0.291	0.275 c	0.265 c	0.198 c	0.259	0.284 b	0.266 b	0.216 b
LSD(0.05)	-	0.012	0.008	0.015	-	0.014	0.015	0.014
P	ö.d.	0.001**	0.001**	0.005**	ö.d.	0.0385*	0.0183*	0.0184*
SD x PD	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

**, *, ö.d.,: Sırasıyla, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, %5 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil

4.11. Yaprak Makro ve Mikro Elementleri

Prolin uygulamalarının yapıldığı tarihten sonra her uygulamanın 3 tekrerründen alınan yaprak örnekleri kurutulup öğütülerek yaprak makro (% Azot, % Fosfor ve % Potasyum) ve mikro besin element (Demir (ppm) ve Çinko (ppm)) içerikleri belirlenmiştir.

4.11.1. Azot (N)

Denemenin iki yılında da 1.uygulamada alınan yaprakların azot içeriklerinin sulama düzeyleri, prolin düzeyleri ve *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonuna* etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Prolinin 2., 3., ve 4. uygulamasında sulama düzeyi ve prolin düzeyinin yaprak azot içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu* önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.30).

Çizelge 4.30. Yaprak azot içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Sd	2019				2021			
		1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
Sulama düzeyi	2	ö.d.	**	**	**	ö.d.	**	**	**
Hata1	4								
Prolin düzeyi	3	ö.d.	**	**	**	ö.d.	*	**	*
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Hata	18								
Toplam	35								
Cv(%)		2.14	1.34	1.59	1.44	5.72	4.26	4.35	4.45

**, *, ö.d., Sd, Cv: Sırasıyla, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, %5 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, serbestlik derecesi, varyasyon katsayısı

Yaprak azot içeriği sulama düzeylerine ve prolin uygulamalarına göre farklılık göstermiştir (Çizelge 4.31).

Sulama düzeylerinde; denemenin iki yılında da 1. uygulamada alınan yaprakların azot içeriklerinin sulama düzeylerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. 2., 3., ve 4. uygulamalarda en yüksek yaprak azot içeriği S₁₀₀, en düşük S₃₃ konusundan belirlenmiştir. Su stresinin artması ile yaprak azot içeriği azalmıştır. 4. uygulamadan sonra ölçülen yaprak azot içerikleri S₁₀₀ konusuna kıyasla, S₆₆ ve S₃₃ konularında sırasıyla ilk yıl %5 ve %7, ikinci yıl %5 ve %13 azalmıştır (Çizelge 4.31). King ve Pursel (2001), Ohashi (1999) soyada su stresi koşullarında azot alımının azaldığını bildirmiştir. Prolin uygulamalarında; P₀, P₅, P₁₀ ve P₂₅ konularındaki yaprak azot içerikleri sırasıyla ilk yıl %3.55, %3.62, %3.63 ve %3.54, ikinci yıl %3.65, %3.78, %3.88 ve %3.52 olarak belirlenmiştir. P₅ ve P₁₀ uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer almış ve azot içeriğinde artış sağlamıştır. Ali ve ark. (2017), mısırdaki su stresi

koşullarında dışardan uygulanan prolinin K^+ , Ca^+ , P ve N gibi makro ve mikro besinlerin alımını teşvik ettiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 4.31. Yaprak azot içeriğinin sulama düzeyine ve prolin uygulamalarına göre değişimi

Konular	Azot İçeriği (%)							
	2019				2021			
	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
S₁₀₀	3.53	3.68 a	3.76 a	3.74 a	3.93	3.96 a	4.03 a	3.96 a
S₆₆	3.48	3.56 b	3.61 b	3.55 b	3.84	3.88 b	3.81 b	3.75 b
S₃₃	3.41	3.46 c	3.49 c	3.47 c	3.81	3.66 c	3.55 c	3.41 c
LSD(0.05)	-	0.067	0.107	0.054	-	0.064	0.280	0.090
P	ö.d.	0.0021**	0.0058**	0.0003**	ö.d.	0.0005**	0.0001**	0.0002**
P₀	3.45	3.55 b	3.58 b	3.55 b	3.84	3.76 ab	3.76 bc	3.65 bc
P₅	3.49	3.57 ab	3.65 a	3.62 a	3.85	3.86 a	3.85 ab	3.78 ab
P₁₀	3.48	3.62 a	3.69 a	3.63 a	3.92	3.97 a	3.95 a	3.88 a
P₂₅	3.46	3.53 b	3.56 b	3.54 b	3.82	3.73 b	3.62 c	3.52 c
LSD(0.05)	-	0.047	0.057	0.051	-	0.280	0.164	0.163
P	ö.d.	0.0078**	0.0003**	0.025**	ö.d.	0.020**	0.0039**	0.0012**
SD x PD	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

*, **, ve ö.d., sırasıyla, %5, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli ve önemli değil

4.11.2. Fosfor (P)

Araştırmada yaprak fosfor (P) içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.32, sulama düzeyleri ve prolin düzeylerine ait ortalama değerler Çizelge 4.33’de verilmiştir. Her iki yılda da 1.uygulamada sulama düzeylerinin yaprak P içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Prolinin 2., 3. ve 4. uygulamasında sulama düzeyi ve prolin düzeyinin yaprak P içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu* önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.32. Yaprak fosfor içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Sd	2019				2021			
		1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
Sulama düzeyi	2	**	**	**	**	*	*	**	**
Hata1	4								
Prolin düzeyi	3	ö.d.	*	**	**	ö.d.	*	**	**
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Hata	18								
Toplam	35								
Cv(%)		4.25	5.78	6.96	8.44	7.47	6.73	14.07	10.35

**, *, ve ö.d., Sd, Cv: Sırasıyla, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, %5 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, serbestlik derecesi, varyasyon katsayısı

Su stresi koşullarında soya yapraklarında fosfor içeriği azalmıştır. En yüksek yaprak fosfor içeriği S₁₀₀, en düşük S₃₃ konusundan belirlenmiştir. R2-R3 döneminden sonra yapraktaki fosfor içeriği azalarak, R4-R5 döneminde en düşük değerleri almıştır. 4. uygulamada (R4-R5) S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularındaki yaprak fosfor içerikleri ilk yıl %0.25, %0.23 ve %0.19, ikinci yıl %0.30, %0.24 ve %0.19 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.33. Yaprak fosfor içeriğinin sulama düzeyine ve prolin dozuna göre değişimi

Konular	Fosfor İçeriği (%)							
	2019				2021			
	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
S ₁₀₀	0.39 a	0.37 a	0.34 a	0.25 a	0.40 a	0.44 a	0.39 a	0.30 a
S ₆₆	0.38 a	0.34 b	0.31 b	0.23 b	0.48 a	0.41 b	0.34 b	0.24 b
S ₃₃	0.35 b	0.31 c	0.25 c	0.19 c	0.45 b	0.40 c	0.29 c	0.19 b
LSD(0.05)	0.015	0.016	0.021	0.019	0.019	0.028	0.478	0.048
P	0.0035**	0.001**	0.0009**	0.0024**	0.0329*	0.050*	0.0114*	0.0094**
P ₀	0.37	0.33 b	0.29 b	0.21 bc	0.46	0.41 b	0.32 bc	0.23 bc
P ₅	0.38	0.34 ab	0.30 ab	0.23 ab	0.48	0.43 ab	0.36 ab	0.26 ab
P ₁₀	0.37	0.35 a	0.32 a	0.24 a	0.48	0.44 a	0.39 a	0.29 a
P ₂₅	0.37	0.33 b	0.29 b	0.21 c	0.46	0.40 b	0.30 c	0.20 c
LSD(0.05)	-	0.019	0.021	0.019	-	0.028	0.047	0.086
P	ö.d.	0.044*	0.0137**	0.0147**	ö.d.	0.0408*	0.004**	0.0006**
SD x PD	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

*, **, ve ö.d., sırasıyla, %5, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli ve önemli değil

Prolin uygulamalarında; en yüksek yaprak fosfor içeriği P₁₀, en düşük P₂₅ uygulamasından belirlenmiştir. Yapraktan 5 mM ve 10 mM prolin uygulaması fosfor

alımını arttırmıştır. Kılınçoğlu (2020), pamuk bitkisinde kontrol grubuna kıyasla kuraklık şiddetinin artması ile fosfor miktarında azalmaların belirlendiğini, yapraktan prolin uygulaması ile fosfor değerlerinde artışlar sağlandığını bildirmiştir.

4.11.3. Potasyum (K)

Uygulamaların yaprak potasyum içeriğine etkisine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.34’de, ortalama değerler Çizelge 4.35’de verilmiştir. Araştırmanın ilk yılında 1.uygulamada sadece sulama düzeylerinin, 2., 3. ve 4. uygulamalarda ise sulama düzeyi ile birlikte prolin düzeyinin yaprak potasyum içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu* önemsiz bulunmuştur. İkinci yılda 1. ve 2. uygulamalarda sulama düzeyinin, 3. ve 4. uygulamalarda ise sulama düzeyi ve prolin düzeyinin yaprak potasyum içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu* önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.34. Yaprak potasyum içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Sd	2019				2021			
		1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
Sulama düzeyi	2	**	**	**	**	**	**	**	**
Hata1	4								
Prolin düzeyi	3	ö.d.	**	**	**	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Hata	18								
Toplam	35								
Cv(%)		3.39	2.91	3.50	2.79	7.99	7.99	7.99	7.99

**, *, ö.d., Sd, Cv: Sırasıyla %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, serbestlik derecesi, varyasyon katsayısı

Sulama konularında, yaprak potasyum içeriği istatistiksel olarak 3 farklı grupta yer almıştır. En yüksek yaprak potasyum içeriği S₁₀₀, en düşük S₃₃ konusundan belirlenmiş, artan su stresi ile potasyum içerikleri azalmıştır. S₁₀₀ konusuna göre, S₆₆ konusunda ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %6 ve %9, S₃₃ konusunda %17 ve %35 daha düşük potasyum içeriği belirlenmiştir (Çizelge 4.35).

Çizelge 4.35. Yaprak potasyum içeriğinin sulama düzeyine ve prolin dozuna göre değişimi

Konular	Potasyum İçeriği (%)							
	2019				2021			
	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
S₁₀₀	1.67 a	1.58 a	1.52 a	1.45 a	2.48 a	2.84 a	2.53 a	1.99 a
S₆₆	1.57 b	1.51 b	1.43 b	1.36 b	2.31 b	2.58 b	2.21 b	1.62 b
S₃₃	1.48 b	1.40 c	1.30 c	1.21 c	2.16 b	2.33 c	2.89 c	1.28 c
LSD(0.05)	0.089	0.051	0.049	0.055	0.0160	0.148	0.222	0.199
P	0.0113**	0.0017**	0.0006**	0.0006**	0.013**	0.0017**	0.0035**	0.0015**
P₀	1.57	1.48 bc	1.39 b	1.31 c	2.22	2.52	2.10 b	1.57 ab
P₅	1.59	1.51 ab	1.42 ab	1.36 b	2.33	2.63	2.37 a	1.73 a
P₁₀	1.57	1.53 a	1.47 a	1.40 a	2.37	2.71	2.48 a	1.81 a
P₂₅	1.56	1.47 c	1.38 b	1.29 c	2.36	2.48	1.89 b	1.42 b
LSD(0.05)	-	0.043	0.049	0.037	-	-	0.234	0.250
P	ö.d.	0.0103**	0.0043**	0.0001**	ö.d.	ö.d.	0.0002**	0.0189**
SD x PD	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

Prolin uygulamalarında, P₅ ve P₁₀ uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. 4. uygulama döneminde, P₀'a göre, P₅ uygulamasında ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %4 ve %10, P₁₀ uygulamasında %7 ve %15 daha yüksek potasyum içerikleri belirlenmiştir. AlKahtani ve ark. (2021), şekerpancarında su stresinin yaprak potasyum içeriğini olumsuz etilediğini, yaprakta silisyum+prolin uygulaması ile potasyum değerlerinde artış sağlandığını bildirmişlerdir.

Bitki besin maddelerinin topraktan alınabilmesi için belli miktarda neme ihtiyaç vardır (Çepel, 1995). Tahıllarda yapılan araştırmalarda, su stresinin besin elementi alımını kısıtladığı ve aktif taşıma sistemlerinin şiddetli su stresinde bozulduğu veya tahrip olduğu belirtilmektedir (Pessarakli, 1999). Prolin, abiyotik stres koşulları oluştuğunda bitkide birikerek bitki metabolizmasında oluşan zararları hafifletmektedir. Araştırma sonuçlarında, 1. uygulamada, bitkilerde su stresinin yeterince oluşmaması nedeni ile prolin uygulamasının yaprak N, P ve K içeriğine etki etmediği, 2.uygulama itibari ile su stresinin artması ile prolin birikimi artarak bitki besin elementi alımında iyileştirici etki yaptığı düşünülmektedir.

4.11.4. Demir (Fe)

Araştırmada farklı sulama düzeyleri ve farklı prolin seviyelerinin yaprak demir içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.36, ortalama değerler Çizelge 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.36. Yaprak demir içeriğine ilişkin varyans analiz tablosu

Kaynaklar	Sd	2019				2021			
		1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
Sulama düzeyi	2	*	**	**	**	*	*	**	**
Hata1	4								
Prolin düzeyi	3	ö.d.	ö.d.	**	**	ö.d.	ö.d.	**	**
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Hata	18								
Toplam	35								
Cv(%)		13.00	11.31	12.24	10.99	11.57	8.82	9.78	10.81

**, *, ö.d., Sd Cv.: Sırasıyla, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, %5 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, serbestlik derecesi, varyasyon katsayısı

Araştırmanın her iki yılında da 1. ve 2.uygulamada sulama düzeylerinin, 2., 3. ve 4. uygulamalarda ise sulama düzeyi ve prolin düzeyinin yaprak demir içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu* önemsiz bulunmuştur.

Sulama konularında, en düşük yaprak demir içeriği S₃₃, en yüksek S₁₀₀ konusundan belirlenmiştir. Su stresi ile yapraktaki demir miktarında azalmalar meydana gelmiştir. Yaprak demir içerikleri çiçeklenme-bakla oluşum başlangıcı döneminde artarak, hızlı bakla-tohum oluşum döneminde azalmıştır. 4 uygulamada (hızlı bakla oluşumu-tohum oluşum başlangıcı) su stresinin fazla olduğu S₃₃ sulama düzeyinde S₁₀₀ konusuna kıyasla yaprak demir içeriği ilk yıl %55, ikinci yıl %51 azalmıştır (Çizelge 4.37). Bu azalmanın sebebi, zamana bağlı olarak su stresinin şiddetinin artması nedeni ile bitki besin elementinin yapraklara taşınımının zorlaşmasından, su şiddetine maruz kalan soya yapraklarının daha hızlı yaşlanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Kacar ve İnal (2010), bitkilerde demirin gelişme ile hızlı bir şekilde arttığını, gelişmenin yavaşlaması ile demir içeriğindeki artışın azaldığını, gelişme sonunda ise çok fazla değişim göstermediğini, tohum zarfı oluşmadan önce alınacak yapraklardaki demirin

yeterli olduğu seviyenin 51-350 ppm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu sonuç, araştırmada soya yapraklarındaki demirin (Fe) yeterli olduğunu desteklemektedir.

Çizelge 4.37. Yaprak demir içeriğinin sulama düzeyine ve prolin dozuna göre değişimi

Konular	Demir İçeriği (ppm)							
	2019				2021			
	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
S₁₀₀	265.3 a	326.8 a	303.1 a	254.2 a	291.4 a	347.1 a	386.3 a	354.1 a
S₆₆	215.1 ab	279.3 b	242.3 b	225.9 b	248.7 b	286.4 b	323.8 b	295.01 b
S₃₃	177.0 b	231.8 c	185.9 c	164.2 c	244.7 b	273.1 b	271.0 c	233.9 c
LSD(0.05)	54.8	24.3	14.0	20.7	39.4	52.7	44.3	39.2
P	0.0274*	0.0011**	0.0001**	0.0007**	0.053*	0.035*	0.005**	0.0028**
P₀	224.4	270.0	226.1 b	199.2 b	256.9	290.3	311.7 bc	273.9 b
P₅	224.9	288.6	257.1 a	227.6 a	259.2	307.0	338.1 ab	310.9 a
P₁₀	214.9	298.4	271.3 a	242.2 a	267.6	319.5	360.9 a	338.6 a
P₂₅	211.7	260.2	220.6 b	190.1 b	262.7	292.1	297.4 c	254.0 b
LSD(0.05)	-	-	29.6	23.4	-	-	31.7	31.5
P	ö.d.	ö.d.	0.0051**	0.0005**	ö.d.	ö.d.	0.0026**	0.0001**
SD x PD	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

Prolin uygulamalarında, yapraktan 5 ve 10 mM prolin uygulamasının yaprak demir içeriğini arttırdığı, 25 mM prolin uygulamasının azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.37). Hayat ve ark. (2012), bitkilerde prolinin belirli bir konsantrasyonda dışardan uygulandığında strese karşı dayanıklılığı arttırdığını, yüksek konsantrasyonlarda ise toksik etki yapabileceğini bildirmişlerdir. Bitkilerin sağlıklı büyümesi ve hayatta kalabilmesi için bitki besin elementlerinin emilimi önemlidir. Ancak çeşitli abiyotik stresler sonucunda bu emilim azalmaktadır. Dışardan prolinin uygulaması abiyotik streslerin neden olduğu zararı azaltılabilmektedir (Zouari ve ark., 2019). Cacefo ve ark. (2021), tütünde özellikle su stresi koşullarında yapraktan prolin uygulamasının klorozu önleyerek Fe içeriğini arttırdığını bildirmiştir.

4.11.5. Çinko (Zn)

Uygulamaların yaprak çinko içeriğine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.38, ortalama değerler Çizelge 4.39'da verilmiştir. Araştırmanın iki yılında da 1.uygulamada alınan yapraklarda konular arasında istatistiksel fark bulunmamıştır. 2. uygulamada sulama düzeyinin, 3. ve 4. uygulamada sulama düzeyi ve prolin

düzeylerinin yaprak çinko içeriğine etkisi önemli, *sulama düzeyi x prolin düzeyi* etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.38. Yaprak çinko içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları

Kaynaklar	Sd	2019				2021			
		1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
Sulama düzeyi	2	ö.d.	*	*	**	ö.d.	**	**	**
Hata1	4								
Prolin düzeyi	3	ö.d.	ö.d.	*	**	ö.d.	ö.d.	**	*
Sulama düzeyi x prolin düzeyi	6	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.
Hata	18								
Toplam	35								
Cv(%)		7.51	7.27	7.90	9.56	17.23	14.52	13.30	15.19

**, *, ö.d., Sd Cv.; Sırasıyla, %1 hata düzeyinde istatistiki önemli, %5 hata düzeyinde istatistiki önemli, istatistiki önemli değil, serbestlik derecesi, varyasyon katsayısı

Sulama düzeylerinde, en düşük yaprak çinko içeriği S₃₃, en yüksek S₁₀₀ konusundan belirlenmiştir. Su kısıntısı yaprak çinko içeriğini azaltmıştır. Çakmak (1999), çinkonun toprakta hareketliliğini sınırlayan en önemli faktörlerden birinin kurak koşullar olduğunu, Sümer (2022), kurak koşullar altında yetişen soya yapraklarında ve tanede çinko eksikliğinin görüldüğünü bildirmiştir.

Çizelge 4.39. Yaprak çinko içeriğinin sulama düzeyine ve prolin dozuna göre değişimi

Konular	Çinko İçeriği (ppm)							
	2019				2021			
	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5	1.Uyg R1-R2	2.Uyg R2-R3	3.Uyg R4-R5	4. Uyg R4-R5
S ₁₀₀	74.4	84.3 a	76.9 a	66.0 a	80.5	81.0 a	97.1 a	95.2 a
S ₆₆	68.9	79.7 ab	71.6 ab	63.5 a	76.4	73.3 b	78.1 b	80.5 b
S ₃₃	66.6	70.6 b	62.4 b	47.9 b	67.7	67.4 c	69.4 b	64.8 c
LSD(0.05)	-	10.6	9.2	9.2	-	1.95	14.4	12.8
P	ö.d.	0.050*	0.029*	0.011**	ö.d.	0.0001**	0.014**	0.007**
P ₀	68.4	78.2	68.1 b	56.7 bc	74.8	71.2	76.7 bc	77.1 ab
P ₅	69.4	79.8	71.7 ab	61.2 ab	76.1	74.1	83.6 ab	84.8 a
P ₁₀	69.4	78.1	74.9 a	63.8 a	80.4	81.5	94.2 a	88.9 a
P ₂₅	72.6	76.8	66.4 b	54.8 c	68.4	68.8	71.8 c	69.9 b
LSD(0.05)	-	-	5.5	5.6	-	-	18.6	12.1
P	ö.d.	ö.d.	0.020**	0.012**	ö.d.	ö.d.	0.002**	0.019*
SD x PD	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.	ö.d.

Prolin uygulamalarında, P_0 'a kıyasla P_5 ve P_{10} dozlarında ilk yıl sırayla %8 ve %13, ikinci yıl %10 ve %15 daha yüksek çinko içeriği belirlenmiştir.



5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Soya bitkisinde farklı su stresi koşullarında yapraktan uygulanan farklı konsantrasyonlardaki prolinin kısıntılı sulama koşullarında bitkinin su stresine karşı toleransı arttırmayı, ürün kaybını en aza indirecek en uygun prolin düzeyini belirlemeyi, prolin uygulaması ve kısıntılı sulamanın soya fasulyesinin tohum verim ve kalite parametreleri üzerine etkisini belirlemeyi hedefleyen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

Araştırmanın ilk yılında bitki yetiştirme sezonu boyunca 10'u konulu olmak üzere toplamda 12 kez, ikinci yıl ise 9'u konulu olmak üzere toplam 12 kez sulama yapılmıştır. Damla sulama ile sulamada uygulanan sulama suyu miktarları ilk yıl 179-463 mm, ikinci yıl 182-434 mm arasında değişmiştir.

Sulama düzeylerine bağlı olarak bitki su tüketim değerleri farklılık gösterirken, prolin uygulamaları bitki su tüketiminde anlamlı farklılıklar yaratmamıştır. BST; S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularında ilk yıl sırasıyla 546 mm, 434 mm ve 303 mm; ikinci yıl 512 mm, 409 mm ve 308 mm olarak belirlenmiştir. Artan sulama suyu ile bitki su tüketim değerleri artmıştır.

Uygulamalara bağlı olarak tohum verim değerleri farklılık göstermiştir. Sulama düzeylerinde en yüksek tohum verimi S₁₀₀ (405 kg da⁻¹ ve 461 da⁻¹), en düşük S₃₃ (297 kg da⁻¹ ve 319 da⁻¹) konusundan belirlenmiştir. Azalan sulama suyu miktarı tohum verimini önemli ölçüde azaltmıştır. %33 su kısıntısının ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %11 ve %13; %66 su kısıntısının ise %27 ve %31 tohum verimini azalttığı belirlenmiştir. Tohum verim değerleri ilk yıl 266-409 kg da⁻¹, ikinci yıl 279-465 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. Yapraktan prolin uygulamalarında S₁₀₀ konusunda tohum verim değerleri benzerlik gösterirken, S₆₆ ve S₃₃ konularında P₁₀ ve P₅ dozlarındaki prolin uygulamaları tohum veriminde önemli artışlar sağlamıştır. S₆₆P₁₀ konularında S₆₆P₀ konularına kıyasla ilk yıl %15, ikinci yıl %20; S₃₃ sulama düzeylerinde ise ilk %21, ikinci yıl %29 tohum veriminde artış sağlanmıştır.

Sulama düzeylerinde iki yılda da en düşük WUE S₁₀₀ (7.4 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 9 kg ha⁻¹ mm⁻¹), en yüksek S₃₃ (9.8 kg ha⁻¹ mm⁻¹ -10.4 kg ha⁻¹ mm⁻¹) konusundan belirlenmiştir. prolin uygulamalarında iki yılda da en yüksek WUE P₁₀ (9 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 10.6 kg ha⁻¹ mm⁻¹), en düşük P₂₅ (8.0 kg ha⁻¹ mm⁻¹ -9.0 kg ha⁻¹ mm⁻¹) konusundan belirlenmiştir. IWUE, su miktarının artması ile azalmıştır. S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularında ilk ve ikinci yıl 8.7 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 11.3 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 16.6 kg ha⁻¹ mm⁻¹ ve 10.5 kg ha⁻¹ mm⁻¹, 12.9 kg ha⁻¹

mm⁻¹ ve 16.2 kg ha⁻¹ mm⁻¹ olarak belirlenmiştir. Prolin uygulamalarında, S₁₀₀ konusu hariç, 5 ve 10 mM prolin uygulaması IWUE'ni arttırmıştır.

Kısıntılı sulama, bitki boyu, yaprak alan indeksi, yaprak su potansiyeli ve kuru madde miktarını önemli ölçüde azaltmıştır. S₁₀₀ sulama düzeyinde prolin uygulamaları önemli artış sağlamazken, S₆₆ ve S₃₃ konularında Prolin uygulanmayan konulara kıyasla P₅ ve P₁₀ uygulamaları bu parametrelerde önemli artış sağlayarak kuraklığın olumsuz etkilerini hafifletmiştir.

Bitki boyu iki yılda da en yüksek S₁₀₀ (104.9 cm ve 115.1 cm), en düşük S₃₃ (80.3 cm ve 87.5 cm) konusundan elde edilmiştir. S₁₀₀ konusuna kıyasla S₆₆ ve S₃₃ konularında sırasıyla ilk yıl %24 ve %12; ikinci yıl %24 ve %14 daha düşük bitki boyları ölçülmüştür. Prolin uygulamalarında iki yılda da en yüksek bitki boyu P₁₀ (96.1 cm ve 104.8 cm), en düşük P₂₅ (88.8 cm ve 98.2 cm) uygulamasından elde edilmiştir. Uygulamalara ait bitki boyları 76.8 -106.5 cm, ikinci yıl 83.7-116.9 arasında değişmiştir. S₆₆P₀'a kıyasla S₆₆P₁₀ uygulamasından ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %9 ve %7; S₃₃P₀'a kıyasla S₃₃P₁₀ uygulamasında %9 ve %11 bitki boyunda artış sağlanmıştır.

Bitki yetiştirme sezonu boyunca iki hafta aralıklarla ölçümü yapılan yaprak alan indeksi (LAI) ve her sulama öncesi ölçülen yaprak su potansiyeli (YSP) artan sulama suyu ile artmıştır. Su stresinin olmadığı S₁₀₀ konusunda LAI ve YSP prolin uygulamalarından etkilenmezken, su kısıtının olduğu S₆₆ ve S₃₃ konularında yapraktan 5 mM ve 10 mM prolin uygulaması LAI'ni ve YSP'ni artırmıştır.

Hasat dönemine ait kuru madde miktarlarında iki yılda da en yüksek değerler S₁₀₀ (2043 kg da⁻¹ ve 2309 kg da⁻¹), en düşük S₃₃ (1384 kg da⁻¹ ve 1439 kg da⁻¹) konusundan belirlenmiştir. Kuru madde miktarı S₁₀₀'e göre S₆₆ ve S₃₃ konularında ilk yıl sırasıyla %14 ve %33, ikinci yıl %15 ve %37 azalmıştır. Prolin uygulamalarında hasata ait kuru madde miktarları ilk yıl 1617 kg da⁻¹-1874 kg da⁻¹, ikinci yıl 1750 kg da⁻¹-2136 kg da⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek hasat kuru madde miktarı P₁₀, en düşük P₂₅ uygulamasından elde edilmiştir. Su stresi olmayan S₁₀₀ konusunda hasat kuru madde miktarı prolin düzeylerine bağlı olarak farklılık oluşturmazken, S₆₆P₀'a kıyasla P₅ ve P₁₀ uygulamalarında sırasıyla ilk yıl %8 ve %15; ikinci yıl %6 ve %17 oranında; S₃₃P₀'a kıyasla P₅ ve P₁₀ dozlarında ilk yıl sırasıyla %12 ve %21; ikinci yıl %25 ve %42 oranında artışlar sağlanmıştır.

S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ sulama düzeylerinde sırasıyla ilk yıl %9, %32 ve %51; ikinci yıl %11, %25 ve %42 oranında çiçek dökümü tespit edilmiştir. İki yılda da en yüksek ve en düşük çiçek tutum oranı S₁₀₀ ve S₃₃ konularından belirlenmiştir. Su kısıtının artması

çiçek dökümünü arttırmıştır. Çiçek döküm oranı, P_0 'a kıyasla P_5 konusunda ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %15 ve %8; P_{10} konusunda %27 ve %31 azalmıştır.

Klorofil, yeşil renk bir pigment olup, fotosentezde büyük bir görev almaktadır. Araştırmada her uygulamadan hemen sonra alınan yapraklarda ölçülen klorofil içerikleri farklı sulama düzeyi ve farklı prolin düzeyinden etkilenmiştir. Artan sulama düzeyine bağlı olarak klorofil içerikleri artış göstermiştir. Prolin düzeyi olarak değerlendirildiğinde ise en yüksek klorofil içerikleri P_{10} düzeyinden elde edilmiştir. Yapraktan 10 mM prolin uygulaması ile de yaprak klorofil içeriklerinde de artışlar sağlanmıştır. R1-R2 döneminde yani 1. uygulamadan hemen sonra alınan yapraklardaki tüm konulardaki klorofil içeriklerinden benzer sonuçlar elde edilmiş, 2. uygulamadan sonra alınan yapraklarda su stresinin şiddetinin artması sonucunda konular arasındaki farklar ortaya çıkmıştır.

Yaprak makro ve mikro element değerleri sulama düzeyi ve prolin uygulamalarından etkilenmiştir. Her uygulamadan sonra yaprak örneklemelerinde 5 ve 10 mM prolin uygulanan yapraklarda daha yüksek konsantrasyonlarda makro ve mikro element değerleri belirlenmiştir. Sulama düzeyi olarak baktığımızda su stresi ile yaprak makro ve mikro element değerleri azalma göstermiştir. En düşük değerler S_{33} sulama düzeyinden, prolin düzeyi olarak incelendiğinde ise P_{25} prolin düzeyinden elde edilmiştir. 5 ve 10 mM prolin uygulaması makro ve mikro element değerlerinin prolin uygulanamayan konulara kıyasla daha yüksek olması prolinin kuraklık stresinin olumsuz etkilerini azaltmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sulama seviyesinin azalması ile prolin konsantrasyonu artmıştır. S_{100} konusuna kıyasla S_{66} ve S_{33} konularında 4. uygulamada (R4-R5 dönemi) alınan yapraklardaki prolin konsantrasyonu sırasıyla ilk yıl %106 ve %167, ikinci yıl %70 ve %190 artmıştır. Prolin uygulanan konularda, uygulanmayanlara kıyasla daha yüksek konsantrasyonlarda prolin tespit edilmiştir. 4. uygulamada alınan yapraklardaki prolin konsantrasyonu P_0 konusuna göre P_5 , P_{10} ve P_{25} konularında sırasıyla ilk yıl %9, %16 ve %44; ikinci yıl %13, %19 ve %52 artmıştır. Artan prolin dozu ile yapraklardaki prolin konsantrasyonu da artmıştır.

Sulama düzeylerinde her iki yılda da en yüksek bakla sayısı S_{100} (46.8 adet bitki⁻¹ ve 69.5 adet bitki⁻¹), en düşük S_{33} (26.5 adet bitki⁻¹ ve 42.1 adet bitki⁻¹) konusundan belirlenmiştir. %33 su kısıntısı bakla sayısında ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %22 ve %18; %66 su kısıntısı %43 ve %39 oranında bakla sayısını azaltmıştır. Prolin uygulamalarında en yüksek bakla sayısı iki yılda da P_{10} (40.9 adet bitki⁻¹ ve 62.4 adet

bitki⁻¹) uygulamasından elde edilmiştir. P₀'a kıyasla P₁₀ uygulamasından her iki yılda da %18 daha fazla bakla elde edilmiştir. S₁₀₀ konusunda prolin uygulamalarının bakla sayısına etkisi olmazken, S₆₆P₅ ve S₆₆P₁₀ konusundan, S₆₆P₀ a kıyasla ilk yıl sırasıyla %18 ve %26, ikinci yıl %7 ve %21, S₃₃P₅ ve S₃₃P₁₀ konusundan S₃₃P₀ a kıyasla ilk yıl sırasıyla %17 ve %32, ikinci yıl %19 ve %35 daha fazla bakla elde edilmiştir.

Bakladaki tohum sayısı ve 1000 tohum ağırlığı artan sulama suyu ile artmıştır. Sulama düzeylerinde en yüksek bakladaki tohum sayısı ve 1000 tohum ağırlığı S₁₀₀, en düşük S₃₃ konularından elde edilmiştir. Bakaldaki tohum sayısı bakımından S₁₀₀ ve S₆₆ konuları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. S₁₀₀'e kıyasla S₃₃ konusundan iki yılda da %10 daha az tohum elde edilmiştir. S₁₀₀ konusuna göre, S₆₆ konusunda ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %4 ve %8; S₃₃ konusunda %10 ve %14 daha düşük 1000 tohum ağırlığı belirlenmiştir. Prolin düzeyleri, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonunun* bakladaki tohum sayısı ve 1000 tohum ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Yağ içeriğine sulama düzeylerinin etkisi istatistiksel olarak bulunurken, prolin düzeyi, *sulama düzeyi x prolin düzeyi interaksyonu* önemsiz bulunmuştur. İki yılda da en yüksek yağ oranı S₃₃ (%20.5 ve %20.8), en düşük S₁₀₀ (%19.8, %19.7) konusundan belirlenmiştir. Su kısıtı ile yağ oranı artmıştır. S₁₀₀ konusuna kıyasla S₃₃ konusunda yağ oranı ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %3.5 ve %5.6 artmıştır.

Protein oranı ise yağ oranının tersine su kısıtı ile azalmıştır. S₁₀₀, S₆₆ ve S₃₃ konularında protein oranları ilk yıl sırasıyla %36.15, %36.19 ve %35.42; ikinci yıl aynı sırayla %35.71, %35.38, %33.67 olarak belirlenmiştir. İlk yıl su kısıtının en fazla olduğu S₃₃ konusuna kıyasla S₆₆ ve S₁₀₀ konularında sırasıyla %2, ikinci yıl %5 ve %6 daha yüksek protein oranı belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlarda, soyada azalan sulama suyu ile tohum verimi, bakla sayısı, bakladaki tohum sayısı, 1000 tohum ağırlığı, protein oranı azalmıştır. Su kısıtı, bitki boyu, yaprak alan indeksi, yaprak su potansiyeli, kuru madde miktarı, klorofil konsantrasyonu değerlerini olumsuz etkilemiştir. Su kısıtı koşullarında, yapraktan 5 ve 10 mM prolin uygulaması su kısıntısının yarattığı bu olumsuz etkileri hafifleterek su stresini karşı toleransı arttırmış, en etkili uygulamanın 10 mM olduğu belirlenmiştir. Su kaynaklarının sınırlı olması durumunda ilk yıl %16, ikinci yıl %18 daha az tohum verimi almak koşuluyla sudan %33 kısıntı yapmak mümkündür. Yapraktan 10 mM prolin uygulaması ile %33 su kısıntısında tam sulanan konuya kıyasla tohum verim kayıplarının ilk yıl ve ikinci yıl sırasıyla %3 ve %2'ye; %66 su kısıntısında ise ilk yıl ve

ikinci yıl sırasıyla %32 ve %38 olan tohum verimi kayıplarını %18 ve %20'e düşürmek mümkündür.

Sonuç olarak; su stresi koşullarında yapraktan 5 ve 10 mM prolin uygulanması bitkinin su stresine toleransını arttırarak, kuraklığın olumsuz etkilerini hafiflettiği, 25 mM prolin uygulamasının ise tüm parametrelerde olumsuz etki yaparak bitki büyüme ve gelişimini olumsuz etkilediği, en etkili dozun 10 mM olduğu kanısına varılmıştır.



KAYNAKLAR

- Abdelaal, K. A. A., Attia, K. A., Alamery, S. F., El-Afry, M. M., Ghazy, A. I., Tantawy, D.S. and Hafez, Y. M., 2020. Exogenous application of proline and salicylic acid can mitigate the injurious impacts of drought stress on barley plants associated with physiological and histological characters. **Sustainability**. 12 (5), 1736.
- Abdelhamid, M. T., Rady, M. M., Osman, A. S. and Abdalla, M. A., 2013. Exogenous application of proline alleviates salt-induced oxidative stress in *Phaseolus vulgaris* L. plants. **J. Hortic. Sci. Biotechnol.** 88, 439-446,
- Adeyemi, O., Grove, I., Peets, S. and Norton, T., 2017. Advanced Monitoring and Management Systems for Improving Sustainability in Precision Irrigation. **Sustainability**. 9: 353.
- Ainer, N.G., Miseha, W.I., Abbas, F.A. and Eid, H. M., 1999. A new concept of rationalization of irrigation. **3rd Conference Of On-Farm Irrigation And Agroclimatology**. Cairo, Egypt.
- Aksu, G. ve Altay, H., 2021. Kuraklık stresi altında indol asetik asitin şeker pancarına (beta *vulgaris* l.) etkisi. **Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (Gbad)**. 10 (3), 276-283.
- Aktaş, L. Y., Akça, H., Altun, N., Yağmur, Y., 2008. Defne (*Laurus Nobilis* L.) de Kuraklığa uyum mekanizmalarının uyarılması ve oluşan içsel hormon değişimlerinin incelenmesi. T.C Çevre ve Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü. Teknik Bülten. İzmir. No:38.
- Aktaş, L. Y., ve Akça, H., 2015. Prolin uygulamasının defne fidelerinin kuraklık toleransının uyarılması üzerine etkileri. **Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD)**. 36: 18-27.
- Ali, Q., Ashraf, M. and Athar, H.R., 2007. Exogenously applied proline at different growth stages enhances growth of two maize cultivars grown under water deficit conditions. **Pakistan Journal of Botany**. (39), 1133–1144.
- Ali, Q. and Ashraf, M., 2011. Induction of drought tolerance in maize (*Zea mays* L.) due to exogenous application of trehalose: growth, photosynthesis, water relations and oxidative defence mechanism. **Journal of Agronomy and Crop Science**. (197), 258–271.
- Ali, Q., Anwar, F., Ashraf, M., Saari, N. and Perveen, R., 2013. Ameliorating effects of exogenously applied proline on seed composition, seed oil quality and oil antioxidant activity of maize (*Zea mays* L.) under drought stress. **Int. J. Mol. Sci.** 14, 818-835.
- Alia Mohanty, P., and Matysik, J., 2001. Effect of proline on the production of singlet oxygen. **Amino Acids**. 21: 195-200.
- AlKahtani M. D. F., Hafez Y. M., Attia K., Rashwan E., Husnain L. A., AlGwaiz, H. I. M. and Abdelaal K. A. A., 2021. Evaluation of silicon and proline application on the oxidative machinery in drought-stressed sugar beet. **Antioxidants** 2021, 10 (3): 398.
- Altınyüzük, H., 2017., Soya Çeşitlerinin çukurova koşullarında 2. ürün olarak verim ve kalite özelliklerinin incelenmesi. **Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 75 sayfa.**

- Aminifar, J., Mohsenabadi, G. H., Biglouei, M. H. and Samiezadeh, H., 2012. Effect of deficit irrigation on yield, yield components and phenology of soybean cultivars in Rasht region. **International Journal of AgriScience**. 2 (2), 185-191.
- Anda, A., Soós, G., Menyhárt, L., Kucserka, T. and Simon, B., 2020. Yield features of two soybean varieties under different water supplies and field conditions. **Field Crops Research**. 245, 107673.
- Anjum, S.A., Xie, X., Wang, L., Saleem, M.F., Man, C. and Lei, W., 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. **Afr. J. Agric. Res.** 6: 2026-2032.
- TÜİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2021-37249>. (Erişim tarihi 02.01.2024)
- Anonim, 2022. <https://www.progenseed.com/progen/9/soya-tohumu-asya.html> (Erişim tarihi 18.09.2022).
- Arnon, D. I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast: polyphenoloxidase in beta vulgaris. **Plant Physiol.** 14, 1-15.
- Ashraf, M. and Harris P.J.C., 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. **Plant Sci.** 166; 3-16.
- Ashraf, M. and Foolad, M. R., 2007. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abiotic stress tolerance. **Environmental and Experimental Botany**. (59), 206–216.
- Aydınşakir, K., 2018, Yield and quality characteristics of drip-irrigated soybean under different irrigation levels. **Agronomy Journal**. 110 (4), 1473-1481.
- Aydınşakir, K., Dinç, N., Özbek, Ö., Büyüktaş, D., Kocatürk, M., Özkan C. F., Gölükçü, M., 2019. **Yüzeyüstü ve yüzeyaltı damla sulama yöntemleri ile sulanan soyanın sulama programının oluşturulması**. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Aytekin, R. İ. and Çalışkan, S., 2024. Irrigation and potassium fertilization effects on plant growth, tuber yield, quality, and water use efficiency of potato. **Irrigation Science**. 42(2), 367-385.
- Ayvaz, C., 2014. Farklı prolin içeriğine sahip tuzlu suların mısır bitkisinin çimlenme ve çıkışına etkisi. **Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ankara. 77 sayfa.
- Bajaj, S., Chen, P., Longer, D. E., Shi, A., Hou, A., Ishibashi, T. and Brye, K. R., 2008. Irrigation and planting date effects on seed yield and agronomic traits of earlymaturing soybean. **J. Crop Improv.** 22 (1): 47–65.
- Bakır, M., 2012. Asma çeşit ve anaçlarında kuraklık ve tuz stresi toleransına yönelik mikrodizin analizleri ve stres ile ilgili transkriptomların tespiti. **Ankara Üniversitesi. Biyoteknoloji Enstitüsü**, Biyoteknoloji Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 179 sayfa.
- Bartels, D. and Sour, E., 2004. Molecular responses of higher plants to dehydration. In: plant responses to abiotic stresses. Eds. H. Hirt, K. Shinozaki, Springer, 13-37.
- Basal, O. and Szabó, A., 2020. Physiology, yield and quality of soybean as affected by drought stress. **Asian Journal of Agriculture and Biology**. 8 (3): 247-252.
- Basal, O. and Szabó, A., 2020. Yield and quality of two soybean cultivars in response to drought and N fertilization. **Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi**. 17 (2), 203-210.
- Basal, O. and Szabó, A., 2020. The combined effect of drought stress and nitrogen fertilization on soybean. **Agronomy**. 10 (3), 384.

- Başıyigit, L. ve Ersan, R., 2014. Isparta gülü (*Rosa damascena* Mill.) klorofil içeriğinin hiperspektral algılama teknikleriyle tahmini. **Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**. 17 (2): 18-22.
- Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**. 39: 205-207.
- Bayat R. A., Kuşvuran Ş., Ellialtıoğlu Ş. ve Üstün A.S., 2014. Tuz stresi altındaki genç kabak (*Cucurbita pepo* L. ve *C. moschata* Poir.) bitkilerine uygulanan prolin'in, antioksidatif enzim aktiviteleri üzerine etkisi. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**. 1 (1): 25–33.
- Bayer, R. ve Yılmaz, M., 2004. Türkiye’de soya fasulyesi ve önemi. **Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi**. ISSN: 1303-5134.
- Bellaloui, N. and Mengistu, A., 2008. Seed composition is influenced irrigation regimes and cultivar differences in soybean. **Irrigation Science**. 26: 261-268.
- Bijanzadeh, E., Barati, V. and Egan, T. P., 2022. Foliar application of sodium silicate mitigates drought stressed leaf structure in corn (*Zea mays* L.). **South African Journal of Botany**. 147, 8-17.
- Blum, A., 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential are they compatible, dissonant, or mutually exclusive?. **Australian Journal of Agricultural Research**. 56 (11), 1159.
- Burman, U., Garg, B. K. and Kathju, S., 2004. Interactive effects of thiourea and phosphorus on clusterbean under water stress. **Biologia Plantarum**. 48 (1): 61-65.
- Cacefo, V., Ribas, A. F., Guidorizi, K. A. and Esteves Vieira, L. G., 2021. Exogenous proline alters the leaf ionomic profiles of transgenic and wild-type tobacco plants under water deficit. **Industrial Crops and Products**. 170, 113830.
- Candoğan, B. N., 2009. Soya fasulyesinin su-verim ilişkileri. **Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Bursa, 121 sayfa.
- Candogan, B. N., Sincik, M., Buyukcangaz, H., Demirtas, C., Goksoy, A. T. and Yazgan, S., 2013. Yield, quality and crop water stress index relationships for deficit-irrigated soybean [*Glycine Max* (L.) Merr.] in sub-humid climatic conditions. **Agricultural Water Management**. 118:113-121.
- Candoğan, B. N. and Yazgan, S., 2016. Yield and quality response of soybean to full and deficit irrigation at different growth stages under sub-humid climatic conditions. **Journal of Agricultural Sciences**. 22: 129-144.
- Candoğan, B. N. ve Yazgan, S., 2018. Bursa Koşullarında soya fasulyesinin su üretim fonksiyonlarının belirlenmesi. **Toprak Su Dergisi**. 7 (1): (21-30).
- Celiktöpez, E., Kapur, B., Sarıdas, M. A., Güney, O. İ. And Aksoy, F., 2023. Yield, quality and physiological variation of strawberry in response to irrigation regimes and exogenous proline with a cost benefit analysis. **Plant Physiology and Biochemistry**. 195, 238-246.
- Chowdhury, J. A., Karim, M. A., Khaliq, Q. A., Ahmed, A. U. and Mondol, A. T. M., 2018. Effect of drought stress on water relation traits of four soybean genotypes. **SAARC Journal of Agriculture**. 15 (2): 163-175.
- Çakmak, İ., Kalaycı, M., Ekiz, H., Braun, H. J., Kılınç, Y. and Yılmaz, A., 1999. Zinc deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Türkiye: A nato-science for stability project. **Field Crops Research**. 60: 175-188.

- Çelik, S., 1989. **Tokat-Kazova'da soyanın (Amsoy-71) su tüketimi.** Köy Hizmetleri Tokat Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 97, Tokat.
- Çepel, N., 1995. **Toprak fiziki.** İ.Ü Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, 104-105.
- Çetin, M., 2016. Peyzaj çalışmalarında kullanılan bazı bitkilerde klorofil miktarının değişimi. **Kastamonu Uni., Orman Fakültesi Dergisi.** 16 (1): 239-245.
- Çetinkaya, H., 2015. Kuraklığa duyarlı ve toleranslı mısır (*Zea Mays L.*) bitkisinde kuraklık stresi altında yapılan bakır uygulamalarının oluşturduğu oksidatif hasar ve savunma cevaplarının araştırılması. **Sinop Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü,** Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Sinop, 80 sayfa.
- Çırak, C. ve Esendal, E., 2005. Soyada bitki gelişim dönemleri. **OMÜ Zir. Fak. Dergisi,** 2005, 20(2):57-65.
- Çırak, C. ve Esendal, E., 2006. Soyada kuraklık stresi. **Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi.** 21 (2), 231-237.
- De Fraiture, C. and Wichelns, D., 2010. Satisfying future water demands for agriculture. **Agric. Water Manag.** 97: 502–511.
- Dehnavi A. R., Zahedi, M., Ludwiczak, A. and Piernik, A., 2022. Foliar application of salicylic acid improves salt tolerance of sorghum (*sorghum bicolor (L.) moench*). **Plants** 2022. 11, 368.
- Delauney A. J. and Verma D. P. S., 1993. Proline biosynthesis and osmogelulation in plants. **The Plant Journal.** 4 (2), 215-223.
- Delice, H., 2017. Farklı gelişme dönemlerinde ve sulama düzeylerinde bölünmüş gübre uygulamalarının soya bitkisinin verim ve kalite özelliklerine etkilerinin belirlenmesi. **Mustafa Kemal Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü,** Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Hatay, 87 sayfa.
- Delice, H. and Odemis, B., 2021. Determination of effects of divided fertilizer in different growth stage on some yield characteristics of soybean cultivated under water deficit. **Fresenius Environmental Bulletin.** 30, 1588-1594.
- Dellal, İ., 2012. **Türkiye’de iklim değişikliğinin tarım ve gıda güvencesine etkileri.** Türkiye’nin II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1-32.
- Demir, İ., Kılıç, G. ve Coşkun, M., 2008. PRECIS Bölgesel iklim modeli ile türkiye için iklim öngörülleri: HadAMP3 SRES A2 senaryosu, **IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, Bildiriler Kitabı.** 365-373.
- Demir, İ., 2013. TR71 bölgesi yağlı tohumlu bitki yetiştiriciliği ve iklim değişikliğinin etkileri. **Türk Tarım-Gıda Bilim Dergisi.** 1(2): 73-78.
- Demircan, S., 2021. **Durum tahmin soya 2021.** Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE). Tepge yayın no: 348.
- Demirtaş, A., 2006. Bor bileşikler ve tarımda kullanımı. **Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.** 37 (1), 111-115.
- Derviş, Ö. ve M. Özel., 1987. **Çukurova koşullarında buğdaydan sonra ikinci ürün soyanın su tüketimi.** Tarım ve Orman Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Tarsus Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 139, Rapor Serisi No: 80, 44 s.
- Desclaux, D., Huynh, T. and Roumet, P., 2000. Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress. **Crop Science.** 40, 716-722.

- Doğan, K., Gök, M. ve Coşkan, A., 2007. Bakteriyel aşılama ile demir uygulamalarının 2. ürün yerfıstığı bitkisinde nodülasyon ve azot fiksasyonuna etkisi. **ÇÜ. Z.F. Dergisi**. 22 (3): 43-52.
- Dolapçı, F., 2012. Kahramanmaraş ekolojik koşullarında bazı soya çeşitlerinin tohum ve yağ verimi ile verim unsurlarını belirlemek amacı ile yürütülen çalışma. **kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi**. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 61 sayfa.
- Dolferus, R., 2014. To grow or not to grow: A stressful decision for plants. **Plant Sci**. 2229: 247-261.
- Dong, S., Jiang, Y., Dong, Y., Wang, L., Wang, W., Ma, Z., Yan, C., Ma, C. and Liu, L. 2019. A study on soybean responses to drought stress and rehydration. **Saudi Journal of Biological Sciences**. 26 (8) : 2006-2017.
- Dornbos, D. L. and R. E. Mullen., 1992. Soybean seed protein and oil contents and fatty acid composition adjustments by drought and temperature. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 69: 228–231.
- Ehsanpour, A. A. and Fatahian, N., 2003. Effects of salt and proline on *Medicago sativa* callus. *Plant Cell, Tissue Organ Culture*. 73 (1), 53–56.
- El-Mageed, T. A. A., El-Sherif, A. M. A., Ali, M. M. and El-Wahed, M. H. A., 2016. Combined effect of deficit irrigation and potassium fertilizer on physiological response, plant water status and yield of soybean in calcareous soil. **Archives of Agronomy and Soil Science**. 63, 827–840.
- Ekinci, B., 2015. Su kaynaklarının verimli kullanılmasına yönelik örnek ülke uygulamaları ve ülkemizde bu çalışmaların uygulanabilirliği. Uzmanlık Tezi, Powerpoint Sunumu. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Elmetwalli, A. H., Mohamed, S. S., Amer, M. M. and Ellassal, A. M., 2019. The effect of deficit irrigation on yield, water status, and water productivity of soybean crop under drip irrigation system. **Misr Journal of Agricultural Engineering**. 36 (3), 833-848.
- El- Taib, A. B. A., Bakheit, M. A., Awadalla, A. and Abd El- Galil, A. S., 2021. Impact of proline foliar spray on yield and its components of some soybean genotypes under newly reclaimed soils. **Assiut J. Agric. Sci**. 52 (5):64-75.
- Evet, S. R., Howell, T. A., Schneider, A. D., Upchurch, D. R. and Wanjura, D. F., 2000. Automatic drip irrigation of corn and soybean. *Proceedings of the 4 th Decennial National Irrigation Sym.*, Nov. 14-16, 2000, Phoenix, AZ, pp. 401-408.
- Fadhil, A. H. and Hussein, H. T., 2020. Studying the role of proline in reducing water stress and increasing the yield of field crops. **Plant Archives**. 20 (2), 9383-9386.
- Farias, J. R. B., Nepomuceno, A. L. and Neumaier, N., 2007. *Ecofisiologia da soja*. Londrina: Embrapa-CNPSo, 9 p. (Embrapa-CNPSo. Circular técnica, 48).
- Fischer, G., Tubiello, F. N., Van Velthuizen, H. and Wiberg, D. A., 2007. Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation, 1990-2080. **Technol. Forecast. Soc.** 74: 1083–1107.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S. M. A., 2009. Plant drought stress: Effects mechanisms and management. **Agron, Sustain. Dev**. 29: 185-212.
- Farzana, K., 2014. Improving drought tolerance in wheat by exogenous application of proline: M.S Thesis. Bangladesh Agricultural University, 66 p.

- Fehr, W.R. and Caviness, C.E., 1977. Stages of soybean development. Special report 80. Iowa State University, Ames, IA, USA.
- Foroud, N., Mindel, H. H., Saindon, G. and Entz, T., 1993. Effect of level and timing of moisture stress on soybean plant development and yield components. **Irrigation Science**. 13: 149-155.
- Frederick, J. R., Woolley, J. T., Hesketh, J. D. and Peters, D. B., 1990. Seed yield and agronomic traits of old and modern soybean cultivars under irrigation and soil water-deficit. **Field Crops Res**. 27, 71-82.
- Gajića, B., Kresović, B., Tapanarovaa, A., Životića, L. and Todorović, M., 2018. Effect of irrigation regime on yield, harvest index and water productivity of soybean grown under different precipitation conditions in a temperate environment. **Agricultural Water Management**. 210 (2018) 224–231.
- Gercek, S., Boydak, E., Okant, M. and Dikilitas, M., 2009. Water pillow irrigation compared to furrow irrigation for soybean production in a semi-arid area. **Agric. Water Manage**. 96(1): 87–92.
- Gerik, T. J., Faver, K. L., Thaxton, P. M. and El-Zik, K. M., 1996. Late season water stress in cotton: I. plant growth, water use, and yield. **Crop Science**. 36(4), 914.
- Ghafari, H., Tadayon, M. and Razmjoo, J., 2018. The role of salicylic acid and proline treatment on induction of antioxidant enzyme activities and salt tolerance responses of soybean (*Glycine max* L.). **Environmental Stresses in Crop Sciences**. 11 (3): 471-480.
- Ghafari, H. and Tadayon, M., 2019. The effect of salicylic acid and proline foliar application on some physiological characteristics of soybean (*Glycin Max* L.) under irrigation by saline water. **Journal of Plant Process and Function Iranin Society of Plant Physiology**. 8 (29): 125-138.
- Gilbert, N., 2012. Water under pressure. **Nature**. 483, 256–257.
- Golezani, K.G. and Jafari, S.F., 2012. Influence of water deficit on oil and protein accumulation in soybean grains. **International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences**. 46-52 p.
- Göksu, G., 2023. Akıllı tarımda dayanıklı kontrol stratejileriyle toprak nem dinamiği yönetimi. **EMO Bilimsel Dergi**. (3): 17-26.
- Gullap, M. K., Severoğlu, S., Karabacak, T., Yazıcı, A., Ekinci, M., Turan, M. and Yildirim, E., 2022. Biochar derived from hazelnut shells mitigates the impact of drought stress on soybean seedlings. **New Zealand Journal Of Crop And Horticultural Science**. DOI: [10.1080/01140671.2022.2079680](https://doi.org/10.1080/01140671.2022.2079680).
- Güler, F., 1990. Amik Ovası koşullarında ikinci ürün soya fasulyesinin su tüketimi ve su-verim ilişkilerinin saptanması üzerine bir araştırma. **Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kültürteknik Anabilim Dalı, Doktora Tezi**, Ankara, 93 sayfa.
- Günalp B., 2011. Patlıcan (*Solanum Melongena* L.) embriyo kültüründe, jasmonik asit ve tuz stresi etkileşiminin incelenmesi. **Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi**, Ankara, 77 sayfa.
- Güngör, A., 2022. Farklı su kısıtı koşullarında salisilik asit ve prolin uygulamalarının karpuz bitkisinin (*Citrullus lanatus*) verim, kalite parametreleri ve enzim aktiviteleri üzerine etkisi. **Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi**. Samsun. 138 sayfa.

- Hadid, M. L., Ramadan, K. M., El-Beltagi, H. S., Ramadan, A. A., El-Metwally, I. M., Shalaby, T. A. and Saady, H. S., 2023. Modulating the antioxidant defense systems and nutrients content by proline for higher yielding of wheat under water deficit. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**. 51 (3), 13291.
- Hall, H. C., Twidwell, E. K., 2002. Effects of drought stress on soybean production. https://openprairie.sdstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1253&context=extension_extra (Erişim tarihi 21.09.2018).
- Hanif, S., Saleem, M. F., Sarwar, M., Irshad, M., Shakoor, A., Wahid, M. A. and Khan, H. Z., 2020. Biochemically triggered heat and drought stress tolerance in rice by proline application. **Journal of Plant Growth Regulation**. 40, 305-312.
- Hasanuzzaman, M., Alam, M. M., Rahman, A., Hasanuzzaman, M., Nahar, K. and Fujita, M., 2014. Exogenous proline and glycinebetaine mediated upregulation of antioxidant defense and glyoxalase systems provides better protection against salt-induced oxidative stress in two rice (*Oryza sativa* L.) varieties. *BioMed Research International*. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/757219> (Erişim tarihi 15.11.2024)
- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K. and Bohnert, H. J., 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. **Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol**. 51: 463-99.
- Hatfield, J. L. and Prueger, J. H., 2015. Temperature extremes: Effect on plant growth and development. **Weather and Climate Extremes**. 10: 4-10.
- Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M. N., Wani, A. S., Pichtel, J. and Ahmad, A., 2012. Role of proline under changing environments. **Plant Signaling and Behavior**. 7: 11, 1456–1466.
- He, J., Jin, Y., Turner, N. C. and Li, F. M., 2020. Irrigation during flowering improves subsoil water uptake and grain yield in rainfed soybean. **Agronomy**. 10 (1), 120.
- Hedley, C.B., Knox, J.W., Raine, S.R. and Smith, R., 2014. Water, advanced irrigation technologies. **Encycl. Agric. Food Syst**. 5: 378-40.
- Heidari, G., Hasanzadeh, B., Siosemardeh, A., Sohrabi, Y., Emam, Y. and Majidi, M., 2015. The effects of drought stress levels, sulfur application and manganese spraying on some physiological traits of sunflower (*Helianthus annuus* L.). **Iranian Dryland Agronomy Journal**. 4, 29-44.
- Heidarian, A. R., Kord, H., Mostafavi, K., Lak, A. P. and Mashhadi, F. A., 2011. Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max* (L) Merr.) at different growth stages. **Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development**. 3 (9): 189 -197.
- Helms, T. C., Deckard, E., Goos, R. J. and Enz, J. W., 1996. Soil moisture, temperature, and drying influence on soybean emergence. **Agron. J**. 88, 662-667.
- Herman, J. C., 1992. How a soybean plant develops?. **Iowa State University of Science and Technology Cooperative Extension Service Special Report**. No:53, USA.
- Heuer, B., 1999. Osmoregulatory role of proline in plants exposed to environmental stresses. Pessarakli Mohammad (Ed.), *Handbook of Plant and Crop Stress*. 675-697. Marcel Dekker Inc. 270 Madison Avenue, New York, NY 10016.
- Hobbs, P. R. and Obendorf, R. L., 1972. Interaction of initial seed moisture and inhibitional temperature on germination and productivity of soybean. **Crop Sci**. 12, 664-667.

- Hodges, H. F. and L. G. Heatherly., 1983. Principles of water management for soybean production in Mississippi. Mississippi Agricultural Forestry Experiment Station. Bulletin No. 919. Mississippi State Univ., Mississippi State, MS.
- Hossain, M. A. and Fujita, M., 2010. Evidence for a role of exogenous glycinebetaine and proline in antioxidant defense and methylglyoxal detoxification systems in mung bean seedlings under salt stress. **Physiol. Mol. Biol. Plants**. 16: 19-29.
- Hossain, M. A., Hoque, A., Burritt, D. ve Fujita, M., 2014. Proline Protects Plants Against Abiotic Oxidative Stress: Biochemical and Molecular Mechanisms stress. **Biologia Plantarum**. 42: 249-257.
- Hoque, M. A., Banu, M. N., Okuma, E., Amako, K., Nakamura, Y., Shimoishi, Y. and Murata, Y., 2007. Exogenous proline and glycinebetaine increase NaCl-induced ascorbate glutathione cycle enzyme activities, and proline improves salt tolerance more than glycinebetaine in tobacco Bright Yellow-2 suspension cultured cells. **Journal of Plant Physiology**. (164), 1457–1468.
- Howell, T. A., Musick, J. T. and Tolck, J. A., 1986. Canopy temperature of irrigated winter wheat. **Transactions of the ASAE**. Vol. 29 (6): 1692-1699.
- Howell, T. A., Cuenca, R. H. and Solomon, K. H., 1990. Crop yield response management of farm irrigation system. (Ed: Hoffman, G.J ve ark.) **ASAE**. 312 sayfa.
- Hozman, S., 2016. Su stresi ve osmoprotektan uygulamalarının kestane fidanlarında fizyolojik ve morfolojik özellikler üzerine etkileri. **Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 113 sayfa.
- Hussain, M., Malik, M. A., Farooq, M., Ashraf, M. Y. and Cheema, M. A., 2008. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. **Journal of Agronomy and Crop Science**. 194 (3), 193–199.
- Iba, K., 2002. Acclimative response to temperature stress in higher plants: Approaches of gene engineering for temperature tolerance. **Annu. Rev. Plant. Biol**. 53: 225-45.
- Ibrahim, A. E.-A., El Mageed, T. Abd, Abohamid, Y., Abdallah, H., El-Saadony, M., AbuQamar, S., El-Tarabily, K. and Abdou, N., 2022. Exogenously applied proline enhances morph-physiological responses and yield of drought-stressed maize plants grown under different irrigation systems. **Frontiers in Plant Science**. 13,1-11.
- Irmak, S., Specht, J. E., Odhiambo, L. O., Rees, J. M. and Cassman, K. G., 2014. Soybean yield, evapotranspiration, water productivity, and soil water extraction response to subsurface drip irrigation and fertigation. **Transaction of ASABE**. 57 (3), 729-748.
- Islam M. N., Masud, A. A. C. Alam M. M., Islam, M. N., Rahman M. L., Hasanuzzaman, M., 2022. Osmolyte-induced water deficit stress mitigation during panicle initiation stage in transplanted rice (*Oryza Sativa* L.). **Plant Science Today Issn**. 9 (1), 9-20.
- Jackson, P., Rubertson, M., Cupper, M. and Hammer, G., 1996. The role of physiological understanding in plant breeding from breeding perspective. *Field Crops Res* 49, 11-37.
- James, L. G., 1988. Principles of farm irrigation system design, New York, 543p

- Jie, X., Dong, Q. and Li-Na, Z., 2008. Effects of sulfur nutrition on the chlorophyll content of maize leaf under zinc and drought stress. **Agricultural Research in The Arid Areas**. 2008: 1-2.
- John, M. G., 2001. Drought stress in soybeans. [http://www.uwex.edu/ces/cty/mauitowoc/Ag_papers/Drought Stress Soybean. pdf](http://www.uwex.edu/ces/cty/mauitowoc/Ag_papers/Drought%20Stress%20Soybean.pdf). (Erişim tarihi 22.08.2024)
- Kaçar, B., 1972. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri II. bitki analizleri. **A.Ü.Z.F. Yayınları**. No: 453.
- Kaçar, B. ve İnal, İ., 2010. **Bitki Analizleri**. Yayın No:1241, 892 Sayfa.
- Kamara, A. Y., Menk Ir, A., Badu-Apraku, B. and Ib Ikunle, O., 2003. The influence of drought stress on growth, yield and yield components of selected maize genotypes. **Journal of Agricultural Science**. 141: 43–50.
- Kanemasu, E. T., 1979. Irrigation water requirements and water stres, irrigated soybean production in arid and semi-arid regions. **Proc. of a Conf.** Held in Cairo, Egypt.
- Kang, H. and Saltveit, M. E., 2002. Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling leaves and roots are differentially affected by salicylic acid. **Physiologia Plantarum**. 115 (4):571–576.
- Karakaya, Z. ve Ödemiş, B., 2019. Farklı sulama düzeylerinde yetiştirilen bakteri aşılı ve aşısız soyanın su verim ilişkilerinin belirlenmesi. **Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**. 24 (Özel Sayı): 278-289.
- Karakuş, M., 2008. Farklı tuz (Nacl) stresi koşullarında prolin uygulamalarının patatest fizyolojik ve morfolojik özelliklere etkileri. **Harran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, şanlıurfa, 110 sayfa.
- Karam, F., Masaad, R., Sfeir, T., Mounzer, O. and Roupheal, Y., 2005. Evapotranspiration and seed yield of field grown soybean under deficit irrigation conditions. **Agric. Water Manage.** 75: 226–244.
- Karam, F., Karaa, K. and Tarabey, N., 2007. Effects of deficit irrigation on yield and water use efficiency of some crops under semi-arid conditions of the Bekaa valley of Lebanon. **Options Méditerranéennes: Série B. Etudes et Recherches**. (57), 137-151.
- Karim, M. R, Zhang, Y. Q., Zhao, R. R., Chen, X. P., Zhang, F. S. and Zou, C. Q., 2012. Alleviation of drought stress in winter wheat by late foliar application of zinc, boron, and manganese. **J. Plant Nutr. Soil Sci.** 175, 142–151.
- Kaur, G. and Asthir, B., 2015. Proline: A key player in plant abiotic stress tolerance. **Biol. Plant.** 59: 609-619.
- Kaya, A. ve İnan, M., 2018. Kuraklık ve tuz streslerine maruz kalan tütün (Nicotiana tabacum L.) bitkisinde bazı fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerine melatoninin etkileri. **KSÜ Tarım ve Doğa Derg.** 21 (4), 559-564.
- Kayabaşı, S., 2011. Kuraklık stresinde yetiştirilen soya'da (Glycine Max L.) bazı fizyolojik parametreler ile prolin birikiminin araştırılması. **Harran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, şanlıurfa, 40 sayfa.
- Kazgöz Candemir, D., ve Ödemiş, B., 2018. Yapraktan uygulanan farklı kükürt dozlarının pamuk bitkisinin (Gossypium hirsutum L.) değışik gelişme dönemlerindeki su stresinin azaltılması üzerine etkileri. **Derim**. 35(2): 161-172.
- Kazgöz Candemir, D., 2024. Farklı sulama suyu düzeyleri ve bor uygulamalarının soya bitkisinin verim ve kalite parametreleri üzerine etkisi. **Mustafa Kemal**

- Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Hatay, 146 sayfa.
- Khan, M. S. A., Karim, M. A. and Haque, M. M., 2014. Genotypic differences in growth and ions accumulation in soybean under NaCl salinity and water stress conditions. **Bangladesh Agron. J.** 18, 267-288.
- Khan, S. A., Karim, M. A., Mahmud, Abullah-Al, Sarveen, S., Bazzaz, M. M. and Hossain, M. A. 2015. Plant water relations and proline accumulations in soybean under salt and water stress environment. **Journal of Plant Sciences.** 3: 272-278.
- Khayatnezhad, M. and Gholamin, R., 2011. The effect of drought stress on leaf chlorophyll content and stress resistance in maize cultivars (Zea mays). **African Journal of Microbiology Research.** 6 (12): 2844-2848.
- Kılıç, B., 2020. Prolin ön uygulamasının kuraklık stresi koşullarındaki karaçam tohumlarının çimlenmesi üzerine etkilerinin araştırılması. **Artvin Çoruh Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Artvin, 60 sayfa.
- Kılınçoğlu, N., Cevheri, C. İ., Cevheri, A. and Nahya, H. Y., 2020. The effect of exogenous proline application on cotton plant (Gossypium hirsutum L.) under drought stress on some physiological parameters. **Comm. J. Biol.** 4 (2): 126-133.
- Kınacı, M., 2011. Çanakkale koşullarında soya fasulyesi çeşitlerinin verim bazı kalite unsurlarının belirlenmesi. **Selçuk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 76 sayfa.
- Kırda, C., Kanber, R., Tulucu, K. and Gungor, H., 1999. Yield response of cotton, maize, soybean, sugar beet, sunflower and wheat to deficit irrigation. In: C Kırda, P Moutonnet, C Hera and DR Nielsen (Eds.), Crop yield response to deficit irrigation, Dordrecht, the Netherlands. **Kluwer Academic Publishers.** Vol. 84: 21-38.
- Kırnak, H., Dogan, E. and Türkoğlu, H., 2010. Effect of drip irrigation intensity on soybean seed yield and quality in the semi arid Harran plain, Turkey. **Spanish Journal of Agricultural Research.** 8(4): 1208-1217
- King, C. A. and Purcell, L. C., 2001. Soybean nodule size and relationship to nitrogen fixation response to water deficit. **Crop Science.** 41, 1099 - 1107.
- Knipp, G. and Honermeier, B., 2006. Effect of water stress on proline accumulation of genetically modified potatoes (solanum tuberosum l.) generating fructans. **Journal of Plant Physiology.** 163: 392-397.
- Kishor, P. B. and Sreenivasulu, N., 2014. Is proline accumulation per se correlated with stress tolerance or is proline homeostasis a more critical issue?. **Plant Cell Environ.** 37: 300-311.
- Koç, E., 2023. Farklı bitki büyüme düzenleyicileri ve dozlarının ayçiçeğinde tane verimi ve kalitesi üzerine etkisi. **Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 52 sayfa.
- Korkmaz, K., 2018. Çilekte su stresi altındaki bitkiler üzerine humik asit ve silikonun etkisinin incelenmesi. **Harran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Şanlıurfa, 44 sayfa.
- Korukçu, A. ve Evsahibioğlu, N., 1981. Soya fasulyesi ve sulanması. **Tarım ve Mühendislik Dergisi.** Sayı 6, Ankara, s. 24-28.
- Köşkeroglu, S., 2006. Tuz ve su stresi altındaki mısır (Zea Mays L.) bitkisinde prolin birikim düzeyleri ve stres parametrelerinin araştırılması. **Muğla Üniversitesi. Fen**

- Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Muğla, 106 sayfa.
- Kurt, H., 2020. Salisilik asit uygulamalarının tuz stresi koşullarında yetiştirilen soya (*Glycine Max. L.*)’nın fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisi. **Van 100. Yıl Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Van, 84 sayfa.
- Latifi, N., 1989. Yield and morphological response of soybean to time of irrigation and sowing rate. **Dissertation Abstracts International**. 40: 5088-5098.
- Lehman, S., Funck, D., Szabados, L. and Rentsch, D., 2010. Proline metabolism and transport in plant development. **Amino Acids**. (39), 949-962.
- Li, D., Liu, H., Qiao, Y., Wang, Y., Cai, Z., Dong, B., Shi, C., Liu, Y., Li, X. and Liu, M., 2013. Effects of elevated CO₂ on the growth, seed yield, and water use efficiency of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought stress. **Agriculture Water Management**. 129: 105–112.
- Makbul, S., Saruhan Güler, N., Durmuş, N. and Güven, S., 2011. Changes in anatomical and physiological parameters of soybean under drought stress. **Turkish Journal of Botany**. 35: 369-377.
- Maleki, A., Naderi, A., Naseri, R., Fathi, A., Bahamin, S. and Maleki, R., 2013. Physiological performance of soybean cultivars under drought stress. **Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences**. 2 (6), 38-44.
- Manavalan, L. P., Guttikonda, S. K., Tran, L. S. P. and Nguyen, H. T., 2009. physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. **Plant Cell Physiol**. 50: 1260-1276.
- Mansour, M. M. F., 1998. Protection of plasma membrane of onion epidermal cells by glycinebetaine and proline against NaCl stress. **Plant Physiology and Biochemistry**. (36), 767–772.
- Markovi’c, M., Josipovi’c, M., Ravli’c, M., Josipovi’c, A. and Zebec, V., 2016. Deficit irrigation of soybean (*Glycinemax. (L.) Merr.*) based on monitoring of soil moisture, in subhumid area of eastern croatia. **Rom. Agric. Res.** 2016, 33.
- Merwad, A.-R. M. A., Desoky, E.-S. M. and Rady, M. M., 2018. Response of water deficit-stressed *Vigna unguiculata* performances to silicon, proline or methionine foliar application. **Scientia Horticulturae**. 228, 132-144.
- Miller, G., Suzuki, N., Çiftçi Yılmaz, S. and Mittler, R., 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signalling during drought and salinity stress. **Plant, Cell& Environment**. (33), 453-467.
- Montoya, F., García, C., Pintos, F. and Otero, A., 2017. Effects of irrigation regime on the growth and yield of irrigated soybean in temperate humid climatic conditions. **Agricultural Water Management**. 193, 30-45.
- Moran, J. F., Becana, M., Iturbe-Ormaetxe, I., Frechilla, S., Klucas, R. V. and AparicioTeho, P., 1994. Drought induces oxidative stress in pea plants. **Planta**. 194, 346- 352.
- Müjdeci, M., Sarıyev, A. ve Polat, V., 2005. Buğdayın (*Triticum aestivum L.*) Gelişme dönemleri ve yaprak alan indeksinin matematiksel modellenmesi. **Tarım Bilimleri Dergisi**. 11 (3), 278-282.
- Nanjo, T., Fujita, M., Seki, M., Kato, T., Tabata, S. and Shinozaki, K., 2003. Toxicity of free proline revealed in an Arabidopsis T-DNA-tagged mutant deficient in proline dehydrogenase. **Plant Cell Physiology**. 44, 541-548.

- Nayyer, H., Kaur, S., Singh, K. J., Dhir, K. K. and Bains, T., 2005. Water stress induced injury to reproductive phase in chickpea: Evaluation of stress sensitivity in wild and cultivated species in relation to abscisic acid and poly amines. **Journal of Agronomy and Crop Science**. 191, 450-457.
- Niu, J., Zhang, S., Liu, S., Ma, H., Chen, J., Shen, Q., Ge, C., Zhang, X., Pang, C. and Zhao, X., 2018. The compensation effects of physiology and yield in cotton after drought stress. **Journal of Plant Physiology**. 224-225: 30-48.
- Ohashi, Y., Saneoka, H., Matsumoto, K., Ogata, S., Premachandra, G. S. and Fujita, K., 1999. Comparison of water stress effects on growth, leaf water status, and nitrogen fixation activity in tropical pasture legumes siratro and desmodium with soybean. **Soil Sci. Plant Nutr**. 45 (4), 795-802.
- Oliveira, G. L. T. and Schneider, M., 2014. The Politics of Flexing Soybeans in China and Brazil, Transnational Institute (TNI) Agrarian Justice Program.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Vatanabe, F. S. and Dean, L. A., 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. **U.S. Dep. of Agr. Cir.**, Nb. 939, Washington D. C., s:19.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K. and Tran, L. P., 2014. Response of plants to water stress. **Front. Plant Sci**. 5: Article 86.
- Oturanc, M. S., 2008. Konya ili tarımsal kuraklık eylem planı. [http://www.wwf.org.tr/Fileadmin/Files/Konya İl Tarım Müdürlüğü Kuraklık Sunusu. Pdf](http://www.wwf.org.tr/Fileadmin/Files/Konya_İl_Tarım_Müdürlüğü_Kuraklık_Sunusu.Pdf). (Erişim tarihi 15.11.2024)
- Ouda, S., Elenin, R. A., Shreif, M. A., Benli, B. and Qadir, M., 2008. Prediction of Soybean yield and water productivity under deficit irrigation using yield-stress model. **International Journal of Natural and Engineering Sciences**. 05-12.
- Oya, T., Nepomuceno, A. L., Neumaier, N., Farias, J. R. B., Tobita, S. and Ito, O., 2004. Drought tolerance characteristics of Brazilian soybean cultivars: evaluation and characterization of drought tolerance of various Brazilian soybean cultivars in the field. **Plant Prod. Sci**. 7, 129-137.
- Ödemiş, B., Çalışkan, M. E., 2014. Photosynthetic response of potato plants to soil salinity. **Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi**. Sayfa:1429-1439.
- Ödemiş, B., Büyüktaş, D. ve Çalışkan, M. E., 2019. Effects of saline irrigation water and proline applications on yield, vegetative and physiological characteristics of potato crop (*Solanum tuberosum* L.). **Derim**. 36 (1):54-63.
- Ödemiş, B. and Uncu, S., 2022. Determining effects of foliar boron applications on yield and fruit quality of apricot trees for reducing water stress. **Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**. 27 (1):47-60.
- Ödemiş, B., Akışcan, Y., Akgöl, B. ve Can, D., 2023. Pamuğun vegetatif ve generatif özelliklerinin su stresi ve yaprakтан күкүрт гүбремесине tepkisi. **Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi**. 28 (2), 256-268.
- Özden, M., Dikilitaş, M., Gürsöz, S., Ak, B., 2011. 110R Anacı üzerine aşılı şiraz üzüm (*Vitis Vinifera* L.) çeşidinin Nacl ve prolin uygulamalarına karşı fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri. **HR. Ü. Z. F. Dergisi**. 15 (1): 1-9.
- Özkara, M. M., 1991. **Menemen yöresinde ikinci ürün soyanın su tüketimi**. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Menemen Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No:170, Rapor Serisi No: 111, 31 s.
- Öztürk, N.Z., 2015. Bitkilerin kuraklık stresine tepkilerinde bilinenler ve yeni yaklaşımlar. **Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi**. 3(5): 307-315.

- Payero, J. O., Melvin, S. R. and Irmak, S., 2005. Response of soybean to deficit irrigation in the semi-arid environment of west-central. **Nebraska [Dergi]// ASAE**. s. 2189-2203.
- Partigöç, N. S. ve Soğancı, S., 2019. Küresel iklim değişikliğinin kaçınılmaz sonucu: Kuraklık. **Resilience Journal**. 3(2): 287-299.
- Paul, A. K., Bala, T. K., Shahriar, S. and Hira, H. R., 2016. Effect of foliar application of zinc on yield of wheat grown under water stress condition. **International Journal of Bio-resource and Stress Management**. 7 (5), 1025-1031.
- Per, T. S., Khan, N. A., Reddy, P. S., Masood, A., Hasanuzzaman, M., Khan, M. I. R. and Anjum, N. A., 2017. Approaches in modulating proline metabolism in plants for salt and drought stress tolerance: Phytohormones, mineral nutrients and transgenics. **Plant Physiology and Biochemistry**. 115: 126-140.
- Pereira T. S., Lobato A. K. S., Tan D. K. Y., Costa D. V., Uchôa E. B., Ferreira R. N., Pereira E. S., Ávila F. W., Marques D. J. and Guedes E. M. S., 2013. Positive interference of silicon on water relations, nitrogen metabolism, and osmotic adjustment in two pepper (*Capsicum Annuum*) cultivars under water deficit. **Australian Journal of Crop Science**. 7 (8): 1064-1071.
- Pessarakli, M., 1999. Handbook of Plant and Crop Stress: Second Edition, Revised and Expanded "New York, USA: Marcel Dekker Incorporated, 299-303.
- Pettigrew, W. T., 2004. Physiological consequences of moisture deficit stress in cotton. **Crop Science**. 44 (4), 1265.
- Pujiwati, H., Widodo, W., Romeida, A., Suryati, D., Prameswari, W., Husna, M., Ikhtawan, N. and Anandyawati, A., 2022. Morphological and physiological characterization of four soybean varieties with different drought stress. **International Journal of Agricultural Technology**. 18(3):1179-1190.
- Qodirov, Z. Z., Oripov, I. A., Tagiyev, A., Shomurodova, G. and Bobirova, M., 2022. Water-saving irrigation technologies in soybean irrigation, effect of soybean on growth and development. **European Journal of Interdisciplinary Research and Development**. (3), 79-84.
- Richards, L. A., 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. **USDA Agriculture Handbook**. No:60.
- Rosadi, R., Senge, M., Ito, K. and Adomako, J., 2007. The effect of water stress in regulated deficit irrigation on soybean yield (*Glycine Max [L.] Merr.*), **Paddy and Water Environment**. s. 163-169.
- Sağlam, A., 2004. Ağır kuraklık stresi geçirmiş *Ctenanthe setosa* bitkisinin yeni kuraklık koşullarına adaptasyon yeteneğinin araştırılması. **Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon, 53 sayfa.
- Santos, A. R., Melo, Y. L., Oliveira, L. F., Cavalcante, I. E., Ferraz, R. L. S., Sá, F. V. S., Lacerda, C. F., Melo, A. S., 2022. Exogenous silicon and proline modulate osmoprotection and antioxidant activity in cowpea under drought stress. **J. Soil. Sci. Plant Nutr**. 22, 1692–1699.
- Sarımehmetoğlu, O., 2006. Çukurova bölgesi çiftçi koşullarında yetiştirilen soya ürününde bazı önemli kalite özelliklerinin belirlenmesi. **Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 74 sayfa.
- Sarıyer, T., 2018. Farklı sulama düzeyleri ile yetiştirilen biberde (*Capsicum Annuum L.*) prolin uygulamalarının verim ve bazı kalite parametrelerine etkileri.

- Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Çanakkale, 149 sayfa.**
- Saudy, H., El-Bially, M. E., Hashem, F. A., Shahin, M. G. and El-Gabry, Y. A., 2022. The changes in yield response factor, water use efficiency, and physiology of sunflower owing to ascorbic and citric acids application under mild deficit irrigation. **Gesunde Pflanzen**. 75: 899–909.
- Semida, W. M., Abdelkhalik, A., Rady, M. O., Marey, R. A. and Abd El-Mageed, T. A., 2020. Exogenously applied proline enhances growth and productivity of drought stressed onion by improving photosynthetic efficiency, water use efficiency and up-regulating osmoprotectants. **Scientia Horticulturae**. 272, 109580.
- Serraj, R. and Sinclair, T.R., 2002. Osmolyte accumulation, can it really help increase crop yield under drought conditions?. **Plant Cell Environ**. 25: 333-341.
- Sevik, H., Guney, D., Karakas, H. and Aktar, G., 2012. Change to amount of chlorophyll on leaves depend on insolation in some landscape plants. **International Journal of Environmental Sciences**. Volume 3, No 3, 2012.
- Sillmann, J. and Roeckner, E., 2008. Indices for extreme events in projections of anthropogenic climate change. **Clim. Chang**. 86: 83–104.
- Silva Sa F. V., Lima G. S., Santos J. B., Gheyi H. R., Anjos Soares L. A., Cavalcante L. F., Paiva E. P. and Padua Souza, L., 2016. Growth and physiological aspects of bell pepper (*Capsicum annuum*) under saline stress and exogenous application of proline. **African Journal of Biotechnology**. 15 (36): 1970-1976.
- Sincik, M., Candogan, B. N., Demirtas, C., Büyükcangaz, H., Yazgan, S. and Göksoy, A.T., 2008. Deficit irrigation of soybean [*Glycine max* (L) Merr.] in a sub-humid climate. **Journal of Agronomy and Crop Science**. 194, 200- 205.
- Singh B., Usha, K., 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. **Plant Growth Regulation**. 39: 137-141.
- Singh, A., 2010. Decision support for on-farm water management and long-term agricultural sustainability in a semi-arid region of India. **J. Hydrol**. 391: 63-76.
- Sionit, N., and Kramer, P. J., 1977. Effect of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy J**. 69 (2): 274-278.
- Sloane, R. J., Patterson, R. P. and Carter, T. E., 1990. Field drought tolerance of a soybean plant introduction. **Crop Science**. 30 (1), 118–123.
- Soil Survey Staff, 1993. Soil Survey Manual, USDA. **Handbook No: 18**. Washington D.C.
- Song, Y., Li, J., Liu, M., Meng, Z., Liu, K. and Sui, N., 2019. Nitrogen increases drought tolerance in maize seedlings. **Functional Plant Biology**. 46, 350-359.
- Sonobe, K., Hattori, T., An, P., Tsuji, W., Eneji, E., Tanaka, K. and Inanaga, S., 2009. Diurnal variations in photosynthesis, stomatal conductance and leaf water relation in sorghum grown with or without silicon under water stress. **Journal of Plant Nutrition**. 32, 433-442.
- Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K. and Moghadam, A. L., 2021. Effect of foliar application of proline on morphological and physiological traits of *Calendula Officinalis* L. under drought stress. **Journal of Ornamental Plants**. 11 (1), 13-30.
- Souza Júnior, P. C., Marchiori, P. E. R., Hippler, F. W. R., Bastos, L. D. S., Linhares, P. C. A. and Peralta Sanchez, M. A., 2023. Boron foliar supplementation as a strategy to attenuate drought stress in soybean. **Annals of Applied Biology**. 183 (3), 220-230.

- Stoeckl, N., Chaiechi, T., Farr, M., Jarvis, D., Álvarez-Romero, J. G., Kennard, M. J., Hermoso, V. and Pressey, R. L., 2015. Co-benefits and trade-offs between agriculture and conservation: A case study in Northern Australia. **Biol. Conserv.** 191: 478–494.
- Szabados, L. and Savoure, A., 2010. Proline: a multifunctional aminoacid. **Trends in Plant Science.** (15), 89-97.
- Şen, E. ve Başaran, N., 2007. Küresel ısınma sürecinde Konya Ovasının bazı iklim verilerinde meydana gelen değişimler ve eğilimler. http://www.ukidek.org/bildiriler/Bölgesel_15.doc. (Erişim tarihi 23. 10. 2023)
- Şimşek, M., Boydak, E., Gerçek, S. ve Kırnak, H., 2001. Harran Ovası koşullarında farklı sulama ve sıra aralıklarında yağmurlama-damla sulama yöntemleriyle sulanan soya fasulyesinin su verim ilişkisinin saptanması. **Tarım Bilimleri Dergisi.** 7 (3), 88-93.
- Sümer, F. Ö., 2022. Improvement of grain yield and protein ratio in soybean with zinc application. **Turkish Journal Of Agriculture-Food Science and Technology.** 10 (11): 2188-2195.
- Tabay, D., 2014. Marulda (*Lactuca Sativa* L.) Uv-B Stresine Tolerans Üzerine Prolinin Düzenleyici Etkisinin Moleküler, Biyokimyasal Ve Fizyolojik Düzeyde Belirlenmesi. **Atatürk Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 65 sayfa.
- Taşcı, R. ve Uçum, İ., 2018. **Soya durum raporu 2017/2018**. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Yayınları (TEPGE). Yayın no: 304.
- Teixeira, J. and Pereira, S., 2007. High salinity and drought act on an organ-dependent manner on potato glutamine synthetase expression and accumulation. **Environmental and Experimental Botany.** 60: 121-126.
- Teixeira, W. F., Soares, L. H., Fagan, E. B., Mello, S. C., Reichardt, K. and Dourado-Neto, D., 2020. Amino acids as stress reducers in soybean plant growth under different water-deficit conditions. **J. Plant Growth Regul.** 39, 905-919
- Tekin, H. G., 2019. Nitrik oksit uygulamasının sıcaklık stresi altında yetişen soya bitkisinin büyüme ve gelişmesi üzerine etkisi. **Harran Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 46 sayfa.
- Tezcan, L., Ekmekçi, M., Atilla, Ö., Gürkan, D., Yalçınkaya, O., Otgonbayar, N., Saylu, M.E., Donma, S., Yılmaz, D., Akyatan, A., Pelen, N., Topaloglu, F., İrvem, A., 2007. Seyhan Nehri Havzasında Tarım Güvenliği İçin Su Kaynakları Sistemlerinin İklim Değişikliğine Karşı Duyarlılıklarının Araştırılması. **ICCAP Projesi Türk Grubu Sonuç Raporları**, Kyoto, s. 1-24
- Trenberth, K. E., 2011. Changes in precipitation with climate change. **Cimate Research.** 47: 123-138.
- Tunçtürk, R., Tunçtürk, M. ve Erol, O., 2021. Su stresi koşullarında yetiştirilen soya fasulyesinin (*Glycine max* L.) bazı fizyolojik özellikleri üzerine rizobakteri (PGPR) ve mikroalg uygulamalarının etkisi. **ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi.** 9 (2): 359–368.
- Tüzel, İ.H., Ul, M. A., Anaç, S. ve Yaşar, S., 1992. **Menemen Yöresinde değişik sulama aralıklarının ikinci ürün soya verimine etkisi.** IV. Ulusal Tarımsal

- Yapılar ve Sulama Kongresi. Bildiriler Kitabı. 186–196. 24 – 26 Haziran, Erzurum.
- Verslues, P. E. and Sharma, S., 2010. Proline metabolism and its implications for plant environment interaction. The Arabidopsis Book/American Society of Plant Biologists, p. 8.
- Vurukonda, S. S. K. P., Vardharajula, S., Shrivastava, M. and Skz, A., 2016. Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. **Microbiol. Res.** 184: 13-24.
- Walkley, A., 1946. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils. **Soil Sci.** 63: 251-263.
- Wang, L., Zhang, T. and Ding, S., 2006. Effect of drought and rewatering on photosynthetic physioecological characteristics of soybean. **Acta Ecologica Sinica.** 26: 2073–2078.
- Wei, Y., Jin, J., Jiang, S., Ning, S. and Liu, L., 2018. Quantitative response of soybean development and yield to drought stress during different growth stages in the huaibei plain, China. **Agronomy** 2018. 8, 97.
- Wilcox, J. R. and Shilbes, R. M., 2001. Interrelationships Among Seed Quality Attributes in Soybean. **Crop Sci.** 41: 11-14.
- Wu, W. And Ma, B., 2015. Integrated nutrient management (INM) for sustaining crop productivity and reducing environmental impact: A Review. **Sci. Total Environ.** 512-513: 415–427.
- Yan, Z., Guo, S., Shu, S., Sun, J. and Tezuka, T., 2013. Effects of proline on photosynthesis, root reactive oxygen species (ROS) metabolism in two melon cultivars (*Cucumis melo* L.) under NaCl stress. **Afr. J. Biotechnol.** 10: 18381-18390.
- Yavaş, İ., Akgül, H. N. ve Ünay, A., 2016. Bitkilerin kuraklığa dayanıklılığını artırmaya yönelik uygulamalar. **Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi.** 4 (1), 48-57.
- Yediyıldız, A. G., 2019. Bor stresi altındaki buğday fidelerine dıştan uygulanan prolinin iyileştirici etkisinin araştırılması. **Karadeniz Teknik Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Trabzon, 90 sayfa.
- Yetgin, S., 2008. Çukurova bölgesinde ana ürün koşullarında bazı soya çeşit ve hatlarının verim ve tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi. **Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana, 65 sayfa.
- Yıldırım, A. ve İlker, E., 2018. Ege Bölgesi'nde ikinci ürün koşullarında bazı soya çeşit ve hatlarının verim ve agronomik özellikleri ile kalite özelliklerinin belirlenmesi. **Adü Ziraat Derg.** 15 (2): 1-8.
- Yiğit, A., Erekul, O. and Yaraşır, N., 2021. kısıtlı sulama ve kükürt dozu uygulamalarının soya fasulyesinde bitki gelişimi ve klorofil (SPAD) içeriğine etkisi. **ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi.** 9 (1): 105–117.
- Yüzbaşı, Ş., 2021. Günümüzdeki ve gelecekteki iklim koşullarında farklı sulama uygulamalarının ikinci ürün soya fasulyesi verimine etkisinin incelenmesi. **Ege Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, İzmir, 157 sayfa.
- Zaimoğlu Onat, F. B., 2012. Erken ve geç ekilen ikinci ürün soyada çift sıralı ekim yönteminde farklı bitki yoğunluklarının verim ve verim unsurlarına etkisi.

- Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü,** Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, Adana, 121 sayfa.
- Zelege, K. and Nendel, C., 2024. Yield response and water productivity of soybean (*Glycine max* L.) to deficit irrigation and sowing time in south-eastern Australia. **Agricultural Water Management.** 296,1-13.
- Zhang, X., Lei, L., Lai, J. and Zhao, H., 2018. Effects of drought stress and water recovery on physiological responses and gene expression in maize seedlings. **BMC Plant Biology.** 18, 1-16.
- Zou, Y. N., Wu, Q. S. and Kuča, K., 2021. Unravelling the role of arbuscular mycorrhizal fungi in mitigating the oxidative burst of plants under drought stress. **Plant Biology.** 23, 50-57.
- Zouari, M., Hassena, A. B., Trabelsi, L., Rouina, B. B., Decou, R. and Labrousse, P., 2019. **Exogenous proline-mediated abiotic stress tolerance in plants: Possible Mechanisms.** In Osmoprotectant-Mediated Abiotic Stress Tolerance in Plants; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019; pp. 99-121.

ÖZGEÇMİŞ

İlkokul, ortaokul ve lise öğrenimini Adana’da tamamladı. 1999 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Bölümünü kazanarak 2003 yılında Ziraat Mühendisi unvanıyla mezun oldu. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı ve 2007 yılında “Farklı Sulama Uygulamaları Altında Mısır Çeşitlerinin Sulama Suyu ve Gübre Kullanım Etkinliği” konulu yüksek lisans tezini tamamladı. 2008-2012 yılları arasında Denizbank Tarım Bankacılığı Müşteri Temsilcisi olarak görev yaptı. 2012 yılında Alata Bahçe Kùltürleri Araştırma Enstitüsü’ne Ziraat Mühendisi olarak atandı ve halen bu kurumda görev yapmaktadır. 2014 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalında doktora öğrenimine başladı ve 2018 yılında Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalına geçiş yaparak doktora eğitimine devam etmektedir. Evli ve iki çocuk annesidir.

EKLER

Ek Çizelge 1. Bitki su tüketim hesapları, mm (2019)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç nemi	Sulama suyu	Yağış	Derine sızma	Periyodik BST	Yığılmış BST
S₁₀₀ P₀	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	27		0	29	71
	7.08.2019	200	41		0	42	100
	14.08.2019	199	45		0	43	142
	21.08.2019	201	43		0	50	185
	28.08.2019	194	49		0	41	235
	4.09.2019	202	42		0	41	276
	11.09.2019	203	42		0	45	317
	18.09.2019	200	44	14	0	60	362
	25.09.2019	198	45		0	47	422
	3.10.2019	196	47	5	0	76	469
	22.10.2019	172	0		0		545
	Toplam	ΔD=43	464	38	0	545	
S₁₀₀ P₅	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	27		0	29	71
	7.08.2019	199	41		0	41	100
	14.08.2019	194	45		0	38	141
	21.08.2019	199	43		0	48	179
	28.08.2019	190	49		0	37	227
	4.09.2019	195	42		0	34	264
	11.09.2019	209	42		0	51	298
	18.09.2019	208	44	14	0	68	349
	25.09.2019	205	45		0	54	417
	3.10.2019	196	47	5	0	76	471
	22.10.2019	170	0		0		547
	Toplam	ΔD=45	464	38	0	547	
S₁₀₀ P₁₀	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	27		0	29	71
	7.08.2019	205	41		0	47	100
	14.08.2019	204	45		0	48	147
	21.08.2019	197	43		0	46	195
	28.08.2019	191	49		0	38	241
	4.09.2019	195	42		0	34	279
	11.09.2019	199	42		0	41	313
	18.09.2019	196	44	14	0	56	354
	25.09.2019	205	45		0	54	410
	3.10.2019	204	47	5	0	84	464
	22.10.2019	169	0		0		548
	Toplam	ΔD=46	464	38	0	548	

Ek Çizelge 1'in devamı

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç nemi	Sulama suyu	Yağış	Derine sızma	Periyodik BST	Yığılmış BST
S₁₀₀ P₂₅	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	27		0	11	71
	7.08.2019	218	41		0	52	82
	14.08.2019	207	45		0	46	134
	21.08.2019	206	43		0	45	180
	28.08.2019	204	49		0	39	225
	4.09.2019	214	42		0	41	264
	11.09.2019	215	42		0	50	305
	18.09.2019	207	44	14	0	65	355
	25.09.2019	200	45		0	47	420
	3.10.2019	198	47	5	0	75	467
	22.10.2019	175	0		0		542
	Toplam	ΔD=40	464	38	0	542	
S₆₆ P₀	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	18		0	20	71
	7.08.2019	200	27		0	36	91
	14.08.2019	191	30		0	31	127
	21.08.2019	190	28		0	38	158
	28.08.2019	180	32		0	36	196
	4.09.2019	176	28		0	35	232
	11.09.2019	169	27		0	36	267
	18.09.2019	160	29	14	0	47	303
	25.09.2019	156	30		0	27	350
	3.10.2019	159	31	5	0	54	377
	22.10.2019	141	0		0		431
	Toplam	ΔD=74	319	38	0	431	
S₆₆ P₅	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	18		0	29	71
	7.08.2019	200	27		0	41	100
	14.08.2019	196	30		0	38	141
	21.08.2019	184	28		0	48	179
	28.08.2019	180	32		0	37	227
	4.09.2019	178	28		0	34	264
	11.09.2019	176	27		0	51	298
	18.09.2019	165	29	14	0	68	349
	25.09.2019	157	30		0	54	417
	3.10.2019	151	31	5	0	76	471
	22.10.2019	135	0		0		437
	Toplam	ΔD=80	319	38	0	437	

Ek Çizelge 1'in devamı

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç nemi	Sulama suyu	Yağış	Derine sızma	Periyodik BST	Yığılmış BST
S₆₆ P₁₀	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	18		0	20	71
	7.08.2019	200	27		0	31	91
	14.08.2019	196	30		0	44	122
	21.08.2019	182	28		0	37	166
	28.08.2019	173	32		0	35	203
	4.09.2019	170	28		0	29	238
	11.09.2019	169	27		0	30	267
	18.09.2019	166	29	14	0	58	297
	25.09.2019	151	30		0	35	355
	3.10.2019	146	31	5	0	50	390
	22.10.2019	132	0		0		440
	Toplam	ΔD=83	319	38	0	440	
S₆₆ P₂₅	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	18		0	21	71
	7.08.2019	199	27		0	34	92
	14.08.2019	192	30		0	34	126
	21.08.2019	188	28		0	33	160
	28.08.2019	183	32		0	40	193
	4.09.2019	175	28		0	33	233
	11.09.2019	170	27		0	28	266
	18.09.2019	169	29	14	0	45	294
	25.09.2019	167	30		0	45	339
	3.10.2019	152	31	5	0	44	384
	22.10.2019	144	0		0		428
	Toplam	ΔD=71	319	38	0	428	
S₃₃ P₀	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	9		0	15	71
	7.08.2019	196	13		0	23	86
	14.08.2019	186	15		0	30	109
	21.08.2019	171	14		0	19	139
	28.08.2019	166	16		0	27	158
	4.09.2019	155	14		0	16	185
	11.09.2019	153	14		0	25	201
	18.09.2019	142	14	14	0	32	226
	25.09.2019	138	15		0	23	258
	3.10.2019	130	16	5	0	16	281
	22.10.2019	135	0		0		297
	Toplam	ΔD=80	297	38	0	297	

Ek Çizelge 1'in devamı

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç nemi	Sulama suyu	Yağış	Derine sızma	Periyodik BST	Yığılmış BST
S₃₃ P₅	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	9		0	14	71
	7.08.2019	197	13		0	28	85
	14.08.2019	182	15		0	27	113
	21.08.2019	170	14		0	24	140
	28.08.2019	160	16		0	32	164
	4.09.2019	144	14		0	18	196
	11.09.2019	140	14		0	19	214
	18.09.2019	135	14	14	0	34	233
	25.09.2019	129	15		0	17	267
	3.10.2019	127	16	5	0	22	284
	22.10.2019	126	0		0		306
	Toplam	89	179	38	0	306	
S₃₃ P₁₀	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	9		0	17	71
	7.08.2019	194	13		0	24	88
	14.08.2019	183	15		0	29	112
	21.08.2019	169	14		0	25	141
	28.08.2019	158	16		0	26	166
	4.09.2019	148	14		0	29	192
	11.09.2019	133	14		0	20	221
	18.09.2019	127	14	14	0	34	241
	25.09.2019	121	15		0	20	275
	3.10.2019	116	16	5	0	15	295
	22.10.2019	122	0		0		310
	Toplam	ΔD=93	179	38	0	310	
S₃₃ P₂₅	5.07.2019	215			0	10	0
	10.07.2019	205	15		0	35	10
	21.07.2019	185	24	19	0	26	45
	31.07.2019	202	9		0	12	71
	7.08.2019	199	13		0	28	83
	14.08.2019	184	15		0	23	111
	21.08.2019	176	14		0	28	134
	28.08.2019	162	16		0	28	162
	4.09.2019	150	14		0	25	190
	11.09.2019	139	14		0	22	215
	18.09.2019	131	14	14	0	33	237
	25.09.2019	126	15		0	20	270
	3.10.2019	121	16	5	0	10	290
	22.10.2019	132	0		0		300
	Toplam	ΔD=83	300	38	0	300	

Ek Çizelge 2. Bitki su tüketimi hesapları, mm (2021)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç nemi	Sulama suyu	Yağış	Derine sızma	Periyodik BST	Yığılmış BST
S₁₀₀ P₀	11.06.2021	207	15		0	32	0
	31.06.2021	190	20		0	29	32
	13.07.2021	181	23		0	4	61
	20.07.2021	200	37		0	41	65
	27.07.2021	196	47		0	42	106
	4.08.2021	201	43		0	45	148
	11.08.2021	199	45		0	41	193
	18.08.2021	203	42		0	45	234
	25.08.2021	200	44		0	42	279
	1.09.2021	202	42		0	40	321
	8.09.2021	204	41	53	0	87	361
	15.09.2021	211	35		0	62	448
	11.10.2021	184	0		0		510
	Toplam	ΔD=23	434	53	0	510	
S₁₀₀ P₅	11.06.2021	207	15		0	32	0
	1.07.2021	190	20		0	29	32
	14.07.2021	181	23		0	4	61
	21.07.2021	200	37		0	38	65
	28.07.2021	199	47		0	51	103
	5.08.2021	195	43		0	40	154
	12.08.2021	198	45		0	44	194
	19.08.2021	199	42		0	48	238
	26.08.2021	193	44		0	43	286
	2.09.2021	194	42		0	40	329
	9.09.2021	196	41	53	0	75	369
	16.09.2021	215	35		0	69	444
	11.10.2021	181	0		0		513
	Toplam	ΔD=26	434	53		513	
S₁₀₀ P₁₀	11.06.2021	207	15		0	32	0
	1.07.2021	190	20		0	29	32
	14.07.2021	181	23		0	4	61
	21.07.2021	200	37		0	33	65
	28.07.2021	204	47		0	55	98
	5.08.2021	196	43		0	39	153
	12.08.2021	200	45		0	53	192
	19.08.2021	192	42		0	43	245
	26.08.2021	191	44		0	42	288
	2.09.2021	193	42		0	36	330
	9.09.2021	199	41	53	0	77	366
	16.09.2021	216	35		0	71	443
	11.10.2021	180	0		0		514
	Toplam	ΔD=27	434	53	0	514	

Ek Çizelge 2'nin devamı

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç nemi	Sulama suyu	Yağış	Derine sızma	Periyodik BST	Yığılmış BST
S₁₀₀ P₂₅	11.06.2021	207	15		0	32	0
	31.06.2021	190	20		0	29	32
	13.07.2021	181	23		0	4	61
	20.07.2021	200	37		0	42	65
	27.07.2021	195	47		0	48	107
	4.08.2021	194	43		0	41	155
	11.08.2021	196	45		0	46	196
	18.08.2021	195	42		0	37	242
	25.08.2021	200	44		0	44	279
	1.09.2021	200	42		0	44	323
	8.09.2021	198	41	53	0	79	367
	15.09.2021	213	35		0	66	446
	11.10.2021	182	0		0		512
	Toplam	ΔD=25	434	53		512	
S₆₆ P₀	11.06.2021	207	15		0	32	0
	1.07.2021	190	20		0	29	32
	14.07.2021	181	23		0	4	61
	21.07.2021	200	25		0	28	65
	28.07.2021	197	31		0	38	93
	5.08.2021	190	28		0	35	131
	12.08.2021	183	29		0	32	166
	19.08.2021	180	27		0	36	198
	26.08.2021	171	30		0	30	234
	2.09.2021	170	28		0	34	264
	9.09.2021	164	27	53	0	68	298
	16.09.2021	176	23		0	40	366
	11.10.2021	160	0		0		406
	Toplam	ΔD=47	306	53		406	
S₆₆ P₅	11.06.2021	207	15		0	32	0
	1.07.2021	190	20		0	29	32
	14.07.2021	181	23		0	4	61
	21.07.2021	200	25		0	29	65
	28.07.2021	196	31		0	37	94
	5.08.2021	190	28		0	34	131
	12.08.2021	184	29		0	34	165
	19.08.2021	179	27		0	39	199
	26.08.2021	167	30		0	32	238
	2.09.2021	165	28		0	33	270
	9.09.2021	160	27	53	0	62	303
	16.09.2021	178	23		0	46	365
	11.10.2021	155	0	0	0		411
	Toplam	ΔD=52	306	53	0	411	

Ek Çizelge 2'nin devamı

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç nemi	Sulama suyu	Yağış	Derine sızma	Periyodik BST	Yığılmış BST
S₆₆ P₁₀	11.06.2021	207	15		0	17	0
	31.06.2021	190	20		0	44	17
	13.07.2021	181	24		0	4	61
	20.07.2021	200	18		0	26	65
	27.07.2021	199	27		0	36	91
	4.08.2021	194	30		0	40	127
	11.08.2021	182	28		0	38	167
	18.08.2021	173	32		0	35	205
	25.08.2021	165	28		0	32	240
	1.09.2021	163	27		0	32	272
	8.09.2021	159	29	53	0	59	304
	15.09.2021	180	30		0	47	363
	11.10.2021	156	31		0		410
	Toplam	ΔD=51	306	53	0	410	
S₆₆ P₂₅	11.06.2021	207	15		0	32	0
	1.07.2021	190	20		0	29	32
	14.07.2021	181	23		0	4	61
	21.07.2021	200	25		0	30	65
	28.07.2021	195	31		0	39	95
	5.08.2021	187	28		0	26	134
	12.08.2021	189	29		0	34	160
	19.08.2021	184	27		0	32	194
	26.08.2021	179	30		0	39	226
	2.09.2021	170	28		0	34	265
	9.09.2021	164	27	53	0	66	299
	16.09.2021	178	23		0	43	365
	11.10.2021	158	0		0		408
	Toplam	ΔD=49	306	53	0	408	
S₃₃ P₀	11.06.2021	207	15		0	32	0
	1.07.2021	190	20		0	29	32
	14.07.2021	181	23		0	4	61
	21.07.2021	200	25		0	18	65
	28.07.2021	194	31		0	29	83
	5.08.2021	181	28		0	24	112
	12.08.2021	171	29		0	18	136
	19.08.2021	168	27		0	22	154
	26.08.2021	160	30		0	23	176
	2.09.2021	151	28		0	22	199
	9.09.2021	143	27	53	0	52	221
	16.09.2021	157	23		0	26	273
	11.10.2021	143	0		0		299
	Toplam	ΔD=64	182	53		299	

Ek Çizelge 2'nin devamı

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç nemi	Sulama suyu	Yağış	Derine sızma	Periyodik BST	Yığılmış BST
S₃₃ P₅	11.06.2021	207	15		0	32	0
	31.06.2021	190	20		0	29	32
	13.07.2021	181	23		0	4	61
	20.07.2021	200	25		0	20	65
	27.07.2021	192	31		0	26	85
	4.08.2021	182	28		0	26	111
	11.08.2021	170	29		0	19	137
	18.08.2021	166	27		0	30	156
	25.08.2021	150	30		0	18	186
	1.09.2021	146	28		0	22	204
	8.09.2021	138	27	53	0	45	226
	15.09.2021	159	23		0	38	271
	11.10.2021	133	0	0	0		309
	Toplam	ΔD=74	182	53	0	309	
S₃₃ P₁₀	11.06.2021	207	15		0	32	0
	1.07.2021	190	20		0	29	32
	14.07.2021	181	23		0	4	61
	21.07.2021	200	12		0	17	65
	28.07.2021	195	16		0	34	82
	5.08.2021	177	14		0	24	116
	12.08.2021	167	15		0	21	140
	19.08.2021	161	14		0	29	161
	26.08.2021	146	14		0	19	190
	2.09.2021	141	14		0	20	209
	9.09.2021	135	13	53	0	40	229
	16.09.2021	161	12		0	43	269
	11.10.2021	130	0		0		312
	Toplam	ΔD=77	182	53	0	312	
S₃₃ P₂₅	11.06.2021	207	15		0	32	0
	1.07.2021	190	20		0	29	32
	14.07.2021	181	23		0	4	61
	21.07.2021	200	12		0	18	65
	28.07.2021	194	16		0	26	83
	5.08.2021	184	14		0	28	109
	12.08.2021	170	15		0	14	137
	19.08.2021	171	14		0	22	151
	26.08.2021	163	14		0	24	173
	2.09.2021	153	14		0	20	197
	9.09.2021	147	13	53	0	59	217
	16.09.2021	154	12		0	36	276
	11.10.2021	130	0		0		312
	Toplam	ΔD=77	182	53	0	312	