

**T.C.  
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SU STRESİNİN YAĞ GÜLÜ (*Rosa damascena* Mill.)  
FİDANLARINDA MORFOLOJİK VE BİYOKİMYASAL  
ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ**

**Tuğba TİRYAKİ**

**Danışman  
Prof. Dr. Fatma YILDIRIM**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI  
ISPARTA - 2018**



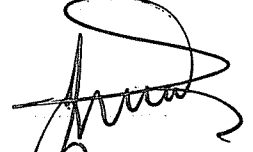
© 2018 [Tuğba TİRYAKİ]

## TEZ ONAYI

**Tuğba TİRYAKİ** tarafından hazırlanan "**Su Stresinin Yağ Gülü (*Rosa damascena* Mill.) Fidanlarında Morfolojik ve Biyokimyasal Özellikler Üzerine Etkisi**" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri üyeleri önünde Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

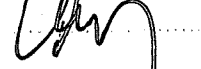
**Danışman**

**Prof. Dr. Fatma YILDIRIM**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



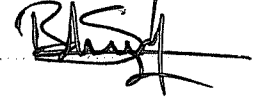
**Jüri Üyesi**

**Prof. Dr. Soner KAZAZ**  
Ankara Üniversitesi



**Jüri Üyesi**

**Doç. Dr. Bekir ŞAN**  
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi



**Enstitü Müdürü**


**Prof. Dr. Yasin TUNCER**

.....

## **TAAHHÜTNAME**

Bu tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

**Tuğba TIRYAKI**



# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER .....	i
ÖZET .....	iii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ .....	6
2.1. Yağ Gülü Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	11
2.2. Diğer Türlerde Yapılan Çalışmalar .....	13
3. MATERYAL VE METOT .....	19
3.1. Bitkisel Materyal .....	19
3.1.1. Yağ gülünün bitkisel özellikleri .....	19
3.1.1. Araştırmanın yürütüldüğü yer ve yıl .....	20
3.1.2. Araştırma alanının iklim özellikleri .....	21
3.1.3. Araştırmada kullanılan yetiştirme ortamının bazı fiziksel özellikleri .....	22
3.1.4. Araştırmada kullanılan su kaynağının özellikleri .....	22
3.1.6. Kültürel işlemler .....	22
3.2. Metot .....	23
3.2.1. Fidanların temin edilmesi ve polietilen tüplere aktarılması .....	23
3.2.2. Su stresi uygulamaları .....	23
3.2.3. Uygulanan sulama suyu miktarının hesaplanması .....	23
3.2.4. Uygulama zamanı ve yaprak örneklerinin alınması .....	24
3.2.5. Fidanlarda incelenen özellikler .....	25
3.2.5.1. Morfolojik özellikler .....	25
3.2.5.1.1. Fidan boyu (cm) .....	25
3.2.5.1.2. Fidan gövde çapı (mm) .....	25
3.2.5.1.3. Sürgün sayısı (adet) .....	25
3.2.5.1.4. Yaprak alanı (cm <sup>2</sup> ) .....	25
3.2.5.1.5. Yaprak SPAD değeri .....	26
3.2.5.2. Biyokimyasal özellikler .....	26
3.2.5.2.1. Klorofil içeriği .....	26
3.2.5.2.2. Lipid peroksidasyonu (MDA) içeriği .....	27
3.2.5.2.3. Toplam fenolik madde içeriği .....	28
3.2.5.2.4. Toplam flavonoid madde içeriği .....	29
3.2.5.2.5. Toplam çözünebilir protein içeriği .....	30
3.2.5.2.6. Toplam prolin içeriği .....	32
3.2.5.3. Antioksidant enzim aktiviteleri .....	33
3.2.5.3.1. Askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi .....	33
3.2.5.3.2. Katalaz (CAT) enzim aktivitesi .....	34
3.2.5.3.3. Peroksidaz (POD) enzim aktivitesi .....	35
3.2.5.3.4. Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi .....	36
3.2.5. İstatistiksel analiz .....	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI .....	38
4.1. Morfolojik Özellikler .....	38
4.2. Biyokimyasal Özellikler .....	39

4.2.1. Su stresinin klorofil içeriği üzerine etkileri .....	39
4.2.1.1. Klorofil a .....	39
4.2.1.2. Klorofil b .....	40
4.2.1.3. Klorofil a+b .....	42
4.2.2. Su stresinin Lipid peroksidasyonu (MDA) içeriği üzerine etkileri.....	44
4.2.3. Su stresinin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkileri .....	45
4.2.4. Su stresinin toplam flavonoid içeriği üzerine etkileri.....	47
4.2.5. Su stresinin toplam çözünebilir protein içeriği üzerine etkileri.....	49
4.2.6. Su stresinin toplam prolin içeriği üzerine etkileri.....	51
4.3. Antioksidant Enzim Aktiviteleri.....	53
4.3.1. Su stresinin askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi üzerine etkileri .....	53
4.3.2. Su stresinin katalaz (CAT) enzim aktivitesi üzerine etkileri .....	55
4.3.3. Su stresinin peroksidaz (POD) enzim aktivitesi üzerine etkileri .....	57
4.3.4. Su stresinin süperoksiz dismutaz (SOD) enzim aktivitesi üzerine etkileri .....	58
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	61
KAYNAKLAR .....	68
ÖZGEÇMİŞ .....	78

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### SU STRESİNİN YAĞ GÜLÜ (*Rosa damascena* Mill.) FİDANLARINDA MORFOLOJİK VE BİYOKİMYASAL ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİSİ

Tuğba TİRYAKİ

Süleyman Demirel Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatma YILDIRIM

Bu çalışma, su stresi altındaki yağ gülü (*Rosa damascena* Mill.) fidanlarında meydana gelen morfolojik ve biyokimyasal değişimleri belirlemek amacıyla, 2017 yılında yürütülmüştür. Bu amaçla üç farklı sulama seviyesi, serada polietilen tüpler içerisinde bulunan bir yaşlı yağ gülü fidanlarına sekiz hafta boyunca şu şekilde uygulanmıştır: kontrol olarak tam sulama (saksı kapasitesinin (SK) %100'ü) ve su stresi oluşturmak için iki farklı seviyede kısıtlı su uygulaması (SK'nin %50'si ve SK'nin %25'i). Eksilen su miktarı her 3 günde bir verilmiştir. Morfolojik özellikler olarak fidan boyu, sürgün sayısı, gövde çapı, yaprak alanı ve SPAD değerleri ölçülmüştür. Biyokimyasal özellikler olarak yapraklarda klorofil a, klorofil b, klorofil a+b, malondialdehid (MDA), toplam fenolik madde, toplam flavonoid madde, toplam çözünebilir protein, toplam prolin ve antioksidant enzim aktiviteleri (süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT)) saptanmıştır. Çalışmada, fidan boyu ve yaprak SPAD değerleri kontrol uygulamasında (%100 SK) nispeten yüksek (sırasıyla 74.13 cm ve 40.86) olmuştur. En yüksek sürgün sayısı %25 SK uygulamasında (1.55 adet/bitki) belirlenmiştir. %50 ve %25 düzeyinde kısıtlı sulama uygulamaları klorofil a, klorofil b ve klorofil a + b, toplam fenolik, toplam flavonoid ve toplam protein içeriğini önemli ölçüde düşürürken, prolin miktarını arttırmıştır. Su stresi antioksidant enzim aktivitelerini önemli ölçüde etkilemiştir. %50 ve %25 düzeyinde sulama uygulamaları APX, CAT ve SOD aktivitesini arttırırken, POD aktivitesini azaltmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yağ gülü, su stresi, enzim, yaprak, fenolik, flavanoid, klorofil, prolin

2018, 78 sayfa

## **ABSTRACT**

**M.Sc. Thesis**

### **EFFECT OF WATER STRESS ON MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PROPERTIES IN NURSERY TREES OF OIL ROSE (*Rosa damascena* Mill.)**

**Tuğba TİRYAKİ**

**Süleyman Demirel University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Horticulture**

**Supervisor: Prof. Dr. Fatma YILDIRIM**

This study was carried out in 2017 in order to determine the morphological and biochemical changes of the oil rose (*Rosa damascena* Mill.) nursery trees under water stress. For this purpose three different irrigation levels were applied to the potted one-year-old nursery trees in a greenhouse for eight weeks as follows: full irrigation as control (100% of the pot capacity (PC) and two deficit irrigation treatments (50% of the PC and 25% of the PC) to perform water stress. Deficient water amount was given every 3 days. The nursery tree height, the number of shoot, the trunk diameter, the leaf area and SPAD values were measured as morphological characteristics. The contents of chlorophyll a, chlorophyll b, chlorophyll a+b, malondialdehyde (MDA), total phenolics, total flavonoids, total soluble protein, total proline and the activities of antioxidant enzyme (superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), ascorbate peroxidase (APX), catalase (CAT)) as biochemical properties. In the study, the nursery tree height and SPAD values (respectively, 74.13 cm and 40.86) of the leaves was relatively higher in control irrigation treatment (100% PC). The highest number of lateral shoots was recorded in 25% PC treatment (1.55 no/plant). While 50% of the PC and 25% of the PC irrigation treatments significantly decreased the content of chlorophyll a, chlorophyll b, and chlorophyll a+b, total phenolics, total flavonoids and total proteins, it increased the content proline. Water stress significantly affected the antioxidant enzymes activities. While 50% of the PC and 25% of the PC irrigation treatments increased the APX, CAT and SOD activities, it decreased the POD activities.

**Keywords:** Oil rose, water stress, enzyme, leaf, phenolic, flavanoid, chlorophyll, proline

**2018, 78 pages**

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Fatma YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam sırasında her türlü bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan değerli hocam Prof. Dr. Yusuf UÇAR'a teşekkür ederim.

Laboratuvarlarında çalışma olanağı sağlayan, Prof. Dr. Yaşar KARAKURT'a ve Laboratuvar çalışmalarında materyal sağlamamda yardımcı olan değerli hocam Doç. Dr. Bekir ŞAN'a teşekkür ederim.

Toprak analiz kısmında yardımlarını esirgemeyen hocam Prof. Dr. Metin MÜJDECİ ve Araştırma görevlisi Enise SUKUŞU'ya teşekkür ederim.

Literatür araştırmalarımnda her türlü desteğini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Adnan Nurhan YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Laboratuvar çalışmalarımnda yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Ziraat Yüksek Mühendisleri Civan ÇELİK ve Berna BAYAR'a, arazi çalışmalarımnda yardımcı olan Ziraat Mühendisleri Tolunay Kamil KÖKEN, Umut BALIKÇI ve Ziraat Yüksek Mühendisi Aslıhan ADIGÜZEL'e teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında beni yalnız bırakmayan babam Mehmet TİRYAKİ, annem Durkadin TİRYAKİ, ablam Ayşe TİRYAKİ BÜYÜKÇETİN ve bütün TİRYAKİ ailesine sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Tuğba TİRYAKİ

ISPARTA, 2018

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1. 2017 yılı gül ihracat değeri .....	3
Şekil 3.1. Yağ gülü bitkisi ve çiçekleri .....	20
Şekil 3.2. Denemede kullanılan fidanların görünümü .....	20
Şekil 3.3. Fidanların saksı kapasitesine getirilmesinden görünümler .....	24
Şekil 3.4. Klorofil içeriğinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması.....	26
Şekil 3.5. Lipid peroksidasyonu (MDA) içeriği belirlenmesi için örneklerin hazırlanması.....	27
Şekil 3.6. Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması .....	29
Şekil 3.7. Toplam flavonoid içeriğinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması .....	30
Şekil 3.8. Toplam çözünebilir protein madde içeriğinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması.....	31
Şekil 3.9. Toplam prolin içeriğinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması...	32
Şekil 3.10. Askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması.....	33
Şekil 3.11. Katalaz (CAT) enzim aktivitesinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması.....	34
Şekil 3.12. Peroksidaz (POD) enzim aktivitesinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması.....	35
Şekil 3.13. Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması.....	36
Şekil 4.1. Farklı su düzeylerinde klorofil a içeriğinin dönemlere göre değişimi .....	40
Şekil 4.2. Farklı su düzeyi uygulamaları ile klorofil a içeriği arasındaki ilişki .....	40
Şekil 4.3. Farklı su düzeylerinde klorofil b içeriğinin dönemlere göre değişimi.....	41
Şekil 4.4. Farklı su düzeyi uygulamaları ile klorofil b içeriği arasındaki ilişki .....	42
Şekil 4.5. Farklı su düzeylerinde klorofil a+b içeriğinin dönemlere göre değişimi.....	43
Şekil 4.6. Farklı su düzeyi uygulamaları ile klorofil a+b içeriği arasındaki ilişki .....	44
Şekil 4.7. Farklı su düzeylerinde lipid peroksidasyonu (MDA) içeriğinin dönemlere göre değişimi.....	45
Şekil 4.8. Farklı su düzeylerinde toplam fenolik madde içeriğinin dönemlere göre değişimi.....	46
Şekil 4.9. Farklı su düzeyi uygulamaları ile toplam fenolik madde içeriği arasındaki ilişki .....	47
Şekil 4.10. Farklı su düzeylerinde toplam flavonoid içeriğinin dönemlere göre değişimi.....	48
Şekil 4.11. Farklı su düzeyi uygulamaları ile toplam flavonoid içeriği arasındaki ilişki .....	49
Şekil 4.12. Farklı su düzeylerinde toplam çözünebilir protein içeriğinin dönemlere göre değişimi .....	50
Şekil 4.13. Farklı su düzeyi uygulamaları ile toplam çözünebilir protein içeriği arasındaki ilişki.....	51

Şekil 4.14. Farklı su düzeylerinde toplam prolin içeriğinin dönemlere göre değişimi.....	52
Şekil 4.15. Farklı su düzeyi uygulamaları ile toplam prolin içeriği arasındaki ilişki .....	53
Şekil 4.16. Farklı su düzeylerinde APX enzim aktivitesinin dönemlere göre değişimi.....	54
Şekil 4.17. Farklı su düzeyi uygulamaları ile APX enzim aktivitesi arasındaki ilişki .....	55
Şekil 4.18. Farklı su düzeylerinde CAT enzim aktivitesinin dönemlere göre değişimi.....	56
Şekil 4.19. Farklı su düzeyi uygulamaları ile CAT enzim aktivitesi arasındaki ilişki .....	56
Şekil 4.20. Farklı su düzeylerinde POD enzim aktivitesinin dönemlere göre değişimi.....	58
Şekil 4.21. Farklı su düzeyi uygulamaları ile POD aktivitesi arasındaki ilişki .....	58
Şekil 4.22. Farklı su düzeylerinde SOD enzim aktivitesinin dönemlere göre değişimi.....	59
Şekil 4.23. Farklı su düzeyi uygulamaları ile SOD aktivitesi arasındaki ilişki .....	60

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 1.1. Türkiye yağ gülü üretim alanları, üretim miktarları ve verim değerleri .....	2
Çizelge 1.2. 2017 yılı Isparta'da ilçelere göre yağ gülü dikili alanları, üretim miktarları ve verim değerleri .....	2
Çizelge 3.1. 2017 yılı Ağustos-Kasım aylarında Isparta ili ortalama sıcaklık ve nem değerleri.....	21
Çizelge 3.2. Sera içerisinde Ağustos-Kasım aylarında ölçülen ortalama sıcaklık ve nem değerleri.....	21
Çizelge 3.3. Denemede kullanılan yetiştirme ortamının tekstürü .....	22
Çizelge 4.1. Su stresi uygulamalarının fidan boyu, gövde çapı, yaprak alanı ve yaprak SPAD değeri üzerine etkileri .....	38
Çizelge 4.2. Su stresi uygulamalarının klorofil a içeriği (mg/g) üzerine etkileri .....	39
Çizelge 4.3. Su stresi uygulamalarının klorofil b içeriği (mg/g) üzerine etkileri .....	41
Çizelge 4.4. Su stresi uygulamalarının klorofil a+b içeriği (mg/g) üzerine etkileri .....	42
Çizelge 4.5. Su stresi uygulamalarının lipid peroksidasyonu (MDA) içeriği (nmol/g <sup>-1</sup> ) üzerine etkileri.....	44
Çizelge 4.6. Su stresi uygulamalarının toplam fenolik madde içeriği (mg/g) üzerine etkileri .....	46
Çizelge 4.7. Su stresi uygulamalarının toplam flavonoid içeriği (mg/g) üzerine etkileri .....	48
Çizelge 4.8. Su stresi uygulamalarının toplam çözünebilir protein içeriği (mg/ml) üzerine etkileri .....	49
Çizelge 4.9. Su stresi uygulamalarının toplam prolin içeriği (mg/g) üzerine etkileri .....	51
Çizelge 4.10. Su stresi uygulamalarının APX enzim aktivitesi (mol/min/g) üzerine etkileri .....	53
Çizelge 4.11. Su stresi uygulamalarının CAT enzim aktivitesi (U/mg) üzerine etkileri .....	55
Çizelge 4.12. Su stresi uygulamalarının POD enzim aktivitesi (ΔA460/min/mg) üzerine etkileri .....	57
Çizelge 4.13. Su stresi uygulamalarının SOD aktivitesi (U/mg) üzerine etkileri .....	59

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
APX	Askorbat peroksidaz
KAT	Katalaz
cm <sup>2</sup>	Santimetre kare
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
Da	Dekar alan
DNA	Deoksiribonükleik asit
DTT	Dithiothreitol
EC	Elektrik iletkenliği
EDTA	Etilendiamintetraasetik asit
EtOH	Etil alkol
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
G	Gram
GA <sub>3</sub>	Giberellik asit
GR	Glutatyon redüktaz
Ha	Hektar alan
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen peroksit
Kg	Kilogram
LEA	Late Embryogenesis Abundant
LOX	Lipoksigenaz
M	Molar
MDA	Malondialdehit
mg	Miligram
min	Dakika
mm	Milimetre
mM	Mili molar
NADPH	Nikotinamid adenin dinükleotit fosfat
NBT	Nitroblue tetrazolium
nm	Nanometre
O <sub>2</sub>	Oksijen
OH <sup>-</sup>	Hidroksil
PBS	Fosfat tampon salin
PEG	Polietilen glikol
pH	Hidrojenin gücü
POD	Peroksidaz
PVPP	Polivinilpirolidon
ROS	Reaktif oksijen türleri
RWC	Bağıl su içeriği
SK	Saksı kapasitesi
SOD	Süperoksit dismutaz
TK	Tarla kapasitesi
U	Ünite
WUE	En yüksek su kullanım randımanı
%	Yüzde

## 1. GİRİŞ

Ekonomik önemi yüksek uçucu yağ bitkisi olan ve yağ gülü olarak bilinen *Rosa damascena* Mill. Rosaceae familyasının Rosa cinsi içerisinde yer almaktadır. Yabani olarak Suriye, Fas, Endülüs, İran ve Kafkasya'da yetişmektedir (Babaei vd., 2007). Dünya'ya eski adı Damascus olan Şam'dan yayılmıştır. Bu nedenle dünyada daha çok Damask gülü (Şam gülü) olarak bilinmektedir. Bununla birlikte ülkemizde Pembe yağ gülü, Yağ gülü, Kazanlık gülü, Şam gülü ve Isparta gülü olarak da adlandırılmaktadır (Baydar, 2016; Özçelik vd., 2013). Yağ gülü başta Türkiye ve Bulgaristan olmak üzere Fas, Mısır, İran, Suriye, Hindistan, Pakistan ve Kafkaslar'da gülyağı elde etmek için endüstri amaçlı üretilmektedir. Ayrıca son yıllarda tıbbi amaçlı yetiştiriciliği de söz konusudur.

Yağ gülü; pembe renkli, yarım katmerli ve kuvvetli kokulu çiçeklere sahiptir. Bu çiçeklerden (çiçek sapı, çiçek örtü yaprakları ve üreme organları ayırt edilmeden) elde edilen uçucu yağ, kozmetik ve parfümeri sektörünün önemli bir ham maddesini oluşturmaktadır. Günümüzde gül yağından gül suyu ve gül kremi başta olmak üzere sabun, parfüm, losyon, deterjan, oda spreyleri vb. çok sayıda ürünlerde koku verici olarak yararlanılmaktadır (Özçelik vd., 2013). Bunun dışında yağ gülünden gül lokumu, gül reçeli, gül şurubu gibi birçok gıda maddesi üretilmektedir. Ayrıca şekerlik, sakız, jöle ve puding vb. ürünlerde katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır. Yağ gülünden tıbbi alanda da yararlanıldığı görülmekte ve bu konuda ilgi giderek artmaktadır. Nitekim gül yağı ve gül suyunun serinletici, sakinleştirici, kanamayı durdurucu ve iltihap önleyici etkilerinin olduğu bilinmektedir (Kashefi vd., 2012). Son yıllarda, *R. damascena* uçucu yağının anti-HIV, antibakteriyel (Babaei vd., 2007) ve yüksek antiradikal ve antioksidant aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Baydar ve Baydar, 2017).

Dünyada ticari anlamda başlıca yağ gülü üretimi Türkiye ve Bulgaristan'da yapılmaktadır. Ayrıca Çin, Fas, İran, Afganistan, Hindistan, bazı Kafkas ülkeleri, Suudi Arabistan ve bir kısım Kuzey Blok ülkeleri'nde de nispeten yağ gülü üretilmektedir. Ancak bu ülkelerin üretim miktarları bilinmemektedir. Bununla birlikte Çin'de yılda yaklaşık 6.000-7.000 ton civarında *R. chinensis* türüne ait gül çiçeği üretiminin yapıldığı görülmektedir (Gülbirlik, 2018).

Ülkemizde 2012 yılında 30.832 da alanda 10.225 ton gül çiçeği üretilirken, 2017 yılında bu değerler sırasıyla, 33.277 da ve 13.372 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2018). Böylelikle son beş yılda üretim alanı %7.9 ve üretim miktarı %30.8 artmıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Türkiye yağ gülü üretim alanları, üretim miktarları ve verim değerleri (TÜİK, 2018).

Yıllar	Üretim Alanı (Da)	Üretim Miktarı (Ton)	Verim (Kg/Da)
2012	30.832	10.225	345
2013	28.012	10.769	398
2014	28.359	10.831	387
2015	28.243	9.483	340
2016	29.753	12.267	419
2017	33.277	13.372	430

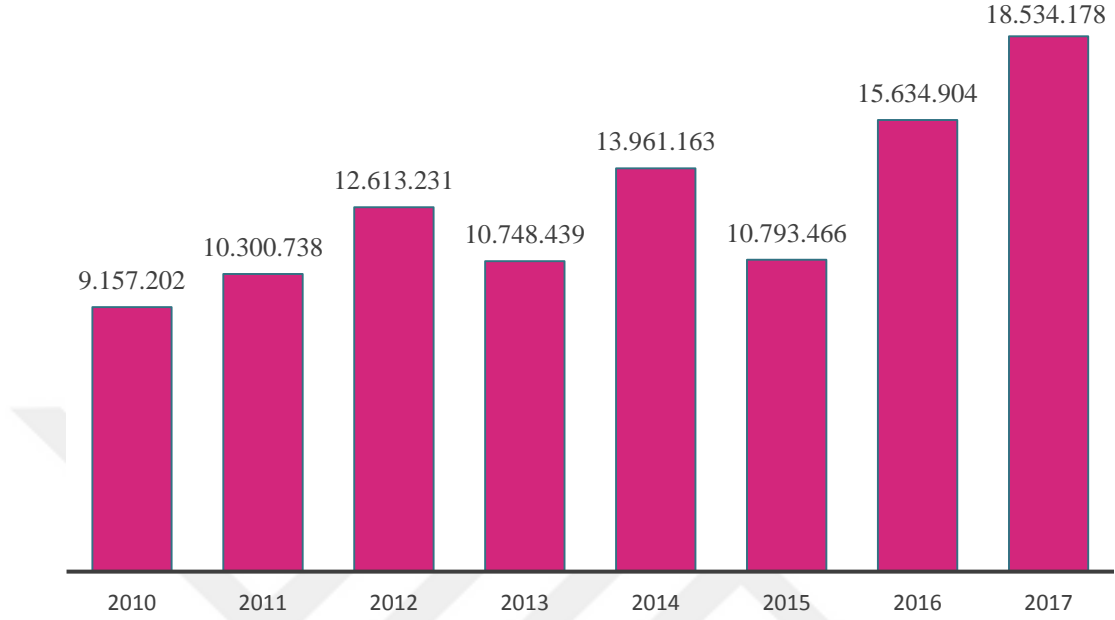
Ülkemizde yağ gülü üretimin % 80'ine yakını Isparta ve çevresinde, geri kalan kısmı ise Afyon, Denizli ve Burdur illerinin belli bölgelerinde yapılmaktadır. Isparta ilinde en çok gül üretim alanı ve üretim miktarı Keçiborlu ilçesinde (14.200 da ve 5.100 ton) bulunmaktadır (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2. 2017 yılı Isparta'da ilçelere göre yağ gülü dikili alanları, üretim miktarları ve verim değerleri (TÜİK, 2018)

İlçeler	Dikili Alan (Da)	Üretim (Ton)	Verim (Kg/Da)
Aksu	330	149	452
Atabey	500	200	400
Eğirdir	2.200	1.430	650
Gönen	4.100	1.845	450
Keçiborlu	14.200	5.100	425
Merkez	3.600	1.620	450
Senirkent	100	3	300
Sütçüler	0.465	140	301
Uluborlu	0.750	413	551

Türkiye'de üretilen gül yağının %90'ı, gül konkretinin ise neredeyse %100'ü ihraç edilmekte ve toplam uçucu yağ ihracatımızın %90 civarını oluşturmaktadır. 2010 yılında yağ gülü ihracatından toplam 9.157.202 \$ gelir elde edilirken, bu değer 2017 yılında 18.534.178 \$ olarak gerçekleşmiştir (Şekil 1.1). Böylelikle son sekiz yılda gül yağı ihracatından elde ettiğimiz gelir %102 artmıştır. Türkiye en çok gül yağı ihracatını Fransa'ya (yaklaşık 2/3'ünü) yapmaktadır. Bu ülkeyi Almanya ve İngiltere

izlemektedir. Ayrıca Hindistan, Bahreyn, İspanya, İsviçre, Çin, Hong Kong, Japonya, Azerbaycan ve ABD gibi ülkelere de gül yağı ihracatı yapılmaktadır (Anonim, 2018d).



Şekil 1.1. 2017 yılı gül yağı ihracat değeri

Kuraklık stresi verimde azalmaya, hatta bitkilerin ölümüne neden olan en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir ve kullanılabilir tarım alanlarını en fazla etkileyen çevresel stres faktörlerinin başında (%26 oranında) gelmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Kuraklık “dünyanın herhangi bir bölgesinde ve herhangi bir zamanda yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay” olarak adlandırılmaktadır. Ancak, kuraklığın tanımı tartışılabilir bir konu olup her zaman ve her yerde geçerli olabilecek kesin bir tanımı bulunmamaktadır (Anonim, 2018a). Tarımsal anlamda kuraklık ise yıl içerisinde meydana gelen toplam yağış miktarından ziyade dikimi yapılan bitkinin büyüme döneminde köklerinden alabildiği su miktarı ile ilişkilidir. Bu dönemde su eksikliği yaşayan bitkilerde gelişim ve özellikle de verimde önemli kayıplar meydana gelmektedir (Tuberosa, 2012; Turner vd., 2014).

Bitkiler kuraklıkla veya su kısıtı ile karşılaştığı zaman morfolojik, fizyolojik ve moleküler seviyelerde farklı tepkiler vermektedirler. Bitkiler tarafından kuraklık stresine verilen ilk tepki yaprak su içeriğinde ve turgorda meydana gelen kayıplar

nedeniyle stomaların kapanması şeklinde olmaktadır (Jaleel vd., 2009; Akıncı ve Lösel, 2012). Stomaların kapanması ve CO<sub>2</sub> içeriğinde azalma ile birlikte stresin şiddetine bağlı olarak fotosentez de engellenmekte ve hatta bitki ölümlerine yol açabilmektedir (Jaleel vd., 2009). Yine kurak koşullarda fotosentezde önemli rol oynayan klorofil pigmentinde bozulmalar meydana gelmektedir (Anjum vd., 2011; Marcińska vd., 2013). Bunun sonucunda bitki büyüme oranında, gövde uzamasında, yaprak alanında ve stoma açıklığında azalma olmaktadır. Buna karşın toprak içerisinde daha derinlerdeki suya ulaşabilmek için köklerde uzama görülmektedir.

Stres koşulları arttıkça, hücre turgor basıncını korumak için hücre içerisinde prolinler, çözünebilir şekerler, sperminler ve betain gibi bazı ozmolitlerin birikimi artmaktadır (Fang ve Xiong, 2015).

Bitkiler su stresine maruz kaldıklarında gösterdikleri en önemli biyokimyasal değişiklik, reaktif oksijen türleri (ROS)'nin, özellikle O<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'inin kloroplast, mitokondri ve peroksizomlarda birikmesidir. Aslında hücre metabolizmasının doğal bir yan ürünü olan bu ROS'lar, sinyal mekanizmasında önemli rol oynamaktadırlar. Ancak ROS'ların aşırı birikimleri kaçınılmaz olarak lipit peroksidasyonunu, protein indirgenmesini ve DNA parçalanmasını indükleyerek, hücre ölümlerine neden olan oksidatif strese yol açmaktadırlar. Aynı zamanda bitkiler bu oksidatif zararı azalmak için, enzimatik (süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT)) ve enzimatik olmayan (glutatyon, β-karoten, askorbik asit, α-tokoferol) antioksidant savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Sonuçta ROS üretimi ve antioksidatif enzimlerin aktiviteleri arasındaki denge, oksidatif hasarın meydana gelip gelmeyeceğini belirler (Kuşvuran vd., 2016; Farajzadeh vd., 2017; Popović vd., 2017; Selmi vd., 2017).

Sekonder metabolit gruplarından biri olan fenolik bileşikler antioksidant fonksiyona sahiptirler. Nitekim farklı çevresel faktörler ve stres koşulları altında fenilopropanoid metabolizmasında ve fenolik bileşik miktarlarında artış olduğu bildirilmektedir (Büyük vd., 2012).

Dünyada kurak ve yarı kurak alanlar, nem eksikliğinden ve yüksek değişkenlikteki yağıştan dolayı kuraklığa daha fazla maruz kalırlar. Özellikle yarı kurak bölgelerde belirli dönemlerde ortaya çıkan kuraklık, önemli bir afet hâline dönüşebilmektedir.

Gelecekte kuraklık alanlarında artış olacağı endişesi ve %70'i tarımda kullanılan tatlı su kaynaklarının nüfus artışı ve küresel ısınma nedeniyle ciddi şekilde azalması, kuraklık ile ilgili yeni bilgilerin üretilmesi gerekliliğini ortaya koymaktadır. Nitekim 2050'ye kadar dünyada su talebinin %55 artacağı öngörülmektedir (Akın, 2017).

Önemli yağ gülü üreticisi olan Isparta ili de yarı kurak bir iklim rejimi göstermekte olup, Akdeniz iklim sınıflandırmasına göre kuraklık indeksi 0.98'dir. İlde 2014 yılında barajlarda doluluk oranı yarı yarıya azalmış ve kuraklık tehlikesi baş göstermiştir. Yine 2017 yılı yaz ayları kurak geçmiştir. Isparta'da, yağ gülü yetiştiriciliği çoğunlukla tarımsal olarak kullanışsız, kıraç ve kurak alanlarda daha çok sulama yapılmadan gerçekleştirilmekte ve son yıllarda meydana gelen kuraklıklardan etkilendiği görülmektedir. Bu durumdan özellikle yeni dikilen yağ gülü fidanlarının daha çok etkilendiği ve kurumaların meydana geldiği bildirilmektedir. Dolayısıyla yağ gülü yetiştiriciliğinin stres faktörlerinden en az etkilenmesi için gerekli önlemlerin alınması gereklidir. Bunun için yağ gülünün kuraklığa tolerans durumlarının belirlenmesi, toprak ve su kaynaklarının korunması açısından önemli görülmektedir. Özellikle fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerde oluşacak değişiklerin bilinmesi bitkilerin kuraklık tolerans mekanizmaları hakkında daha fazla bilgi sahibi olmamıza ve kuraklıkla mücadele stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlayacaktır. Bu konuda *R. damascena* üzerine yapılan çalışmaların sınırlı olduğu ve biyokimyasal parametrelerin detaylı bir şekilde araştırılmadığı görülmektedir. Belirtilen nedenlerle bu çalışmada, yağ gülünün farklı kısıtlı su düzeyleri ile oluşturulan su stresine karşı geliştirdiği tolerans, bazı morfolojik ve biyokimyasal parametreler ile belirlenmesi amaçlanmıştır.

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bitkiler içinde buldukları çevre ile sürekli etkileşim halindedirler. Bir bitkinin normal büyüme ve gelişmesini sağladığı çevre koşulları optimum çevre koşulları olarak tanımlanmaktadır. Çevre şartlarının bir bitkinin normal büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyecek kadar değişmesi halinde meydana gelen duruma stres (gerginlik) denir (Büyük vd., 2012). Genellikle stres bitkinin üzerinde negatif etki oluşturan çevresel etmen olarak tanımlanmaktadır (Taiz ve Zeiger, 2008). Doğaları gereği (hareket ederek yer değiştiremediklerinden) stres etmeninden uzaklaşarak kaçınma gibi yeteneği olmayan bitkiler, hayvanlardan farklı olarak strese direkt maruz kalırlar. Bu direkt etki bitkilerde önemli fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açarak, büyümeyi ve gelişmeyi olumsuz yönde etkilemekte; üründe nitelik ve niceliğini yitirmesine, bitkinin ve bitki organlarının yaşamını kaybetmesine neden olabilmektedir. Bitkilerde stres etmenin neden olduğu zarar; bitki türüne, o bitkinin tolerans ve çevreye genetik adaptasyon yeteneğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Büyük vd., 2012).

Bitkiler yaşamları boyunca birçok stres faktörü ile karşılaşabilmektedirler. FAO tarafından 2007 yılında yayımlanan rapora göre dünyadaki karasal alanın sadece %3.5'i herhangi bir çevresel tehditten etkilenmemektedir (Büyük vd., 2012).

Bitkilerde stres oluşturan faktörler; abiyotik ve biyotik olmak üzere iki temel kategoride toplanmaktadır (Gökkaya, 2016). Abiyotik stres faktörleri; fiziksel ve kimyasal olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Fiziksel abiyotik faktörler; kuraklık, sıcaklık, radyasyon, su baskını, mekanik etkiler (rüzgâr, kar ve buz örtüsü), kimyasal abiyotik faktörler ise; hava kirliliği, bitki besin elementleri, pestisitler, toksinler, tuzlar ve pH'dır. Biyotik stres faktörleri de; yabancı bitkiler, böcekler, mikroorganizmalar (virüs, bakteri ve mantarlar), hayvanlar ve hastalıklardır (Linchenthaler, 1996; Lawlor, 2002; Kacar vd., 2013).

Abiyotik stresler, tarımsal faaliyetleri olumsuz etkileyen, bitkisel verim kaybından tarımsal üretimin sekteye uğraması ve çevrenin bozulmasına kadar uzanan ciddi sorunlar oluşturmaktadır. İstenmeyen çevresel koşullar %70'e varan verim kaybına neden olabilirler (Köşkeröglü, 2006). Kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcaklıklar, kimyasal toksisite ve oksidatif stres gibi abiyotik stresler dünya çapında bitkisel verim

kaybının birincil nedeni olup, en fazla ürün elde edilen kültür bitkilerindeki ortalama ürün verimini %50'den fazla azaltmaktadır (Wang vd., 2004). Kullanılabilir tarım alanlarını en fazla etkileyen abiyotik stres faktörlerin başında %26 oranında kuraklık gelmektedir. Bunu %20'lik oranla mineral stresi ve %15'lik oranla soğuk ve don stresi izlemektedir (Blum, 1986).

Kuraklık "Dünyanın herhangi bir bölgesinde ve herhangi bir zamanda yağışların, kaydedilen normal seviyelerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu, arazi ve su kaynaklarının olumsuz etkilenmesine ve hidrolojik dengenin bozulmasına sebep olan doğal olay" olarak tanımlanabilir. Ancak, kuraklığın tanımı tartışılabilir bir konu olup her zaman ve her yerde geçerli olabilecek kesin bir tanımı bulunmamaktadır. Genellikle kuraklık bir bölgenin aldığı ortalama düşen yağış miktarına bağlı olarak tanımlanır. Buna göre kuraklık, bir bölgeye düşen yağış miktarının o bölgede gerçekleşen genel ortalama yağış miktarından az olması ve daha az yağmur düşmesi ile birlikte hayati öneme sahip olan su kıtlığına neden olması durumudur (Anonim, 2018a). Bu yağışsız geçen dönemin kuraklık olarak nitelendirilmesi toprağın su tutma kapasitesi ve evapo-transpirasyon hızına bağlı olarak belirlenmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Günümüzde temel olarak, şiddet, süre ve coğrafi yayılım (denize yakınlık-uzaklık, yükselti vb.) bileşenleri ile nitelendirilebilen üç boyutlu bir doğa olayı olan kuraklıklar; meteorolojik, tarımsal, hidrolojik ve sosyoekonomik kuraklık olmak üzere 4 ana gruba ayrılarak incelenmektedir (TAKEP, 2008).

**Meteorolojik Kuraklık:** Belirli bir zaman periyoduna ait normallerden (genellikle en az 30 yıllık) meydana gelen sapma olarak tanımlanır (TAKEP, 2008).

**Tarımsal Kuraklık:** Bitkinin kök bölgesinde, büyüüp gelişmesi için yeterli nem bulunmaması durumu olarak ifade edilir. Büyüme periyodu boyunca, belirli bir bitkinin suya ihtiyaç duyduğu belirli bir kritik dönemde yeterli toprak nemi olmadığı zaman tarımsal kuraklık meydana gelir (TAKEP, 2008).

**Hidrolojik Kuraklık:** Hidrolojik kuraklık, uzun süre devam eden yağış eksikliği neticesinde ortaya çıkan yeryüzü ve yer altı sularındaki azalma ve eksiklikleri kapsar.

Sosyoekonomik Kuraklık: Kuraklığa bağılı olarak sosyal ve ekonomik yaşantıda meydana gelen olumsuzlukları ifade etmektedir (TAKEP, 2008).

Bitkinin su stresine girmesindeki en önemli etken, topraktaki su miktarının azalmasıdır. Toprakta yeterli su bulunamadığı durumda bitki transpirasyonla (terleme) kaybettiğı su miktarı çevreden aldığından fazla olursa, dayanıklılık mekanizmalarını çalıştıramayan bitkilerde su stresi başlar (Kocaçalışkan, 2003). Su stresi bitkilerde büyüme ve verimi etkileyen yaygın çevresel stres faktörlerinden olup, bitkilerde birçok fizyolojik, biyokimyasal, ve moleküler cevabı başlatmakta ve buna bağılı olarak bitkiler sınırlı çevresel faktörlere adapte olmayı sağlayacak dayanıklılık mekanizmaları geliştirebilmektedirler (Mundree vd., 2002; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005; Kuşvuran vd., 2011). Su noksanlığına karşı oluşturulan cevaplar bitkinin türüne, genotipe, su kaybının miktarına ve süresine, bitkinin gelişme durumuna, yaşına doku ve organ tipine göre değişmektedir (Bray, 1997). Vejetatif dokularda bitkilerin kuraklık stresine karşı geliştirdikleri iki ana savunma mekanizması stresten kaçınma ve stres toleransıdır (Mundree vd., 2002; Kuşvuran vd., 2011).

Strese dayanıklı bitkiler stresten kaçınan bitkilere oranla daha toleranslıdır ve strese karşı kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarını çalıştırarak, daha şiddetli kuraklık durumunda hayatta kalabilirler. Kuraklığa dayanıklı bitkiler stres durumunda vejetatif dokulardaki bağılı su içeriğinin %5'ine kadar kaybedebilirler. Su stresi ortadan kalkınca dehidrasyon ile tekrardan su alırlar (Mundree vd., 2002). Bazı kuraklığa dayanıklı bitkilerin mum tabakasıyla kaplı olması, güneş ışınlarının açısına bağılı olarak yaprakların yön değiştirmesi ve yaprakların kıvrılma özelliğine sahip olması gibi özellikler bitkinin kuraklık stresinden kaçınmak için geliştirdiğı mekanizmalara örnek verilebilir (Sağlam, 2004). Geniş kök sistemine sahip olan kuraklık stresinden kaçınan bitkiler ise ozmotik düzenleme ve membran düzeylerini koruyarak kuraklık stresine karşı dayanıklılık mekanizması oluştururlar (Kuşvuran vd., 2011).

Kurak şartlar altındaki yapraklar, terleme ile kaybedilen su miktarını azaltmak; kökler ise topraktaki suyu daha iyi alabilmek için bazı morfolojik değişimlere uğrarlar. Su stresi ile birlikte önce kök gelişimi hızlanır ve kökün gövdeye oranı artar (Kutlu, 2010). Fotosentez sonucunda oluşan ürünlerin çoğı kök gelişimini ve

ozmotik potansiyeli arttırmak için köklere taşınır. Kökler nemli toprakların olduğu bölgelere doğru gelişir. Su stresi görülen bitki köklerinde alttaki canlı hücreleri kurak ve sıcak toprağın etkisinden koruyan mantar tabakası oluşur (Çırak ve Esenal, 2006).

Bitkiler generatif dönemlerinde en çok su stresinden etkilenirler. Yapılan araştırmalar sonucu, tohumun oluşmaya başladığı gelişim döneminde meydana gelen kuraklıkların çok yüksek oranda verim kayıplarına neden olduğu bilinmektedir. Özellikle çiçeklenme dönemindeki su noksanlıkları bitkilerde kısırlığa yol açmaktadır (Farooq vd., 2009).

Stresin algılanmasıyla birlikte bitkilerde ilk önce ortaya çıkan adaptasyon mekanizması stomaların daralması veya kapanmasıdır (Osakabe vd., 2014). Bitki fotosentez oranı açık stomalardan bitki yaprak dokusu içerisine alınan karbondioksit miktarı ile ilişkilidir. Stomaların açık olması bitkinin terleme ile su kaybetmesine neden olmaktadır. Bu nedenle kurak koşulların oluşması durumunda bitkiler, terleme ile su kaybını en aza indirmek amacıyla stomalarını kapatırlar. Bunun sonucunda fotosentez oranı ve üretilen karbonhidrat miktarı azalır, böylelikle bitki büyüme ve gelişmesi olumsuz yönde etkilenir. Ayrıca yaprak sıcaklığının artması ile birlikte membran sistemleri zarar görerek, hücre ölümleri meydana gelir (Farooq vd., 2009; Dolferus, 2014).

Su stresi ile birlikte yaprakta azalan su miktarı klorofil sentezini yavaşlatır ve klorofilin hızla parçalanmasına sebep olur. Kısa süreli stres durumunda ise klorofil sentezinde önemli bir fark meydana gelmez (Kramer, 1983).

Su stresi ile birlikte hücrelerin turgor oranı azalmakta ve bununla birlikte ozmotik potansiyelde azalmaktadır. Bunun sonucunda bitkilerin sitoplazma ve organellerinde çeşitli eriyebilir maddeler birikmekte ve vakuolden yapraklara su ile birlikte taşınan ozmotik maddelerin miktarında artış meydana gelmektedir. Enzimler üzerinde de olumlu etkileri olan bu maddeler, membran bütünlüğünü de koruyarak ozmotik düzenlemeyi sağlarlar (Ashraf ve Foolad, 2007). Bitkinin kök bölgesindeki ozmotik potansiyel ve su alım mekanizması birbirine uyumlu olduğu mekanizmaya “ozmotik uyum” denir. “Ozmotik uyum” su ve tuz stresine karşı bitkinin hayatta kalmasını etkileyen en önemli faktördür (Kuşvuran vd., 2011).

Ozmolitler serbest aminoasitler (asparajin, prolin ve glisin vb.), betain, organik asitler ve karbonhidratlar gibi farklı gruplardan oluşur. Su dengesini korumakla görevli ozmolitler bitkinin su stresine toleransını doğrudan arttırmazlar. Yaprak su basıncını dengeleyen ozmolitler stoma iletkenliğini arttıırırlar. Glisin, betain, prolin gibi ozmolitlerin sentezi ile strese tolerans arasında pozitif bir ilişkinin olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Ashraf ve Foolad, 2007).

Bitkilerin stres koşullarına verdiği bir diğer tepkide ise ısı şoku proteinleri ve LEA (Late embryogenesis abundant) proteinleri gibi farklı özel proteinlerin sentezlenmesidir. LEA proteinlerinin suyu bağlama oranı yüksektir ve stres sırasında su eksikliğinin etkilerini azaltmada ve hücre bütünlüğünün korunmasında rolü yüksektir (Büyük vd., 2012). Bitkilerdeki tüm organizmalar genellikle normal büyüme sıcaklığının 8-10°C üstündeki sıcaklıklarda ısı şoku proteinleri sentezlerler (Öztürk, 2015; Yıldız ve Terzioğlu, 2007). Isı şoku proteinleri protein katlanması ve zararlı proteinlerin çoğalmasını önleyerek, hasarlı ve yanlış katlanmış polipeptitleri bağlayarak hücrelerin yıkımını önlerler (Büyük vd., 2012).

Stres altındaki bitkilerde klorofil ve karatenoidlerin miktarı azalır ve lipit peroksidasyonunda artış görülür. Strese karşı bitkiler toplam fenolikler ve toplam çözüdür madde miktarını artarak, strese karşı savunma mekanizması geliştirirler (Bacelar vd., 2006).

Reaktif oksijen türleri (ROS) bitkilerde endojen olarak kloroplastlardaki fotosentez olaylarında plastit ve peroksizomlarda, mitokondrilerdeki sitrikasit döngüsünde NADPH oksidasyonu, hücre duvarı peroksidazları ve aminooksizlar gibi enzimlerin etkisiyle oluşan serbest radikallerdendir (Srivalli vd., 2003; Ramachandra vd., 2004; Büyük vd., 2012). ROS'lar hücrede klorofillere, protein, nükleik asit ve membran limitlerine zarar verirler (Çaylak, 2011; Kuşvuran vd., 2011). Hücrelerde başlıca bilinen ROS radikalleri singlet oksijen ( $^1O_2$ ), süperoksit radikali ( $O_2^-$ ), hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) ve hidroksil radikali ( $OH^\cdot$ )'dir. Normal koşullarda hücredeki düzeyleri normal dengededir (Büyük vd., 2012). Bitkiler stres koşullarında hücre zarında tahribata sebep olan serbest oksijen radikallerine karşı savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Bitkiler toksik etki yapan  $O_2$  türevlerine karşı antioksidant ve antioksidan enzimleri bünyelerinde bulundururlar (Alscher vd., 2002; Asada, 2006). Serbest oksijen radikallerinin etkilerinin yok edilmesinde süperoksit

dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX) ve katalaz (CAT) gibi antioksidatif enzimler rol oynar (Cakmak ve Marschner, 1992; Gossett vd., 1994). Enzimatik olmayan antioksidanlar (vitamin E, vitamin C, glutatyon ve karatonoidler) hücrede ki tahribata göre farklılık gösterirler (Büyük vd., 2012). Stres koşullarında dayanıklılık açısından önemli olan bu enzimler bitkilerde çalışma durumlarına, tür ve çeşide göre farklılık gösterir (Kuşvuran vd., 2012).

SOD enzimi biyotik ve abiyotik stres koşullarında oksidatif strese karşı hücre canlılığının korunması için önemli rol oynamaktadır. Yapılan çalışmalarda; stres koşullarında SOD miktarının arttığı belirlenmiştir (Büyük vd., 2012). SOD enzimi hücre içerisinde tüm bölgelerde bulunur ve ROS'lara karşı savunma mekanizmasının ilk hattını oluştururlar (Alscher vd., 2002; Gür, 2018). Kuraklığın şiddeti ve süresinin artmasıyla birlikte SOD aktivitesi azalmaktadır (Fu ve Huang, 2001).

Askorbat ve glutatyon stres koşullarında bitkileri meydana gelen ROS'ların etkisinden koruyan çeşitli izozimleri barındıran küçük moleküllü antioksidant enzimlerdir (Büyük vd., 2012; Gür, 2018).

CAT stres koşullarında meydana gelen zararlı  $H_2O_2$ ,  $H_2O$  ve  $O_2$ 'ye dönüşerek hücreleri strese karşı koruyan enzimlerdir. Stres koşullarında CAT miktarında artışlar görülmüştür (Büyük vd., 2012).

## **2.1. Yağ Gülü Üzerine Yapılan Çalışmalar**

Yağ gülünde abiyotik stres üzerine yapılan çalışmaların sınırlı olduğu, özellikle biyokimyasal parametrelerin detaylı bir şekilde araştırılmadığı görülmektedir. Yağ gülünde abiyotik stres ve kısıtlı su uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

İran'ın farklı bölgelerinde yetiştirilen *R. damascena*'nın kuraklığa olan toleransı araştırılmıştır. 21 gün süren su stresi sonucu 30 genotipin gövde çeliklerindeki büyüme miktarı çok değişkenli analizlerle değerlendirilmiştir. Çalışmada, bitki canlılığı, yaprak sayısı, dal sayısı, yaprakçık sayısı, yaprakçık alanı, en uzun dal ve bitki gücü incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda yaprakçık sayısı ve yaprakçık alanının stresle önemli derecede ilişkili olduğu bulunmuştur (Babaei ve Aghdaei, 2007).

Yapılan bir çalışmada, yağ gülünün yaprak ve sürgünlerinde önemli antioksidant enzim olan SOD ile amilaz aktivitesi üç farklı mevsimsel dönemde incelenmiştir. Çalışmada, SOD aktivitesi en yüksek %50 çiçeklenmenin olduğu ilkbahar aylarında, en düşük seviye ise yaz aylarında saptanmıştır. Buna karşın amilaz aktivitesi yaz aylarında en yüksek seviyede belirlenirken, sonbaharda en düşük bulunmuştur. Üç farklı gelişme döneminde yapılan analizler sonucu SOD aktivitesinin amilaz aktivitesinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Kashefi vd., 2012).

Ali vd. (2014), yağ gülünde 0, 1, 2 ve 4 dSm<sup>-1</sup> NaCl olmak üzere farklı dozlarda tuz uygulamaları ile tuzluluğun etkisini azaltabilmek amacıyla 50 ve 100 mgL<sup>-1</sup>'de GA<sub>3</sub> uygulamaları yapmışlardır. Araştırmacılar, tuz uygulamalarının, kontrole göre bitki boyunu, dal sayısını, yaprak ve gövde kuru ağırlığını, yaprak klorofil içeriğini, yaprak alanını ve nispi nem içeriğini (RWC) azaltırken, stoma yoğunluğu arttırdığını saptamışlardır. Ayrıca araştırmacılar, tuz stresinin yaprakların membran geçirgenliğini, prolin içeriğini, Na, Cl ve toplam çözünür şeker içeriklerini ve antioksidan enzim aktivitelerini (SOD, CA ve POD) arttırdığını belirlemişlerdir. Yine GA<sub>3</sub> uygulamalarının tuzluluğun büyüme, fizyolojik ve biyokimyasal parametreler üzerindeki olumsuz etkilerini düşürdüğünü; antioksidan enzim aktivitelerini ve prolin içeriğini artırarak, iyon homeostazını önlediğini belirlemişlerdir. Sonuçta, gül üzerine yapılan GA<sub>3</sub> uygulamalarının tuzluluğa karşı savunma sisteminde önemli bir rol oynadığını ifade etmişlerdir.

Uçar vd. (2017), yağ gülünde yaptıkları çalışmalarında, 4 farklı su düzeyi (bitki-pan katsayısı olarak; kcp0: 0.00, kcp1: 0.40, kcp2: 0.80, kcp3: 1.20) ve 4 farklı azot seviyesinin (N0:0 kg N/da, N1: 8 kg N/da, N2: 16 kg N/da, N3: 24 kg N/da, saf madde) çiçek verimine, yağ verimine ve gül yağının bileşenleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, gül çiçeği verimi üzerine farklı sulama suyu ve azot dozlarının etkisini istatistiksel olarak 2010 yılında önemli bulmazken, 2011 ve 2012 yıllarında önemli olduğunu bildirmişlerdir. Yine stoma direnci ve yaprak su potansiyeli ile toprak nemi arasında ilişkinin istatistiksel olarak önemli olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca ortalama yağ veriminin deneme konularına göre farklılık gösterdiğini, yıllar itibari ile en yüksek yağ veriminin %0.054 ile 2011 yılında elde edildiğini rapor etmişlerdir. Çalışma sonucunda, artan sulama suyu miktarı ve azot dozlarının gül çiçeği verimini önemli düzeyde artırdığını, verim ve su kullanım

randımanları göz önüne alındığında en etkin sulama programının kcp1:0.40, en etkin azot dozunun ise N2:16 kg N/da olduğunu bildirmişlerdir.

Hassan vd. (2018), yağ gülünde su stresi ile ilgili mekanizmayı anlayabilmek için poliamin uygulamalarının fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkisini incelemişlerdir. Bunun için araştırmacılar, su stresi (%100 TK ve %50 TK) uyguladıkları bitkilere 0.5 mM spermin ve spermidini yapraktan uygulamışlardır. Araştırmacılar, spermin ve spermidin uygulamalarının su stresi altındaki bitkilerde nispi nem içeriğini, stoma iletkenliğini ve klorofil içeriğini artırdığını; prolin içeriği ile POD ve SOD aktivitelerini iyileştirdiğini; H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> birikimini kısıtladığını ve MDA birikimini sınırlandırdığını, böylelikle memebran stabilitesinin korunduğunu ve su stresi zararının hafifletildiğini bildirmişlerdir.

## 2.2. Diğer Türlerde Yapılan Çalışmalar

Farklı bitki türlerinde su stresi üzerine yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Arndt vd. (2001), *Ziziphus rotundifolia* Lamk. bitkisinde artan kuraklıkla birlikte toplam çözünür madde, şeker ve prolin miktarlarının arttığını ve *Z. rotundifolia*'nın kuraklığa dayanıklı bir bitki olduğunu bildirmişlerdir.

Özenç vd. (2003), iki yıl boyunca sera koşullarında, su stresi altındaki biberde (*Capsicum annuum* var *grossum* cv. 11B-14) farklı dönemlerde toprağa karıştırılan torf ve perlitin bitki gelişimine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, bitkilerin fide döneminde su stresine daha hassas olduğu, çiçeklenme ve meyve oluşumu dönemlerinde ise daha toleranslı davrandığı; yine torfun perlite göre daha etkili bir ortam sağladığını belirlemişlerdir.

Yapılan bir çalışmada, 2 yaşlı zeytin ağaçları (CCI 'Coratina') 20 gün boyunca kontrollü bir su stresine tabii tutulmuştur. Uygulama öncesi ve sırasında yaprak ve kök örnekleri alınmış ve bunlarda prolin, MDA ve LOX analizleri yapılmıştır. Sonuçta yaprakta ve kökte kuraklık şiddetine bağlı olarak prolin, MDA ve LOX seviyesi arttığı belirlenmiştir (Sofu vd., 2004).

On farklı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) (GB64, S100, 4F-89, GS57, GS26, S96, SB, KG, OB) genotipinin su stresine karşı tolerans mekanizmalarının araştırıldığı bir

çalışmada, fideler Hoagland besin çözeltilisi bulunan kaplarda kültüre alınmış ve besin çözeltilisine %10 Polietilen glikol eklenmiştir. Uygulama sonrasında yaprak örnekleri alınarak nisbi su içeriği, klorofil miktarı, antioksidant enzim aktiviteleri (SOD, POD, CAT, APX) ve MDA miktarları ile K, Ca, Zn, Fe ve Mn içerikleri belirlenmiştir. Sonuçta antioksidant enzim aktivitelerinin kuraklık üzerinde etkili olduğu bildirilmiştir (Özpay, 2008).

Süyüm (2011), 65 karpuz genotipinin erken bitki aşamasında tuzluluk ve su stresine dayanıklılık seviyelerini araştırmıştır. Tuzluluk testlerinde bitkiler 4-5 yapraklıyken 200 mM NaCl uygulanmış, su stresi uygulamasında verilen su kademeli olarak kesilmiştir. Çalışma sonucunda incelenen karpuz genotiplerinin tuz ve su stresine karşı tepkileri bakımından geniş bir varyasyon olduğu gözlenmiş, genotipler dayanıklı, orta düzeyde dayanıklı ve hassas olarak sınıflandırılmıştır.

2007 ve 2008 yıllarında Çanakkale yöresinde yapılan çalışmada, tatlı mısır (*Zea mays saccharata Stur*) bitkisine uygulanan su stresi uygulamasının fizyolojik ve morfolojik etkileri araştırılmıştır. Strese bağlı olarak bitki su tüketimi klorofilmetre değeri, yaprak su içeriği, taze koçan verimi, yaprak alan indeksi ve kuru biyokütle miktarı istatistiksel olarak önemli düzeyde değişmiştir. Korelasyon analizi sonucu önemli istatistiksel sonuçlar elde edilmiş, su stresinin belirlenmesinde yaprak su içeriği ve klorofil değerlerinin kullanılabileceği önerilmiştir (Çamoğlu vd., 2011).

Çerçi (2012), 6 değişik turunçgil anacında su stresinin bazı fotosentetik parametreler ve bitki besin elementi konsantrasyonları üzerine etkilerini araştırmıştır.

Kontrollü koşullar altında gerçekleştirilen bir çalışmada, iki farklı pamuk türüne ait iki çeşidin sıcaklık ve su stresi altında agronomik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri araştırılmıştır. Çalışmada *Gossypium hirsutum* L. türüne ait Carmen çeşidi ile *Gossypium barbadense* L. türüne ait Giza-75 çeşitleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda kuru madde üretimi açısından kısıtlamaya sebep olan en önemli faktörün su stresi olduğu belirlenmiştir. Verim ve temel verim parametreleri açısından Carmen çeşidinin Giza-75 çeşidinden daha yüksek olduğu saptanmıştır. Bitkilerin enzim aktiviteleri üzerinde asıl etkinin sıcaklık stresinden dolayı meydana geldiği ve enzim aktiviteleri bakımından çeşitler arasında önemli bir fark bulunmadığı görülmüştür (Atasoy, 2013).

Yapılan bir çalışmada, 'Money Maker' domates çeşidinde su stresi (%100, %80, %60, %40)'nin verim, bitki boyu, gövde çapı, stoma iletkenliği, bağıl su içeriği, yaprak klorofil içeriğine olan etkisi araştırılmıştır. Su stresi sonucunda belirtilen parametrelerde önemli derecede azalmalar belirlenmiştir (Sibomana vd., 2013).

Yerkirazı (*Physalis peruviana* L.)'nda yapılan bir çalışmada su stresi (%0, %25, %50, %75 ve %100 kontrol) uygulaması yapılmıştır. Su stresi ile oluşturulan kuraklık stresi yerkirazında bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemiştir. Stres sonrası bitkilerin %100 (kontrol) ve %75 sulama oranında sulananların stresten etkilenmediği %0, %25 ve %50 oranında sulanan bitkilerin ise stresi atlatamadığı büyüme ve gelişmesine devam edemediği tespit edilmiştir (Çelik, 2014).

Su stresinin elma ve MA Quince anaçlarında morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal özelliklerine olan etkisinin araştırıldığı çalışmada, su stresinin artışıyla birlikte elektrolit sızıntısı arttığı, yaprak bağıl su içeriği ve klorofil indeksinin azaldığı görülmüştür. Yine POD, CAT, prolin, antosiyanin ve fenolik madde içeriğinin de arttığı gözlenmiştir. Sonuçta, su stresinin anaçların aşı gelişiminin yanı sıra, çoğu morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri önemli ölçüde etkilediği vurgulanmıştır (Bolat vd., 2014).

Farklı domates, patlıcan ve kavun genotiplerine uygulanan su stresinin bitkilerdeki MDA SOD, GR, APX ve CAT enzim aktivitelerinde artışa neden olduğu saptanmıştır (Kıran vd., 2015).

Uçar ve Kazaz (2016), farklı sulama aralıkları ve sulama suyu miktarlarının sera koşullarında yetiştirilen krizantem bitkisinin kalite parametreleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, *Chrysanthemum morifolium* Ramat türüne ait spreyl krizantem çeşidi olan 'Bacardi' kullanılmıştır. Farklı sulama suyu miktarları ve sulama aralıkları, çiçek sapı uzunluğunu, çiçek sapı kalınlığını, ikincil dal sayısını, bitki başına çiçek sayısını, dal ağırlığını, yaprak alan indeksini, vazo ömrünü ve kök uzunluğunu istatistiksel olarak önemli oranda etkilemiştir.

Babalık vd. (2016), su stresinin Kober 5BB Amerikan asma anacına etkilerini in vitro koşullarda araştırmışlardır. Araştırmacılar, stres oluşturmak için besin ortamına %0, %1.2, %2.4, %3.6, %4.8 oranlarında PEG ilave etmişlerdir. Sonuçta, stresle

birlikte Kober 5BB anacında gelişmede gerileme gözlenmiş prolin, SOD, APX, CAT gibi antioksidan enzim aktivitelerinde de artış saptanmıştır.

Kestane fidanlarında meydana gelen fizyolojik ve morfolojik değişimleri belirlemek ve osmoprotektan uygulamasının etkilerini görmek için su stresi uygulaması yapılmıştır. Bunun için N-3-4 genotopindeki kestane fidanlarına gelişme dönemi boyunca 5 farklı düzeyde sulama ve osmoprotektan (glisin betain-GB) uygulanmıştır. Çalışmada %75 su kısıtı ile birlikte GB uygulanmış olan kestane fidanlarının en iyi gelişim performansını sergilediği, morfolojik değişimler ile de ortaya konmuştur (Hozman, 2016).

Turfan (2016), yerel ceviz (*Juglans regia* L.) genotipinin farklı abiyotik stres faktörlerine karşı tepkisini araştırmıştır. Saksılarda yetiştirilen 5-6 yapraklı ceviz fidanlarına tuz (75, 150 ve 225 mM NaCl), ağır metal (2 mg/L FeCl<sub>3</sub>, NiCl<sub>2</sub> ve ZnCl<sub>2</sub>), kireç (2 g/L CaCO<sub>3</sub>), fabrika baca tozu (2 g/L) ve su (%50) stresi uygulamaları altı hafta süresince uygulanmıştır. Uygulamalardan sonra toplanan yaprak örneklerinde fotosentetik pigment, protein, prolin miktarı, MDA ve H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> konsantrasyonu, APX, CAT ve SOD aktiviteleri ölçülmüştür. Sonuçlara göre klorofil b, toplam klorofil ve karotenoit miktarı kireç ve ağır metal uygulamasında; protein ve demir miktarı baca tozu ve çinko uygulamasında; prolin, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, APX ve SOD değerleri tüm stres uygulamalarında; CAT değeri çinko, nikel ve kireç uygulamalarında yüksek bulunmuştur. MDA içeriği ise kireç uygulamasında yüksek, diğer gruplarda düşük olmuştur. Sonuç olarak yerel ceviz genotipi, tuz konsantrasyonları ve kuraklığa duyarlı; ağır metal toksisitesine toleranslı ve fabrika baca tozu ve CaCO<sub>3</sub> uygulamalarına ise orta derecede toleranslı bulunmuştur.

Kuraklığın bitkilerde oluşturduğu enzim ve iyon değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, fasulye bitkilerinde sulama suyu, kademeli eksiltilerek stres oluşturulmuştur. Sonuçta su stresine dayanıklı (Yakutiye ve V-a1) ve duyarlı (Zulbiye ve T7) fasulye genotiplerinde su stresinin beş farklı döneminde CAT, SOD, APX, MDA, Klorofil-a, Klorofil-b, toplam klorofil, K, Ca ve Na iyon içeriklerinde belirli farklar olduğu belirlenmiştir (Kabay ve Şensoy, 2016).

Yapılan bir çalışmada, kışlık yem bitkisi olarak yaygın şekilde üretilen Macar fiği (*Vicia pannonica* Crantz) ve yem bezelyesi (*Pisum arvense* L.)'nin farklı sulama

düzeylerindeki bazı morfolojik ve fizyolojik özellikleri incelenmiştir. Her iki yem bitkisinde de en yüksek bitki boyu, yaş ve kuru toprak üstü kütlesi, kuru madde oranı, toprak altı kütlesi, yaprak sayısı ve alanı ile klorofil miktarı genelde %75 sulama seviyesinde belirlenmiştir. Özgül yaprak ağırlığı hariç, incelenen bütün özelliklerde en düşük değerler %25 tarla kapasitesinde belirlenmiştir. Kurağa dayanıklılık indeksi %75 ve 50 tarla kapasitesinde sulanan bitkilerde daha yüksek olduğu bulunmuş, Macar fiği ve yem bezelyesi yetiştiriciliğinde topraktaki yararlı su %75 seviyesine geldiğinde sulama yapılması ve su stresi durumunda yem bezelyesinin daha dayanıklı olduğu belirlenmiştir (Özel, 2016).

Tındaş ve Demirel (2016), Desiree ve Russet Burbank patates çeşitlerinde kısa süreli su stresi uygulamasına gösterdiği fizyolojik tepkileri araştırmışlardır. Çalışmada, su stresi uygulaması sonucunda MDA içeriği her iki çeşitte artmıştır. Stresle birlikte her iki çeşidin de bitki başına yumru verimini önemli ölçüde değiştirmemesine rağmen, pazarlanabilir yumru veriminde önemli bir karakter olan tek yumru ağırlığının Russet Burbank çeşidinde önemli düzeyde azalmasına sebep olmuştur.

Yapılan bir çalışmada, 18 farklı *Triticum spelta* genotipinin sera koşullarında su stresine karşı dayanıklılıkları test edilmiştir. Üç farklı stres (TK35, TK45 ve TK70 kontrol) uygulanmıştır. Çalışmada, kontrol uygulamasına göre hem TK45 hem de TK35 koşullarında tüm genotiplerin kuru madde verimleri ile tane verimleri istatistiksel olarak önemli oranda azaldığı belirlenmiştir. Su stresi artışına paralel olarak tane N, P, K, Fe ve Zn konsantrasyonlarının önemli oranda arttığı ortaya çıkmıştır. Sonuçta, 18 farklı *Triticum spelta* genotipi içerisinde su stresine karşı en dayanıklı olanların SP434, SP521 ve SP2 numaralı genotiplerin olduğu ortaya çıkmıştır (Tutuş, 2017).

Üç adet hibrit, üç adet standart, üç adet mahalli domates çeşitlerinde su stresine tolerans seviyelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, saksılara ekilen tohumların kotiledon yaprakları açıldıktan sonra Hogland besin çözeltisiyle sulama yapılmıştır. Uygulama süresince kontrol bitkilerinde sulamaya devam edilmiş, stres uygulanan bitkilerde ise fide döneminde sulama aniden kesilmiştir. 12 gün sonra bitkilerde bitki yaş ve kuru ağırlıkları, büyüme oranı, yaprak sayısı, gövde çapı, bitki boyu, 0-5 görsel skala değerine göre değerlendirilmiş, membran zararlanma indeksi ve yaprak oransal su içeriği durumları incelenmiştir. Su stresine tolerant ve duyarlı

domates çeşitlerinin belirlenmesinde incelenen bu parametrelerde belirli derecelerde farklar olduğu gözlemlenmiştir (Alp ve Kabay, 2017).

Faaek (2018), 7 çilek çeşidi (Ata 77, Bolverim77, Doruk77, Dorukhan77, Eren77, Erenoğlu77, Hilal77)'nde su stresinin etkilerini araştırmıştır. Araştırmacı dikimi yapılan çilek fidelerine 5-6 yapraklı aşamaya gelinceye kadar tarla kapasitesinde sulama yapmıştır. Daha sonra bitkilere yaprak turgorunu kaybedene kadar stres uygulamıştır. Stres sonrası bitkilere tekrardan iyileştirme sulaması yapmış ve stres zararını tespit etmiştir. Sonuçta araştırmacı, çeşitlerin su stresi karşısında farklı tepkiler verdiğini belirlemiştir.

2015 ve 2016 yıllarında yapılan çalışmada, armut yetiştiriciliğinde kullanılan yabancı armut çöğürü, BA 29, Farold 40, OHxF 333 ve Fox 11 anaçlarının su stresine karşı fizyolojik, morfolojik ve biyokimyasal etkileri belirlenmiştir. Çalışmada, stresle birlikte bitkilerde zararlanmanın, membran geçirgenliğinin, lipid peroksidasyonunun, toplam fenolik madde içeriğinin, çözünebilir şeker miktarının, prolin birikiminin ve antioksidant enzimlerin aktivitelerinin arttığı; bağıl su içeriğinin ve klorofil yoğunluğunun ise azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca mineral analiz sonuçları değerlendirildiği zaman stres uygulamaları ile birlikte N, Cu, B, Zn, P, Ca ve K miktarlarının azaldığı; Fe, Mg, ve Mn değerlerinin arttığı görülmüştür. Sonuçta, su stresine en dayanıklı anaçların BA29 ve OHxF 333 olduğu bildirilmiştir (Gür, 2018).

### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Bitkisel Materyal

##### 3.1.1. Yağ gülünün bitkisel özellikleri

Yağ gülü (*R. damascena* Mill.) pembe renkli, yarım katmerli ve kuvvetli kokulu, çok yıllık, 1.5-3 m arasında boylanabilen, dikenli ve kışa dayanımı yüksek bir bitkidir. Gövde silindir biçimli, içi dolu, esmer renkli, çok dallı ve dallar çok sayıdaki irili ufaklı sert dikenlerle çevrilidir. Yapraklar yumuşak yapılı ve ince tüylerle kaplı, alternans dizilişli, saplı ve stipulalı (kulakçık), 5-7 foliolludur. Folioller (yaprakçık) 3-4 cm uzunluğunda oval şekilli, basit dişli kenarlı ve alt yüzleri tüylüdür. Çiçekler hafifçe sarkık, az ya da çok koyu pembe renklidir. Tek renkli olan çiçeklerde içteki taç yapraklar dıştakilerden daha küçük yapılı olup, çiçeklenme çalı formundaki bir bitkide görülen biçimdedir (Şekil 3.1). Kaliks (çanak yapraklar), korollodan (taç yapraklar) daha uzun, çok parçalı 5 sepalden (çanak yaprak) ibarettir. Korolla çok petalli, petaller (taç yaprak) oval şekilli, soluk pembe renkli, kaideleri beyaz lekeli (Anonim, 2018b).

Tipik bir ılıman iklim bitkisi olan yağ gülü; bol ışık alan, yeterince yağışlı, çiçeklenme mevsiminde (Mayıs-Haziran ayları) kuraklık ve don olaylarının olmadığı, sabahın erken saatlerinde çığ düşen iklim bölgelerine çok iyi uyum sağlar (Baydar vd., 2013). Özellikle çiçeklenme dönemi kurak geçen ve ilkbahar erken ve geç donlarının yaşandığı bölgeler yağ gülü yetiştiriciliği için uygun değildir (Sarıbaş ve Aslancan, 2011). Çiçeklenme döneminde yaşanan kuraklıklar ve yüksek sıcaklıklar, gül petallerinden uçucu yağların buharlaşarak kaybolmasına neden olur (Baydar vd., 2013). Yağ gülü Isparta ekolojisine yüksek uyum gösteren bir bitkidir.



Şekil 3.1. Yağ gülü bitkisi ve çiçekleri (Anonim, 2018c).

### 3.1.1. Araştırmanın yürütüldüğü yer ve yıl

Araştırma, Süleyman Demirel Üniversitesi (SDÜ) merkez kampüsü içerisinde yer alan, Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi (TARUM)'ne ait 20 m eninde, 50 m boyunda 1000 m<sup>2</sup> büyüklüğünde yandan manuel havalandırılmalı cam serada 2017 yılında yürütülmüştür (Şekil 3.2). Deneme alanı 37.83° enlemi ile 30.53° boylamı arasında yer almakta olup rakımı 1035 m civarındadır.



Şekil 3.2. Denemede kullanılan fidanların görünümü

### 3.1.2. Araştırma alanının iklim özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü Isparta ili Akdeniz ile İç Anadolu karasal ikliminin geçiş kuşağında yer almaktadır. Isparta meteoroloji istasyonu verilerine göre, yağış miktarı Akdeniz iklimi ortalamalarından düşük olup yıllık ortalama sıcaklık değeri de, İç Anadolu iklimine daha yakındır. Yazları sıcak ve az yağışlı, kışları soğuk ve yağışlı geçmektedir. Yazları gece ve gündüz arasındaki sıcaklık farkları da karasal etkiye bağlı olarak fazladır (Fakir vd., 2009). Isparta ili için uzun yıllar ortalaması olarak; ortalama sıcaklığı 12.2°C, en yüksek sıcaklık 18.4°C, en düşük sıcaklık 6.1°C, yıllık güneşlenme süresi 84.9 saat ve yıllık toplam yağış miktarı 564.8 mm'dir (MGM, 2018).

Denemenin yürütüldüğü 2017 yılı Ağustos-Kasım aylarında Isparta'da Merkez İstasyonun'da alınan ortalama sıcaklık ve nem ölçüm değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. 2017 yılı Ağustos-Kasım aylarında Isparta ili ortalama sıcaklık ve nem değerleri

Aylar	Ortalama Maksimum Sıcaklık (°C)	Ortalama Minimum Sıcaklık (°C)	Ortalama Nem (%)
Ağustos	34.0	12	45.00
Eylül	29.4	7	44.00
Ekim	23.0	5	56.00
Kasım	15.0	-1	65.00

Denemeye başlangıç tarihinden itibaren sera içi maksimum ve minimum termometre ile sıcaklık ve nem değerleri 3 gün aralıklarla ölçülerek aylık ortalamaları alınmıştır. Elde edilen veriler Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Sera içerisinde Ağustos-Kasım aylarında ölçülen ortalama sıcaklık ve nem değerleri

Aylar	Ortalama Maksimum Sıcaklık (°C)	Ortalama Minimum Sıcaklık (°C)	Ortalama Nem (%)
Ağustos	35.8	17.0	70.00
Eylül	30.3	11.7	66.83
Ekim	26.2	7.0	62.73
Kasım	26.8	9.8	69.00

### 3.1.3. Araştırmada kullanılan yetiştirme ortamının bazı fiziksel özellikleri

Denemede kullanılmak üzere hazırlanan yetiştirme ortamının bazı fiziksel özellikleri analiz edilerek Çizelge 3.3’de verilmiştir. Denemede kullanılan ortam hafif alkali, kireci çok yüksek, tuzsuz, organik maddesi iyi olup, tınlı yapıya sahiptir (Çizelge 3.3). Yağ gülü de yeterli organik maddeye sahip, kumlu-tınlı topraklarda iyi gelişme gösterir ve kireçli toprakları sever (Sarıbaş ve Aslanca, 2011).

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan yetiştirme ortamının tekstürü

pH (1:2,5)	EC (dS/m)	Kireç %	Organik Madde %	Kum %	Kil %	Silt	Toprak sınıfı
8.04	0.805	48.3	3.10	41.98	39.52	18.5	Kil
Hafif alkali	Düşük	Çok yüksek	İyi				

### 3.1.4. Araştırmada kullanılan su kaynağının özellikleri

Deneme süresince sulama suyu olarak TARUM’un 4 km güney doğusundaki derin kuyulardan sağlanan sulama suyu kullanılmıştır. Sulama suyunun kalite sınıfı ABD tuzluluk laboratuvarı grafik sistemine göre C2S1 sulamaya elverişli sınıfına girmektedir (Uçar vd., 2017).

### 3.1.6. Kültürel işlemler

Polietilen tüpler içerisindeki gül fidanlarına stres uygulamaları başlayıncaya kadar tüm kültürel işlemler (yabancı otların temizlenmesi, sulama, bitki koruma vb.) rutin olarak yapılmıştır.

## **3.2. Metot**

### **3.2.1. Fidanların temin edilmesi ve polietilen tüplere aktarılması**

Çalışmada, Isparta'da yetiştiriciliği yapılan yağ gülünün 1 yaşlı fidanları kullanılmıştır. Fidanlar yağ gülünü ticari olarak üreten üreticilerinden Temmuz ayında temin edilmiştir. Fidanların homojen olmasına dikkat edilmiştir. Fidanlar içerisinde kum: toprak: torf ile 1:2:1 oranında hazırlanan harçla doldurulmuş 8 litrelik 25x50 cm boyutlarında altları delik polietilen tüplere dikilerek, cam seraya nakledilmiştir.

### **3.2.2. Su stresi uygulamaları**

Araştırmada, fidanlara farklı şiddette su stresinin oluşturulması için 3 farklı sulama düzeyi (%25, %50 ve %100) uygulanmıştır. Deneme üç tekerrürlü olarak kurulmuş ve her tekerrürde dört fidan yer almıştır. Deneme konuları aşağıdaki gibidir.

%100 sulama seviyesi (Kontrol uygulama): Her sulamada eksilen su saksı kapasitesine (SK) tamamlanmıştır. Böylelikle fidanlara tam sulama uygulaması yapılmıştır.

%50 kısıtlı sulama seviyesi (Orta şiddette kuraklık stresi): %100 SK uygulamasında fidanlara verilen suyun %50'sinin verilmesi ile fidanlar orta şiddette kuraklık stresine maruz bırakılmıştır.

%25 kısıtlı sulama seviyesi (Şiddetli kuraklık stresi): %100 SK uygulamasında fidanlara verilen suyun %25'inin verilmesi ile fidanlar şiddetli kuraklık stresine maruz bırakılmıştır.

### **3.2.3. Uygulanan sulama suyu miktarının hesaplanması**

Her sulamada uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesi için polietilen tüplerin içinde bulunan yetiştirme ortamının saksı kapasitesi (SK) değeri belirlenmiştir (Şekil 3.3). Bu amaçla, içerisinde 7'şer kg yetiştirme ortamı bulunan 12 adet altları delik polietilen tüplerin diplerinden su sızana kadar üstten yavaş yavaş su eklenmiştir. Bu işlem bittikten sonra polietilen tüplerin üstü buharlaşmayı önlemek amacıyla alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Polietilen tüplerden sızan su

bittiğinde (yaklaşık 48 saat sonra) polietilen tüpler tartılmış ve bu değerler saksı kapasitesi olarak kabul edilmiştir. Bu ağırlıklara polietilen tüp ağırlıkları ve her bir fidanın dikim esnasında ölçülen ağırlıkları eklenmiş ve her bir polietilen tüpe ait saksı kapasitesi bulunmuştur.

Her bir uygulama için toplam sulama suyu miktarı her sulamada uygulanan sulama suyu miktarının (l/bitki) kümülatif olarak toplanması ile bulunmuştur. Uygulamaların başladığı tarihe kadar her sulamada polietilen tüpteki eksik nem, saksı kapasitesine getirilene kadar sulama suyu uygulanacağı için, bu miktarlar bitki su tüketimi hesabında dikkate alınmıştır.



Şekil 3.3. Fidanların saksı kapasitesine getirilmesinden görünüm

#### 3.2.4. Uygulama zamanı ve yaprak örneklerinin alınması

Araştırmada su stresi uygulamalarına eylül ayının başında başlanmış ve fidanlarda stresten kaynaklanan kurumaların görüldüğü dönemde fidanların zararlanma derecelerine göre kasım ayında son verilmiştir. Fidanlara sulama suyu 3 günde bir

saksı kapasitesinden eksilen suyun tamamlanması şeklinde uygulanmıştır. Fidanlardan üç farklı dönemde bitki üzerindeki gelişmiş yaprak örnekleri alınmış ve bu örneklerde kimyasal analizler yapılmıştır. Yaprak örneği alım dönemleri aşağıdaki tarihlerde yapılmıştır:

1. Dönem: 6 Ekim 2017
2. Dönem: 27 Ekim 2017
3. Dönem: 15 Kasım 2017

### **3.2.5. Fidanlarda incelenen özellikler**

#### **3.2.5.1. Morfolojik özellikler**

##### **3.2.5.1.1. Fidan boyu (cm)**

Fidanların boyları stres uygulamasının sona erdiği tarihte bir cetvel yardımıyla ölçülmüş ve cm olarak ifade edilmiştir. Fidanın boyu kök boğazından itibaren sürgünün en üst kısmına kadar olan mesafe olarak tanımlanmıştır.

##### **3.2.5.1.2. Fidan gövde çapı (mm)**

Denemede yer alan fidanların gövde çapları stres uygulamaların sona erdiği tarihte, kök boğazından itibaren 15 cm yukarıdan dijital bir kumpas (Mitutuyo CD-15APX) yardımıyla ölçülmüş ve değerler milimetre (mm) cinsinden hesaplanmıştır.

##### **3.2.5.1.3. Sürgün sayısı (adet)**

Denemede yer alan fidanların ana sürgün üzerinde meydana gelen yan sürgünlerin sayısı sayılarak adet/fidan olarak ifade edilmiştir.

##### **3.2.5.1.4. Yaprak alanı (cm<sup>2</sup>)**

Denemede yer alan fidanların yaprak alanı ölçümleri, stres uygulamalarının sonunda sürgünün orta yerinde gelişmesini tamamlamış yapraklardan her tekerrür için 4'er adet, toplamda 36 adet tam gelişmiş yaprak kullanılarak, yapılmıştır. Yaprak örneklerinin bir yüzeylerinin alanı autocad programı ile hesaplanmıştır.

### 3.2.5.1.5. Yaprak SPAD değeri

Denemede yapraktaki klorofil yoğunluğu klorofilmetre ile (SPAD 502) ölçülmüştür.

### 3.2.5.2. Biyokimyasal özellikler

#### 3.2.5.2.1. Klorofil içeriği

Zhang ve Huang (2013) yöntemine göre yapılmıştır. Buna göre derin dondurucuda saklanan 0.1 gr yaprak örneği tartılıp sıvı azot içerisinde toz hale gelinceye kadar parçalanıp üzerine 1 ml %100 DMF eklenmiştir (Şekil 3.4). Sonrasında elde edilen ekstrakt 10.000 g'de 10 dakika santrifüj edilip süpernatant kısmı alınarak 664 ve 647 nm dalga boyunda okuması yapılmıştır. Sonuçlar; mg/gr olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.4. Klorofil içeriğinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması

### 3.2.5.2.2. Lipid peroksidasyonu (MDA) içeriği

Ekstraksiyon: 10 gr taze yaprak örneği tartılmış üzerine 0.5 gr polivinil polipyrrolidin (PVPP) içeren 25 ml soğuk 100 mM sodyum fosfat buffer'ı hazırlanmıştır. Ph: 6.4 olacak şekilde ayarlanmıştır. Örnekler homojenizatör yardımıyla parçalandıktan sonra 27.000 g'de 50 dakika 4°C'de santrifüj edilmiş süpernatant (sıvı) kısmı analizde kullanılmıştır.

Analiz: Jiang vd. (2010)'in belirttiği metoda göre yapılmıştır. 2 ml %0,5 tiobarbitük asit (TBA) içeren % 15 trikloroasetik asit cam deney tüplerine konulmuş ve üzerine 1 ml enzim ekstraktı eklenmiş daha sonra karışım 20 dakika boyunca 95°C'de bekletilip ardından hemen 5 dakika soğuk buz banyosunda soğutulmuştur (şekil 3.5). Soğutulduktan sonra ekstraktlar 12.000 g'de 10 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Örnekler 532 ve 600 nm dalga boyunda okutulmuş ve absorbans değerleri yazılmıştır. MDA içeriği aşağıdaki formüle göre hesaplanmış ve nmol/g<sup>-1</sup> olarak ifade edilmiştir.

$$\text{MDA (nmol g}^{-1} \text{ FW)} = \frac{[(A_{532} - A_{600}) * 1000 * V]}{(\epsilon * \text{FW} * 10^{-3})}$$

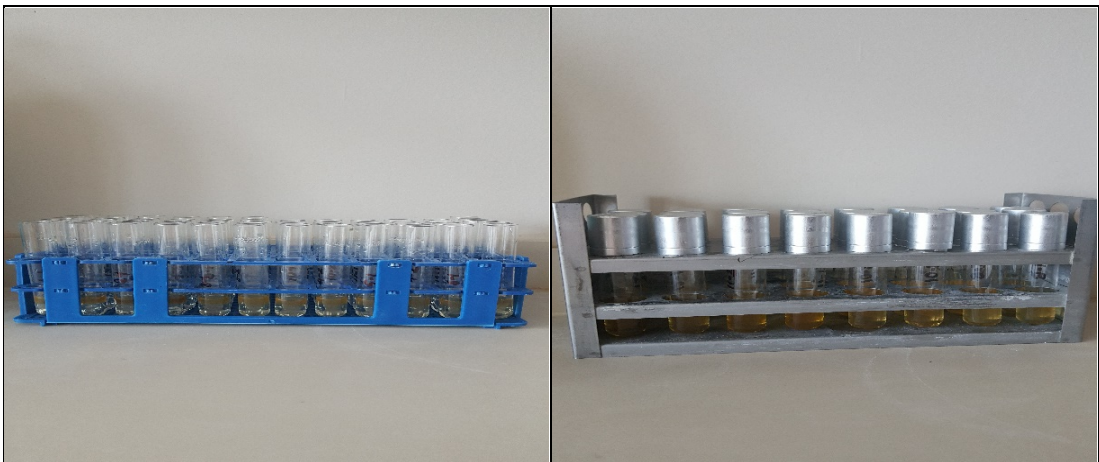
FW: Yaş ağırlık

A532: 532 nm'de absorbans değerı

A600: 600 nm' de absorbans değerı

$\epsilon$ : MDA konsantrasyonu ekstinsiyon katsayısı

V: Ekstrakt çözeltilisinin hacmi



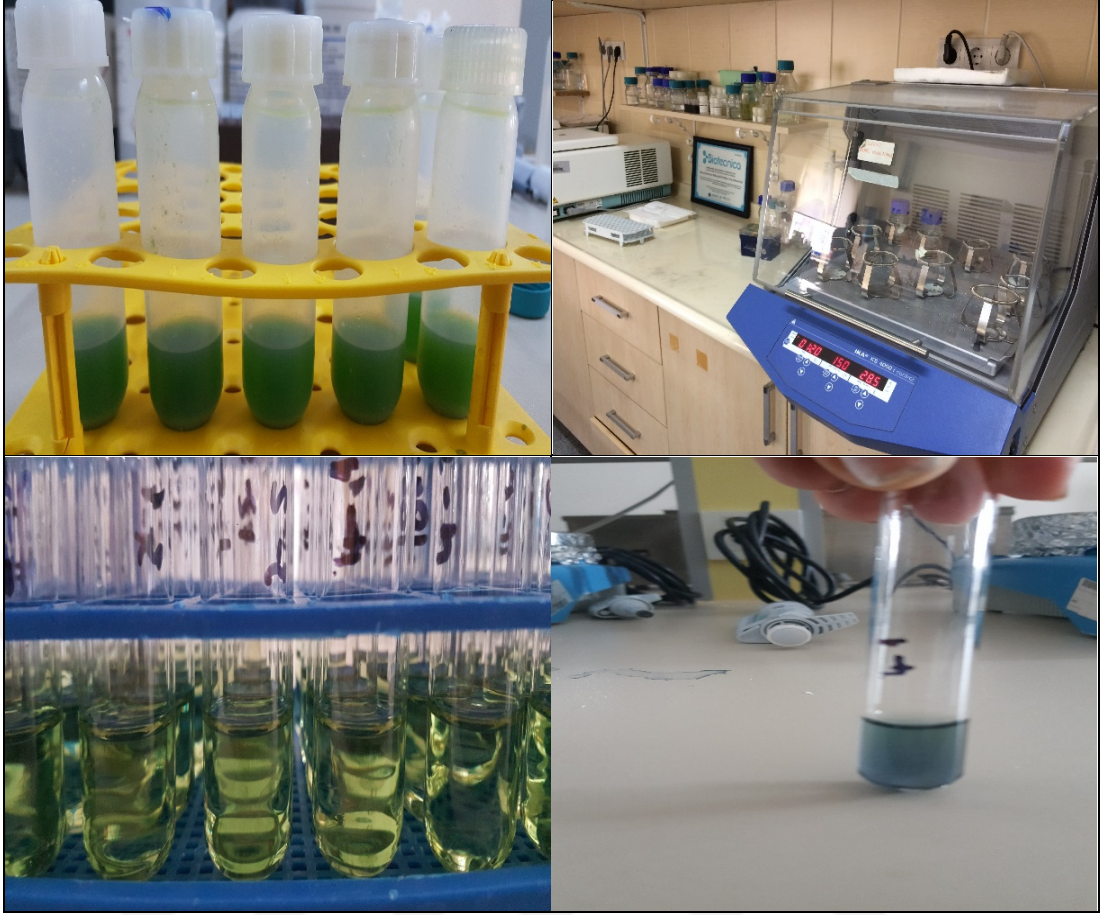


Şekil 3.5. Lipid peroksidasyonu (MDA) içeriği belirlenmesi için örneklerin hazırlanması

### 3.2.5.2.3. Toplam fenolik madde içeriği

Ekstraksiyon: 0.2 gr yaprak örneği tartılıp üzerine 10 ml %80'lik metanol eklenip homojenizatör yardımıyla parçalandıktan sonra çalkalamalı inkübatör içerisinde oda sıcaklığında 15 dakika boyunca karıştırılmıştır. Ardından 4000 x rpm 10 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant kısmı ayrılmış, kalan pelet üzerine tekrar %80'lik metanol eklendikten sonra tekrardan çalkalamalı inkübatör içerisinde 15 dakika karıştırılmıştır. 4000 x rpm'de 10 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant kısmı ayrılmıştır. Son hacim %80'lik metanol ile 25 ml'ye tamamlanmıştır.

Analiz: Toplam fenolik madde içeriklerinin belirlenmesinde Singleton ve Rossi (1965)' nin belirlediği ve Velioglu vd. (1998), tarafından modifiye edilen Folin-Ciocalteu metodu kullanılmıştır. Buna göre; örnekler 0,1 ml metanoloik ekstrak üzerine di-iyonize su ve 0,1 ml (2N) Folin-Ciocalteu belirteci ile karıştırılmış ve 6 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra üzerine 0,5 ml %20 sodyum karbonat solüsyonu eklenip ve renk gelişimi oluşması için 30 dakika oda sıcaklığında inkübasyona tabii tutulmuştur. Renk gelişiminden sonra örnekler 760 nm dalga boyunda spektrofotometrede absorbans değerleri okutulmuştur. Sonuçlar, Gallik asit standardına göre hesaplanmış ve mg/gr olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.6. Toplam fenolik madde içeriğinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması

#### 3.2.5.2.4. Toplam flavonoid madde içeriği

Ekstraksiyon: 0.2 gr yaprak örneği tartılıp üzerine 10 ml %80'lik metanol eklenip homojenizatör yardımıyla parçalandıktan sonra çalkalamalı inkübatör içerisinde oda sıcaklığında 15 dakika boyunca karıştırılmıştır. Ardından 4000 x rpm 10 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant kısmı ayrılmış, kalan pelet üzerine tekrar %80'lik metanol eklenip çalkalandıktan sonra tekrardan çalkalamalı inkübatör içerisinde 15 dakika daha karıştırılmıştır ve 4000 x rpm'de 10 dakika santrifüj edildikten sonra süpernatant kısmı ayrılmıştır. Son hacim %80'lik metanol ile 25 ml'ye tamamlanmıştır.

Analiz: Zhisen vd. (1999)'in belirttiği yöntemle yapılmıştır. Buna göre sırasıyla 0,25 ml metanoloik ekstrakt üzerine 1.5 ml saf su ve 75 µL %5 sodyum nitrit solüsyonu eklenmiş ve oda sıcaklığında 6 dakika inkübasyona tabii tutulmuştur (Şekil 3.7). İnkübasyon sonrası karışım üzerine 0.15 ml %10 alüminyum klorit eklenip karıştırılmış ve 5 dakika boyunca tekrardan inkübasyona bırakılmıştır.

İnkübasyon sonrası karışım üzerine 0.5 ml 1 M sodyum hidroksit eklenmiş ve 510 nm dalga boyunda absorbans değerleri okutulmuştur. Sonuçlar, Kateşin standardına göre hesaplanıp mg/gr olarak ifade edilmiştir.



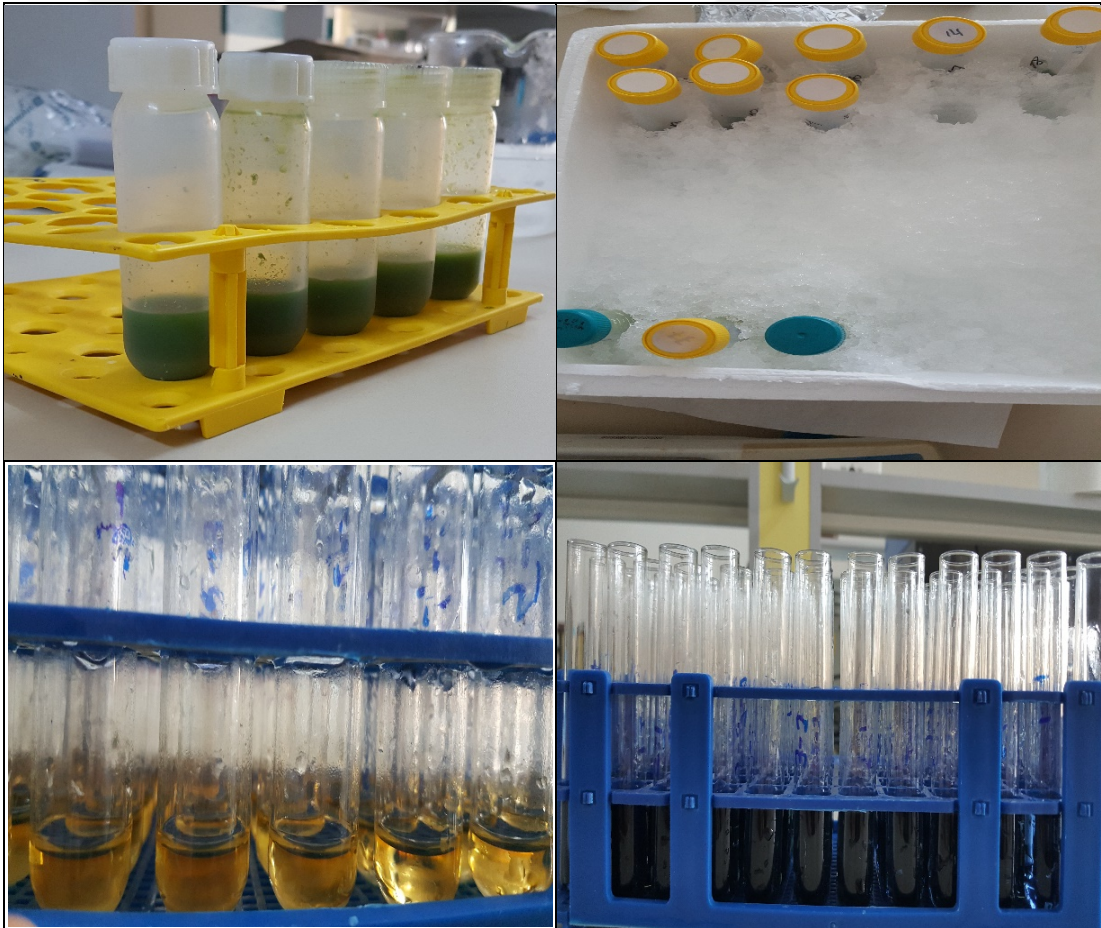
Şekil 3.7. Toplam flavonoid madde içeriğinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması

### 3.2.5.2.5. Toplam çözünebilir protein içeriği

Ekstraksiyon: 1 gr örnek tartılıp üzerine 5 ml soğuk absolut EtOH eklenmiş ve homojenizatör yardımıyla parçalanmıştır. Ardından örnekler 4°C’de 10.000 g’de 20 dakika boyunca santrifüj edilmiştir. Santrifüjden sonra süpernatant (sıvı) kısmı atılmış ve geride kalan peletin üzerine %80’lik soğuk EtOH’dan 8,333 ml eklenmiş ve pelet iyice çözdürülmüştür. Sonra aynı koşullarda santrifüj edilerek süpernatant kısmı uzaklaştırılmıştır. Ardından peletin üzerine protein ekstraksiyon buffer’ndan (50mM Tris+1,2 M NaCl Ph: 7.0) 5 ml konularak pelet çözdürülmüş ve 30 dakika boyunca buz üzerinde bekletilmiştir. Sonra aynı koşullarda santrifüj yapılmış ve

süpernatant kısmı miracloth bezi ile süzülüp örnekler kullanılıncaya kadar – 20 °C’de saklanmıştır.

Analiz: Toplam protein miktarı Hartree-Lowry (1972)’in belirttiği metoda göre yapılmıştır. 1 ml protein ekstraktından alınmış ve üzerine 0.9 ml reagent A eklenerek vortekslenmiştir. Sonra 50°C’de 10 dakika boyunca inkübe edilerek oda sıcaklığında soğutulmuştur. Ardından her bir örneğin üzerine 0.1 ml reagent B eklenmiş ve vorteks yardımıyla karıştırılmıştır. 10 dakika boyunca oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. İnkübasyondan sonra hızlı bir şekilde her bir örneğin üzerine 3 ml reagent C eklenmiş ve vortekslenmiştir. Ardından 50°C’de 10 dakika boyunca inkübe edilmiş ve oda sıcaklığında soğumaya bırakılmıştır. Örneklerin absorbans değerleri 650 nm dalga boyunda okutulmuştur. Sonuçlar (BSA) standardizasyonuna göre hesaplanmış ve mg/ml olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.8. Toplam çözünebilir protein madde içeriğinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması

### 3.2.5.2.6. Toplam prolin içeriği

Ekstraksiyon: 0.06 gr yaprak örnekleri tartılıp üzerine 3 ml %3'lük sülfosalisilik asit eklenmiş ve homojenizatör yardımıyla parçalandıktan sonra 12.000 g'de oda sıcaklığında 10 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj'den sonra süpernatant kısmı alınıp analiz aşaması için kullanılmıştır.

Analiz: Bates vd. (1973) 'in yöntemine göre yapılmıştır. 1 ml ekstrakt, 1 ml asit ninhidrin ve 1 ml glasiyel asetik asit cam tüplere konulup vortekslenmiş ardından 100°C'de 1 saat bekletildikten sonra soğuk buz banyosunda bekletilmiştir. Ekstraksiyon karışımı soğutulduktan sonra üzerine 2 ml toluen eklenmiş oda sıcaklığında 30 dakika bekletilmiştir. Bekleme sonunda reaksiyon karışımı 2 faza ayrılmış, üst faz kısmından 1 ml alınıp 520 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Sonuçlar, mg/gr olarak ifade edilip D-Proline standardına göre hesaplanmıştır.



Şekil 3.9. Toplam prolin içeriğinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması

### 3.2.5.3. Antioksidant enzim aktiviteleri

#### 3.2.5.3.1. Askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi

Ekstraksiyon: 4 gr örnek üzerine 1 mM (EDTA), 2 mM DTT ve 1 mM askorbik asit içeren 50 mM potasyum fosfat buffer (Ph:7.3)'ndan 12 ml eklenip homojenizatör yardımıyla parçalanmış 10.000 g 'de ve 4°C'de 15 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj sonrası toplanan süpernatant kısmı analiz için kullanılmıştır.

Analiz: Nakano vd. (1981)' in belirttiği yönteme göre yapılmıştır. 0,5 mM askorbat 0,1 mM EDTA Na<sub>2</sub> ve 1,2 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> içeren 0,05 M sodyum fosfat buffer (Ph: 7,0)'ndan 0,9 ml alınıp 0,1 ml enzim ekstraktı ile 1 ml'ye tamamlandıktan hemen sonra 470 nm dalga boyunda absorbans değerleri okutulmuş daha sonra 3 dakika süreyle bekletilip tekrardan aynı dalga boyunda okuma yapılmıştır. Sonuçlar, mol/min/g protein olarak ifade edilmiştir (Şekil 3.10).

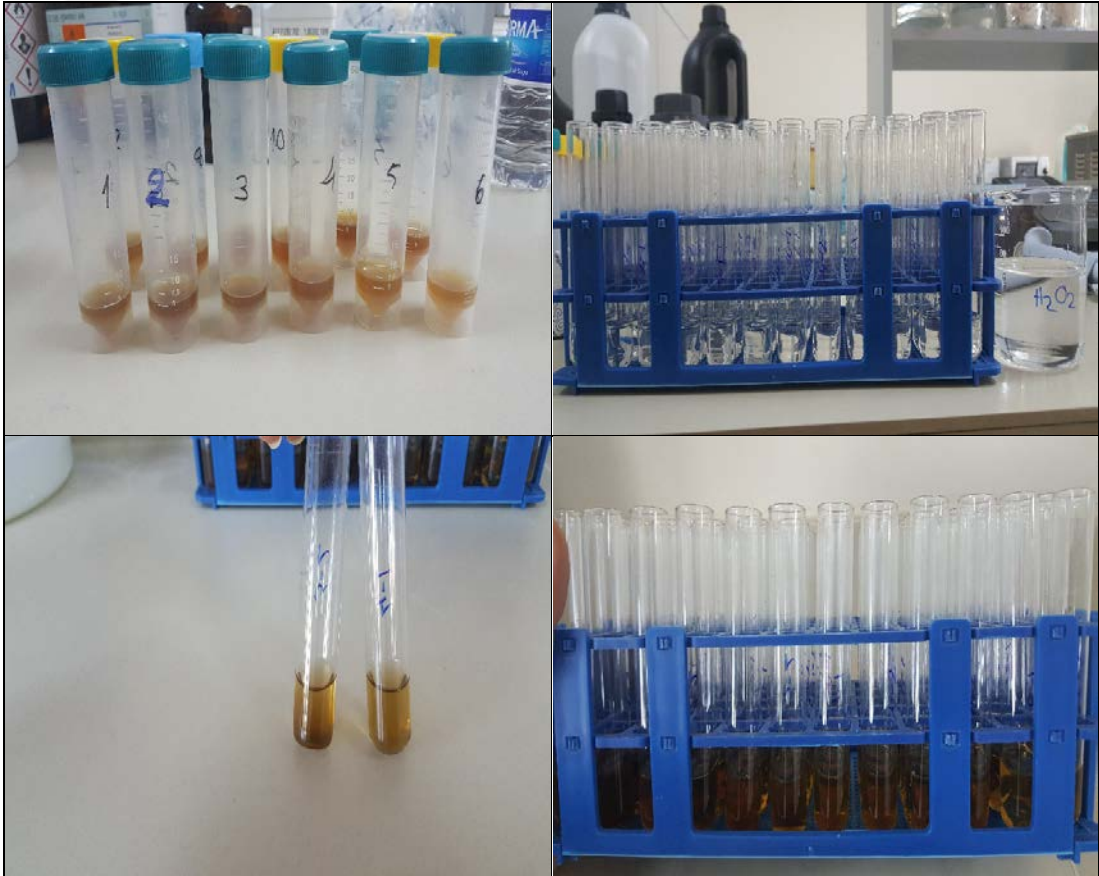


Şekil 3.10. Askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması

### 3.2.3.3.2. Katalaz (CAT) enzim aktivitesi

Ekstraksiyon: Beers vd. (1952)'in belirttiği metoda göre yapılmıştır. Buna göre; 10 gr örnek tartılıp 0.5 gr polivinil polipyrrolidin (PVPP) içeren 25 ml 50 mM soğuk sodyum fosfat buffer'ı hazırlanmıştır (Ph: 7.0) ve homojenizatör yardımıyla örnekler parçalanmıştır. Örnekler parçalandıktan sonra 27.000 g'de 50 dakika ve 4°C'de santrifüj edilip süpernatant kısmı alınıp analizde kullanılmıştır.

Analiz: 2 ml sodyum fosfat buffer'ı (50 mM ve ph:7.0), 0,5 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (40 mM) ve 0.5 ml enzim ekstraktı karıştırılıp 240 nm dalga boyunda spektrofotometrede örneklerin absorbans değerleri okutulmuştur (Şekil 3.11). Spesifik aktivite her dakikada ki Hidrojen peroksidi katalaza dönüştüren 1 mM ünitesi olarak ifade edilmiştir. Sonuçlar, U/mg protein olarak hesaplanmıştır.

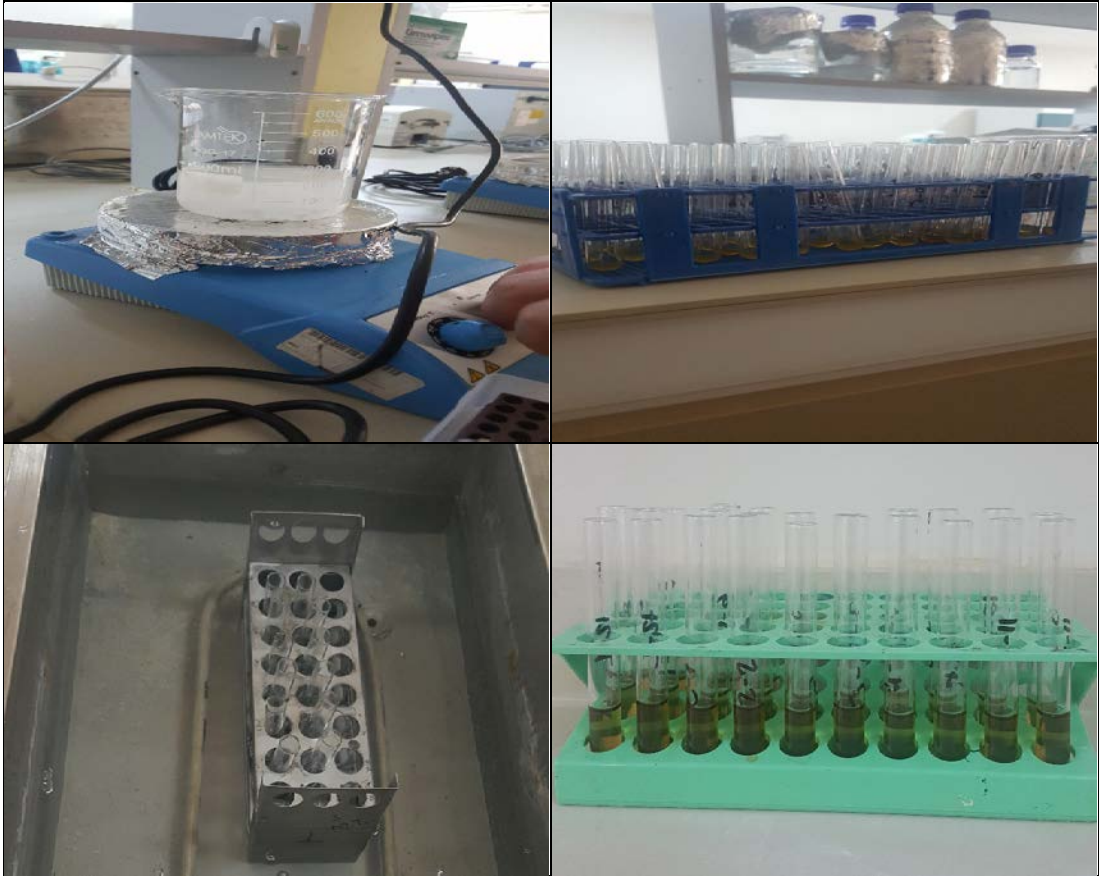


Şekil 3.11. Katalaz (CAT) enzim aktivitesinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması

### 3.2.5.3.3. Peroksidaz (POD) enzim aktivitesi

Ekstraksiyon: Jiang vd. (2010)'nin belirttiği metoda göre yapılmıştır. 10 gr taze yaprak örneği alınıp üzerine 0.5 gr polivinil polipyrrolidin (PVPP) içeren 25 ml soğuk 100 mM sodyum fosfat buffer'ı hazırlanmıştır. Ph: 6.4 olacak şekilde ayarlanmıştır. Örnekler homojenizatör yardımıyla parçalandıktan sonra 27.000 g'de 50 dakika 4°C'de santrifüj edilip süpernatant kısmı analizde kullanılmıştır.

Analiz: 0.5 ml enzim ekstraktı üzerine 8 mM quaiacol içeren 100 mM sodyum fosfat buffer (Ph:6,4) eklenip 5 dakika 30°C'de bekletilmiştir. 460 nm dalga boyunda absorbans değerleri okutulmuştur. Daha sonra karışım üzerine 1 ml 24 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> eklenip 120 saniye boyunca bekletilmiş ve tekrardan aynı dalga boyunda 2. absorbans değerleri kaydedilmiştir (Şekil 3.12). Sonuçlar,  $\Delta A_{460}/\text{min}/\text{mg}$  protein olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.12. Peroksidaz (POD) enzim aktivitesinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması

#### 3.2.5.3.4. Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi

Ekstraksiyon: Jiang vd. (2010)'nin belirttiği metoda göre yapılmıştır. 10 gr taze yaprak örneği alınıp üzerine 0.5 gr polivinil polipyrrolidin (PVPP) içeren 25 ml soğuk 100 mM sodyum fosfat buffer'ı hazırlanmıştır. Ph: 6.4 olacak şekilde ayarlanmıştır. Örnekler homojenizatör yardımıyla parçalandıktan sonra 27.000 g'de 50 dakika 4°C'de santrifüj edilip süpernatant kısmı analizde kullanılmıştır.

Analiz: Constantine ve Stanley (1977)'nin belirttiği metoda göre yapılmıştır. 13 mM methiyonin, 75 µM NBT, 10 µM EDTA ve 2 µM riboflavin içeren 50 mM sodyum fosfat buffer (Ph:7,8)'dan 2.9 ml alınıp 0.1 ml örnek ile 3 ml'ye tamamlanıp 560 nm dalga boyunda absorbans değerleri spektrofotometrede okutulmuştur. Daha sonra örnekler 10 dakika ışıktaki bekletildikten sonra aynı dalga boyunda tekrardan okuma yapılmıştır (Şekil 3.13). Sonuçlar, NBT'nin SOD miktarını %50 oranında azaltması sonucunda enzimin miktarı olarak tanımlanıp U/mg protein olarak ifade edilmiştir.



Şekil 3.13. Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesinin belirlenmesi için örneklerin hazırlanması

### **3.2.5. İstatistiksel analiz**

Sonuçlar Tesadüf Blokları Deneme Deseninde Faktöriyel Düzende 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Elde edilen veriler, MİNİTAB 17 istatistik programında tek yönlü varyans analiz yöntemine tabi tutulmuştur. Ortaya çıkan farklılıklar Tukey çoklu karşılaştırma testine göre saptanarak, ortalamalar arasındaki farklar farklı harfler yardımıyla gösterilmiştir.



## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. Morfolojik Özellikler

Çalışmada morfolojik özellikler olarak fidan boyu, gövde çapı, sürgün sayısı, yaprak alanı ve yaprak SPAD değerleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Su stresi uygulamalarının fidan boyu, gövde çapı, yaprak alanı ve yaprak SPAD değeri üzerine etkileri

Su Düzeyi (%)	Fidan Boyu (cm)	Gövde Çapı (mm)	Sürgün Sayısı (adet)	Yaprak Alanı (cm <sup>2</sup> )	Yaprak SPAD Değeri
100	74.13	5.48	1.11	10.21	40.86 a*
50	70.25	5.92	1.25	10.50	34.60 b
25	72.67	5.56	1.55	9.49	36.49 ab

\* a,b: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir (p<0.05)

Çalışmada fidan boyları bakımından farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli fark bulunmamıştır. Bununla birlikte en yüksek fidan boyu %100 su düzeyi uygulamasında (74.13 cm) belirlenmiştir. En düşük fidan boyu ise %50 su düzeyi uygulamasında (70.25 cm) ölçülmüştür (Çizelge 4.1).

Gövde çapı bakımından farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli fark çıkmamıştır. Çalışmada en kalın gövde değeri %50 su düzeyi uygulamasında (5.92 mm) saptanırken, en ince gövde değeri %100 su düzeyi uygulamasında (5.48 mm) ölçülmüştür (Çizelge 4.1).

Çalışmada, sürgün sayısı bakımından farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli fark saptanmamıştır. Çalışmada en fazla sürgün sayısı %25 su düzeyi uygulamasında (1.55 adet) belirlenirken, en az sürgün sayısı %100 su düzeyi uygulamasında (1.11 adet) bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Yaprak alanı bakımından farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli fark bulunmamıştır. Bununla birlikte en büyük yaprak alanı %50 su düzeyi uygulamasında (10.50 cm<sup>2</sup>) saptanmıştır. En küçük yaprak alanı ise %25 su düzeyi uygulamasında (9.49 cm<sup>2</sup>) belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Çalışmada yaprak SPAD değerleri bakımından farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli fark çıkmıştır. Buna göre en yüksek SPAD değeri %100 su düzeyi uygulaması yapılan kontrol bitkilerinde (40.86) belirlenmiştir. %50 su düzeyi uygulamasında ise SPAD değeri (34.60) kontrole göre önemli derecede düşmüştür. Yine %25 su düzeyi uygulamasında da kontrole göre nispeten SPAD değeri (36.49) düşmüştür.

## 4.2. Biyokimyasal Özellikler

### 4.2.1. Su stresinin klorofil içeriği üzerine etkileri

#### 4.2.1.1. Klorofil a

Su stresinin yağ gülünün yapraklarında klorofil a içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli farklar saptanmıştır (Çizelge 4.2). Buna göre en yüksek klorofil a içeriği her üç dönemde de %100 su düzeyinde (sırasıyla, 28.85, 27.81 ve 28.83 mg/g) belirlenmiştir. En düşük klorofil a içeriği ise her üç dönemde de %25 su düzeyi uygulamasında (sırasıyla, 26.37, 26.14 ve 26.80 mg/g) bulunmuştur (Çizelge 4.2).

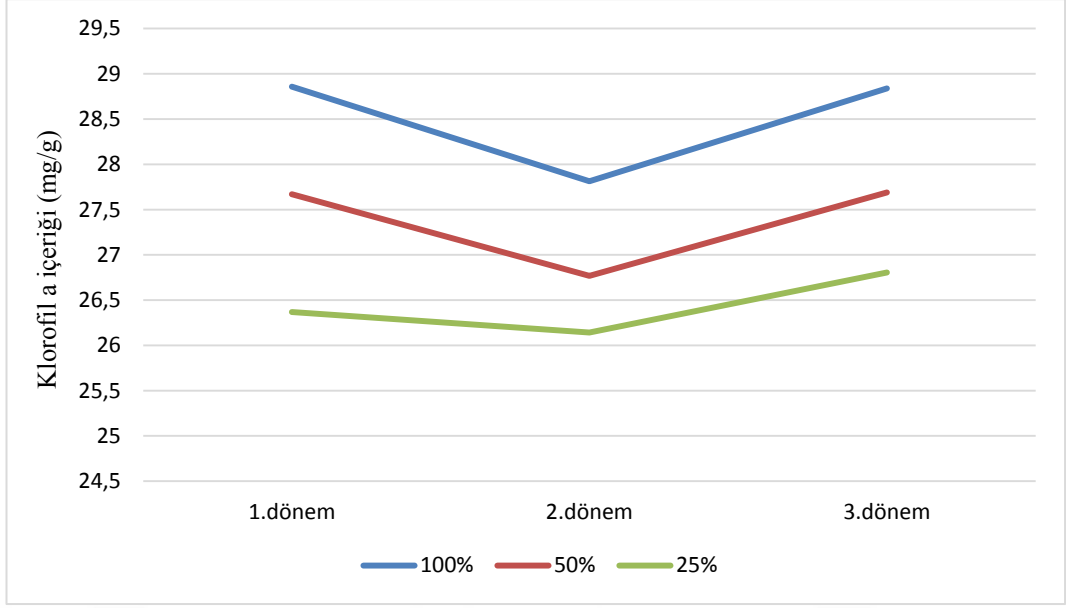
Çizelge 4.2. Su stresi uygulamalarının klorofil a içeriği (mg/g ) üzerine etkileri

Su düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	28.858 a	27.813 a	28.839 a	28.50 a*
50	27.670 b	26.768 b	27.690 b	27.37 b
25	26.368 c	26.143 c	26.806 c	26.44 c

\* a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir (p<0.05)

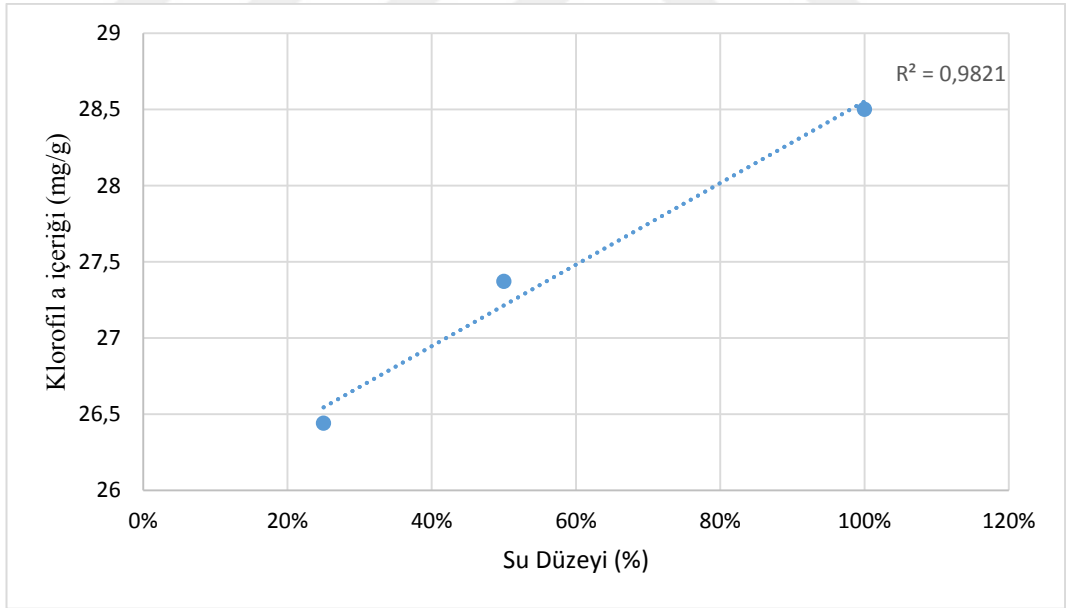
Her üç dönemin ortalaması dikkate alındığında, uygulamalar arasında istatistik olarak önemli fark bulunmuştur. Klorofil a içeriği, %50 ve %25 su düzeyi uygulamalarında kontrol uygulamaya göre (%100) önemli ölçüde azalmıştır (Çizelge 4.2).

Her üç uygulamada da klorofil a içeriği 2. dönemde azalma gösterirken, 3. dönemde tekrar artmıştır (Şekil 4.1) .



Şekil 4.1. Farklı su düzeylerinde klorofil a içeriğinin dönemlere göre değişimi

Klorofil a içeriği ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,9821$ ) (Şekil 4.2). Buna göre klorofil a içeriği, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak azalmıştır.



Şekil 4.2. Farklı su düzeyi uygulamaları ile klorofil a içeriği arasındaki ilişki

#### 4.2.1.2. Klorofil b

Çalışmada su stresinin yağ gülünün yapraklarında klorofil b içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli farklar saptanmıştır (Çizelge 4.3). Buna göre en

yüksek klorofil b içeriği her üç dönemde de %100 su düzeyi uygulamasında (sırasıyla, 53.261, 53.595 ve 52.565 mg/g) bulunmuştur. En düşük klorofil b içeriği ise her 3 dönemde de %25 su düzeyi uygulamasında (sırasıyla 51.417, 51.414 ve 50.537 mg/g) belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

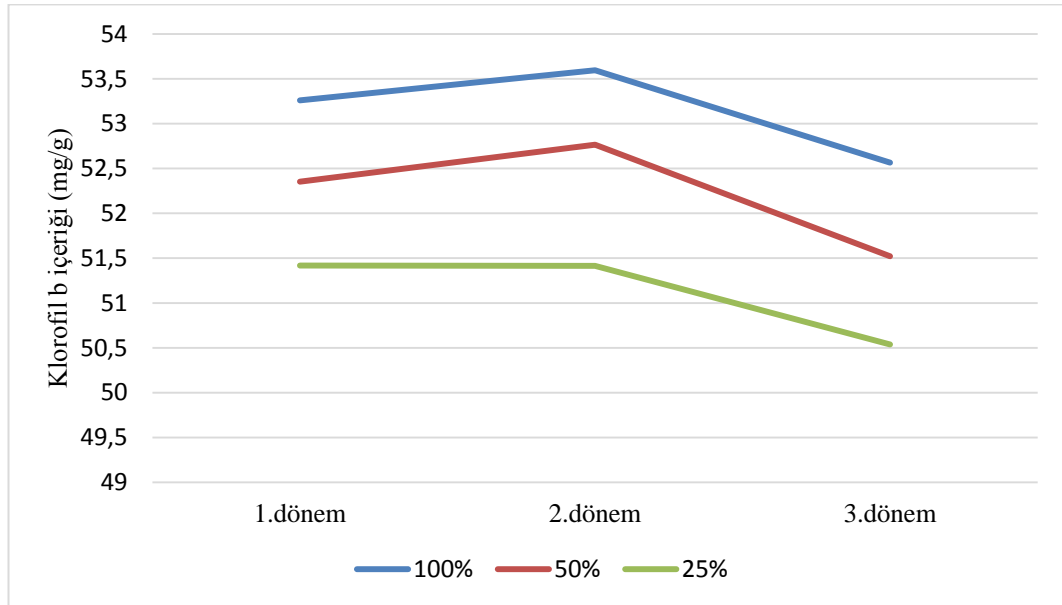
Çizelge 4.3. Su stresi uygulamalarının klorofil b içeriği (mg/g) üzerine etkileri

Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	53.261 a	53.595 a	52.565 a	53.14 a*
50	52.353 b	52.765 b	51.521 b	52.21 b
25	51.417 c	51.414 c	50.537 c	51.12 c

\* a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

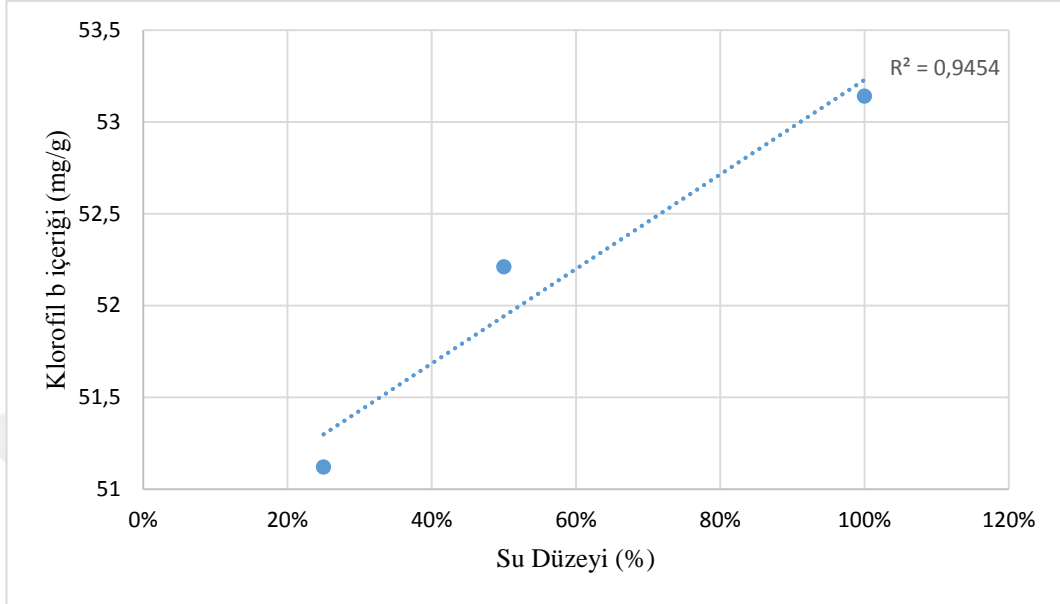
Her üç dönemin ortalaması dikkate alındığında, uygulamalar arasında istatistik olarak fark çok önemli çıkmıştır. Klorofil b içeriği, %50 ve %25 su düzeyi uygulamalarında kontrol uygulamaya göre (%100) önemli ölçüde azalmıştır (Çizelge 4.3).

Her üç uygulamada da dönem ilerledikçe klorofil b içeriği azalmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Farklı su düzeylerinde klorofil b içeriğinin dönemlere göre değişimi

Klorofil b içeriği ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,9454$ ) (Şekil 4.4). Buna göre klorofil b içeriği, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak azalmıştır.



Şekil 4.4. Farklı su düzeyi uygulamaları ile klorofil b içeriği arasındaki ilişki

#### 4.2.1.3. Klorofil a+b

Su stresinin yağ gülünün yapraklarında klorofil a+b içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli farklar saptanmıştır (Çizelge 4.4). Buna göre en yüksek klorofil a+b içeriği her üç dönemde de %100 su düzeyinde (sırasıyla 82.120, 81.409 ve 81.404 mg/g) bulunmuştur. En düşük klorofil a+b içeriği ise her 3 dönemde de %25 su düzeyi uygulamasında (sırasıyla 77.802, 77.557 ve 77.344 mg/g) belirlenmiştir (Çizelge 4.4).

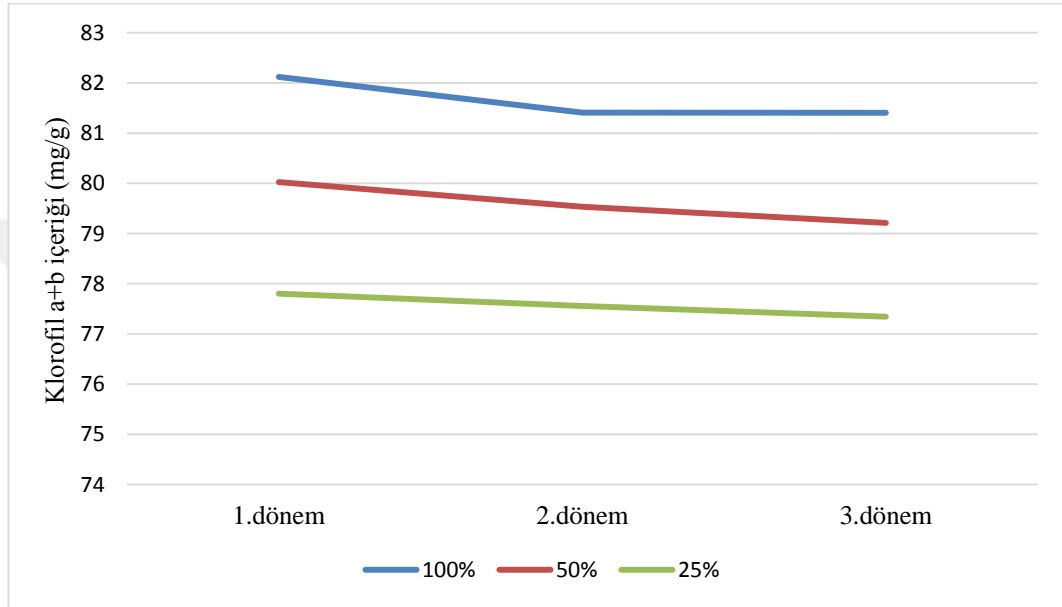
Çizelge 4.4. Su stresi uygulamalarının klorofil a+b içeriği (mg/g) üzerine etkileri

Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	82.120 a	81.409 a	81.404 a	81.64 a*
50	80.024 b	79.533 b	79.211 b	79.58 b
25	77.802 c	77.557 c	77.344 c	77.56 c

\* a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

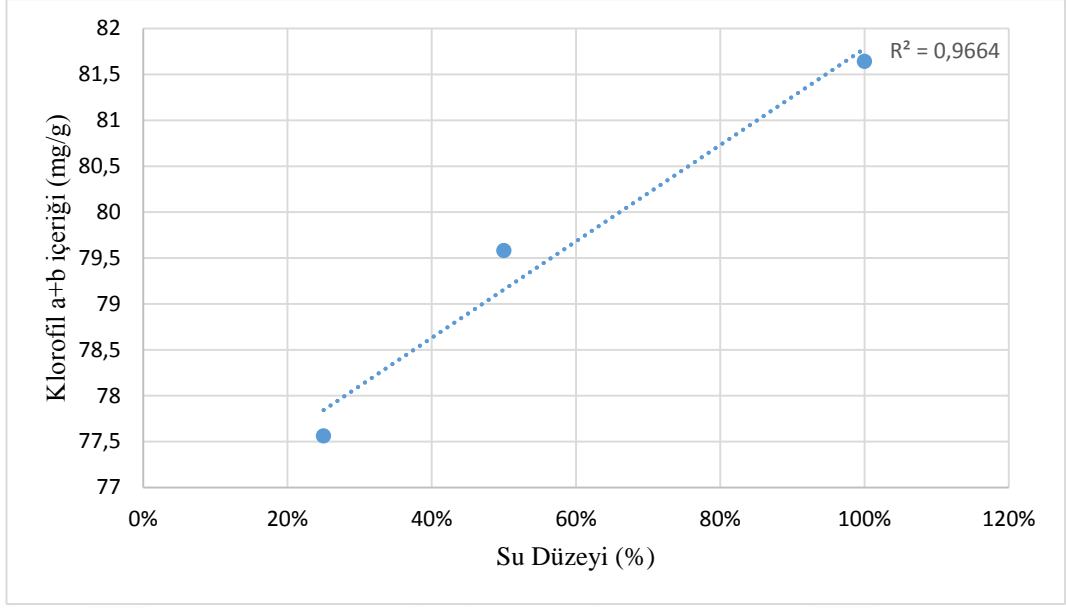
Her üç dönemin ortalaması dikkate alındığında, uygulamalar arasında istatistik olarak fark çok önemli bulunmuştur. Klorofil a+b içeriği, %50 ve %25 su düzeyi uygulamalarında kontrol uygulamaya göre (%100) önemli ölçüde azalmıştır (Çizelge 4.4).

Her üç uygulamada da dönem ilerledikçe klorofil a+b içeriği nispeten azalmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Farklı su düzeylerinde klorofil a+b içeriğinin dönemlere göre değişimi

Klorofil a+b içeriği ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,9664$ ) (Şekil 4.6). Buna göre klorofil a+b içeriği, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak azalmıştır.



Şekil 4.6. Farklı su düzeyi uygulamaları ile klorofil a+b içeriği arasındaki ilişki

#### 4.2.2. Su stresinin Lipid peroksidasyonu (MDA) içeriği üzerine etkileri

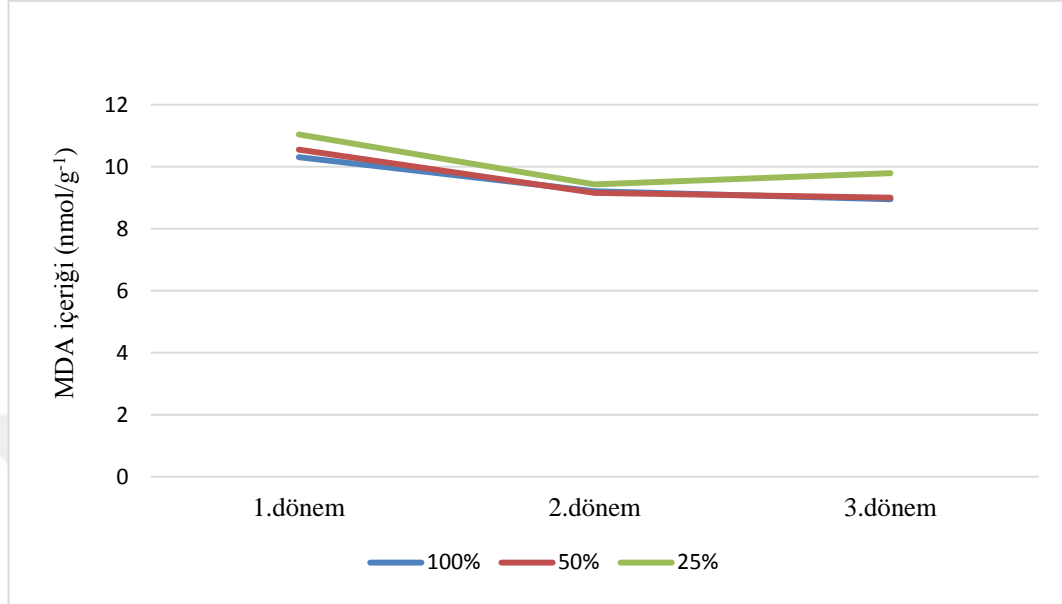
Su stresinin lipid peroksidasyonu içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli fark çıkmamıştır (Çizelge 4.5). Çalışmada, en yüksek MDA içeriği 1. dönemde %25 su düzeyinde ( $11.04 \text{ nmol/g}^{-1}$ ), belirlenmiş olup bunu bu dönemdeki %50 su düzeyi ( $10.55 \text{ nmol/g}^{-1}$ ) ve %100 su düzeyi ( $10.30 \text{ nmol/g}^{-1}$ ) izlemiştir (Çizelge 4.5). En düşük MDA içeriği ise 3. dönemde %100 su düzeyi uygulamasında ( $8.951 \text{ nmol/g}^{-1}$ ) saptanmıştır.

Çizelge 4.5. Su stresi uygulamalarının MDA içeriği ( $\text{nmol/g}^{-1}$ ) üzerine etkileri

Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	10.307	9.210	8.951	9.489
50	10.553	9.158	9.003	9.571
25	11.044	9.429	9.791	10.08

Her üç dönemin ortalaması dikkate alındığında, uygulamalar arasında istatistik olarak önemli fark bulunmamıştır. MDA içeriği, %25 su düzeyi uygulamasında kontrol uygulamaya göre (%100) nispeten artmıştır (Çizelge 4.5).

Çalışmada, %100 ve %50 su düzeyi uygulamalarında dönem ilerledikçe MDA içeriği azalırken, %25 su düzeyi uygulamasında ise 2. Dönemde bir azalma 3. Dönemde tekrar artış göstermiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. Farklı su düzeylerinde MDA içeriğinin dönemlere göre değişimi

#### 4.2.3. Su stresinin toplam fenolik madde içeriği üzerine etkileri

Su stresinin yağ gülünün yapraklarında toplam fenolik madde içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre; farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli fark bulunmuştur (Çizelge 4.6). Buna göre en yüksek toplam fenolik madde içeriği her üç dönemde de %100 su düzeyi uygulamasında (sırasıyla, 10.314, 9.120 ve 7.144 mg/g) saptanmıştır (Çizelge 4.6). En düşük toplam fenolik madde içeriği ise 3. dönemde %25 su düzeyi uygulamasında (3.196 mg/g) belirlenmiştir.

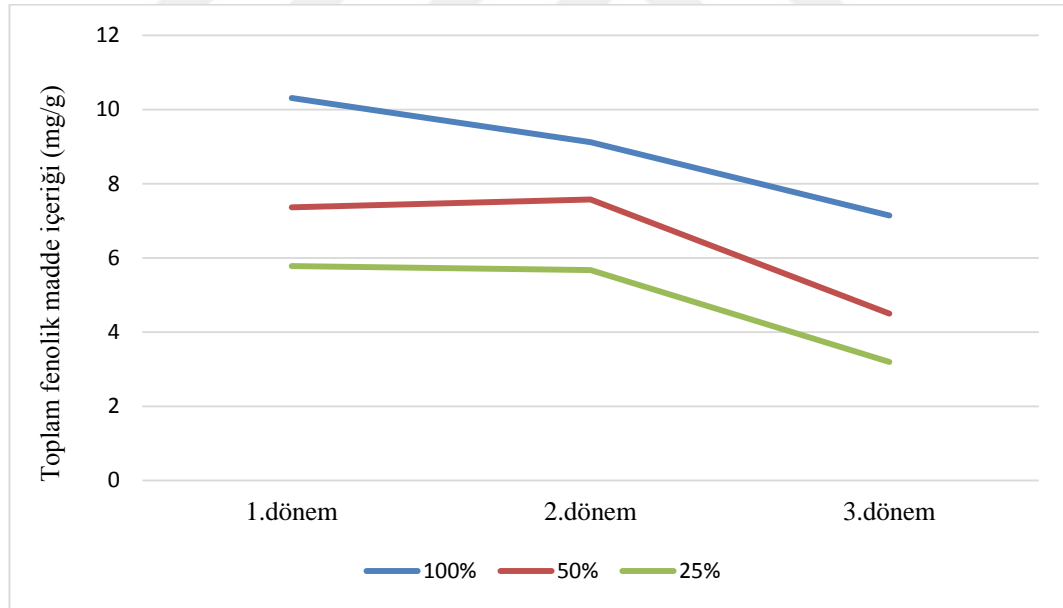
Çizelge 4.6. Su stresi uygulamalarının toplam fenolik madde içeriği (mg/g) üzerine etkileri

Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	10.314 a	9.120 a	7.144 a	8.860 a*
50	7.367 b	7.577 ab	4.500 b	6.484 b
25	5.782 b	5.675 b	3.196 b	4.884 c

\* a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir ( $p<0.05$ )

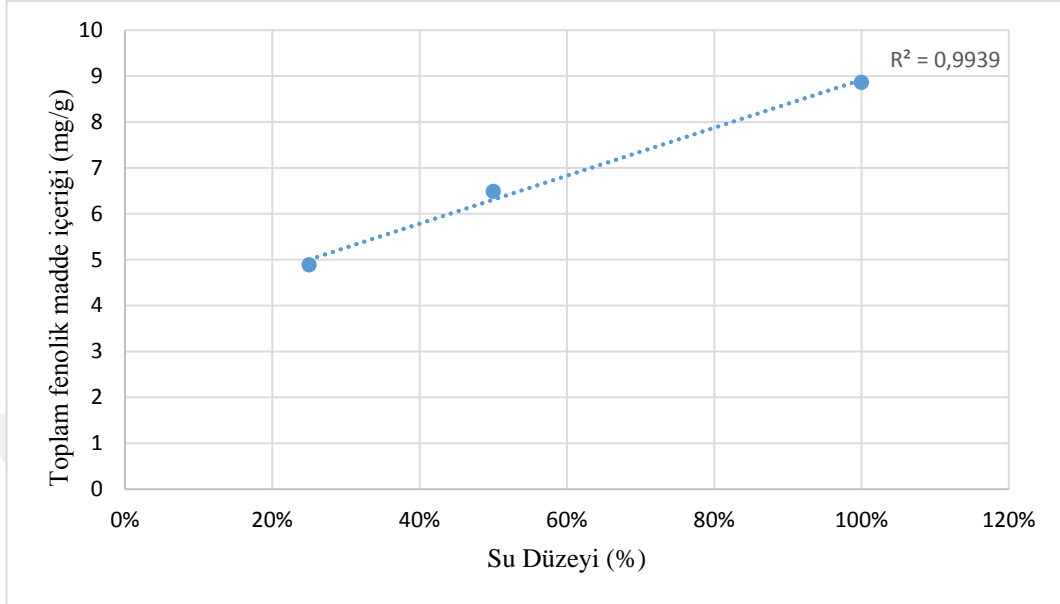
Her üç dönemin ortalaması dikkate alındığında uygulamalar arasında istatistik olarak önemli fark çıkmıştır. Toplam fenolik madde içeriği, %50 ve %25 su düzeyi uygulamalarında, kontrol uygulamaya göre (%100) önemli düzeyde azalmıştır (Çizelge 4.6).

Her üç uygulamada da dönem ilerledikçe toplam fenolik içeriği giderek azalmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Farklı su düzeylerinde toplam fenolik madde içeriğinin dönemlere göre değişimi

Toplam fenolik madde içeriği ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,9949$ ). Buna göre toplam fenolik madde içeriği, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak azalmıştır (Şekil 4.9).



Şekil 4.9. Farklı su düzeyi uygulamaları ile toplam fenolik madde içeriği arasındaki ilişki

#### 4.2.4. Su stresinin toplam flavonoid içeriği üzerine etkileri

Su stresinin yağ gülünün yapraklarında toplam flavonoid içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre; uygulamalar arasında önemli fark bulunmuştur. Buna göre en yüksek toplam flavonoid içeriği her üç dönemde de %100 su düzeyinde (sırasıyla 2.500, 2.095, 1.756 mg/g) saptanmıştır. En düşük toplam flavonoid içeriği her 3 dönemde de %25 su düzeyi uygulamasında (sırasıyla 1.165, 1.101, 1.011 mg/g) belirlenmiştir (Çizelge 4.7).

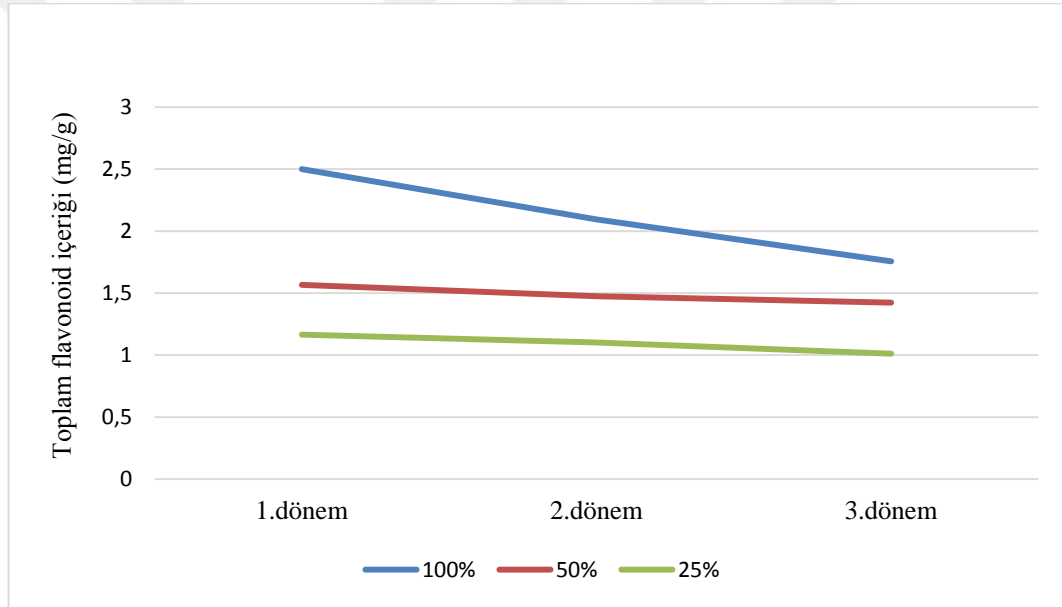
Her üç dönemin ortalaması dikkate alındığında, uygulamalar arasında istatistik olarak fark çok önemli çıkmıştır. Toplam flavonoid içeriği, %50 ve %25 su düzeyi uygulamalarında kontrol uygulamaya göre (%100) önemli düzeyde azalmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Su stresi uygulamalarının toplam flavonoid içeriği (mg/g) üzerine etkileri

Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	2.500 a	2.095 a	1.756 a	2.117 a*
50	1.566 b	1.475 b	1.424b	1.488 b
25	1.165 b	1.101 b	1.011 c	1.092 c

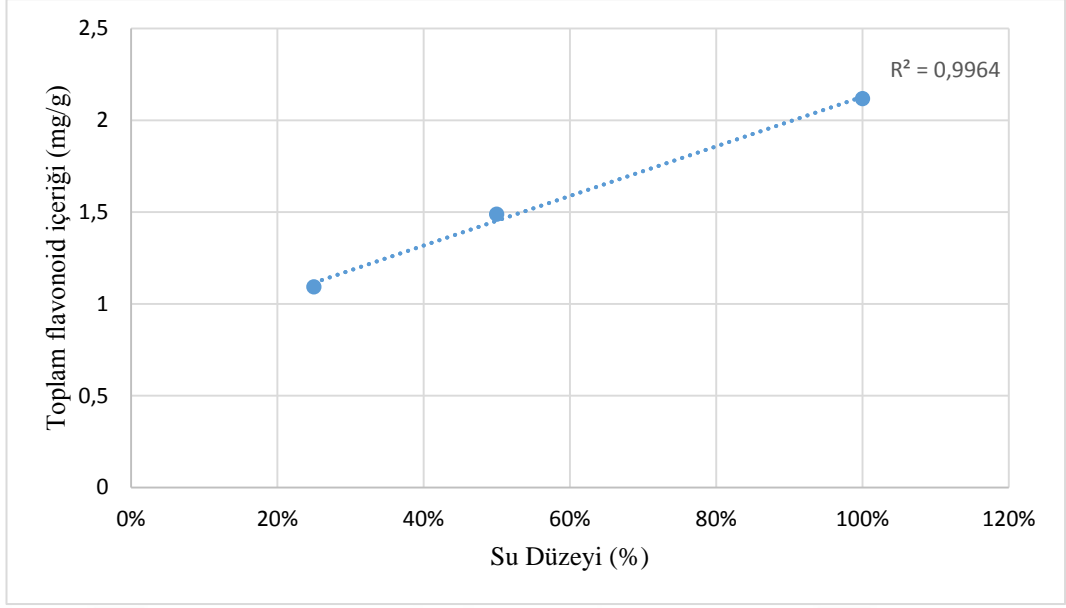
\* a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

Her üç uygulamada da dönem ilerledikçe toplam flavonoid içeriği azalmıştır (Şekil 4.10). Bu azalış kontrol uygulamasında daha fazla olmuştur.



Şekil 4.10. Farklı su düzeylerinde toplam flavonoid içeriğinin dönemlere göre değişimi

Toplam flavonoid içeriği ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,9964$ ) (Şekil 4.11). Buna göre toplam flavonoid içeriği, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak azalmıştır.



Şekil 4.11. Farklı su düzeyi uygulamaları ile toplam flavonoid içeriği arasındaki ilişki

#### 4.2.5. Su stresinin toplam çözünebilir protein içeriği üzerine etkileri

Su stresinin toplam çözünebilir protein içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistik analizi sonucunda, farklı su düzeyi uygulamaları arasında farklar önemsiz bulunmuştur. Bununla birlikte en yüksek toplam çözünebilir protein içeriği her üç dönemde de %100 su düzeyinde (sırasıyla 4.093, 4.367, 5.540 mg/ml) saptanmıştır. En düşük toplam çözünebilir protein içeriği ise her 3 dönemde de %25 su düzeyi uygulamasında (sırasıyla 1.92, 3.06, 2.16 mg/ml) belirlenmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Su stresi uygulamalarının toplam çözünebilir protein içeriği (mg/ml) üzerine etkileri

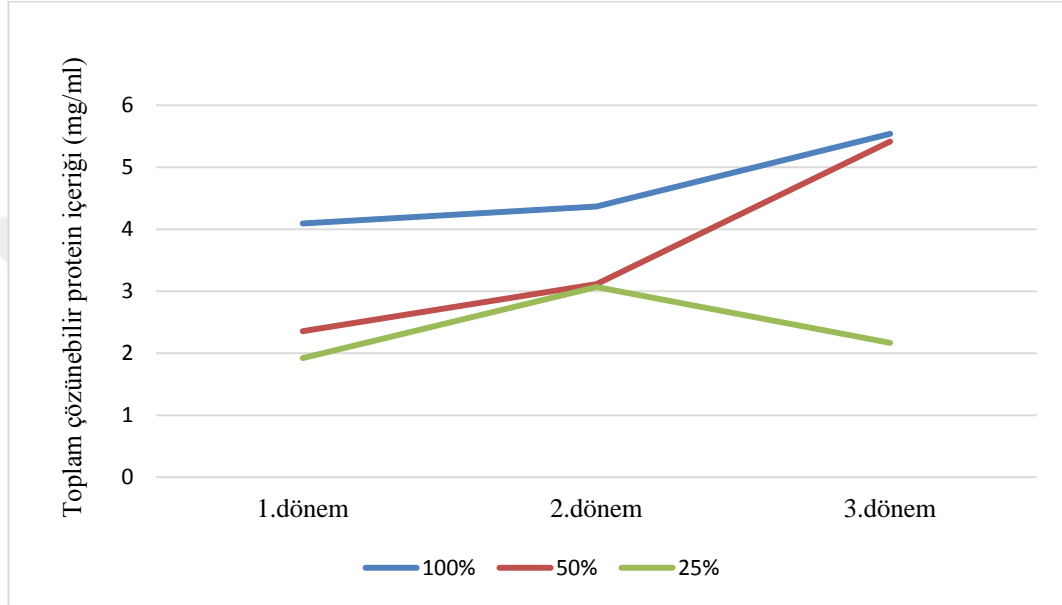
Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	4.093	4.367	5.540	4.665 a*
50	2.356	3.116	5.415	3.629 ab
25	1.923	3.068	2.168	2.386 b

\* a,b: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir (p<0.05)

Her üç dönemin ortalaması dikkate alındığında, uygulamalar arasında istatistik olarak önemli fark bulunmuştur. Buna göre toplam çözünebilir protein içeriği, %25

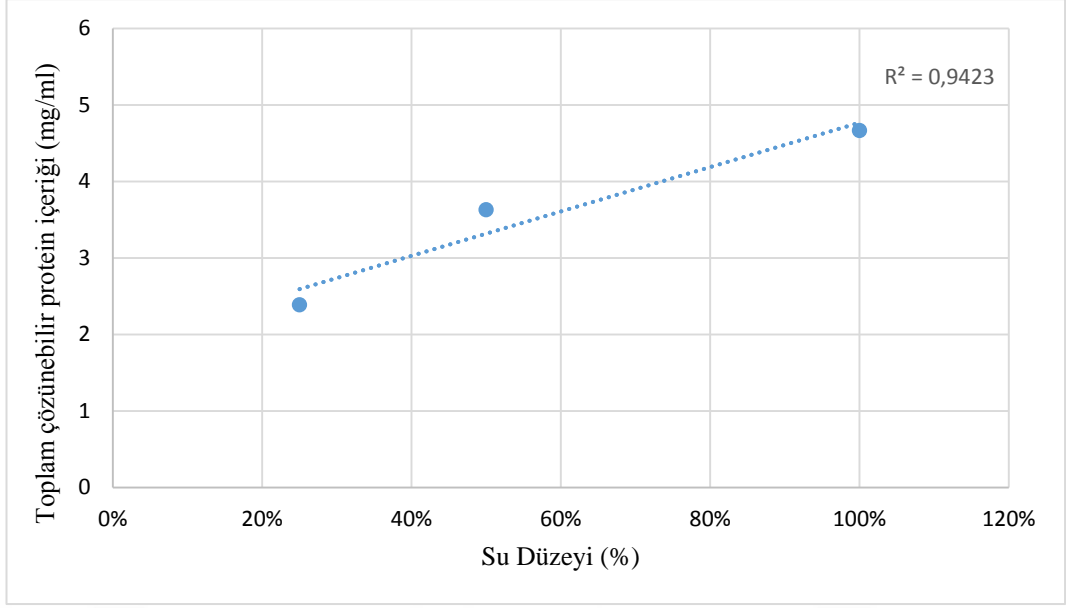
su düzeyi uygulamasında kontrol uygulamaya göre (%100) önemli düzeyde düşmüştür (Çizelge 4.8).

Çalışmada, %100 ve %50 su düzeyi uygulamalarında dönem ilerledikçe toplam protein içeriği giderek artma gösterirken, %25 su düzeyinde ise 2. dönemde arttığı, 3. dönemde ise diğer iki su düzeyi uygulamasının aksine azalma gösterdiği görülmüştür (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Farklı su düzeylerinde toplam çözünebilir protein içeriğinin dönemlere göre değişimi

Toplam çözünebilir protein içeriği ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,9423$ ). Buna göre toplam çözünebilir protein içeriği, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak azalmıştır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13. Farklı su düzeyi uygulamaları ile toplam çözünebilir protein içeriği arasındaki ilişki

#### 4.2.6. Su stresinin toplam prolin içeriği üzerine etkileri

Su stresinin yağ gülünün yapraklarında toplam prolin içeriği üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistik analizi sonucunda, farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli farklar saptanmıştır. Buna göre en yüksek toplam prolin içeriği her 3 dönemde %25 su düzeyi uygulamasında (sırasıyla, 11.83, 7.85 ve 7.70 mg/g) bulunmuştur. En düşük toplam prolin içeriği ise her 3 dönemde de %100 su düzeyi uygulamasında (sırasıyla, 7.28, 6.75 ve 6.32 mg/g) belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Su stresi uygulamalarının toplam prolin içeriği (mg/g) üzerine etkileri

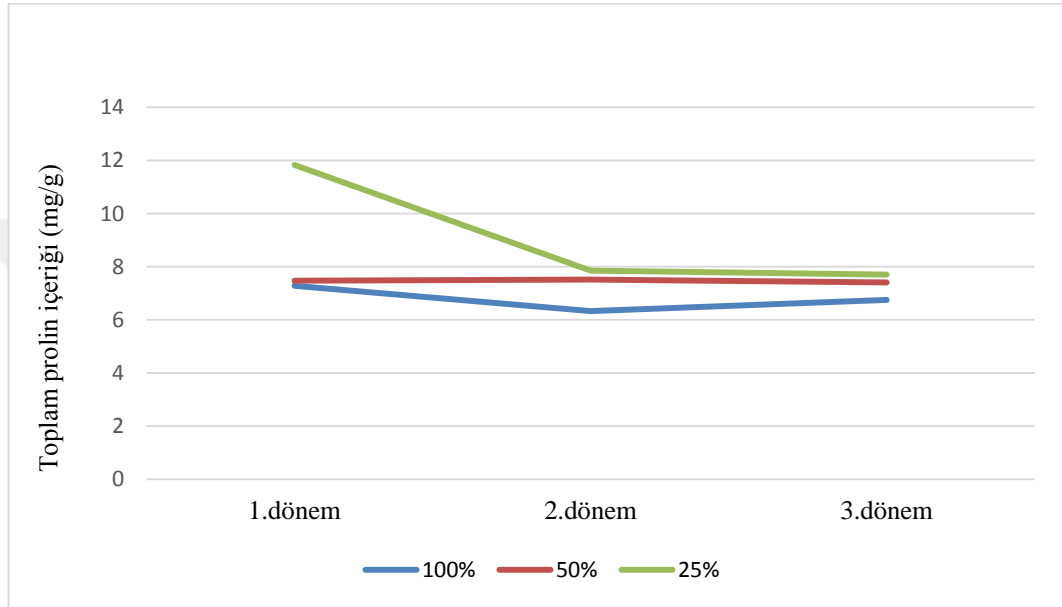
Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	7.281 b	6.328 b	6.752 b	6.786 b*
50	7.471 b	7.513 ab	7.408 ab	7.464 b
25	11.83 a	7.852 a	7.704 a	9.128 a

\* a,b: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

Her üç dönemin ortalaması incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistik olarak fark önemli bulunmuştur (Çizelge 4.9). Toplam prolin aktivitesi, %25 su düzeyi uygulamasında kontrol uygulamaya göre (%100) önemli düzeyde arttığı görülmüştür.

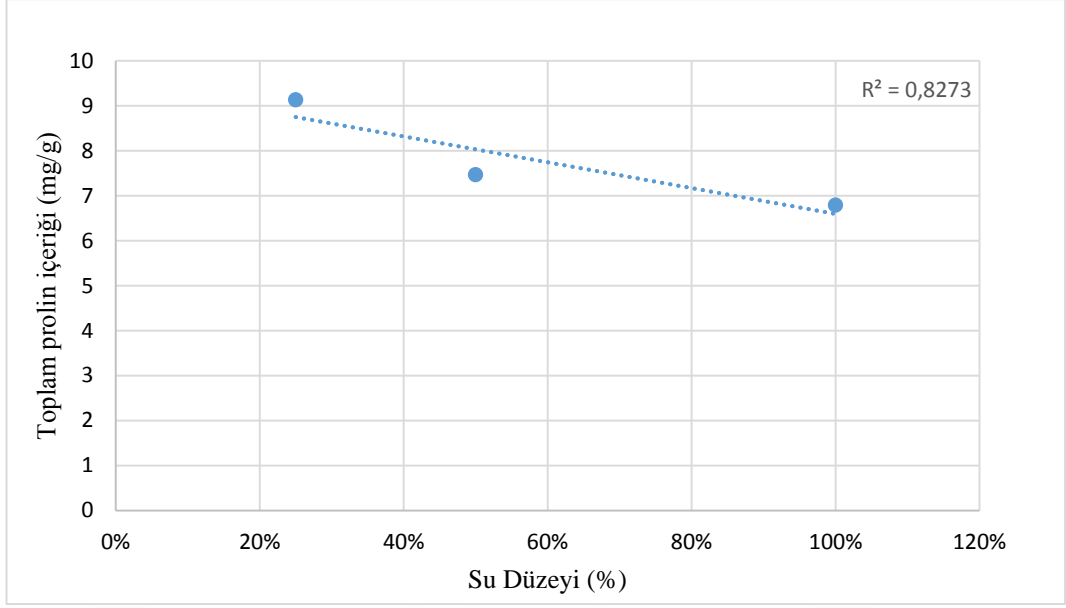
Bu bakımdan %50 su düzeyi uygulaması ile kontrol uygulama aynı istatistik grubunda yer almıştır (Çizelge 4.9).

Çalışmada, toplam prolin içeriği %100 su düzeyi uygulamasında 2. dönemde azalma 3. dönemde tekrar artma gösterirken, %50 su düzeyi uygulamasında 2. dönemde artma 3. dönemde tekrar azalma göstermiştir. Buna karşın %25 su düzeyinde toplam prolin içeriği dönem ilerledikçe giderek azalmıştır (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Farklı su düzeylerinde toplam prolin içeriğinin dönemlere göre değişimi

Toplam prolin içeriği ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,8273$ ) (Şekil 4.15). Buna göre toplam prolin içeriği, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak artmıştır.



Şekil 4.15. Farklı su düzeyi uygulamaları ile toplam prolin içeriği arasındaki ilişki

### 4.3. Antioksidant Enzim Aktiviteleri

#### 4.3.1. Su stresinin askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi üzerine etkileri

Su stresinin yağ gülünün yapraklarında APX enzim aktivitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistik analizi sonucunda farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli farklar bulunmuştur. Buna göre en yüksek APX enzim aktivitesi 3. dönemde %25 su düzeyi uygulamasında (3.022 mol/min/g) belirlenirken, bunu aynı dönemde %50 su düzeyi (1.645 mol/min/g) ve %25 su düzeyi (1.070 mol/min/g) uygulamaları izlemiştir. En düşük APX enzim aktivitesi ise 1. ve 2. dönemde %100 su düzeyi uygulamasında sırasıyla (0.416 ve 0.553 mol/min/g) belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

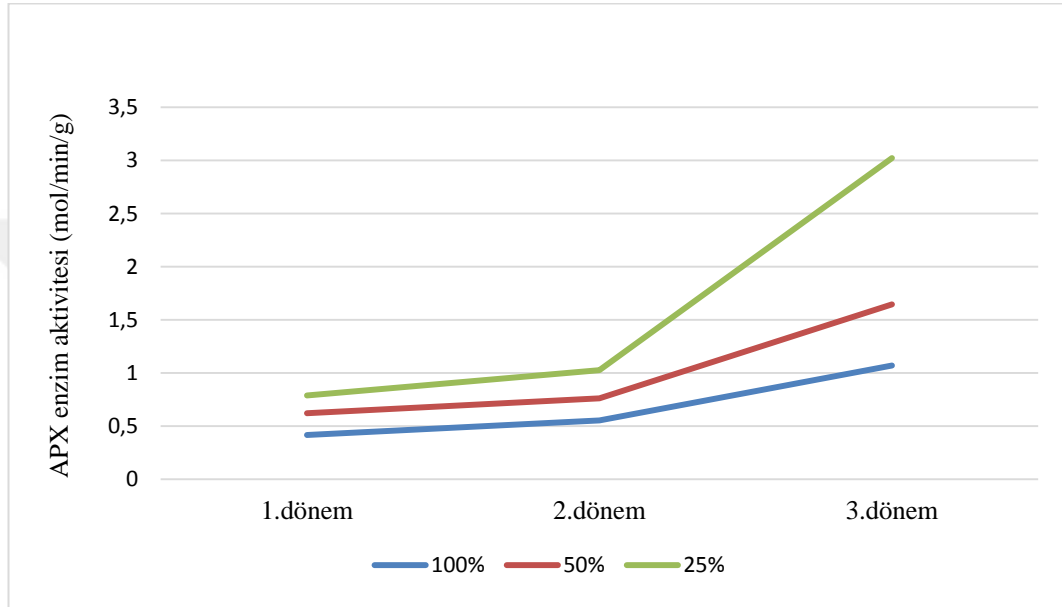
Çizelge 4.10. Su stresi uygulamalarının APX enzim aktivitesi (mol/min/g) üzerine etkileri

Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	0.416 c	0.553 c	1.070 b	0.673 c*
50	0.622 b	0.761 b	1.645 b	1.009 b
25	0.789 a	1.027 a	3.022 a	1.612 a

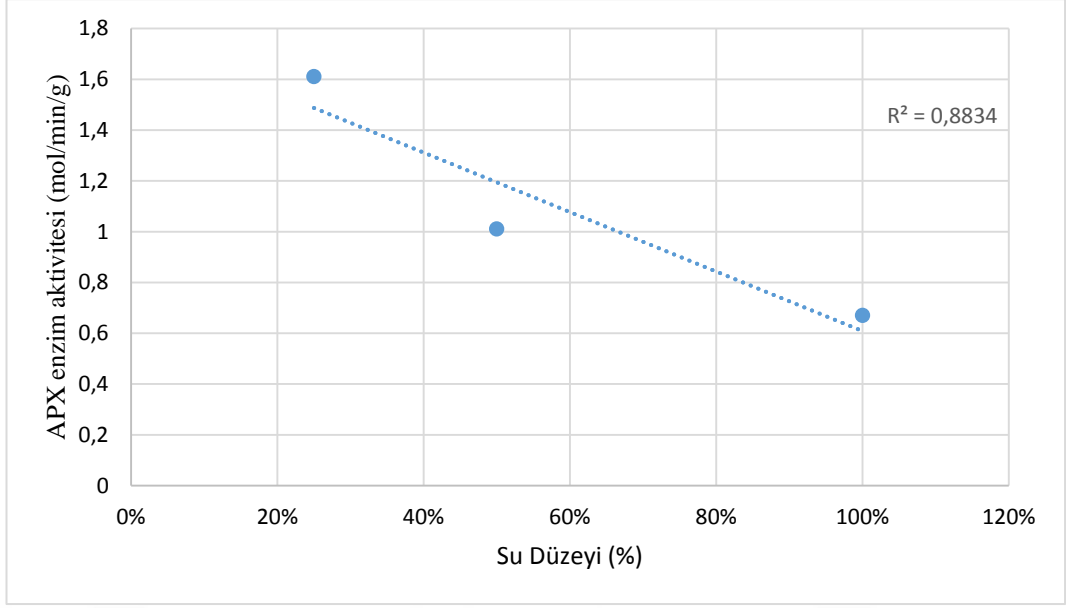
\* a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki farklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

Her üç dönemin ortalaması dikkate alındığında, uygulamalar arasında istatistik olarak fark önemli çıkmıştır. Buna göre APX enzim aktivitesi %50 ve %25 su düzeyi uygulamalarında kontrol uygulamaya göre (%100) önemli düzeyde artmıştır (Çizelge 4.10).

Her üç uygulamada da dönem ilerledikçe APX enzim aktivitesi giderek artmıştır (Şekil 4.16). Bu artış özellikle %25 su düzeyi uygulamasında daha fazla olmuştur.



Şekil 4.16. Farklı su düzeylerinde APX enzim aktivitesinin dönemlere göre değişimi APX enzim aktivitesi ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,8834$ ) (Şekil 4.17). Buna göre APX enzim aktivitesi, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak artmıştır.



Şekil 4.17. Farklı su düzeyi uygulamaları ile APX enzim aktivitesi arasındaki ilişki

#### 4.3.2. Su stresinin katalaz (CAT) enzim aktivitesi üzerine etkileri

Su stresinin CAT enzim aktivitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi için yaprak yapılan istatistik analizi sonuçlarına göre farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli fark bulunmuştur. Buna göre en yüksek CAT aktivitesi her üç dönemde de %25 su düzeyinde (sırasıyla 50.79, 50.86 ve 51.74 U/mg) belirlenmiştir (Çizelge 4.11). En düşük CAT aktivitesi ise her üç dönemde de %100 su düzeyi uygulamasında (46.36, 46.45, 48.49 U/mg) gerçekleşmiştir.

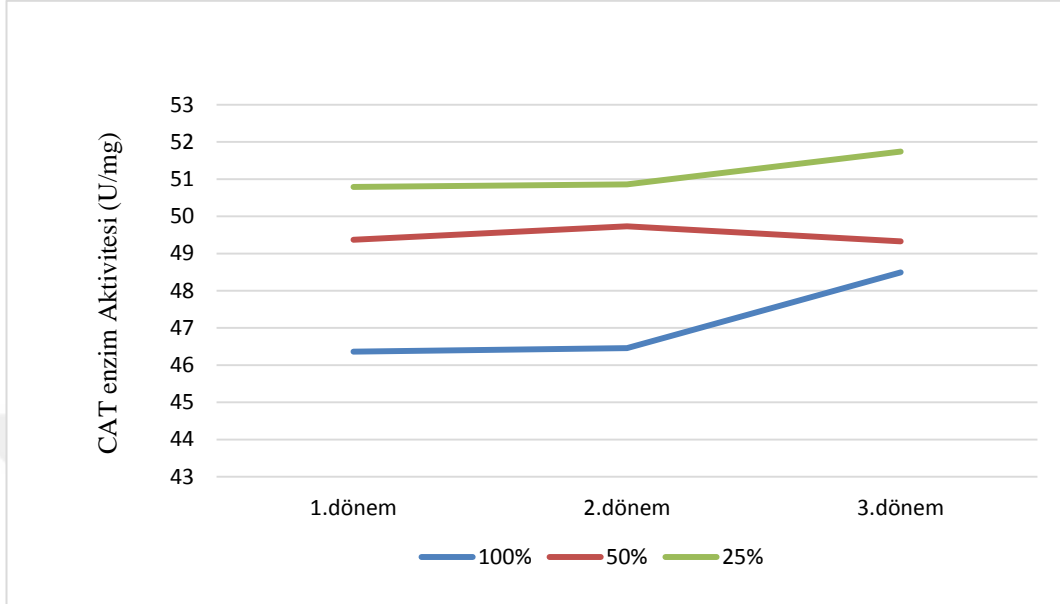
Çizelge 4.11. Su stresi uygulamalarının CAT enzim aktivitesi (U/mg) üzerine etkileri

Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	46.362 b	46.458 b	48.494 b	47.10 c*
50	49.370 ab	49.730 ab	49.327 ab	49.47 b
25	50.790 b	50.860 a	51.742 a	51.13 a

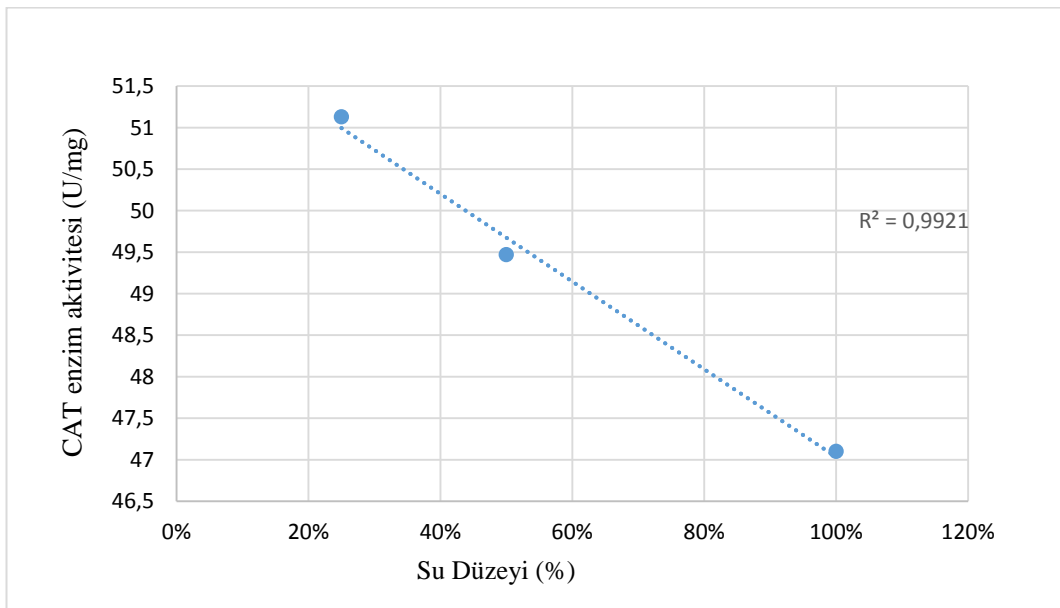
\* a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

Her üç dönemin ortalaması incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistik olarak fark önemli bulunmuştur. CAT aktivitesi %50 ve %25 su düzeyi uygulamalarında kontrol uygulamaya göre (%100) önemli düzeyde artmıştır (Çizelge 4.11).

Çalışmada, %100 ve %25 su düzeyi uygulamalarında CAT enzim aktivitesi giderek artma gösterirken, %50 su düzeyi uygulamasında nispeten 2. dönemde artma 3 dönemde tekrar azalma göstermiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Farklı su düzeylerinde CAT enzim aktivitesinin dönemlere göre değişimi  
CAT enzim aktivitesi ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,9921$ ) (Şekil 4.19). Buna göre CAT enzim aktivitesi, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak artmıştır.



Şekil 4.19. Farklı su düzeyi uygulamaları ile CAT enzim aktivitesi arasındaki ilişki

### 4.3.3. Su stresinin peroksidaz (POD) enzim aktivitesi üzerine etkileri

Su stresinin yağ gülünün yapraklarında POD enzim aktivitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistik analizi sonucunda farklı su düzeyi uygulamaları arasında 1. ve 2. dönem analizlerinde önemli farklar bulunurken, 3. dönemde bu farklar önemsiz olmuştur. Buna göre en yüksek POD enzim aktivitesi her üç dönemde de %100 su düzeyinde (sırasıyla, 1.639, 1.978 ve 2.041  $\Delta A_{460}/\text{min}/\text{mg}$ ) saptanmıştır. En düşük POD enzim aktivitesi ise 1. dönemde %50 su düzeyi uygulamasında (0.986  $\Delta A_{460}/\text{min}/\text{mg}$ ), 2. ve 3. dönemlerde ise %25 su düzeyi uygulamasında (sırasıyla, 1.033 ve 0.951  $\Delta A_{460}/\text{min}/\text{mg}$ ) belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

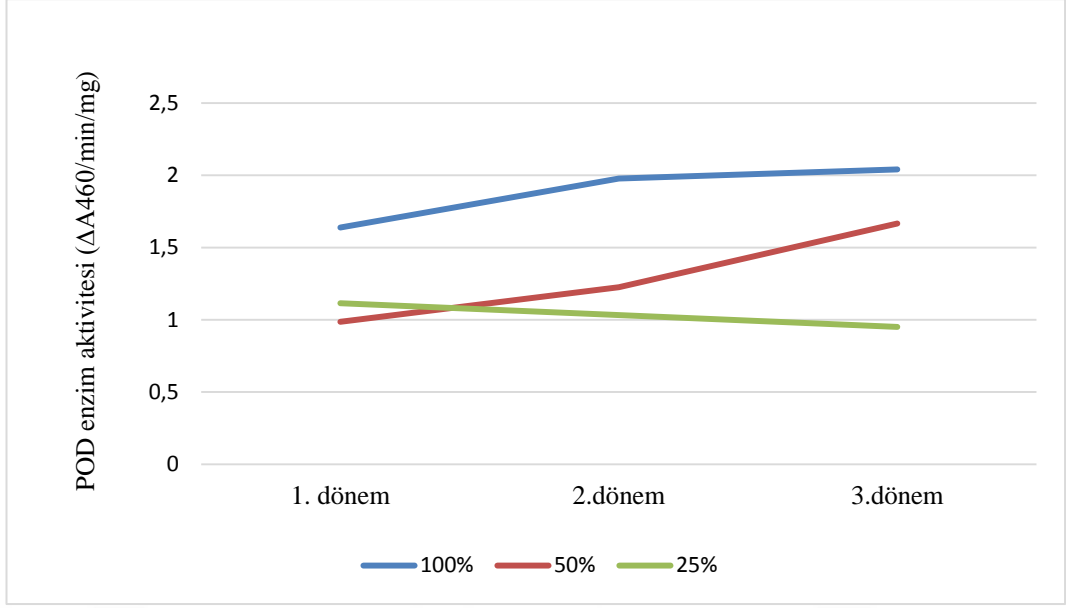
Çizelge 4.12. Su stresi uygulamalarının POD enzim aktivitesi ( $\Delta A_{460}/\text{min}/\text{mg}$ ) üzerine etkileri

Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	1.639 a	1.978 a	2.041	2.133 a*
50	0.986 b	1.225 ab	1.666	1.598 ab
25	1.115 ab	1.033 b	0.951	0.951 b

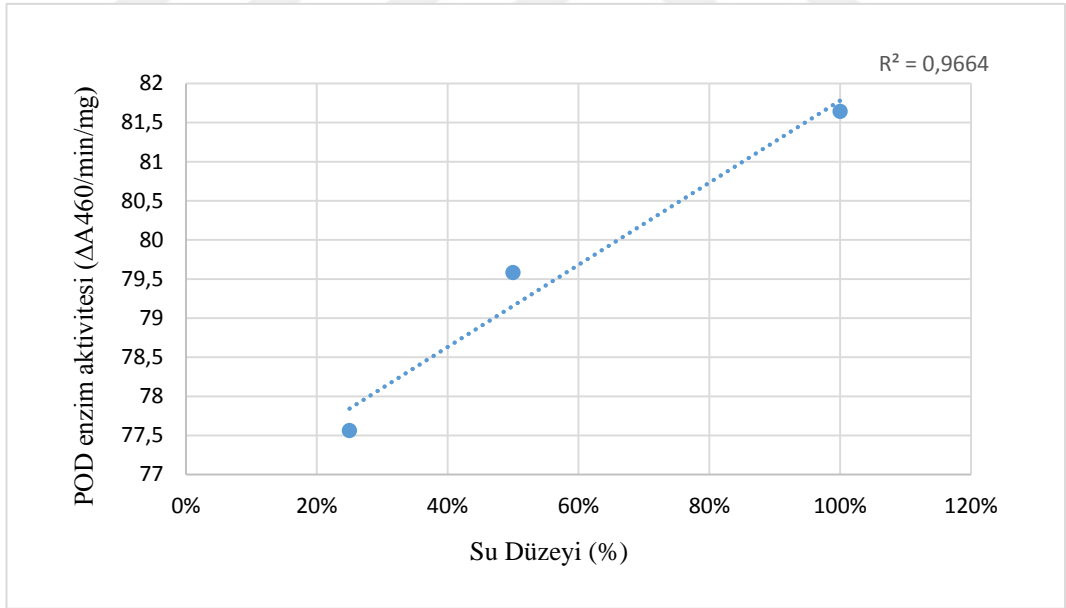
\* a,b: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir ( $p < 0.05$ )

Her üç dönemin ortalaması dikkate alındığında, uygulamalar arasında istatistik olarak fark önemli çıkmıştır. POD enzim aktivitesi, %25 su düzeyi uygulamasında kontrol uygulamaya göre (%100) önemli düzeyde düşmüştür (Çizelge 4.12).

Çalışmada, %100 ve %50 su düzeyi uygulamalarında dönem ilerledikçe POD aktivitesinin giderek arttığı görülürken, %25 su düzeyi uygulamasında giderek azalama göstermiştir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Farklı su düzeylerinde POD enzim aktivitesinin dönemlere göre değişimi  
 POD enzim aktivitesi ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,9413$ ) (Şekil 4.21). Buna göre POD enzim aktivitesi, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak azalmıştır.



Şekil 4.21. Farklı su düzeyi uygulamaları ile POD enzim aktivitesi arasındaki ilişki

#### 4.3.4. Su stresinin süperoksiz dismutaz (SOD) enzim aktivitesi üzerine etkileri

Su stresinin yağ gülünün yapraklarında SOD enzim aktivitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi için yapılan istatistik analizi sonuçlarına göre farklı su düzeyi

uygulamaları arasında 1. ve 2. dönemlerde önemli fark bulunurken 3. dönemde bu farklar önemsiz çıkmıştır. Buna göre en yüksek SOD aktivitesi %25 su düzeyinde 1. dönemde (9.99 U/mg) belirlenirken, en düşük SOD aktivitesi ise %100 su düzeyi uygulamasında 3. dönemde (2.73 U/mg) saptanmıştır (Çizelge 4.13).

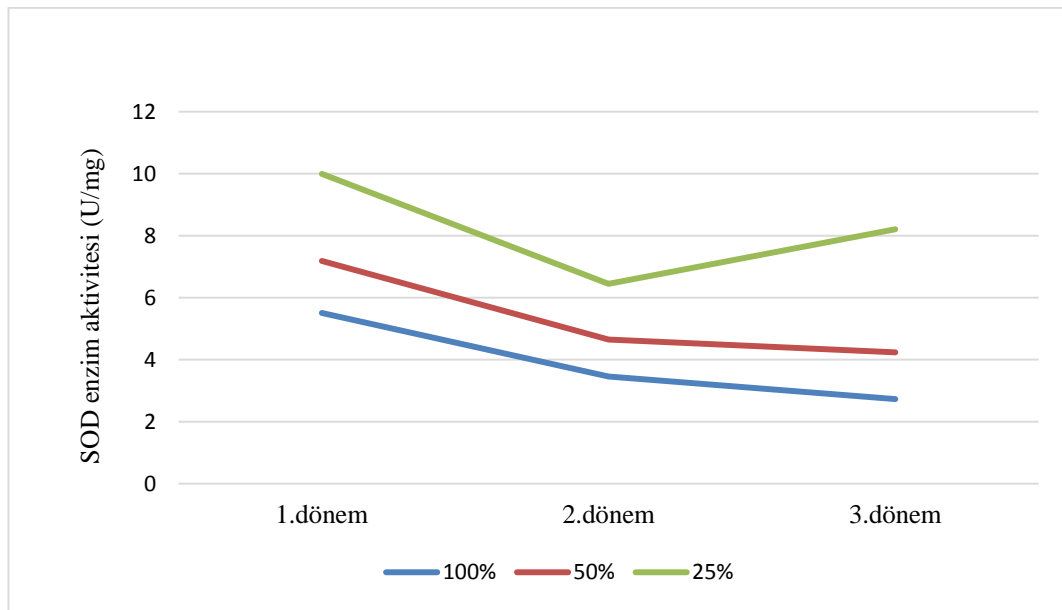
Çizelge 4.13. Su stresi uygulamalarının SOD enzim aktivitesi (U/mg) üzerine etkileri

Su Düzeyi (%)	1. dönem sonuçları	2. dönem sonuçları	3. dönem sonuçları	Ortalama
100	5.506 c	3.459 c	2.730	3.898 c*
50	7.183 b	4.649 b	4.236	5.355 b
25	9.996 a	6.448 a	8.208	8.217 a

\* a,b,c: Aynı sütunda farklı küçük harfi alan su stresi uygulama seviyeleri arasındaki arası farklar önemlidir (p<0.05)

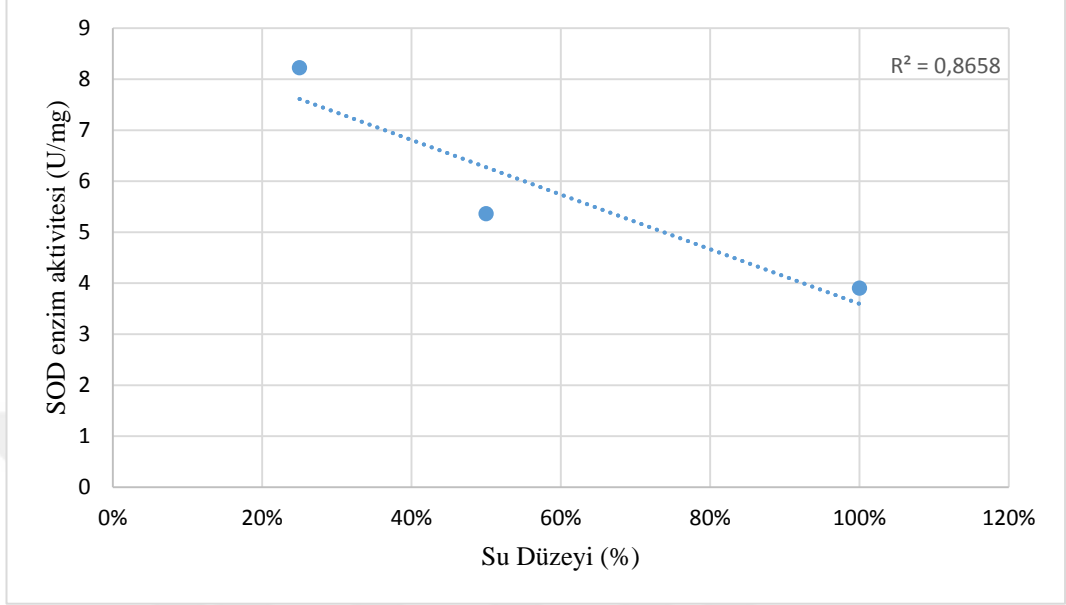
Her üç dönemin ortalaması incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistik olarak önemli fark çıkmıştır. SOD enzim aktivitesi %50 ve %25 su düzeyleri uygulamalarında kontrol uygulamasına göre (%100) önemli düzeyde artmıştır (Çizelge 4.13).

Çalışmada, %100 ve %50 su düzeyi uygulamalarında dönem ilerledikçe SOD aktivitesinin giderek azaldığı, %25 su düzeyi uygulamasında ise 2. dönemde azalma, 3. dönemde ise tekrar artma görülmüştür (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Farklı su düzeylerinde SOD enzim aktivitesinin dönemlere göre değişimi

SOD aktivitesi ile su düzeyi arasındaki ilişki önemli çıkmıştır ( $R^2 = 0,8658$ ) (Şekil 4.23). Buna göre SOD aktivitesi, uygulanan su düzeyi miktarının azalmasıyla birlikte doğrusal olarak artmıştır.



Şekil 4.23. Farklı su düzeyi uygulamaları ile SOD enzim aktivitesi arasındaki ilişki

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Türkiye, dünyanın en fazla yağ gülü üreten ülkesidir ve üretilen gül yağının tamamına yakını ihraç etmektedir. Türkiye’de yağ gülü yetiştiriciliği en fazla Isparta ilinde kısmen de çevre illerde gerçekleştirilmektedir. Isparta’da yağ gülü yetiştiriciliği genellikle sulanmayan 2. 3. ve 4. sınıf eğimli ve kıraç arazilerde yapılmaktadır (Kart vd., 2012). Dolayısıyla sulanmadan yapılan yetiştiricilikte zaman zaman ilkbahar ve yaz aylarında görülen düzensiz ve yetersiz yağışlar nedeniyle yaşanan kuraklıklar üretim ve verim sorunlarına neden olmaktadır. Nitekim çiçeklenme döneminde ortaya çıkan kuraklıklar ve yüksek sıcaklıklar, gül petallerinden uçucu yağların buharlaşarak kaybolmasına neden olmakta, böylelikle yağ içeriği azalmaktadır. Yine ilkbahar döneminin iklim koşulları (yeterli yağış ve sıcaklıklar) çiçekleri meydana getirecek olan tomurcukların sayısı ve gelişimi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır (Baydar, 2016). Yapılan bir çalışmada da su eksikliğinde verimde önemli azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir (Uçar vd., 2017). Hastalıklardan sonra verimi etkileyen en önemli abiyotik stres faktörlerinden biri olan kuraklığa dayanıklılık mekanizmalarının tanımlanması, kuraklıkla mücadele stratejilerinin geliştirilmesine olanak sağlayacaktır. Yağ gülünün su stresine karşı göstermiş olduğu özellikle biyokimyasal tepkiler ile ilgili çok az çalışma vardır. Yapılan bu çalışmanın yağ gülünün farklı kısıtlı su seviyelerinde oluşturulan su stresine karşı geliştirdiği biyokimyasal düzeyde dayanıklılık mekanizmasının aydınlatılmasında katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma ile sera koşullarında, yağ gülü fidanlarının yapraklarında klorofil, MDA, protein, prolin, toplam fenolik ve toplam flavonoid içerikleri ile antioksidant enzim aktiviteleri (APX, CAT, SOD ve POD) gibi biyokimyasal parametrelerin yanı sıra bazı morfolojik özellikler incelenmiştir.

### **Morfolojik Özellikler**

Çalışmada, sera koşullarında polietilen tüp içerisinde bulunan bir yaşlı yağ gülü fidanlarında, morfolojik ölçümler olarak fidan boyu, gövde çapı, sürgün sayısı, yaprak alanı ve yaprak SPAD değerleri belirlenmiştir. Yapılan varyans analiz sonuçlarına göre sadece SPAD değerinde önemli düzeyde farklılık bulunmuştur.

Su stresinin bitki büyümesi ve gelişmesini azalttığı bilinmektedir ve yapılan birçok çalışmada da bitki boyunun ve yaprak alanının su stresi ile birlikte azaldığı ortaya konmuştur (Fernandez vd., 1997; Arzani ve Arji, 2002; Babalık, 2012; Çerçi, 2012; Küçükyumuk vd., 2015; Gür, 2018). Yağ gülünde yapılan bir çalışmada da %50 su kısıtı uygulamasının kontrol uygulamasına göre bitki boyunu önemli derecede azalttığı belirlenmiştir (Hassan vd., 2018). Bu çalışmada denemenin sona erdiği dönemde fidanların genel canlılığında önemli bir farklılık görülmemiştir. Ancak özellikle %25 su stresi uygulanan fidanlarda alt yaprakların daha çok sararıp, dökülmeye başladığı ve gövdelerinde daha fazla diken oluşturduğu gözlemlenmiştir. Yine fidan boyu, gövde çapı, sürgün sayısı ve yaprak alanı bakımından farklı düzeyde stres uygulamaları arasında istatistiksel bir fark görülmesi de nispeten en yüksek fidan boyu ve en ince gövde çapı tam sulamanın yapıldığı kontrol uygulamasında ölçülmüştür. Ayrıca %25 düzeyinde uygulanan su stresinde yaprak alanının azaldığı görülmüştür. Bu çalışmada, morfolojik özelliklerde su stresi uygulamaları arasında belirgin farkların oluşmaması yağ gülünün kuraklığa toleransının yüksek olması ve kısıtlı sulama yapılan fidanların suyu etkin kullanmasına bağlanabilir. Nitekim yapılan yağ gülünde bir çalışmada en yüksek su kullanım randımanı (WUE) %40 su kısıtı altında bulunan bitkilerde saptanmıştır (Uçar vd., 2017). Yine Ponderosa çamı (*Pinus ponderosa Dougl.*) ve büyük adaçayı (*Artemisia tridentata Nutt.*) üzerine yapılan bir başka çalışmada, kuraklık altında yetiştirilen bitkilerin iyi sulananlara göre daha fazla WUE değerine sahip olduğu bildirilmiştir (DeLucia ve Heckathorn, 1989).

SPAD bitki yapraklarının klorofil düzeyini ölçen bir klorofilmetredir. Yaprığın yeşil renk yoğunluğu (SPAD değeri) ile toplam klorofil içeriği arasında yakın ilişki bulunmaktadır (Erdal vd., 2014). Kurak koşullarda fotosentezde önemli rol oynayan klorofil pigmentinde bozulmalar meydana gelmektedir (Anjum vd., 2011; Marcińska vd., 2013). Bu çalışmada %50 ve %25 su stresi uygulamaları SPAD değerlerini önemli derecede düşürmüştür. Benzer sonuçlar diğer araştırmacılar tarafından da belirlenmiştir (Çerçi, 2012; Bolat vd., 2014; Pouyafard vd., 2016; Faaek, 2018; Gür, 2018).

### **Biyokimyasal Özellikler**

Klorofiller (yeşil pigmentler) fotosentetik canlılarda bulunan tipik pigmentlerdir ve ışık soğurma, enerji ve elektron aktarımı gibi görevlerde rol alırlar. Yeşil bitkilerde fotosentezde önemli rol oynayan pigmentler klorofil a ve klorofil b'dir. Klorofiller metabolik birtakım reaksiyonlar sonucu sentezlenirler (Taiz ve Zeiger, 2006). Su klorofil sentezi için en önemli faktörlerden biridir ve bitkideki su miktarı protoklorofillerin oranını önemli derece etkilemektedir. Hatta az bir su kısıtlamasında pigment oluşumu önemli ölçüde azalabilmektedir (Virgin, 1965). Yapılan birçok çalışmada kuraklık stresi altında klorofil miktarında azalışlar olduğu saptanmıştır. (Ali vd., 2014; Çerçi, 2012; Sibomana vd., 2013; Bolat vd.,2014; Faaek, 2018). Çerçi'ye (2012) atfen kuraklık stresinin altındaki bitkilerde klorofilin azalma sebebi olarak aktif oksijen radikallerinin kloroplastlara zarar vermesinden ileri gelmektedir. Bu çalışmada da diğer çalışmalarla uyumlu olarak su stresi altındaki fidanlarda hem klorofil a hem klorofil b hem de klorofil a+b önemli derecede düşmüştür. Benzer şekilde yağ gülünde yapılan başka bir çalışmada da %50 su düzeyi uygulamasının klorofil içeriğini önemli derecede azalttığı belirlenmiştir (Hassan vd., 2018). Ayrıca bu çalışmada uygulanan su düzeyi ile klorofil içeriği arasında önemli ilişki çıkmıştır. Buna göre uygulanan su miktarının artmasıyla birlikte klorofil içeriği de artmıştır. Bu durum klorofil içeriği ile su arasındaki ilişkiyi açıkça ortaya koymaktadır.

Abiyotik stres koşulları altındaki bitkilerde reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimi artmakta ve bu artış sonucunda bitkiler oksidatif strese girmektedir. ROS'ların artışı bitkilerde hücresel düzeyde lipitlerin peroksidasyonuna, proteinlerin oksidasyonuna, nükleik asit hasarına, DNA zararına, enzim inhibisyonuna, programlı hücre ölümü (apoptozis) aktivasyonuna ve hücrelerin ölümüne kadar birçok hasara yol açabilmektedir (Büyük vd., 2012). Oksidatif stres sonucu hücre zarlarında meydana gelen lipit peroksidasyonu hücre zararının geçirgenliğini bozarak, hücrenin sıvı kaybetmesine ve ölümüne sebep olur (Gür, 2018). Malondialdehit (MDA) oksidatif strese giren bitkilerde lipid peroksidasyon indikatörü olarak bilinmektedir (Hassan vd., 2018). Yani hücredeki MDA düzeyi oksidatif hasarın bir göstergesi olarak görülmektedir. Günümüzde yapılan çalışmalarda stresle birlikte MDA düzeyinin yani lipid peroksidasyonun arttığı belirlenmiştir (Çerçi, 2012; İlker vd., 2012; Hassan vd., 2018; Gür, 2018). Bu çalışmada MDA içeriği bakımından farklı su düzeyi uygulamaları arasında önemli fark görülmesi de özellikle %25 su düzeyi

uygulamasında, MDA içeriğinin nispeten arttığı saptanmıştır. Bu sonuçlar yağ gülü fidanlarında %50 düzeyinde uygulanan su stresinin hücre zarında zararlanma meydana getirmediğini gösterebilir. Buna karşın Hassan vd. (2018), yağ gülünde %50 su düzeyi uygulamasının iyi sulanan bitkilere göre MDA içeriğini önemli derecede arttığını bildirmiştir. Bu farklı sonuçlar denemelerdeki farklı uygulamalardan kaynaklanabilir.

Bitkilerde bulunan antioksidant savunma mekanizmalarından biri de fenolik bileşiklerdir. Bitkilerde polifenollerin sentezi ve birikmesi biyotik (Nacz ve Shahidi, 2004) ve abiyotik stres koşullarına bir cevap olarak görülmektedir (Navarro vd., 2006). Yapılan çalışmalarda stres koşulları altındaki bitkilerde genelde fenolik bileşiklerin (fenolik asitler ve flavanoidler) miktarında artışlar meydana geldiği bildirilmiştir (Gür 2018; Babalık, 2012; Büyük vd., 2012). Bu çalışmada hem toplam fenolik içeriği hem de toplam flavanoid içeriği su stresi uygulanan fidanlarda (%50 SK ve %25 SK) tam sulama yapılan fidanlara göre önemli derecede azalmıştır. Çalışma sonuçları stres koşulları altında fenolik bileşiklerin arttığını bildiren çalışma sonuçları ile benzerlik göstermemiştir (Bolat vd., 2014; Gür, 2018). Bu durum yağ gülünde fenolik bileşenlerin sentezinde rol oynayan enzimlerin su stresi altında aktive olmamasından kaynaklanmış olabilir. Bununla birlikte bazı araştırmacılar da su stresi altında fenolik bileşenlerde düşmeler belirlemişlerdir. Nitekim Aninbon vd. (2016), kuraklık stresi altındaki yer fıstığının tohumlarında toplam fenolik içeriklerin azaldığını bildirmiştir. Yine Kuşvuran ve Daşgan (2011), şiddetli su stresi altında (%0 TK) toplam flavanoid içeriği Bn 150 çeşidinde artarken, Bn 16 çeşidinde azaldığını belirlemişlerdir. Bu noktada yağ gülünde su stresi altında fenolik bileşenlerin tepkisi ile ilgili daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

Su stresi altındaki bitkilerde görülen zararlanmalardan biri de proteinlerin bozulmasıdır. Buna bağlı olarak bitkilerde protein azalması meydana gelir. Bu duruma ribonükleaz (RNase) enzim aktivitesinin nükleik asitleri parçalaması sebep olur. Çalışmada su düzeyinin artmasıyla birlikte toplam protein içeriği artmıştır. Özellikle toplam çözünebilir protein içeriği %25 su düzeyinde önemli derecede azalma göstermiştir. Günümüze kadar yapılan çalışmaların bazılarında su stresi ile birlikte protein azalması (Babalık, 2012; Herdiawan vd., 2014; Tufan, 2016; Faaek,

2018) bazılarında ise protein artışı (Kandpal vd., 1981; Çerçi, 2012) meydana geldiği bildirilmiştir.

Suda çözünebilir bir amino asit olan prolin stres koşulları altında bitkide sentezi artan düşük moleküler ağırlıklı bir ozmolittir. Ozmolitler koruyucu moleküllerden olup, stres altında oluşan ROS'un temizlenmesinde görev yapan proteinlerdir. Ozmotik ayarlayıcı ve ozmoprotektan olarak rol oynarlar (Büyük vd., 2012). Yapılan çalışmalarda prolin birikimi ile strese tolerans arasında pozitif ilişki bulunmuştur (Asraf ve Foolad, 2007). Yapılan birçok çalışmada da su stresi altında bitkilerde prolin içeriğinde artış saptanmıştır (Faaek, 2018; Gür, 2018; Babalık vd., 2016; Bolat vd, 2014). Bu çalışmada da su düzeyinin azalmasıyla birlikte toplam prolin içeriği artmıştır. Özellikle toplam prolin içeriği %25 su stresinde önemli derecede artış göstermiştir. Bu sonuçlar yağ gülünün özellikle şiddetli kuraklıkta strese girdiğini, orta şiddetli kuraklıklara ise daha toleranslı olduğunu gösterebilir.

Bitkiler su stresine maruz kaldıklarında gösterdikleri en önemli biyokimyasal değişiklik, reaktif oksijen türleri (ROS)'nin, özellikle  $O_2$  ve  $H_2O_2$ 'inin kloroplast, mitokondri ve peroksizomlarda birikmesidir. Aslında hücre metabolizmasının doğal bir yan ürünü olan bu ROS'lar, sinyal mekanizmasında önemli rol oynamaktadırlar. Ancak ROS'ların aşırı birikimleri kaçınılmaz olarak lipid peroksidasyonunu, protein indirgenmesini ve DNA parçalanmasını indükleyerek, hücre ölümlerine neden olan oksidatif strese yol açmaktadırlar. Aynı zamanda bitkiler bu oksidatif zararı azalmak için, enzimatik süperoksit dismutaz (SOD), peroksidaz (POD), askorbat peroksidaz (APX), katalaz (CAT)) ve enzimatik olmayan (glutatyon,  $\beta$ -karoten, askorbik asit,  $\alpha$ -tokoferol) antioksidant savunma mekanizmaları geliştirmişlerdir. Sonuçta ROS üretimi ve antioksidatif enzimlerin aktiviteleri arasındaki denge, oksidatif hasarın meydana gelip gelmeyeceğini belirler. Bir grup metalloenzim olan süperoksit dismutaz (SOD), ROS'lara karşı ilk savunma enzimi olup süperoksitin hidrojen peroksit ve oksijene dismutasyonunu katalizler. CAT, APX ve POD enzimleri  $H_2O_2$ 'nin suya ve  $O_2$ 'ye dönüşümünü katalize ederler. Nitekim yapılan birçok çalışmada su stresi altındaki bitkilerde SOD, POD, APX, CAT ve GR gibi enzim aktivitelerinin arttığı belirlenmiştir (Kuşvuran vd., 2016; Farajzadeh vd., 2017; Popović, 2017; Selmi vd., 2017). Yine SOD, APX ve CAT gibi antioksidant enzimlerin, domates fidelerinin kuraklığa dayanıklılık sürecinde önemli rol oynadığı

gösterilmiştir (HanXuan vd., 2016). Bitki hücrelerinin sitoplazma ve kloroplastlarında fazla miktarda bulunan APX birçok organizmada ROS'un savunmasında önemlidir.  $H_2O_2$ 'nin enzimatik olarak ortadan kaldırılmasında indirgeyici olarak rol oynar. (Büyük vd., 2012; Buckland vd., 1991; Bashor vd., 1999). Genellikle APX ailesi  $H_2O_2$  'ye karşı CAT'a göre daha yüksek bir affiniteye sahiptir (Büyük vd., 2012). Yapılan bu çalışmada, uygulanan su düzeyi miktarı azalmasıyla birlikte APX enzim aktivitesi önemli derecede artmıştır. Elde edilen bu sonuçlar farklı bitkilerde yapılan çalışma sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir (Gür, 2018; Faaek, 2018; Babalık vd., 2016). Önemli enzimatik antioksidanlardan biri olan CAT, stres koşulları altında oluşan zararlı  $H_2O_2$ 'in  $H_2O$  ve  $O_2$ 'ya direkt olarak dönüşümünde rol oynarlar (Büyük vd., 2012). Bu çalışmada, CAT aktivitesi %25 su düzeyi uygulamasında %100 tam su uygulamasında göre önemli derecede artmıştır. Benzer sonuçlar Hassan vd. (2018) tarafından yağ gülünde yapılan çalışmada da elde edilmiştir. Bir metalloprotein olan SOD'lar aerobik organizmalarda bulunan ve reaktif oksijen türlerine karşı hücrel savunma mekanizmalarında rol oynayan bir enzimdir (Büyük vd., 2012; de Azevedo Neto vd., 2006). Yapılan bu çalışmada, SOD aktivitesi uygulanan kuraklık şiddeti ile birlikte giderek önemli düzeyde artmıştır. Yağ gülünde yapılan bir çalışmada da SOD aktivitesinin arttığı belirlenmiştir (Hassan vd., 2018). Asada ve Takahashi'ye (1987) atfen strese giren bitkilerin yapraklarında üretilen  $H_2O_2$ 'nin ortadan kaldırılmasında görev alan en önemli enzimlerden biri de POD'dur (Gökmen, 2011). Li vd. (2017) su stresinde POD'un koruyucu mekanizmasında rol aldığını bildirmiştir. Bu çalışmada kısıtlı su uygulamalarında, tam su uygulamasına göre POD aktivitesi düşmüştür. Bu düşüş özellikle %25 su düzeyinde belirgin olmuştur. Yine POD aktivitesi %100 ve %50 su düzeyi uygulamalarında kuraklık ilerledikçe artarken, %25 su düzeyi uygulamasında ise giderek azalmıştır. Benzer şekilde RenJU vd. (2017) POD aktivitesinin ılımlı bir su stresi uygulamasında arttığını, orta ve şiddetli kuraklık uygulamalarında ise önce yükselmeye birlikte, kuraklığın ilerleyen dönemlerinde düştüğünü bildirmiştir. Ayrıca yapılan başka bir çalışmada da kuraklığa dayanıklı patates çeşidinde POD aktivitesi artarken, dayanıksız patates çeşidinde ise azaldığı bildirilmiştir (Hui vd., 2016). Bu sonuçlar su stresinin POD aktivitesini farklı şekillerde etkilediğini göstermektedir.

Yağ gülü fidanlarında su stresi oluşturmak için farklı su düzeyi (%100, %50 ve %25) uygulamalarının yapıldığı bu çalışmada, aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Morfolojik özellikler değerlendirildiğinde; fidan boyu, gövde çapı, sürgün sayısı ve yaprak alanı bakımından en yüksek fidan boyu ve en ince gövde çapı tam sulamanın yapıldığı kontrol uygulamalarında ölçülmüştür. %25 su düzeyinde su stresi uygulanan fidanların yaprak alanı düşmüştür. Yine su stresi altındaki fidanlarda yaprak SPAD değeri düşmüştür.

Biyokimyasal özellikler değerlendirildiğinde; klorofil a, klorofil b, klorofil a+b, toplam çözünebilir protein, toplam fenolik madde ve toplam flavanoid madde içerikleri düşme gösterirken, toplam prolin ve MDA içeriği artmıştır. Su stresinin başında tüm uygulamalarda MDA içeriği artmış, bu artış %25 düzeyindeki su stresi uygulamasında belirgin olmuştur.

Antioksidant enzim aktiviteleri değerlendirildiğinde; su stresi uygulamaları APX, CAT, POD ve SOD aktivilerini etkilemiştir. Sonuçta APX, CAT VE SOD aktivileri artış gösterirken, POD aktivitesi azalmıştır. Özellikle APX enzim aktivitesi %25 su düzeyinde, stresin ilerlemesiyle birlikte kontrole göre 3 katı, %50 su düzeyi uygulamasında ise 1.5 katı artış göstermiştir. Yine SOD aktivitesi su stresinin başında artmış, stresin ilerlemesiyle birlikte %100 ve %50 su düzeylerinde azalma gösterirken, %25 su düzeyinde önce azalma sonra yeniden artış göstermiştir. POD aktivitesi de stresin ilerlemesiyle birlikte %100 ve %50 su düzeylerinde artış gösterirken, %25 su düzeyinde azalma göstermiştir.

Sonuç olarak; yapılan bu çalışma ile ticari öneme sahip yağ gülü fidanlarının su stresine karşı savunma mekanizmalarını geliştirdiği belirlenmiştir. Sonuçlar yağ gülünün %50 düzeyinde ki su stresine daha toleranslı olduğunu; %25 su düzeyinde ise daha çok strese girdiğini göstermektedir. Kuraklıkla mücadele stratejileri çerçevesinde, yağ gülünün yapraklarındaki enzim aktivitesinin en iyi sulama zamanının tahmin edilmesinde genel bir görüş sağlayabilir. Ayrıca özellikle APX, SOD ve POD aktiviteleri moleküler markırlar olarak ıslah çalışmalarında kullanılabilirler.

## KAYNAKLAR

- Akın, G., 2017. Küresel Isınma, Nedenleri ve Sonuçları. DTCF Dergisi, 46(2).
- Akıncı, Ş., Lösel, D. M., 2012. Plant Water-Stress Response Mechanisms, Water Stress, Prof. Ismail Md. Mofizur Rahman (Ed.), İnTech, ISBN: 978-953-307-963-9.
- Ali, E. F., Bazaid, S. A., Hassan, F. A. S., 2014. Salinity Tolerance of Taif Roses by Gibberellic Acid (GA<sub>3</sub>). International J Sci Res, 3(11), 184-192.
- Alp, Y., Kabay, T., 2017. Kuraklık Stresinin Bazı Yerli ve Ticari Domates Çeşitlerinde Bitki Gelişimi Üzerine Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27(3), 387-395.
- Alscher, R. G., Erturk, N., Heath, L. S., 2002. Role of Superoxide Dismutases (Sods) in Controlling Oxidative Stress in Plants. Journal of Experimental Botany, 53(372), 1331-1341.
- Aninbon, C., Jogloy, S., Vorasoot, N., Patanothai, A., Nuchadomrong, S., Senawong, T., 2016. Effect of end of Season Water Deficit on Phenolic Compounds in Peanut Genotypes with Different Levels of Resistance to Drought. Food chemistry, 196, 123-129.
- Anjum, S. A., Xie, X. Y., Wang, L. C., Saleem, M. F., Man, C., Lei, W., 2011. Morphological, Physiological and Biochemical Responses of Plants to Drought Stress. African Journal of Agricultural Research, 6(9), 2026-2032.
- Anonim, 2018a. "Kuraklık". Erişim Tarihi 21.07.2018. Web adresi: <https://tr.wikipedia.org/wiki/Kuraklı%C4%B1k>
- Anonim, 2018b. "Türkiye'nin Gül Bahçesi". Isparta İl Kültür Turizm Müdürlüğü. Erişim Tarihi: 21.07.2018. Web adresi: <http://www.ispartakulturturizm.gov.tr/TR,71130/turkiyenin-gul-bahcesi.html>
- Anonim, 2018c. Gül ve Gül Ürünleri Araştırma ve Uygulama Merkezi (GÜLAR). Erişim Tarihi: 21.07.2018. Web adresi: <http://gular.sdu.edu.tr/tr/>
- Anonim, 2018d. Gül Çiçeği Raporu. Erişim Tarihi: 24.07.2018 <http://koop.gtb.gov.tr/data/5ad06db2ddee7dd8b423eb26/G%C3%BCI%20%C3%A7i%C3%A7e%C4%9Fi%20raporu%202017.pdf>
- Arndt, S. K., Clifford, S. C., Wanek, W., Jones, H. G., Popp, M., 2001. Physiological and Morphological Adaptations of The Fruit Tree *Ziziphus Rotundifolia* in Response to Progressive Drought Stress. Tree Physiology, 21(11), 705-715.
- Arzani, K., Arji, I., 2000. The Response of Young Potted Olive Plants cv." Zard" to Water Stress and Deficit Irrigation. In IV International Symposium on Olive Growing, 586, 419-422.

- Asada, K., Takahashi, M., 1987. Production and Scavenging of Active Oxygens in Chloroplasts. Photoinhibition. Amsterdam, Elsevier, 227-287.
- Asada, K., 2006. Production and Scavenging of Reactive Oxygens Species in Chloroplasts and Their Functions. Photoinhibition. Plant Physiology, 141(2), 391-396.
- Ashraf, M., Foolad, M., 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance. Environmental and Experimental Botany, 59(2), 206-216.
- Atasoy, G.D. 2013. Pamukta (*Gossypium* spp.) Kuraklık ve Sıcaklık Stresinin Bazı Agronomik, Fizyolojik ve Biyokimyasal Özelliklere Etkisinin İncelenmesi. Ege Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 105s, İzmir.
- Babaei, A., Tabaei-Aghdai, S. R., Khosh-Khui, M., Omidbaigi, R., Naghavi, M. R., Esselink, G. D., Smulders, M. J. 2007. Microsatellite Analysis of Damask Rose (*Rosa Damascena* Mill.) Accessions from Various Regions in Iran Reveals Multiple Genotypes. BMC Plant Biology, 7(1), 12.
- Babalık, Z., 2012. Tuz ve Su Stresinin Asmaların Bazı Fiziksel ve Biyokimyasal Özellikleri Üzerine etkileri. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 235s, Isparta.
- Babalık, Z., Türk, F. H., Baydar, N. G., 2016. İn Vitro Koşullarda Kuraklık Stresi Altındaki Kober 5 Bb Asma Anacında Bazı Fiziksel Ve Biyokimyasal Değişimlerin Belirlenmesi. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 27.
- Bacelar, E. A., Santos, D. L., Moutinho-Pereira, J. M., Gonçaves, B. C., Ferreira, H. F., Correia, C. M., 2006. Immediate Responses and Adaptative Strategies of Three Olive Cultivars Under Contrasting Water Availability Regimes: Changes on Structure and Chemical Composition of Foliage and Oxidative Damage. Plant Science, 170(3), 596-605.
- Bashor, C. J., Dalton, D. A., 1999. Effects of Exogenous Application and Stem Infusion of Ascorbate on Soybean (*Glycine Max*) Root Nodules. The New Phytologist, 142(1), 19-26.
- Bates, L. S., Waldren, R. P., Teare, I. D., 1973. Rapid Determination of Free Proline for Water-Stress Studies. Plant and Soil, 39(1), 205-207.
- Baydar, H., 2016. Yağ Gülü Tarımı ve Endüstrisi. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi (Genişletilmiş 5. Baskı). Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın, (51).
- Baydar, H., Baydar, N. G., 2017. Yağ Gülü (*Rosa damascena* Mill.)'nde Distilasyon Ürünlerinin Uçucu Yağ ve Fenolik Madde İçerikleri ile Antiradikal ve Antioksidan Aktiviteleri. Tarım Bilimleri Dergisi, 23(1), 1-9.
- Beers, R. F., Sizer, I. W., 1952. A Spectrophotometric Method for Measuring the Breakdown of Hydrogen Peroxide by Catalase. Journal of Biological Chemistry, 195(1), 133-140.

- Blum, A., 1986. Breeding Crop Varieties for Stress Environments. *Critical Reviews in Plant Science*, 199-237.
- Bolat, I., Dikilitas, M., Ercisli, S., İkinci, A., Tonkaz, T., 2014. The Effect of Water Stress on Some Morphological, Physiological, and Biochemical Characteristics and Bud Success on Apple and Quince Rootstocks. *The Scientific World Journal*, 2014(8).
- Bray, E., 1997. Plant Responses to Water Deficit. *Trends in Plant Science*, 2, 48-54.
- Buckland, S. M., Price, A. H., Hendry, G. A., 1991. The Role of Ascorbate in Drought-Treated *Cochlearia Atlantica* Poved. and *Armeria Maritima* (Mill.) Willd. *New Phytologist*, 119(1), 155-160.
- Büyük, İ., Soydam -Aydın, S., Aras, S., 2012. Bitkilerin Stres Koşullarına Verdiği Moleküler Cevaplar. *Turkish Bulletin of Hygiene and Experimental Biology/Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji*, 69(2).
- Constantine, N. G., Stanley, K. R., 1977. Superoxide Dismutases. *Plant Physiol*, 59(309), 314.
- Cakmak, I., Marschner, H., 1992. Magnesium Deficiency and High Light Intensity Enhance Activities of Superoxide Dismutase, Ascorbate Peroxidase, and Glutathione Reductase in Bean Leaves. *Plant physiology*, 98(4), 1222-1227.
- Çamoğlu, G., Genç, L., Aşık, Ş., 2011. Tatlı Mısırdada (*Zea mays saccharata* Sturt.) Su Stresinin Fizyolojik ve Morfolojik Parametreler Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2).
- Çaylak, E., 2011. Hayvan Ve Bitkilerde Oksidatif Stres ile Antioksidanlar. *Tıp Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 73-83.
- Çelik, A., 2014. Yer kirazında Farklı Su Uygulamalarının Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi. *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 70s, Tekirdağ.
- Çerçi, S., 2012. Kuraklık Stresinin Değişik Turunçgil Anaçlarında Bazı Fotosentetik Parametreler ve Bitki Besin Maddeleri Konsantrasyonları Üzerine Etkileri. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 96s, Adana.
- Çırak, C., Esendal, E., 2006. Soyada Kuraklık Stresi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2), 231-237.
- de Azevedo Neto, A. D., Prisco, J. T., Enéas-Filho, J., de Abreu, C. E. B., Gomes-Filho, E., 2006. Effect of Salt Stress on Antioxidative Enzymes and Lipid Peroxidation in Leaves and Roots of Salt-Tolerant and Salt-Sensitive Maize Genotypes. *Environmental and Experimental Botany*, 56(1), 87-94.

- Delucia, E.H., Heckathorn S.A., 1989. The Effect of Soil Drought on Water-Use Efficiency in a Contrasting Great Basin Desert and Sierran Montane Species. *Plant Cell Environ*, 12, 935– 940.
- Dolferus, R., 2014. To Grow or Not to Grow: A Stressful Decision for Plants. *Plant Science*, 229, 247-261.
- Erdal, İ., Kaplankıran, B., Evren, E., Küçükyumuk, Z., Türkan, Ş. A., 2014. Farklı Demir İçeriklerine Sahip Besin Çözeltisiyle Beslenen Domates Bitkisinin Gelişimi, Toplam Demir, Aktif Demir, Klorofil ve SPAD Değerleri Arasındaki İlişkiler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(1), 36-41.
- Faaek, M, F, F., 2018. Bazı Çilek Çeşitlerinde Kuraklık Stresinin Etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, Konya.
- Fakir, H., Babalık, A., Karatepe, Y., 2009. Süleyman Demirel Üniversitesi Kampüsünün Dogal Bitki Türleri (Isparta-Türkiye). *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13(1).
- Fang, Y., Xiong, L., 2015. General Mechanisms of Drought Response and Their Application in Drought Resistance Improvement in Plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 72(4), 673-689.
- Farajzadeh, E., Valizadeh, M., Shakiba, M., Ghaffari, M., Moharramnejad, S., 2017. Relationship Between Antioxidant Enzyme Activites and Agro-Physiological Traits in Sunflower Lines under Field Water Deficit Stress. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(4), 2973-2981.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S. M. A., 2009. Plant Drought Stress: Effects, Mechanisms and Management. in *Sustainable Agriculture*, 153-188, Springer Netherlands.
- Fernandez, R. T., Perry, R. L., Flore, J. A., 1997. Drought Response of Young Apple Trees on Three Rootstocks. II. Gas Exchange, Chlorophyll Fluorescence, Water Relations, And Leaf Abscisic Acid. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122(6), 841-848.
- Fu, J., Huang, B., 2001. Involvement of Antioxidants and Lipid Peroxidation in The Adaptation of Two Cool-Season Grasses to Localized Drought Stress. *Environmental and Experimental Botany*, 45(2), 105-114.
- Gossett, D. R., Millhollon, E. P., Lucas, M., 1994. Antioxidant Response to NaCl Stress in Salt-Tolerant and Salt-Sensitive Cultivars of Cotton. *Crop Science*, 34(3), 706-714.
- Gökkaya, H.T., 2016. Selenyum Uygulamalarının Kuraklık Stresi Altındaki Çerezlik Balkabağı (*Cucurbita pepo* L.) Bitkisinin Gelişimine ve Antioksidant Enzim Aktivitelerine Etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 143s, Van.

- Gökmen, E., 2011. Nohut Genotiplerinin Kuraklık Stresine Karşı Gösterdikleri Bazı Fizyolojik ve Biyokimyasal Tepkilerin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53s, Konya.
- Gür, İ., 2018. Su Stresi Uygulamalarının Bazı Armut Anaçlarında Morfolojik ve Biyokimyasal Değişimlere Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 134s, Isparta.
- HanXuan, L., YanYou, W., WeiHong S., DeKe, X., Kuan, Z., JingJie, L., 2016. Effects of Drought on Photosynthesis and The Physiological Indices in Tomato. Guangxi Zhiwu / Guihaia, 36(3), 303-307.
- Hartree, E. F., 1972. Determination of Protein: A Modification of the Lowry Method That Gives a Linear Photometric Response. Analytical Biochemistry, 48(2), 422-427.
- Hassan, F. A. S., Ali, E. F., Alamer, K. H., 2018. Exogenous Application of Polyamines Alleviates Water Stress-Induced Oxidative Stress of *Rosa Damascena* miller var. *Trigintipetala* Dieck. South African Journal of Botany, 116, 96-102.
- Herdiawan, I., Abdullah, L., Sopandi, D., 2014. Nutritional Status of *Indigofera Zollingeriana* Forage at Different Level Draught Stress and Cutting Interval. Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner, 19(2), 91-103.
- Hozman, S., 2016. Su Stresi ve Osmoprotektan Uygulamalarının Kestane Fidanlarında Fizyolojik ve Morfolojik Özellikler Üzerine Etkileri. Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 137s, Aydın.
- Hui, J., Muge, Q., Rigen, L., Xueqin, H., Meilian, M., 2016. Sodium Nitroprusside Role on Antioxidant Enzymes Activities in Leaves of Different Potato Cultivars Under Drought Stress. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 36 (3), 551-557.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R., Panneerselvam, R., 2009. Drought Stress in Plants: a Review on Morphological Characteristics and Pigments Composition. International Journal of Agriculture and Biology, 11(1), 100-105.
- Jiang, T., Jahangir, M. M., Jiang, Z., Lu, X., Ying, T., 2010. Influence of UV-C Treatment On Antioxidant Capacity, Antioxidant Enzyme Activity And Texture of Postharvest Shiitake (*Lentinus edodes*) Mushrooms During Storage. Postharvest Biology and Technology, 56(3), 209-215.
- Kabay, T., Şensoy, S., 2016. Kuraklık Stresinin Bazı Fasulye Genotiplerinde Oluşturduğu Enzim, Klorofil ve İyon Değişimleri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 26(3), 380-395.
- Kacar, B., Katkat, A. V., Öztürk, Ş., 2013. Bitki fizyolojisi. Nobel Akademik Yayıncılık.

- Kalefetoğlu, T., Ekmekci, Y., 2005. The Effects of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms. Gazi University Journal of Science, 18(4), 723-740.
- Kandpal, R. P., Vaidyanathan, C. S., Kumar, M. U., Sastry, K. K., Rao, N. A., 1981. Alterations in The Activities of The Enzymes of Proline Metabolism in Ragi (*Eleusine Coracana*) Leaves During Water Stress. Journal of Biosciences, 3(4), 361-370.
- Kart, M. Ç. Ö., İkiz, M., Demircan, V., 2012. Türkiye’de Yağ Gülü (*Rosa damascena*) Üretimi ve Ticaretinin Gelişimi. SDÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 5(1), 124-134.
- Kashefi, B., Tabaei-Aghdaei, S. R., Matinizadeh, M., Mousavi, A., Jafari, A., 2012. Some Physiological and Enzymatic Characterizations of Damask Rose Accessions (*Rosa damascena* Mill.). Australian Journal of Crop Science, 6(2), 283.
- Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Ellialtıoğlu, Ş. Ş., 2015. Domates, Patlıcan ve Kavun Genotiplerinin Kuraklığa Dayanım Durumlarını Belirlemeye Yönelik Olarak İncelenen Özellikler Arasındaki İlişkiler. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi, 4(2), 9-25.
- Kocaçalışkan, İ., 2003. Bitki Fizyolojisi Ders Kitabı. Dumlupınar Üniversitesi Kütahya.
- Köşkeroğlu, S., 2006. Tuz ve Su Stresi Altındaki Mısır (*Zea mays* L.) Bitkisinde Profilin Birikim Düzeyleri ve Stres Parametrelerinin Araştırılması. Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 106s, Muğla.
- Kramer, P. J., 1983. Water Relations of Plants. Academic Press, 489, New York.
- Kuşvuran, Ş., Daşgan, H. Y., Abak K., 2011. Farklı Kavun Genotiplerinin Kuraklık Stresine Tepkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 21(3), 209-219.
- Yaşar, F., Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş. 2012. Tuzluluk ve Kuraklık Stresi Çalışmalarında Antioksidant Enzim Aktiviteleri ile Dayanıklılık Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. 9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, 12-14 Eylül 2012, Konya, s: 472-477.
- Kuşvuran, S., Ellialtıoğlu, Ş. Ş., Talhouni, M., Sonmez, K., Kıran, S., 2016. Effects of Salt and Drought Stresses on Physiological and Biochemical Changes in Callus Tissues of Melon Cultivars. Acta Horticulturae, 1142, 239-245.
- Kutlu, İ., 2010. Tahıllarda Kuraklık Stresi. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, (1), 35-41.
- Küçükyumuk, C., Sarısu, H. C., Yıldız, H., Kaçal, E., Koçal, H., 2015. Farklı Anaçlar Üzerine Aşılı 0900 Ziraat Kiraz Çeşidinde Su Stresinin Bazı Vejetatif Gelişim Parametrelerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 25(2), 180-192.

- Lawlor, D. W., 2002. Limitation to Photosynthesis in Water-stressed Leaves: Stomata vs. Metabolism and the Role of ATP. *Annals of Botany*, 89(7), 871-885.
- Li, L., Shuaijie, S., Xiaomei, F., Lizhi, Y., Shanlu, S., Yeqing, Y., 2017. Protection Enzymes and Lipid Peroxidation in *Phyllostachys Edulis* Seedlings with Temperature and Water Stresses. *Journal of Zhejiang A&F University*, 34(2), 268-275.
- Lichtenthaler, H. K., 1996. Vegetation stress: An Introduction to The Stress Concept in Plants. *Journal of Plant Physiology*, 148(1-2), 4-14.
- Marcińska, I., Czyczyło-Mysza, I., Skrzypek, E., Filek, M., Grzesiak, S., Grzesiak, M. T., Nowakowska, A., 2013. Impact of Osmotic Stress on Physiological and Biochemical Characteristics in Drought-Susceptible and Drought-Resistant Wheat Genotypes. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35(2), 451-461.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2018. Türkiye iklim istatistikleri. Erişim tarihi: 24.07.2018. Web adresi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=ISPARTA>
- Mundree, S. G., Baker, B., Mowla, S., Peters, S., Marais, S., Vander Willigen, C., Thomson, J. A., 2002. Physiological and Molecular Insights into Drought Tolerance. *African Journal of Biotechnology*, 1(2), 28-38.
- Naczki, M., Shahidi, F., 2004. Extraction and Analysis of Phenolics in Food. *Journal of Chromatography A*, 1054(1-2), 95-111.
- Nakano, Y., Asada, K., 1981. Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-Specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts. *Plant and Cell Physiology*, 22(5), 867-880.
- Navarro J.M., Flores P., Garrido C., Martinez V. 2006. Changes in The Contents of Antioxidant Compounds in Pepper Fruits at Different Ripening Stages, As Affected by Salinity. *Food Chemistry*. 96, 66–73.
- Osakabe, Y., Osakabe, K., Shinozaki, K., Tran, L.P., 2014. Response of Plants to Water Stress. *Front Plant Science*, 5: 86.
- Özçelik, H., 2013. Türkiye'de Gülcülük: Tespitler/Tahliller. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(2).
- Özçelik, H., Korkmaz, M., Özgökçe, F., Ünal, M., Yıldırım, B., Muca B., 2011. Isparta Gülcülüğünde Yeni Alternatifler. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, (2), 123-130.
- Özçelik, H., Yıldırım, B., Muca B., 2013. *Rosa damascena* Mill.'nın Türkiye'de Varyasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17(2).

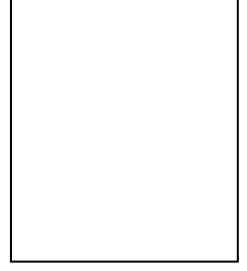
- Özel, S.D. 2016. Macar Fiğ ve Yem Bezelyesinde Kuraklık Stresinin Morfolojik ve Fizyolojik Özellikler Üzerine Etkileri. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51s, Çanakkale.
- Özenç, D., Özenç, B., Özkan, İ., 2003. Toprağa Karıştırılan Peat ve Perlitin Su Stresi Altındaki Biber Bitkisinin (*Capsicum annuum var grossum* cv. 11B-14) Gelişimi Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi, Ziraat fakültesi, 9(3), 305-312.
- Özpay, T., 2008. Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Kuraklık Stresine Olan Tepkilerinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 64s, Van.
- Öztürk, N. Z., 2015. Bitkilerin Kuraklık Stresine Tepkilerinde Bilinenler ve Yeni Yaklaşımlar. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 3(5), 307-315.
- Popović, B. M., Štajner, D., Ždero-Pavlović, R., Tari, I., Csiszár, J., Gallé, Á., Poór, P., Galović, V., Trudić, B., Orlović, S., 2017. Biochemical Response of Hybrid Black Poplar Tissue Culture (*Populus × Canadensis*) on Water Stress. Journal of Plant Research, 130(3), 559-570.
- Pouyafard, N., Akkuzu, E., Kaya, Ü., 2016. Kıyı Ege Koşullarında Yetiştirilen Ayvalık Zeytin Fidanlarında Su Stresine Bağlı Bazı Fizyolojik ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi. Jotaf-Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(1).
- Ramachandra R, A., Chaitanya, K.V., Jutur, P.P., Sumithra, K., 2004. Differential Antioxidative Responses to Water Stress Among Five Mulberry (*Morus alba* L.) Cultivars, Environmental and Experimental Botany, 52,33-42.
- RenJu, D., Yang, L., XianHao, Z., TianJiu, H., JianMei, P., ZunGuo, L., 2017. Effects of Persistence Drought on Growth and Physiological Characteristics of Potato Seedlings. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 30(2), 291-295.
- Sağlam, A., 2004. Ağır Kuraklık Stresi Geçirmiş *Ctenanthe setosa* Bitkisinin Yeni Kuraklık Koşullarına Adaptasyon Yeteneğinin Araştırılması. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53s, Trabzon.
- Sarıbaş, R., Aslançan, H., 2011. Yağ Gülü Yetiştiriciliği. Eğirdir Meyvecilik Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Yayın, (45).
- Selmi, A., Debaya, H., Triki, T., Ferchichi, A., 2017. Effect of Water Deficiency on The Cellular Status and Antioxidant Defences in *Anthyllis Sericea*, a Saharian Plant. Pakistan Journal of Botany, 49(4), 1231-1237.
- Sibomana, I. C., Aguyoh, J. N., Opiyo, A. M., 2013. Water Stress Affects Growth and Yield of Container Grown Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Greener Journal of Biochemistry and Biotechnology, 2(4), 461-466.

- Singleton, V. L., Rossi, J. A., 1965. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. American journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144-158.
- Sofu, A., Dichio, B., Xiloyannis, C., Masia, A., 2004. Lipoxygenase Activity and Proline Accumulation in Leaves and Roots Of Olive Trees in Response to Drought Stress. Physiologia Plantarum, 121(1), 58-65.
- Srivalli, B., Sharma, G. and Khanna-Chopra, R., 2003. Antioxidative Defence System in Upland Rice Cultivar Subjected to Increasing Intensity of Water Stress Followed By Recovery, Physiologia Plantarum, 119: 503-512.
- Süyüm, K., 2011. Karpuz Genetik Kaynaklarının Tuzluluk ve Kuraklığa Tolerans Seviyelerinin Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 145s, Adana.
- Taiz, L., Zeigler, E., 2006. Plant Physiology. 4th. Sinauer Associate, Sunderland, Mass., EUA.
- TAKEP, 2008. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Antalya Tarımsal Kuraklık Eylem Planı. Erişim Tarihi: 24.07.2018. Web adresi: <https://antalya.tarim.gov.tr/Belgeler/yay%C4%B1nlar%C4%B1m%C4%B1z/antkuraklikeylemlani.pdf>
- Tındaş, İ., Demirel, U., 2016. Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 4(7), 618-627.
- Tuberosa, R., 2012. Phenotyping for Drought Tolerance of Crops in The Genomics Era. Frontiers in Physiology, 3, 347.
- Turfan, N., 2016. Yerel Ceviz Çesidinde (*Juglans regia* L.) Abiyotik Stres Faktörlerine Karşı Dayanıklılık Mekanizmasının Belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31(3), 321.
- Turner, N. C., Blum, A., Cakir, M., Steduto, P., Tuberosa, R., Young, N., 2014. Strategies to Increase The Yield and Yield Stability of Crops Under Drought– Are We Making Progress. Functional Plant Biology, 41(11), 1199-1206.
- Tutuş, Y., 2017. *Triticum spelta* Genotiplerinin Kuraklık Stresine Dayanıklılıklarının Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 58s, Tokat.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2018. Yağlık Gül Üretim Miktarı. Erişim Tarihi 24.07.2018. Web adresi: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Uçar, Y., Kazaz, S., Eraslan, F., Baydar, H., 2017. Effects of Different Irrigation Water and Nitrogen Levels on The Water Use, Rose Flower Yield and Oil Yield of *Rosa damascena*. Agricultural Water Management, 182, 94-102.
- Uçar, Y., Kazaz, S., 2016. Farklı Sulama Programlarının Krizantemin Kalitesi Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 22(3), 385-397.

- Velioglu, Y. S., Mazza, G., Gao, L., Oomah, B. D., 1998. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Fruits, Vegetables, and Grain Products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4113-4117.
- Virgin, H. I., 1965. Chlorophyll Formation and Water Deficit. *Physiologia Plantarum*, 18(4), 994-1000.
- Wang, Y. S., Tian, S. P., Xu, Y., 2005. Effects of High Oxygen Concentration on Pro-And Anti-Oxidant Enzymes in Peach Fruits During Postharvest Periods. *Food Chemistry*, 91(1), 99-104.
- Yıldız, M., Terzioğlu, S., 2007. Yüksek Sıcaklık Stresinde Bitki Sıcaklık Şoku Proteinlerinin Rolü. *Anadolu University Journal of Sciences and Technology*, 8(1).
- Zhang, Z., Huang, R., 2013. Analysis of Malondialdehyde, Chlorophyll Proline, Soluble Sugar, and Glutathione Content in Arabidopsis Seedling. *Bio-protocol*, 3, e817.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., Jianming, W., 1999. The Determination of Flavonoid Contents in Mulberry and Their Scavenging Effects on Superoxide Radicals. *Food Chemistry*, 64(4), 555-559.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Tuğba TİRYAKİ  
Doğum Yeri ve Yılı : Korkuteli, 1994  
Medeni Hali : Bekar  
Yabancı Dili : İngilizce  
E-posta : tubatiryaki66@gmail.com



### Eğitim Durumu

Lise : Korkuteli Lisesi, 2012  
Lisans : SDÜ, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 2016

### Mesleki Deneyim

Sürde Tarım (Stajyer)- Proto Tohum 2015  
Tiryaki Tarım 2015-..... (hâlen)