



**T.C.**

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERCİMEK BİTKİSİ *OROBANCHE CRENATA* FORSK.  
İTERAKSİYONUNDA EKSOJEN GLİSİN BETAİN' İN  
ANTİOKSİDAN SAVUNMA SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Müge TEKER**

**Biyoloji Anabilim Dalı**

**ÇANAKKALE**

**T.C.**  
**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**MERCİMEK BİTKİSİ *OROBANCHE CRENATA* FORSK.  
İTERAKSİYONUNDA EKSOJEN GLİSİN BETAİN' İN  
ANTİOKSİDAN SAVUNMA SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİSİ**

**Müge TEKER**

**Biyoloji Anabilim Dalı**

**Tezin Sunulduğu Tarih: 20/01/2017**

**Tez Danışmanı:**

**Doç. Dr. Okan ACAR**

**ÇANAKKALE**

Müge TEKER tarafından Doç. Dr. Okan ACAR yönetiminde hazırlanan ve 20/01/2017 tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Mercimek Bitkisi *Orobancha Crenata* Forsk. İnteraksiyonunda Eksojen Glisin Betain’ in Antioksidan Savunma Sistemine Etkisi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Biyoloji Anabilim Dalı’** nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

**JÜRİ**

Doç. Dr. Okan ACAR (Danışman) .....

**Başkan**

Prof. Dr. Cüneyt AKI .....

**Üye**

Yrd. Doç. Dr. Sefer DEMİRBAŞ .....

**Üye**

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

Bu tez çalışması Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi BAP tarafından FYL-2016-729 numaralı projeden desteklenmiştir.

## İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI



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

Müge TEKER

## TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen, hoşgörüsü ve yönlendirici tüm fikirleriyle çalışmamın bugünlere gelmesinde büyük desteği olan danışman hocam Doç. Dr. Okan ACAR' a, bilgisi ve desteği ile bugüne kadar öğrettiği her şey için değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Sefer DEMİRBAŞ' a en içten teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen, yardımlarıyla daima yanımda olan çalışma arkadaşlarım Sabina BİNALİ, Ozan Barış KÜRTÜR, Selim ÇOBANOĞLU, Uzman Biyolog Buşra ÇALIK, ve Özge EROĞLU' ya çok teşekkür ederim.

Uzaktan olsa da çalışmam boyunca deneyimleri ve yönlendirici bilgileriyle yanımda olduğunu her zaman hissettiren çalışma arkadaşım Uzman Biyolog Eda GÜNAY' a ve yüksek lisans çalışmam boyunca sonsuz sabrı, desteği ve sevgisiyle daima yanımda olan, bana olan inancıyla güçlü olmamı sağlayan sevgili arkadaşım Uğur YILDIZ' a çok teşekkür ederim.

Doku kültürü ve genetiği laboratuvarında cihazların kullanımı ve her koşulda bana sağladığı imkanlar için Prof. Dr. Cüneyt Akı' ya çok teşekkür ederim. Ç.O.M.Ü. Biyoloji Bölümü' ne, bölüm laboratuvarında bulunan spektrofotometre cihazının kullanımı için çok teşekkür ederim. Yüksek lisans çalışmam süresince maddi manevi desteğini eksik etmeyen Biga Ovası Sulama Birliği Başkanı Nejdet IRAK' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım..

Hayatımın her evresinde bana destek olan ve aldığım kararlarda yanımda olan sevgili babam Zevcettin TEKER, annem Nuriye TEKER ve ağabeylerim Levent TEKER, Bülent TEKER ve Yasemin TEKER' e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Müge TEKER  
Çanakkale, Ocak 2017

## SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde oranı
μ	Ünite
$^1O^2$	Singlet Oksijen
Apo	Apoplast
APX	Askorbat peroksidaz
AS	antioksidan savunma sistemini
ASA	Askorbat
BSA	Bovine Serum Albumin
CAT	Katalaz
Chl	Kloroplast
CO	Canavar otu
CO+GB	Canavar otu + Glisin Betain uygulaması
CW	Hücre duvarı
Cyt	Sitokrom
DAB	3, 3' Diaminobenzidine tetrahydrochloride
DHAR	Dehidro askorbat redüktaz
E.C.	Uluslar arası Enzim komisyonu
EC	Elektrik iletkenliği
ES	Elektrolit sızıntısı
g	Gram
GPX	Guaiacol peroksidaz
GR	Glutasyon redüktaz
GR 24	Strigol' ün sentetik analogu
GSH	Glutasyon
GSH-Px	Glutasyon peroksidaz
GSSG	Glutasyon
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Hidrojen Peroksit
ha	Hektar alan
HO·	Hidroksil Radikali
HZG	Hücre zarı geçirgenliği
K	Konrol

LMA	Alan başına yaprak kütle oranı
MDHA	Monodehidroaskorbat
MDHAR	Monodehidroaskorbat redüktaz
mg	Miligram
Mit	Mitokondri
ml	Mililitre
Nuc	Çekirdek
O <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Süperoksit Radikali
PEG	% 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması
PEG+GB	% 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi + Glisin Betain uygulaması
PEG-6000	Polietilen glikol 6000
Per	Peroksizom
POX	Peroksidaz
ROT	Reaktif Oksijen Türleri
SLA	Spesifik yaprak alanı
sn	Saniye
SOD	Süperoksit dismutaz
SPAD	Klorofil ölçen cihaz
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TBA	Tiobarbitürik asit
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif madde
TCA	Trikloroasetik asit
Top kl	Toplam klorofil
Vac	Vakuol

## ÖZET

# MERCİMEK BİTKİSİ *OROBANCHE CRENATA* FORSK. İNTERAKSİYONUNDA EKSOJEN GLİSİN BETAIN' İN ANTIOKSİDAN SAVUNMA SİSTEMİ ÜZERİNE ETKİSİ

Müge TEKER

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Okan ACAR

20/01/2017, 77

Abiyotik ve biyotik stres faktörleri tarımsal üretimde verimi sınırlamaktadır. Mercimek yetiştiriciliğinde verimi etkileyen en önemli biyotik streslerden birisi canavar otu (*Phelipanche* spp., *Orobanch* spp.) enfeksiyonudur.

Bu araştırma bir ozmotik koruyucu olan glisin betain' in (GB) mercimekte (*Lens culinaris* Medik) canavar otu kaynaklı biyotik strese karşı uygulandığında antioksidan savunma sisteminde neden olduğu değişimleri ve canavar otu enfeksiyonuna karşı koruma sağlayıp sağlamadığını belirlemeyi amaçlamıştır. Buna göre; mercimek fidelerinin kök ve gövde uzunlukları, yaprak alanı (SLA), toplam klorofil, protein miktarları, hücre zarı geçirgenliği, hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), lipid peroksidasyon (TBARS) ve antioksidan enzimlerin (SOD, POX, APX, GR, CAT) aktivitelerindeki değişimler araştırılmıştır.

Büyüme parametreleri incelendiğinde Özbek çeşidinde tüm streslerde büyüme baskılanmış ama GB uygulamasıyla bu baskı azalmıştır. Sultan 1 çeşidinde ise, büyüme stres uygulamalarından etkilenmemiştir. Özellikle CAT aktiviteleri iki çeşit arasında bir ayırım sağlamaktadır. Sultan 1 çeşidine kıyasla, Özbek çeşidi daha yüksek CAT aktivitelerine sahiptir ve GB uygulamasıyla bu durum değişmemektedir. Genel olarak her iki stres uygulaması biyokimyasal parametrelerde Özbek, fizyolojik parametrelerde Sultan 1 için daha yüksek bulunmuştur. Bu farklar GB uygulaması ile daha da belirginleşmiştir. Sonuç olarak, özellikle kök dokusunda kurağa dayanıklı Sultan 1 çeşidi fizyolojik ve biyokimyasal olarak Özbek çeşidine kıyasla canavarotu ve kuraklık streslerine daha dayanıklı bulunmuştur.



**Anahtar sözcükler:** Canavar Otu, Mercimek, Biyotik Stres, Antioksidan Savunma Sistemi, Glisin Betain.



## ABSTRACT

### THE EFFECT OF EXOGEN GLYCINE BETAINE ON ANTIOXIDANT DEFENSE SYSTEM OF LENTIL *OROBANCHE CRENATA* FORSK. INTERACTION

Müge TEKER

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Plant Science

Advisor : Assoc. Prof. Dr. Okan ACAR

20/01/2017, 77

Abiotic and biotic stress factors limit the yield. One of the most limiting biotic factors in lentil production is broomrape (*Phelipanche* spp., *Orobanche* spp.). This study focused on the effect of glycine betaine (GB) and drought stresses (PEG) on biochemical (total chlorophyll, total protein, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentration, TBARS and SOD, POX, APX, GR, CAT activities) and physiological (root and shoot lengths, specific leaf area (SLA)) parameters of lentil (*Lens culinaris* Medik.) against broomrape infection.

Physiological parameters indicated that PEG and broomrape-mediated stress factors inhibited growth in Özbek variety. GB treatment suppressed that inhibition. Sultan 1 variety was not affected by these stresses on growth. Especially, CAT activity is differing between these varieties. It was found that Özbek variety has higher CAT activity than Sultan 1 in all tissues with these stresses. GB treatment was not changed this results.

Generally, Özbek has high efficiency on biochemical parameters while Sultan1 has high physiological parameters. GB treatment not effects on this results. As a result, drought tolerant Sultan 1 was found more tolerant than Özbek variety to broomrape and drought stresses, especially in root tissues.

**Keywords:** *Orobanche* spp., Lentil, Biotic Stress, Antioxidant Defense System, Glycine Betaine.

## İÇİNDEKİLER

### Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ FORMU.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	v
ÖZET .....	vii
ABSTRACT.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
1.1. Bitkilerde Stres.....	1
1.2. Bitkilerde Oksidatif Stres ve Antioksidan Savunma Sistemi.....	1
1.2.1. Enzimik Olmayan Antioksidan Savunma Sistemi .....	4
1.2.2. Enzimik Antioksidan Savunma Sistemi .....	5
1.3. Mercimek ( <i>Lens culinaris</i> Medik.) .....	5
1.4. Mercimek Üretimini Etkileyen Stres Faktörleri.....	6
1.4.1 Kuraklık Stresi.....	6
1.4.2. Bitkiler Kuraklık Stresin Etkileri.....	6
1.4.2.1. Mekanik Etki.....	6
1.4.2.2. Metabolik Etki .....	6
1.4.2.3. Oksidatif Etki .....	7
1.4.3. Canavar Otu Paraziti.....	7
1.4.3.1. <i>Orobanche crenata</i> Forsk. ....	9
1.5. Uyumlu Çözünenler .....	10
1.5.1. Kuaterner Amonyum Bileşikleri .....	10
1.5.1.1. Glisin Betain .....	10
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	12
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE METOT .....	15
3.1. Materyal .....	15
3.2. Yöntem.....	15
3.2.1 Bitkilerin Su kültürü Yöntemiyle Yetiştirilmesi .....	15

3.2.2. Glisin-Betain Uygulaması .....	17
3.3. Bitki Ölçümleri ve Analiz Yöntemleri.....	17
3.3.1. Gövde ve Kök Uzunluğu .....	17
3.3.2. Spesifik Yaprak Alanı (SLA) ve Alan Başına Yaprak Kütle Oranı (LMA) Ölçülmesi.....	18
3.3.3. Pigment İçeriğinin Belirlenmesi.....	18
3.3.4. Toplam Protein Analizi .....	18
3.3.4.1. Protein Standardının Hazırlanması .....	18
3.3.4.2. Protein İçeriğinin Belirlenmesi.....	19
3.3.5. Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi .....	19
3.3.5.1. Süperoksit Dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) Aktivitesi .....	19
3.3.5.2. Askorbat Peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) Aktivitesi.....	20
3.3.5.3. Glutasyon Redüktaz (GR; EC 1.6.4.2) Aktivitesi .....	20
3.3.5.4. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) Aktivitesi .....	20
3.3.5.5. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) Aktivitesi.....	20
3.3.6. Lipid Peroksidasyonu (TBARS) Miktarının Belirlenmesi .....	20
3.3.7. Hücre Zarı Geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı).....	20
3.3.8. Hidrojen Peroksit(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) Analizi.....	21
3.3.8.1. Hidrojen Peroksit Standartın Hazırlanması .....	21
3.3.8.2. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Birikimin Belirlenmesi .....	22
<b>BÖLÜM 4</b>	
<b>ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA .....</b>	<b>23</b>
4.1. Araştırma Bulguları.....	23
4.1.1. Büyüme Parametreleri .....	23
4.1.1.1. Gövde Uzunluğu .....	23
4.1.1.2. Kök Uzunluğu.....	25
4.1.1.3. Spesifik Yaprak Alanı (SLA) .....	26
4.1.2. Pigment İçeriği Belirlenmesi.....	28
4.1.3. Protein İçeriği .....	30
4.1.4. Hücre Zarı Geçirgenliği (HZG).....	33
4.1.5. Hidrojen Peroksit (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) Miktarı.....	37
4.1.6. Lipit Peroksidasyon Miktarı .....	40
4.1.7. Antioksidan Enzim Aktivitelerinde Meydana Gelen Değişimler.....	42
4.1.7.1. SOD Aktivitesindeki Değişimler .....	42
4.1.7.2. POX Aktivitesindeki Değişimler.....	45

4.1.7.3. GR Aktivitesindeki Değişimler .....	48
4.1.7.4. CAT Aktivitesindeki Değişimler .....	51
4.1.7.5. APX Aktivitesindeki Değişimler .....	54
4.1.8.İstatistiksel Bulgular .....	57
BÖLÜM 5	
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66
KAYNAKLAR .....	68
ÖZGEÇMİŞ .....	i



## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 1.1. SOD, CAT, askorbat-glutasyon döngüsü tarafından enzimik ROT'nin temizlenmesinin yöntemi .....	3
Şekil 1.2. Mercimek tanesinin yaklaşık kimyasal bileşimi ve miktarları .....	5
Şekil 1.3. Canavar otu yaşam döngüsü .....	9
Şekil 1.4. Glisin betain biyosentez yolu. ....	11
Şekil 3.1. Mercimek bitkilerinin perlit içeren saksılarda yetiştirilmesi .....	16
Şekil 3.2. <i>O. crenata</i> Forsk. tohumlarındaki çimlenme.....	17
Şekil 3.3. BSA standart protein grafiği.....	19
Şekil 3.4. Hidrojen peroksit standart grafiği.....	22
Şekil 4.1. Sultan 1 çeşidinin gövde uzunluğunda meydana gelen değişimler .....	24
Şekil 4.2. Özbek çeşidinin gövde uzunluğunda meydana gelen değişimler.....	24
Şekil 4.3. Sultan 1 çeşidinin kök uzunluğunda meydana gelen değişimler.....	25
Şekil 4.4. Özbek çeşidinin kök uzunluğunda meydana gelen değişimler.....	26
Şekil 4.5. Sultan 1 çeşidinin spesifik yaprak alanında meydana gelen değişimler.....	27
Şekil 4.6. Özbek çeşidinin spesifik yaprak alanında meydana gelen değişimler .....	28
Şekil 4.7. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda toplam klorofil miktarında ki değişimler ..	29
Şekil 4.8. Özbek çeşidinin kök dokusunda toplam klorofil miktarında ki değişimler.....	30
Şekil 4.9. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda toplam protein miktarında ki değişimler..	31
Şekil 4.10. Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda toplam protein miktarında ki değişimler ....	31
Şekil 4.11. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda toplam protein miktarında ki değişimler ..	32
Şekil 4.12. Özbek çeşidinin kök dokusunda toplam protein miktarında ki değişimler .....	33
Şekil 4.13. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda hücre zarı iletkenliğinde meydana gelen değişimler.....	34
Şekil 4.14. Sultan 1 çeşidinin köklerdeki hücre zarı iletkenliğinde meydana gelen değişimler.....	35
Şekil 4.15. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda hücre zarı iletkenliğinde meydana gelen değişimler.....	36
Şekil 4.16. Özbek çeşidinin kök dokusunda hücre zarı iletkenliğinde meydana gelen değişimler.....	36
Şekil 4.17. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda hidrojen peroksit içeriği .....	37
Şekil 4.18. Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda hidrojen peroksit içeriği.....	38
Şekil 4.19. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda hidrojen peroksit içeriği.....	39
Şekil 4.20. Özbek çeşidinin kök dokusunda hidrojen peroksit içeriği.....	39
Şekil 4.21. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda TBARS miktarında meydana gelen değişimler.....	40
Şekil 4.22. Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda TBARS miktarında meydana gelen değişimler.....	41
Şekil 4.23. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda TBARS miktarında meydana gelen değişimler .....	41
Şekil 4.24. Özbek çeşidinin kök dokusunda TBARS miktarında meydana gelen değişimler .....	42
Şekil 4.25. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler.....	43
Şekil 4.26. Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler .....	44
Şekil 4.27. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler .....	44

Şekil 4.28. Özbek çeşidinin kök dokusunda SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler .....	45
Şekil 4.29. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda POX aktivitesindeki değişimler.....	46
Şekil 4.30. Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda POX aktivitesindeki değişimler.....	46
Şekil 4.31. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda POX aktivitesindeki değişimler.....	47
Şekil 4.32. Özbek çeşidinin kök dokusunda POX aktivitesindeki değişimler.....	48
Şekil 4.33. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda GR aktivitesindeki değişimler .....	49
Şekil 4.34. Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda GR aktivitesindeki değişimler .....	49
Şekil 4.35. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda GR aktivitesindeki değişimler .....	50
Şekil 4.36. Özbek çeşidinin kök dokusunda GR aktivitesindeki değişimler .....	51
Şekil 4.37. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda CAT aktivitesindeki değişimler.....	52
Şekil 4.38. Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda CAT aktivitesindeki değişimler.....	52
Şekil 4.39. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda CAT aktivitesindeki değişimler.....	53
Şekil 4.40. Özbek çeşidinin kök dokusunda CAT aktivitesindeki değişimler .....	54
Şekil 4.41. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda APX aktivitesindeki değişimler.....	55
Şekil 4.42. Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda APX aktivitesindeki değişimler.....	55
Şekil 4.43. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda APX aktivitesindeki değişimler.....	56
Şekil 4.44. Özbek çeşidinin kök dokusunda APX aktivitesindeki değişimler.....	57

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa No

Çizelge 1.1. Enzimik ve enzimik olmayan antioksidan moleküller ve bulunduğu yerler .....	3
Çizelge 1.2. Farklı gıdalarda glisin betain, prolin betain ve trigonellin içeriği ( $\mu\text{g} / \text{g}$ ) .....	11
Çizelge 4.1. Sultan1 ve Özbek çeşitlerinin yaprak dokusunda, incelenen parametrelerin 1. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir. ....	58
Çizelge 4.2. Sultan1 ve Özbek çeşitlerinin yaprak dokusunda, incelenen parametrelerin 3. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir. ....	59
Çizelge 4.3. Sultan1 ve Özbek çeşitlerinin yaprak dokusunda, incelenen parametrelerin 5. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir. ....	60
Çizelge 4.4. Sultan1 ve Özbek çeşitlerinin yaprak dokusunda, incelenen parametrelerin 7. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir. ....	61
Çizelge 4.5. Sultan1 ve Özbek çeşitlerinin kök dokusunda, incelenen parametrelerin 1. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir. ....	62
Çizelge 4.6. Sultan1 ve Özbek çeşitlerinin kök dokusunda, incelenen parametrelerin 3. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir. ....	63
Çizelge 4.7. Sultan1 ve Özbek çeşitlerinin kök dokusunda, incelenen parametrelerin 5. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir. ....	64
Çizelge 4.8. Sultan1 ve Özbek çeşitlerinin kök dokusunda, incelenen parametrelerin 7. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir. ....	65



# BÖLÜM 1

## GİRİŞ

### 1.1. Bitkilerde Stres

Artan nüfus ve beslenme sorunu, tarımda verimliliğin öneminin de giderek arttırmaktadır. Diğer yandan, 21. yüzyılda öne çıkan küresel çevre sorunlarında tarımsal üretimde artan verim kayıpları ile ilişkilidir (Koç 2004). Sürekli değişen, biyotik ve abiyotik çevresel faktörlerin etkisi altında büyüyen bitkilerin verimliliğini arttırmak için yetiştirilen bitki çeşidinin optimum isteklerinin karşılanması gerekir. Optimumun dışındaki her koşul bitki için o faktörü stres haline getirmektedir (Haklı, 2008).

Bitkiler yaşamları sürecince dış dünya ile ilişkili olduklarından çevrede uygunsuz koşul ile karşılaştıklarında ortama uyum sağlayamadığı için stres ile karşı karşıya kalırlar. Bitkilerin doğada karşılaştıkları stres faktörleri abiyotik ve biyotik stres faktörleridir (Levitt 1980). Çevrede ki bu uygunsuz koşullar bitkileri olumsuz olarak etkiler ve bitkilerin strese girmesine neden olarak yaşamsal faaliyetlerinde gerilemeler meydana gelmektedir. Bu nedenle bitkisel üretimde verim çok ciddi etkilenmektedir.

Tarımsal üretimde verimi azaltan abiyotik faktörlerin başında kuraklık, tuzluluk, düşük ve/veya yüksek sıcaklık, kirlenme gelmektedir (Demirbaş ve Acar, 2008). Kuraklık tüm stres faktörleri içerisinde en büyük paya sahiptir (%26) (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005) ve bitki üretimini sınırlandıran en önemli faktörlerden birisidir (Boyer, 1982). Abiyotik stresler; bitkide neden oldukları morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler değişimlerle verimde azalmaya neden olurlar (Büyük ve ark., 2012). Öyle ki; fotosentetik pigmentlere, membran lipidlerine, proteinlere ve nükleik asitlere zarar vererek, bitkide normal seviyede üretilen reaktif oksijen türlerini (ROT)' nin üretimini artırır (Demirbaş ve Acar, 2008). ROT artışı hücrede çok ciddi hasarlara neden olur ve hücrenin ölümüne yol açabilir. Bu nedenle, kuraklığında dahil olduğu birçok abiyotik stres faktörü aynı zamanda bitkide oksidatif stres meydana getirmektedir (Moller ve ark., 2007).

### 1.2. Bitkilerde Oksidatif Stres ve Antioksidan Savunma Sistemi

Bitkiler stres faktörleri ile karşı karşıya kaldıklarında; fotosentetik karbon metabolizması ve elektron taşınım aktivitesi azalmaktadır. Abiyotik streslerden kuraklık stresi yaşayan bitkiler su kaybını azaltmak için stomalarını kapatırlar bunun sonucu olarak karbondioksit (CO<sub>2</sub>)' in bitki tarafından absorpsiyonu engellendiği için CO<sub>2</sub> fiksasyonu azalır. ATP ihtiyacının azalması sonucu, mitokondri ve kloroplastlarda elektron taşıma

sisteminde elektron fazlalığı meydana gelir. Ancak, ışık absorpsiyonu devam ettiği için kloroplastlarda biriken fazla elektronlar, moleküler  $O_2^-$  e aktararak ROT' ni oluşturular (Asada, 1999).

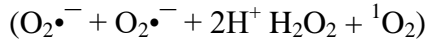
Edreva (2005), ROT' ni; serbest radikal [ $O_2^{\bullet-}$  (süperoksit anyonu),  $OH^{\bullet}$  (hidroksil radikali) ve  $HO_2^{\bullet}$  (hidroperoksil radikali)] ve serbest olmayan radikal [ $^1O_2$  (singlet oksijen) ve  $H_2O_2$ ] şeklinde ayırmıştır. Serbest radikaller, hücre zarlarındaki fosfolipidleri (Fridovic, 1986), proteinleri (Davies 1987), nükleik asitleri (Fridovic, 1986) ve klorofili parçalamaktadır (Foyer ve ark., 1994).

Hücre içinde ROT konsantrasyonundaki artışın neden olduğu dengesizlik “oksidatif stres” meydana getirmektedir (Moller ve ark., 2007). Bitkilerin yapısında bulunan antioksidan savunma enzimlerinin fizyolojik yanıtları sonucunda ROT detoksifiye edilmektedir. ROT hücresel süreçlerde mitokondri, kloroplastta ya da fotorespirasyon boyunca elektron taşınımında üretilirler (Botella ve ark., 2005).

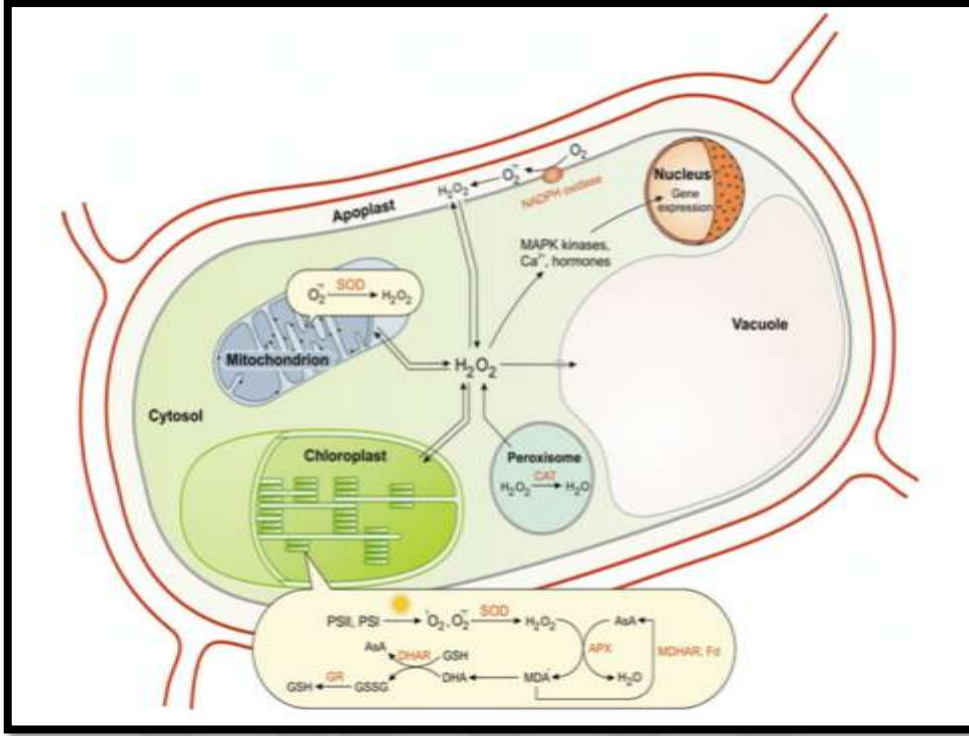
ROT hücrenin birçok kısmında (kloroplast, mitokondri, peroksizom, sitozol) üretilmektedir (Racchi 2013) (Şekil 1.1).

SOD, ROT' ni ( $H_2O_2$ )' e dönüştürerek ilk savunma hattını oluşturmaktadır. Ayrıca kuraklık ile uyarılan oksidatif strese dayanıklılıkta SOD aktivitesi arasında güçlü bir korelasyon olduğunu belirtilmektedir (Pan ve ark., 2006).

SOD bitki hücrelerindeki  $H_2O_2$ ' in büyük bölümünü üretir:



$^1O_2$  lipid peroksidasyonuna neden olurken,  $H_2O_2$  çeşitli enzimler (GSH, CAT) ile su ve oksijene dönüştürülür. Hidroksil radikali ( $OH^{\bullet}$ ), Fenton reaksiyonu ve Haber-Weiss reaksiyonu sonucu  $H_2O_2$ ' den oluşmaktadır (Smirnof, 1993; Büyük ve ark., 2012).



Şekil 1.1. Apel ve Hirt (2004)' e göre SOD, CAT, askorbat-glutasyon döngüsü tarafından enzimik ROT' nin temizlenmesinin yöntemi (Racchi 2013)

Bitkiler ROT ile oluşan oksidatif stresten kaynaklı negatif etkileri hafifletmek için genellikle enzimik ve enzimik olmayan antioksidan savunma sistemlerine sahiptirler (Botella ve ark., 2005). Süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve peroksidazlar (POX), guaiakol peroksidaz (GPX), glutasyon peroksidaz (GSH-Px), askorbat peroksidaz (APX), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR), dehidro askorbat redüktaz (DHAR) ve glutasyon redüktaz (GR) enzimik antioksidanlardır. İndirgenmiş glutasyon (GSH) ve askorbat (ASA) başlıca enzimik olmayan antioksidanlardır (Foyer ve Noctor, 2009; Saraswathi ve Paliwal, 2011) (Çizelge 1.1.).

Çizelge 1.1. Enzimik ve enzimik olmayan antioksidan moleküller ve bulunduğu yerler (hd: hücre duvarı, apo: apoplast, sit: sitosol, klo: kloroplast, kro: kromoplast, ami: amiloplast, mit: mitokondri, er: endoplazmik retikulum, vak: vakuol, per: peroksizom, gli: glioksizom, nuk: nukleus) (Gechev ve ark., 2006)

Enzimler/Antioksidanlar	Fonksiyon	Lokalizasyon
SOD	$O_2^{\bullet -}$ dismutasyonu ile $H_2O_2$ oluşumu	sit, klo, mit, per

Çizelge 1.1.' in devamı

CAT	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> detoksifikasyonu	mit, per, gli
APX	Askorbat ile H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> detoksifikasyonu	sit, klo, mit, per
MDHAR	NAD(P)H ile monodehidroaskorbat radikallerini indirger.	sit, klo, mit
DHAR	İndirgeyici olarak GSH ile dehidroaskorbat radikallerini indirger.	sit, klo, mit
GR	NADPH ile yükseltgenmiş glutasyonu indirger.	sit, klo, mit, per
POX	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> detoksifikasyonu; hücre duvarı polimerizasyonu	hd, sit, mit, vak
GPX	GSH kullanarak lipitleri hidroperokside eder ve H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ' i detoksifiye eder.	sit, klo, mit, er
GST	Lipit hidroksiperoksitlerin detoksifikasyonu ve DHAR aktivitesi.	apo, sit, klo, mit, nuk
Askorbat	Glutasyon transferazlar ve glutasyon redüktazların substratıdır.	apo, sit, klo, mit, per, vak
Glutasyon	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ve diğer hidroksiperoksitlerin detoksifikasyonu.	apo, sit, klo, mit, per, vak
α-tokoferol	Membran lipitlerinin peroksidasyondan korunması, lipit peroksitlerinin detoksifikasyonu <sup>1</sup> O <sub>2</sub> nin temizlenmesi	Membranlar
Karotenoidler	<sup>1</sup> O <sub>2</sub> giderir, ABA' nın haberci molekülüdür.	klo, kro, ami
Flavonoidler	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> detoksifikasyonu	vak

### 1.2.1. Enzimik Olmayan Antioksidan Savunma Sistemi

Lipid membranda çözünebilen (tokoferoller ve karotenoidler) ve suda çözünebilen indirgeyiciler (glutasyon, askorbat ve fenolik bileşikler) olmak üzere iki grup altında toplanmaktadır. Bu antioksidan moleküller kendi yapılarından elektron veya hidrojen vererek bitkilerde serbest radikallerin temizlenmesinde önemli bir rol oynar (Asada, 1999).

$O_2^{\cdot-}$  ve  $OH^{\cdot}$  ile reaksiyona giren askorbat suda çözünen, fotosentezin düzenlenmesinde güçlü bir antioksidandır (Noctor ve Foyer, 1998). Lipidleri oksidasyondan korur (Blokina ve ark., 2003). Tokoferoller ise  $^1O_2$  ve  $OH^{\cdot}$  süpüren antioksidan moleküllerdir ve lipit peroksidasyonu baskılar.

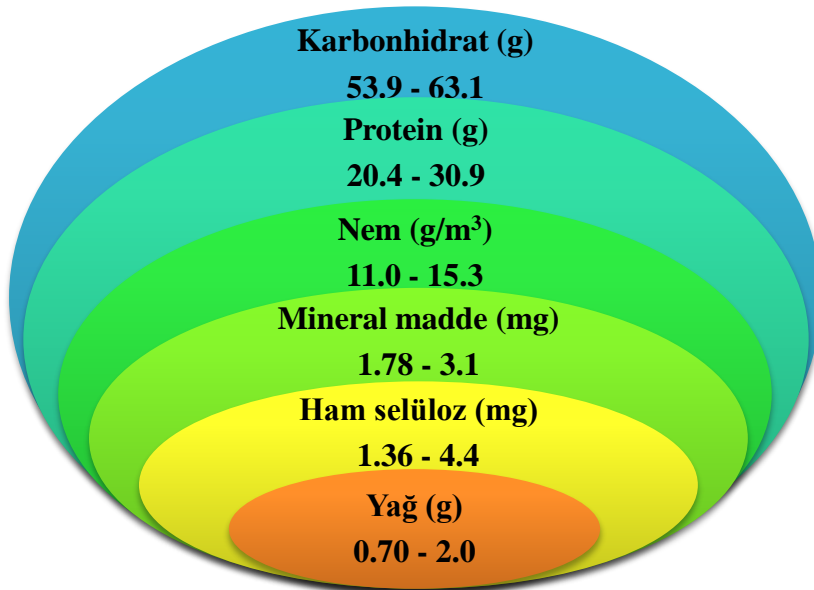
### 1.2.2. Enzimik Antioksidan Savunma Sistemi

Stres koşullarında antioksidan enzim aktivitelerinin seviyeleri değişmektedir (Demirbaş ve Acar, 2008). Kloroplast ve mitokondrideki SOD, APX, GR, CAT ve POX  $H_2O_2$ ' yi temizler. SOD ve CAT,  $O_2^{\cdot-}$  ve  $H_2O_2$ ' in  $H_2O$  ve moleküler  $O_2$  ye dönüştürülmesini sağlarlar (Foyer ve ark., 1994) ve  $OH^{\cdot}$ ' i temizlerler (Asada 1999). SOD, bir hücredeki ROT' ne karşı ilk savunma hattını oluşturmaktadır (Alscher 2002).

### 1.3. Mercimek (*Lens culinaris* Medik.)

Yakın Doğu ve Orta Asya' ya özgü bir bitki olan mercimek; kuru taneleri proteince zengin besin değeri yüksek bir baklagil türüdür. Dünya mercimek üretiminde Türkiye üçüncü sıradayken (FAO, 2014; Joseph ve ark., 2014), Türkiye baklagil üretiminde mercimek ikinci sırada gelmektedir (Ton ve ark., 2014).

Gıda, yem ve tarımda mercimek yetiştiriciliği önemli bir role sahiptir. Daneleri yüksek miktarda protein (%25 g) içerir (Wang ve Daun, 2006). B vitamini, Fe, Ca, Mn, Na, Cu, Zn ve P açısından da zengindir (Anonim 2009) (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Mercimek tanesinin yaklaşık kimyasal bileşimi ve miktarları (%) (Bhatty ve ark., 1976)

Kislev ve Yosef, (1988) yaptıkları çalışmada kuru tanelerinin besin değerinin oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Toprağı dolaylı olarak azotça zenginleştirmede kullanılırlar (Tosun ve Eser, 1978).

#### **1.4. Mercimek Üretimini Etkileyen Stres Faktörleri**

##### **1.4.1 Kuraklık Stresi**

Kuraklık en yaygın çevresel streslerden olup dünya tarım arazilerin % 45' ine kadar etki etmektedir ve böylece diğer streslerden daha fazla ürün verimliliğini azaltarak yıkıcı etki sağlamaktadır (Farooq ve ark., 2009). Kuraklık bitki büyümesini ve gelişimini ciddi biçimde etkiler, fotosentezi kısıtlar, hücre bölünme oranındaki, yaprak alanı, kök ve gövde büyümesi ve verim değerlerini azaltır (Farooq ve ark., 2012; Osman 2015). Kuraklık, bitkinin gelişme aşamasındaki yağışsız dönem yada su eksikliğidir. Yağışsız dönemdeki kuraklık; toprak su tutma kapasitesi ve evapotranspirasyon hızına bağlıdır (Jones, 1992; Kozlowski ve Pallardy, 1997). Bitkideki en önemli stres kaynağı ise toprak su potansiyelindeki azalmadır. Bitki transpirasyonla kaybettiği suya karşılık olarak toprakta yeterli su bulabilirse strese karşı olumlu cevap verir. Ancak yeterli su bulamazsa, su kaybetmeye devam eder ve su stresi görülür. Levitt (1980)' e göre kuraklık su noksanlığı yada kuruma ile ortaya çıkar.

##### **1.4.2. Bitkiler Kuraklık Stresin Etkileri**

###### **1.4.2.1. Mekanik Etki**

Bitki hücrelerinden su kaybının fazla olduğunda ilk stresi bitkide turgor kaybı gösterir (Levitt 1980). Su kaybıyla birlikte, membran yapısı değişir ve membranlar yoğun bir görünüm alır. Hücrede hacim azalır ve plazma membranı hücre duvarından ayrılır ancak plazmodezmler aracılığıyla ilişkisini sürdürür. Bu durum, zarlar üzerinde yerleşmiş olan hidrolitik enzimlerin serbest kalması ve dolayısıyla sitoplazmanın otoliziyle sonuçlanabilen plastik zarara yol açar (Salisbury ve ark., 1992).

###### **1.4.2.2. Metabolik Etki**

Suyun hücreden kaybı ile hücrenin fonksiyonel reaksiyonları devam edemez ve metabolizma faaliyetleri bozulur. Su kaybı ile elektron birikimi zarın bütünlüğünü ve proteinlerin yapısını bozarak hücreye zarar verir. Özellikle DNA, RNA gibi nükleik asitlere saldırarak ROT üretimi ile kalıcı hasar oluşturur (Salisbury ve ark., 1992).

### 1.4.2.3. Oksidatif Etki

Serbest radikaller ( $O_2^-$ ), ( $\cdot^1O_2$ ), ( $H_2O_2$ ) ve ( $OH\cdot$ ), eşleşmemiş elektron içeren moleküller olup çok reaktiftirler. Bunlar; plazma membranı, mitokondri, ER membranlarında da oluşabilir (McKersie ve ark., 1994). Bununla beraber, kuraklık koşullarında kloroplastlarda fotosistemlere ışık enerjisi absorpsiyonunun devam etmesi vejetatif bitki dokularında oksidatif stresin en yaygın nedenidir (Farrant, 2000). Su kısıtlı hale gelirken, bitkinin su kaybını önlemek için stomalarını kapatması fotosentez için gerekli  $CO_2$ ' in alımını kısıtlar. Böylece, fotosistemlerde elektron akışı yanlış yönlendirilince,  $NADP^+$  kısıtlı hale gelirken ferredoksin  $NADP^+$  yerine oksijeni indirgeyerek fotosistem I (FSI)' den çıkan elektronlar  $O_2$ ' e transfer edildiğinden sonuçta reaktif  $O_2^{*-}$  radikali üretilir (Tambussi ve ark., 2000). Kuraklık stresi ile artan  $O_2^{*-}$  oluşumu; lipid peroksidasyona, yağ asidi doygunluğuna ve sonuçta membran zararına yol açar (Sgherry ve ark., 1996). Süperoksitin kendisi değil, daha çok oluşturduğu  $H_2O_2$  ve  $OH\cdot$  reaktiftir (Halliwell ve Gutteride, 1989). Zira,  $H_2O_2$  Calvin döngüsü enzimlerinin etkisizleşmesine neden olabilmektedir (Charles ve ark., 1980; Kaiser 1979). Haber-Weiss reaksiyonu sırasında, artan demir ya da bakır gibi metaller, bu reaksiyonları hızlandırarak oksidatif zararı daha çok arttırabilir (Fenton reaksiyonu) (Smirnov, 1998). Bitkiler, oksidatif zarardan korunmada;  $\alpha$ -tokoferol,  $\beta$ -karoten, glutatyon ve askorbat gibi enzimik olmayan SOD, CAT, POX, APX ve GR gibi enzimik antioksidantlardan oluşan karmaşık bir savunma sistemine sahiplerdir. Bitkiler bu sistemle, kuraklık stresine karşı başarıyla mücadele etmektedirler (Srivalli ve ark., 2003; Jung, 2004). Bazı çeşitlerin her ne kadar kuraklığa dayanıklı olarak nitelense de gelişim dönemlerinde maruz kaldığı kuraklık stresi mercimeğin verimini azaltmaktadır (Haklı, 2008).

### 1.4.3. Canavar Otu Paraziti

Kültür bitkileri arasında istenmeyen tüm bitkilere yabancı ot olarak tanımlanmaktadır. Yabancı otlar tarla ve bahçelerde bitki hastalıklarının ve böceklerin verdiği zararın toplamına yakın bir zarara neden olmaktadır. Hatta, böcek ve bitki hastalıkları gibi gözle görülür belirtiler meydana getirmedeği için problem kolayca anlaşılmamaktadır (Er ve Zeki, 2005).

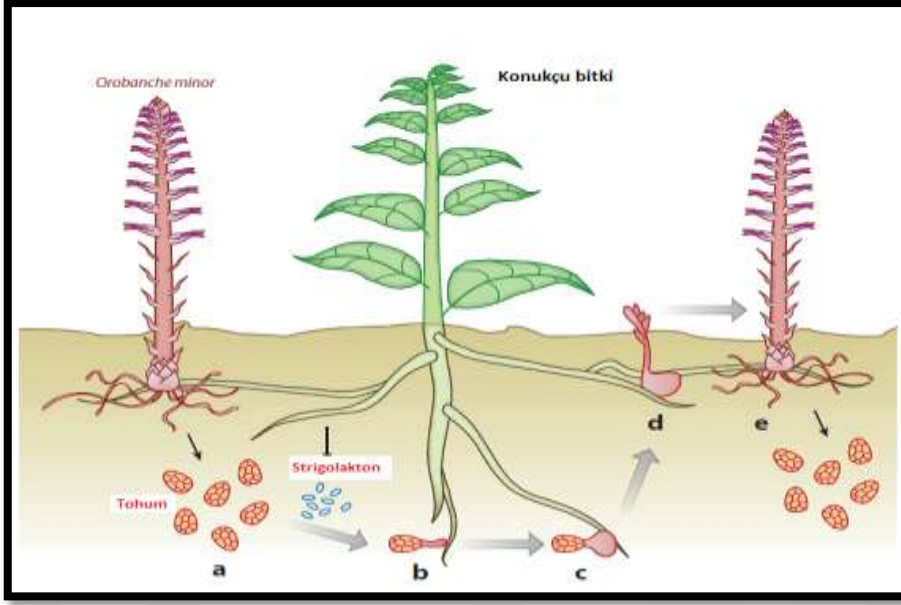
Canavar otugiller (*Orobanchaceae*) dünya çapında *Striga* spp. (zorunlu yarı parazit) ve *Orobanche* spp.ve *Phelipanche* spp. (zorunlu tam parazit) gibi tarımsal verimliliği çok büyük oranda etkileyen familyadır (Parker 2013). Parazit yabancı otlar konukçularının besin, su ve mineral maddelerini kullanarak ana ürün verimi üzerinde son derece yıkıcı

etkiye sahiptirler. Bu durum, bir çok ekonomik öneme sahip bitki de önemli verim kayıplarına neden olmaktadır (Wigchert ve Zwanenburg, 1999). Dünya çapında, her kıtada temel gıda ve sanayi bitkilerinde % 30-80 oranında ürün kayıplarına neden olan parazit bitkiler (Aly, 2007), aynı zamanda milyonlarca insanın geçimini de etkilemektedirler (Wigchert ve Zwanenburg, 1999).

Canavar otu tohumları kahverengi, oval ve çok küçük boyuttadır (0,35 x 0,25 mm) 150-200 hücreden oluşurlar, endosperm içerirler ve 1000 adet tohum ağırlığı yaklaşık 20 mg' dır (Dhanaphal ve ark., 1996). Canavar otu tohumları çok küçük olduklarından çok kolay ve hızlı yayılırlar (Demirkan, 2005; Dhanaphal ve ark., 1996). Bu nedenle yeni alanlarda sorun olmaya başlarlar (Demirkan 2005). Çok sayıda tohum üretmesi ve bunların uzun yıllar (20 yıla kadar) canlılığını yitirmeden toprakta kalabilmesinin yanı sıra çok küçük olmaları da canavar otları ile mücadeleyi zorlaşmaktadır. Ayrıca bugüne kadar canavar otlarına karşı mücadele yöntemi geliştirilememiştir. Bu durum canavar otu kaynaklı meydana gelen verim kayıplarının yüksek olmasına neden olmaktadır (Aksoy 2010).

Canavar otu türleri çok küçük tohum boyutlarına sahip olup uygun şartlar oluşana kadar dormant haldedirler (Şekil 1.3; (a). Konukçu bitki köklerinden salgılanan strigolaktonlar sayesinde çimlenen tohumlar köke ulaşır ve yapışır (b-c). İletim demetlerinden su mineral madde gibi tüm besin ihtiyacını konukçu bitkiden sağlar. Toprak altında büyür gelişir ve kendi yapı organlarını oluşturur (d). Toprak yüzeyine çıktığında çiçeklenir ve tohumlarını oluşturur (e)).





Şekil 1.3. Canavar otu yaşam döngüsü (Xie ve ark., 2010; Özkal, 2014' ten değiştirilerek)

Zorunlu kök paraziti olmasından dolayı konukçularından su, mineral ve organik besinleri almaları bir yandan konukçunun gelişimini yavaşlatırken diğer yandan büyük verim kayıplarına yol açar (Demirkan, 2005; Parker, 2009). *Asteraceae*, *Fabaceae*, *Solanaceae*, *Apiaceae* ve *Cucurbitaceae* üyesi birçok ekonomik bitkide bu verim kayıpları bilinmektedir (Song ve ark., 2005). Bu bitkiler arasında ayçiçeği, domates, patlıcan, tütün, havuç, patates, bakla, bezelye ve mercimek bulunmaktadır (Klein ve Kroschel, 2002). Türkiye' de 37 canavar otu türü mevcuttur (Baştatlı 2009). Özellikle Akdeniz ülkelerindeki birçok üretim alanı bu parazit bitki tarafından enfekte durumdadır (Song ve ark., 2005).

Canavar otları tarımsal ekosistemlerde büyük ölçüde parazitliğe sahip olsa da (Fernández-Aparicio ve ark., 2010), tüm canavar otu türleri içerisinde yalnızca birkaç tanesi kültür bitkilerine zarar verir (Song ve ark., 2005). Canavar otu türleri dünya tarım arazilerinde 16 milyon ha alan canavar otu paraziti riski altındadır ve yedi canavar otu türü tarımsal alanlarda verim kayıplarına neden olmaktadır. Bunlar; *P. ramosa* (L.) *Pomel* (syn *O. ramosa* L.), *P. aegyptiaca* (L.) *Pomel*(syn *O. aegyptiaca* L.), *O. cumana*, *O. cernua*, *O. crenata*, *O. minor* ve *O. foetida* bitkileridir (Parker 2009).

#### 1.4.3.1. *Orobanche crenata* Forsk.

Akdeniz etrafında özellikle mercimek üretiminde tek yıllık, klorofili olmayan, parazit bir ot olan *O. crenata* ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Rubiales, 2003). Canavar otuna karşı kullanılan kültürel ve/veya mekanik mücadele yöntemleri yeraltı

gelişim aşamalarını kontrol etmek için yeterince etkili değildir. Canavar otu sorunu topraktaki tohum bankasının büyüklüğü ve tohumların uzun yıllar boyunca canlılığını koruması nedeniyle güncelliğini korumaktadır. Canavar otu tohumlarının yeni ırklar oluşturmaları ve toprakta 20 yıl kadar canlı kalabilmesi nedeniyle topraktan tamamen temizlenememektedirler (Demirbaş ve Acar, 2008). Bu nedenle mercimek bitkisinde bir yandan herbisit uygulamaları yapılmakta (Jurado ve ark.,1997) ve diğer yandan da doğal olarak canavar otuna dayanıklı doğal mercimek türleri araştırılmaya devam etmektedir (Fernández Aparicio ve ark., 2009; Erskine ve ark., 2016).

### **1.5. Uyumlu Çözünenler**

Uyumlu çözünen maddeler vakuol içerisinde iyon dengesini biyokimyasal reaksiyonları engellemeyen ozmoprotektanlardır (Hasegawa ve ark., 2000). Bunlar yüksek su kapasitesini sağladıklarından hücre turgor seviyesinin yüksek olmasını sağlamaktadırlar (Rhodes ve Samaras 1994). Bunlar arasında aminoasitler, şekerler, şeker alkoller ve betain tipi kuaterner aminler sayılabilir (Bohnert ve Jensen, 1996).

#### **1.5.1. Kuaterner Amonyum Bileşikleri**

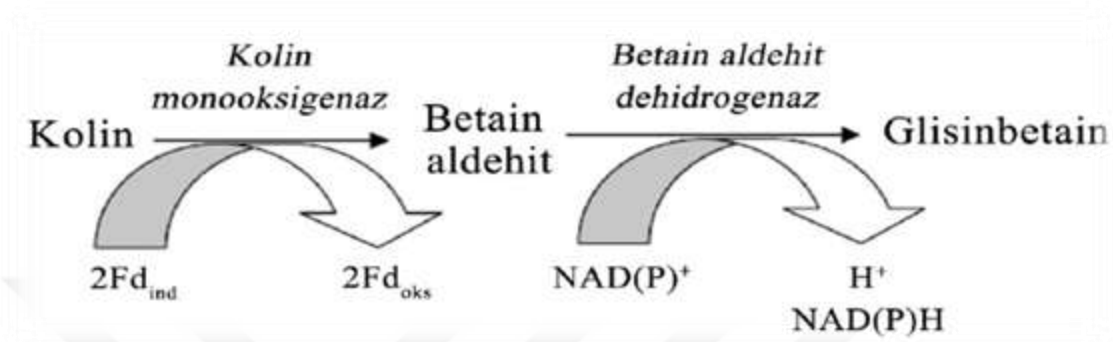
Bir ozmotik koruyucu olarak, çoğu bitki hücresinde GB,  $\beta$  alanin betain ve prolin betain ile ozmotik durum arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır (Rhodes ve Hanson, 1993). Bu bileşiklerden GB abiyotik stres faktörlerine karşı etkili bir koruyucudur (Chen ve Murata, 2008). Stres koşullarında, bu bileşiklerin birikmesi ozmotik denge, makromoleküllerin korunması, azotun depolanması, hücresel pH' ın kararlılığı ve serbest radikallerin temizlenmesi gibi olaylarda işlevseldir (Mansour 2000).

##### **1.5.1.1. Glisin Betain**

Biyotik bir stres olan canavar otu gelişimi için gerekli olan su, mineral besinleri ve karbonhidratları bitkinin köklerine yapışarak alırken (Estabrook ve Yoder, 1998), bu durum konukçuda su kıtlığına bağlı olarak ozmotik ve oksidatif stres yaratmaktadır. Sinyal iletim yolağı, sinyalin algılanması ile başlar, abiyotik veya biyotik stres ikinci mesajcıların ROT oluşturmalarını takip eder (Rejeb ve ark., 2014). İkinci mesajcı hücre içi  $Ca^{+2}$  seviyelerini ayarlayabilir. Son aşamada absisik asit (ABA), salisilik asit (SA), Jasmonik asit (JA) gibi fitohormonlar ve etilen (ET) birikimini sağlayan gen ifadeleri düzenlenir. Stoma kapanması, programlanmış hücre ölümü ve gravitropizma dahil bitki hücrelerinde

bitki yanıtlarına aracılık ederek hem biyotik hemde abiyotik streslere toleransı sağlar (Sharma ve ark., 2012).

Bitkilerde dışsal GB uygulamasıyla stres altındaki bitkilerde, stres kaynaklı zararın azalabildiği rapor edilmiştir (Banu ve ark., 2009). GB biyosentezi iki basamakta gerçekleşir (Weretilnyk ve ark., 1989) (Şekil 1.4.).



Şekil 1.4. Glisin betain biyosentez yolu. Fd<sub>ind</sub> : İndirgenmiş ferrodoksin, Fd<sub>oks</sub>:Okside ferrodoksin, nikotinamid adenin dinükleotidfosfat (NADPH)

GB, hidrofobik pozitif uçlu ve hidrofil negatif uçlu amfifilik bir bileşiktir ve geniş bir pH aralığında elektriksel olarak nötrdür (Papageorgiou ve ark., 1995). Zwart ve ark. (2003) yaptığı çalışmada mercimek tohumlarının içeriğindeki GB içeriğini belirlemişlerdir (Çizelge 1.2.).

Çizelge 1.2. Farklı gıdalarda glisin betain, prolin betain ve trigonellin içeriği (µg / g).

Gıda	Glisin betain	Prolin betain	Trigonellin
Fasulye	30	-	58
Nohut	-	-	350
Mercimek	<10	-	250

GB kloroplastlarda fotosentetik aktivite ve zar bütünlüğünün sürdürülmesini sağlar. Tuz stresi altındaki bitkilerde FSII' yi koruduğu ileri sürülmüştür. (Murata ve ark, 1992). Prolin ve GB uygulamalarının hücre zarı hasarlarını indirgediği, K<sup>+</sup> alınımını ve klorofil içeriğini artırdığı saptanmıştır (Gadallah 1999). Eksojen GB uygulaması abiyotik streslere karşı çeşitli bitki türlerinde toleransı, bitki büyümesini ve verimi arttırabilir. Bitkilerin yapraklarına uygulandığı zaman, GB kolaylıkla yaprak dokuları tarafından alınır. GB aynı zamanda, kökler aracılığıyla da alınabilir (Chen ve Murata, 2008).

## BÖLÜM 2

### ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kuraklık stresi ile savaşmak için bitkilerin temel hedefinden biri ozmotik ayarlamadır. Bu işlemde, bitkileri uygun çözünen maddeler ve ozmolitler turgor bakımından korur (Smirnoff, 1998; Ashraf ve Foolad, 2007).

Genetik mühendisliğinin GB gibi osmotik koruyucuların sentezinin artırılarak kuraklık toleransının iyileştirilmesine katkıda bulunduğu ve bitkilerde kuraklık ve tuz stres toleransını iyileştirmeye yönelik uygulamaları ile ilgili bilgiler mevcuttur (LeRudulier ve ark., 1984; Holmberg ve Bülow, 1998).

Hare ve ark. (1998) prolin, mannitol, fruktanlar, trehaloz veya GB biriktirmek üzere üretilen transgenik bitkilerin strese daha toleranslı olduğunu bildirmişlerdir.

Eksojen GB uygulaması abiyotik strese karşı çeşitli bitki türlerinde toleransı artırırken bitki büyümesini beraberinde verimi artırabilir. Bitkilerin yapraklarına uygulandığı zaman, GB kolaylıkla yaprak dokuları tarafından alınır. GB aynı zamanda köklerde uygulandığında da alınabilir (Chen ve Murata 2008). GB, enzimlerin ve kompleks proteinlerin kuaterner yapılarını stabilize etmekte ve fizyolojik olmayan sıcaklıklarda ve tuz konsantrasyonlarında membranların yapısının kararlılığının sürdürülmesini sağlamaktadır (Papageorgiou ve Murata, 1995).

GB' nin tuz stresi altındaki bitkilerde, periferik proteinler FSII kompleks proteinlerinin etkileşimlerini stabilize ederek FSII kompleksini koruduğunu ileri sürülmektedir (Murata ve ark., 1992). Prolin ve GB uygulamalarının hücre zarı hasarlarını indirgediği, K<sup>+</sup> alınımını ve klorofil içeriğini artırdığı saptanmıştır (Gadallah, 1999).

Dışsal prolin ve GB uygulamasının, stres altındaki mercimekte homeostaziye düzeltmede önemli bir role sahip olduğu, hem prolin hem GB' nin kuraklık kaynaklı oksidatif stres karşısında H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> seviyesini azaltıp antioksidan savunma sistemini uyararak koruyucu bir rol oynadığı bildirilmiştir (Molla ve ark., 2014). Ayrıca kuraklık stresi altında dışsal GB ve prolin uygulamasının bitkideki içsel prolin miktarında arttırdığı (Hasanuzzaman ve ark., 2014) ve böylece inorganik çözelti içeriğini düzenleyerek ozmotoleransa katkıda bulunabildikleri bildirilmiştir (Rai, 2002).

Bununla birlikte, dışsal betain uygulaması ile stresten koruyucu proteinlerin sentezinin artması (Khedr ve ark., 2003) ve zar lipitlerinin oksidasyonunun azalması sonucu (Demiral ve Türkan, 2004) tuz stresine toleransın geliştiği bildirilmiştir. Bunun, NaCl teşvikli oksidatif stresin bir sonucu olarak GB birikimine bağlı olduğu ve böylece

tuza tolerans mekanizmalarının uyarılmasına katkıda bulunmayla ilişkili olduğu anlaşılmıştır (Demiral ve Türkan, 2006).

Saneoka ve ark. (1995) yaptığı çalışmada GB içeren mısır hatlarında gövde büyümesindeki inhibisyonun GB içermeyen hatlardan daha düşük olduğu rapor etmişlerdir.

Chen ve Murata (2008) çeşitli çevresel streslere karşı bitkilere GB uygulamasının bitki toleransının artmasında fotosentetik mekanizmanın korunması, stres toleransında fonksiyon gören spesifik gen ürünlerinin teşviki, stres koşullarında ROT' ların seviyesinin azaltılması ve doğrudan plazma membranlarının korunması ile iyon–kanal proteinlerinin aktivitelerinin düzenlenmesi bitkide strese karşı görülen iyileşmenin olası mekanizmaları olarak önermiştir.

GB uygulamalarının farklı bitkilerde tuz ve kuraklık streslerinin olumsuz etkisini azalttığı (Harinasut ve ark., 1996; Allard ve ark., 1998; Rahman ve ark., 2002) ve neredeyse tüm bitki türlerinin bu iki strese karşı GB biriktirdiği bilinmektedir (Ashraf ve Foolad, 2007). Osmotik koruyucular; çözünebilen, yüksek konsantrasyonlarda toksik olmayan bileşiklerdir. Bitki hücresinin sitoplazmasında osmotik basıncın artmasını sağlayarak, proteinleri stabilize eder ve olumsuz çevre koşullarında hücrelerin adaptasyonunda önemli rol oynarlar. GB, bitki hücre ve dokuları içinde osmotik koruyucu gibi davranır (Korteniemi 2007). GB' in birçok halotolerant bitkide, abiyotik strese tepki olarak kloroplastlarda yüksek düzeyde biriktiği, GB seviyesinin genellikle stres toleransı kapsamı ile ilişkili olduğu ve birçok bitkide abiyotik stres koşullarında eksojen GB uygulamalarıyla verim artırıcı ve büyümeyi geliştirici etkisinin olduğu, ayrıca bitkilerde yaprak ve köklere uygulanan GB' in, kolayca alınabildiği bildirilmiştir (Chen ve Murata, 2008).

Iqbal ve Ashraf (2005), su stresinin olumsuz etkilerine karşı tohum ekiminden önce üç seviyede (0, 50 ve 100 mM) GB uygulamasının aken ağırlığı üzerinde su stresinin olumsuz etkilerini önemli derecede azalttığını rapor etmişlerdir. Diğer yandan çeltik fidelerinde GB uygulamasının, tuz stresine toleranslı çeşitte POX aktivitesini azaltırken, SOD, CAT, APX ve GR aktivitelerini arttırdığı, duyarlı çeşitte ise SOD, POX ve APX aktiviteleri artarken, CAT ve GR aktivitelerinin azaldığı saptanmıştır. GB uygulanan grupta; dayanıklı çeşidin SOD, CAT, APX, GR aktiviteleri azalmıştır. Duyarlı çeşitte ise CAT, APX artarken, POX aktivitesinin azaldığı, GB uygulanmasının iki çeşitte de lipid peroksidasyonu azaltarak oksidatif hasardan korunma sağladığı bildirilmiştir (Demiral ve Türkan, 2004). Çeltik bitkisinde GB uygulamasının; fidelerin tuza tolerans yeteneğini

arttırdığı, su ilişkileri, pigment miktarı, su oksidasyon ve CO<sub>2</sub> asimilasyon şartları, fotosentez oranının, klorofil konsantrasyonu ve büyüme özellikleri açısından gelişme sağladığı rapor edilmiştir (Chaum ve ark., 2006).

Molla ve ark. (2014), mercimek bitkisinde ekzojen prolin ve betain uygulamasıyla yedi gün sonunda indirgenmiş glutatyon (GSH) ve Glutatyon-S-Transferaz (GST) aktivitesini arttırdığını ve azalan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarına bağlı olarak artan antioksidan savunma sistemine bağlı olarak kuraklığa toleransın artırılmasında iyi bir koruma sağladıklarını rapor etmişlerdir. 14 günlük mercimek bitkilerinde ise tuz stresi ile özellikle kök dokularında APX ve GR aktivitelerinin arttığı ve böylece lipid peroksidasyon ve membran sızıntısının azalarak antioksidan korumanın sağlandığı ifade edilmiştir (Bandeoğlu ve ark., 2004).

Bir başka araştırmada da *Rizobium leguminosarum* ile inoküle edilen bezelye bitkilerinde *O. crenata* enfeksiyonuna bağlı zararın azaltılmasında fenilpropanoid yolunun indüklenmesi ile artan polifenoloksidaz ve POX aktiviteleri rapor edilmiştir (Mabrouk ve ark., 2010).

Sentetik stimulant uygulamaları (GR24 (0.1-1 ppm), GR7 (0.1-1 ppm) ve GA3 (10 ppm)) mercimek, soya fasulyesi, domates, kabak ve tütünün de bulunduğu bazı bitkilerin kök eksudatlarına kıyasla çimlenmeyi *O. ramosa* tohumlarında % 50-77, *O. aegyptica* tohumlarında % 62-95 *O. ramosa* tohumlarında % 0-16, *O. aegyptica* tohumlarında % 0-63 daha fazla sağladığı rapor edilmiştir (Aslan ve Uygur, 2014). *O. crenata* parazitinin mercimek tarımındaki kontrolünde glifosat uygulamalarının tek seferde 80 g/ha veya 2 seferde 40 g/ha şeklinde uygulandığı da bilinmektedir (Arjona Berral ve ark., 1988). Canavar otu sorununun çözümü için bir taraftan herbisit uygulamaları yapılırken (Jurado ve ark., 1997) diğer taraftan da canavar otuna doğal dayanıklılığa sahip mercimek türleri araştırılmaktadır (Férandéz Aparicio ve ark., 2009; Erskine ve ark., 2016).

Bezelye bitkilerinde artan POX aktivitesinin dayanıklı türlerde duyarlıya kıyasla yüksek olduğu (Pérez de Luque ve ark., 2005), *O. cumana* enfeksiyonunun iki ayçiçeği arasındaki farklı SOD ve POX aktivitelerine neden olduğu (Demirbaş ve Acar, 2008) saptanmıştır. Ayrıca, farklı patlıcan çeşitlerinde canavar otu enfeksiyonuna karşı antioksidan enzimlerin artışıyla lipid peroksidasyonunun azaltılmasına bağlı bir koruma olduğu rapor edilmiştir (Görkem ve Acar, 2012).

## BÖLÜM 3

### MATERYAL VE METOT

#### 3.1. Materyal

Bu çalışma için Türkiye’ de yetiştirilen mercimek (*Lens culinaris* Medik.) bitkisinin cv. Sultan 1 (kuraklığa dayanıklı) ve cv. Özbek (kuraklığa duyarlı) çeşitleri kullanıldı. Mercimek tohumları, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Geçit Kuşığı Tarımsal Araştırma Enstitüsünden temin edildi. Canavar otu tohumu olarak Ülkesel Canavar Otu Projesi kapsamında 2010 yılında Gaziantep’ teki mercimek tarlalarından toplanan *O. crenata* tohumları kullanıldı.

#### 3.2. Yöntem

##### 3.2.1 Bitkilerin Su kültürü Yöntemiyle Yetiştirilmesi

Mercimek tohumları yüzey sterilizasyonu % 20’ lik sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 5 dakika bekletilip tohumlar 3 kez saf sudan geçirildi. Steril edilen tohumlar steril petri kaplarında çimlendirilerek 7. gün içinde perlit olan saksılara aktarıldı (Şekil 3.1.). % 60-70 neme sahip iklim odasında % 100 Hoagland besin çözeltisi (Steward 1983) ile sulanarak yetiştirildi. ( $25\pm 2$  °C / 16/8, gündüz/gece, saatlik fotoperiyot). Fide haline geldiklerinde 14. gün kare petrilere yerleştirilerek su kültürüne aktarıldı. Su kültüründe besin çözeltisi olarak Hoagland besin çözeltisi kullanıldı. Mercimek bitkilerinin yetiştirilmesi sırasında beş grup tasarlanmıştır. Bunlar ;

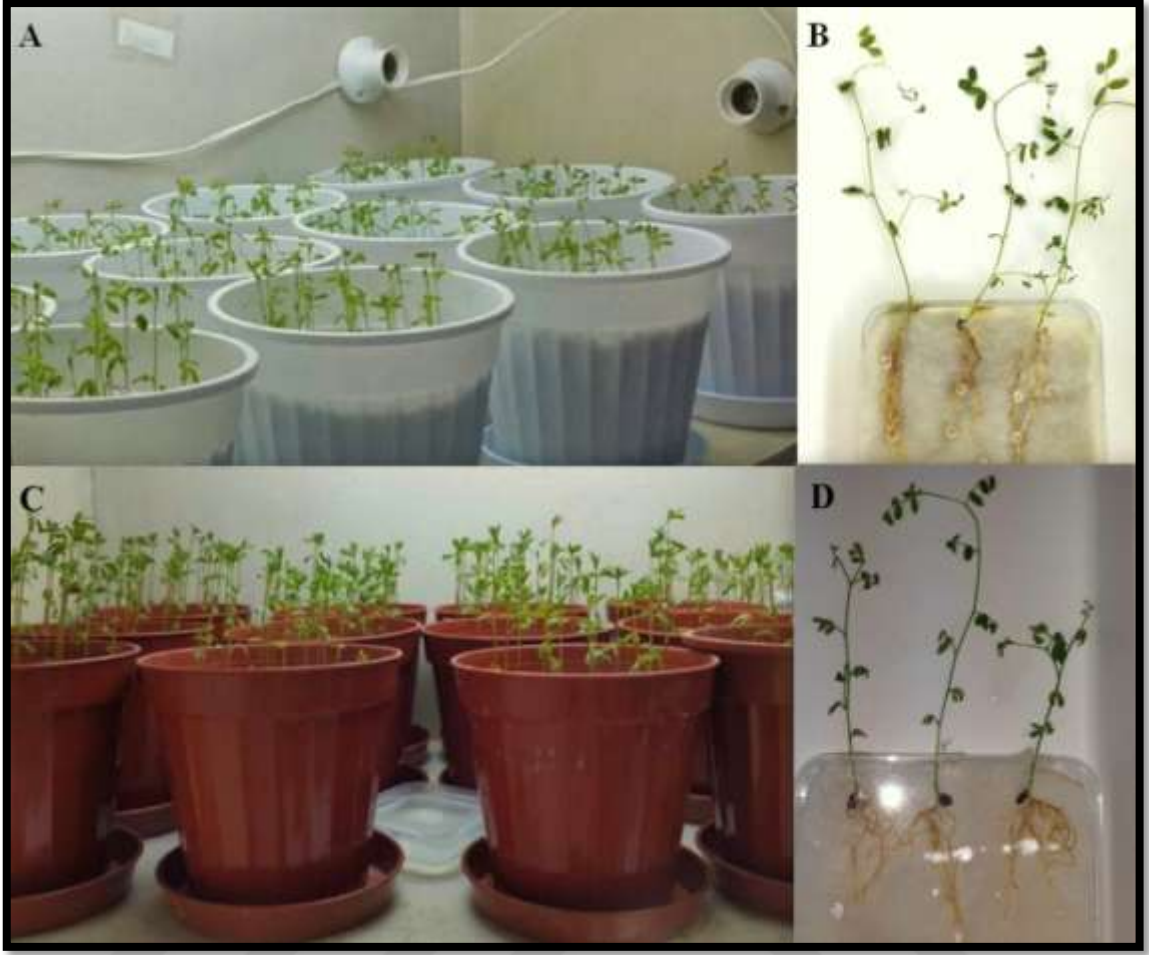
K: Hiçbir uygulama yapılmamış kontrol mercimek bitkisi

CO: Canavar otu enfekte edilmiş mercimek bitkisi

CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu + Glisin-Betain uygulanmış mercimek bitkisi

PEG: Kuraklık stresi (% 10 PEG 6000) uygulanmış mercimek bitkisi

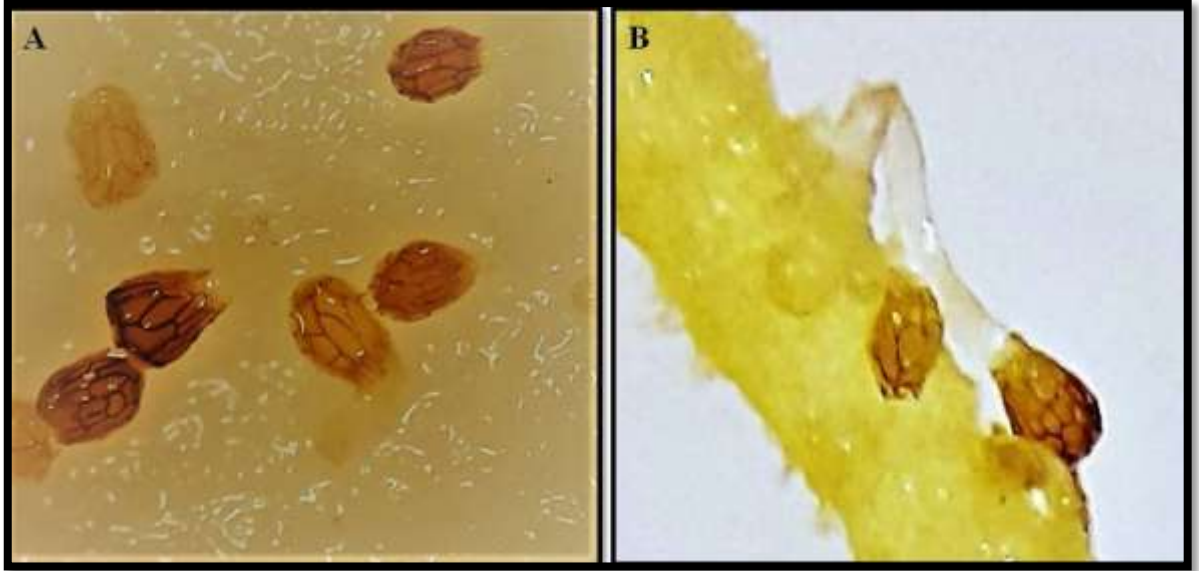
PEG+GB: Kuraklık stresi (% 10 PEG 6000 ) + Glisin Betain uygulanmış mercimek bitkisi



Şekil 3.1. Mercimek bitkilerinin perlit içeren saksılarda yetiştirilmesi (A: Sultan 1 çeşidi, C: Özbek çeşidi), su kültürü metodu ile kare petrilere yetiştirilen mercimek fideleri (B: Sultan 1 çeşidi, D: Özbek çeşidi)

Canavar otu tohumları, 2 dakika % 70' lik etil alkolle ve % 5' lik çamaşır suyuyla 10 dk, saf su 5 dk muamele edildikten sonra steril saf su ile nemlendirilmiş petri kaplarına ekildi. Karanlık ortamda 22 °C ye ayarlanmış bitki büyüme kabini içersinde 1 hafta süresince stratifikasyona bırakıldı. 1 hafta sonra 1ppm GR24 uygulanan tohumlar çimlenmesi için 1 hafta beklenildi. Çimlenen tohumlar 21 günlük mercimek fidelerinin köklerine penetre edildi (Şekil 3.2.). Kuraklık stresi oluşturmak için % 5 ve % 10 (w/v) PEG 6000 içeren Hoagland besin çözeltisi uygulandı (Gökçay 2012).





Şekil 3.2. *O. crenata* Forsk. tohumlarındaki çimlenme (A: Çimlenen *O. crenata* Forsk. tohumları, B: Mercimek fidelerinin köküne enfekte olan 1 haftalık *O. crenata* Forsk.)

### 3.2.2. Glisin-Betain Uygulaması

Glisin betain uygulaması Molla (2014)' nın yaptığı çalışmaya göre gerçekleştirilmiştir. Uygulamada 14 günlük mercimek fidelerine canavar otu enfeksiyonunun ardından 1, 3, 5 ve 7. günlerde, % 0.1 Tween-80 çözeltisi içeren 15 mM GB uygulaması foliar olarak uygulandı.

Bu işlemin sonunda yukarıda belirtilen günlerde kök ve yaprak örnekleri alınıp; büyüme parametrelerinden gövde uzunluğu, kök uzunluğu; spesifik yaprak alanı (SLA), alan başına yaprak kütle oranı (LMA) ölçümleri yapıldı. Antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, POX, APX, GR, CAT), toplam klorofil, lipit peroksidasyonu (TBARS), hücre zarı geçirgenliği (HZG) ve hidrojen peroksit ( $H_2O_2$ ) miktarındaki değişimlerin saptanması için yapılan örneklemeler  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  derin dondurucuda saklanarak çalışma 3 tekrar ve 3 tekerürlü olarak gerçekleştirildi.

### 3.3. Bitki Ölçümleri ve Analiz Yöntemleri

Analizlerde yapılan spektrofotometrik ölçümler sırasında Thermo Scientific Genesys Ones UV-Vis spektrofotometre cihazı kullanıldı.

#### 3.3.1. Gövde ve Kök Uzunluğu

Kontrol ve stres grubundaki mercimek bitkilerinde kökle birleştiği yere kadar olan yeşil kısım gövde uzunluğu olarak (cm) ve kök uzunluğu (cm) cetvel ile ölçüldü.

### **3.3.2. Spesifik Yaprak Alanı (SLA) ve Alan Başına Yaprak Kütle Oranı (LMA) Ölçülmesi**

Kontrol ve uygulama guruplarından seçilen yapraklar fotoğraflanarak İmage J programında yaprak alanları hesaplandı. Bundan sonra örnekler 70 °C deki etüvde 24 saat kurutuldu ve kuru ağırlıkları tartıldı. Tartım sonuçları aşağıdaki formüllere uygulanarak SLA ve LMA hesaplandı.

$$SLA = \text{Kuru ağırlık (mg)} / \text{Alan (cm}^2\text{)}$$

$$LMA = \text{Kuru ağırlık (g)} / \text{Alan(m}^2\text{)}$$

### **3.3.3. Pigment İçeriğinin Belirlenmesi**

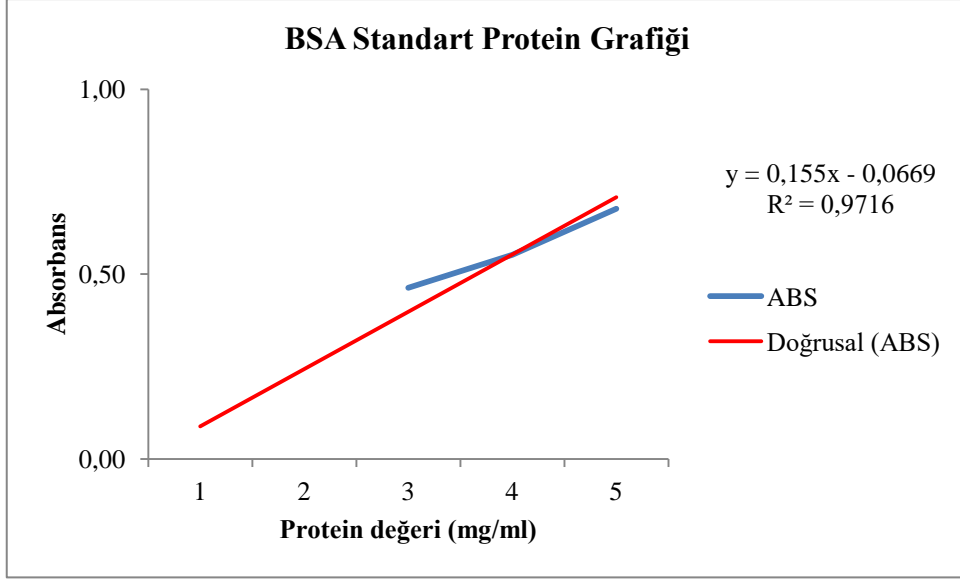
Toplam klorofil miktarı klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) ile gerçekleştirilmiştir (Peryea ve Kammereck 1997). Gelişmesini tamamlamış genç yapraklarda her bir grubun 5 saksıdan 3 farklı fidelerden, 15 tekerrürlü olarak hasat günlerinde ölçüm yapılmıştır.

### **3.3.4. Toplam Protein Analizi**

Bradford (1976) yöntemine göre mercimek bitkisinde ki toplam protein içeriği tayin edildi.

#### **3.3.4.1. Protein Standardının Hazırlanması**

Deney tüplerine 0,01– 0,10 mg/mL aralığında standart hazırlamak için Bovine Serum Albumin (BSA), sodyum fosfat tamponu (pH 7,8), Cossmasie Brilliant Blue G 250, etanol, ortofosforik asit içeren reaktif hazırlandı. Spektrofotometrede 595 nm' de köre karşı absorbansları belirlendi ve protein standart grafiği oluşturuldu (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. BSA standart protein grafiği (mg/ml)

### 3.3.4.2. Protein İçeriğinin Belirlenmesi

Yaprak ve kök dokuları 1 mM EDTA içeren 3ml 0,05 M sodyum fosfat tamponunda (pH 7,8) homojenize edildi. Özütlere +4 °C’ de 13000 rpm’ de 30 dk santrifüj edildikten sonra süpernatant kısmı protein analizinde kullanıldı. Tüm işlemler +4 °C’ de gerçekleştirildi. 100 µl supernatant ve 5 ml reaktif vortekste karıştırıldıktan 5 dk ile 60 dk arasında 595 nm’ de spektrofotometrede köre karşı okundu.

### 3.3.5. Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi

Analizler için mercimek kök ve yaprak dokuları kullanılmıştır. Dokular 1 g yaş yaprak ve kök materyali, 1mM EDTA 3 ml 0,05 M Sodyum fosfat tamponunda (pH 7,8) homojenize edildi. Homojenatlar +4 °C de 13000 rpm’ de 40 dk santrifüjlendikten sonra buradan alınan süpernatantlar analiz için kullanıldı. Tüm işlemler soğuk zincirde (+4 °C) gerçekleştirildi.

#### 3.3.5.1. Süperoksit Dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) Aktivitesi

50 mM Na-P tamponu (pH 7,8), 1 mM NBT, 0,2 mM Riboflavin, 0,1 M L-Metiyonin, 0,01 M EDTA.Na<sub>2</sub> içeren reaksiyon karışımı 300 µmol/m<sup>2</sup> ışık şiddetinde 10 dk bekletildi. Örnekler spektrofotometrede 560 nm’ de okundu. NBT’ nin % 50 inhibisyonu 1 ünite SOD enzim miktarı olarak hesaplandı. (Beauchamp ve Fridovich, 1971; Giannipolities ve Ries, 1977).

### **3.3.5.2. Askorbat Peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) Aktivitesi**

Soğuk ortamda yaprak ve kök dokuları 1 ml 2 mM askorbik asit, 1 mM EDTANa<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O içeren 50 mM Na-P tamponu (pH 7,8) ile homojenize edildi. Elde edilen süpernatant analizde kullanıldı (Nakano ve Asada, 1981) (ekstinksiyon katsayısı 2,8 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>). 1 enzim ünitesi, dakikada okside olan 1 µmol ml<sup>-1</sup> askorbat miktarıdır.

### **3.3.5.3. Glutasyon Redüktaz (GR; EC 1.6.4.2) Aktivitesi**

Foyer ve Halliwell (1976)' in metoduna göre belirlendi. NADPH varlığında okside glutasyon miktarındaki azalma 3 dakika süre ile 340 nm' deki absorban azalmasından yola çıkılarak hesaplandı. (ε =6,2 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>) 1 enzim ünitesi, dakikada okside olan glutasyon (µmol ml<sup>-1</sup>) miktarıdır.

### **3.3.5.4. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) Aktivitesi**

Herzog ve Fahimi (1973)' nin metoduna göre belirlendi. Aktivite 465 nm' de, DAB (3,3' Diaminobenzidine tetrahydrochloride) oksidasyonu ile absorbansta meydana gelen artış takip edilerek hesaplanır. Spesifik enzim aktivitesi dakikada tüketilen µmol ml<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> olarak ifade edilir.

### **3.3.5.5. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) Aktivitesi**

Bergmeyer (1970)' in metoduna göre belirlenir. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarındaki azalma; 240 nm' de gösterdiği maksimum absorbanstaki düşüşle saptanır. CAT aktivitesi dakikada harcanan µmol ml<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> olarak ifade edilir.

### **3.3.6. Lipid Peroksidasyonu (TBARS) Miktarının Belirlenmesi**

Madhava Rao ve Sresty (2000)' nin önerdikleri yöntemle göre lipid peroksidasyonunun son ürünü olan malondialdehit (MDA) seviyesinin ölçülmesi ile lipid peroksidasyon derecesi (nmol g yaş ağırlık<sup>-1</sup>) belirlenmektedir (ε=155 mM<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>).

### **3.3.7. Hücre Zarı Geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı)**

Dionisio-Sese ve Tobita (1998)' ya göre hücre zarı geçirgenliği belirlendi. Bunun için 100 mg yaprak örneği 10 mL deiyonize su içeren falkon tüplerine transfer edildi 32 °C' lik bir su banyosunda 2 saat inkübe edildi. Ortamın elektrik iletkenliği EC metre ile ölçüldü (EC1). Daha sonra örnekler 121 °C' de 20 dk boyunca tüm dokuların ölmesi ve elektrolitlerin dışa çıkması için otoklavlandı. Oda sıcaklığında 25 °C' ye kadar soğutulularak

bu ortamdaki elektrik iletkenliği ölçüdü (EC2). Elektrolit sızıntısı (ES) aşağıdaki formüle uygulanarak hesaplandı. Ölçümler sırasında İsolab masa tipi EC metre cihazı kullanıldı.

$$ES = EC_1/EC_2 \times 100$$

### 3.3.8. Hidrojen Peroksit(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) Analizi

#### 3.3.8.1. Hidrojen Peroksit Standartın Hazırlanması

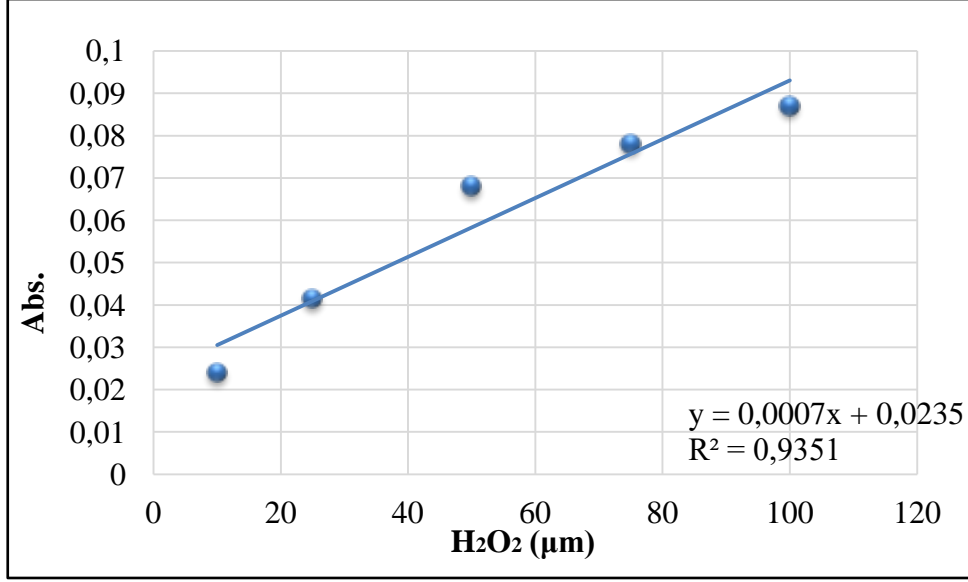
- 1) 1 mM, 250 mL H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> stok solüsyonu
- 2) 100 mM K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, 100 mL
- 3) 100 mM KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 100 mL
- 4) POX reagent (aşağıdaki bileşenleri içerecek şekilde bu karışım hazırlanır, karanlıkta hazırlanmalı ve beherin etrafı Al-folyo ile kaplanmalıdır.

- a) 83 mM, 100 mL Potasyum-fosfat tamponu (pH 7.0)
- b) %0.005' lik o-dianizidine (Sigma D3252-5G)
- c) 40 ug POX /mL (Sigma P8375-10,000 Units)

Standartların hazırlanması:

Std. (µM)	Stok (1 mM H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )	K-PO <sub>4</sub> buffer (100 mM, pH 7.0)
0	0 µL	500 µL
50	25 µL	475 µL
100	50 µL	450 µL
150	75 µL	425 µL
200	100 µL	400 µL

Standart tüpler yukarıdaki şekilde (2 tekrarlı) hazırlandıktan sonra tüplere 2,5 mL POX reagent pipetlenir. Homojenatlardan elde edilen süpernatanttan 500 uL alınarak yeni tüplere aktarılır ve bunlara da 2,5 mL POX reagent pipetlenir. Tüm tüplerdeki toplam hacim 3 mL olur. Bütün tüpler 30 °C' de su banyosunda 10 dk inkübe edilir. Tüplerdeki solüsyonlar yeni falkon tüplere aktarılır ve 5000 g x 5 dk santrifüjlenir. Polystren küvetlerde 436 nm' de spektrofotometrik okuma yapılır (Eğer çökelti oluşumu varsa her okumadan önce tüp vortekslenir) (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Hidrojen peroksit standart grafiği (µm)

### 3.3.8.2. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Birikiminin Belirlenmesi

Hidrojen peroksit birikimi, Bernt and Bergmeyer (1974)' e göre tayin edilmiştir. 0,5 gr yaprak örnekleri 1,5 mL potasyum fosfat tamponu (pH 6,8) ile homojenize edildikten sonra, homojenatlar 4 °C' de, 18.000 g' de 20 dk santrifüjlendi. Süpernatantlar *o*-dianizidine ve peroksidaz enzimini içeren potasyum-fosfat tamponu (pH 7,0) ile reaksiyona sokulduktan sonra, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> standartları yardımıyla 436 nm' de absorbans ölçümü yapılarak örneklerdeki hidrojen peroksit miktarı tayin edildi.

## BÖLÜM 4

### ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

#### 4.1. Araştırma Bulguları

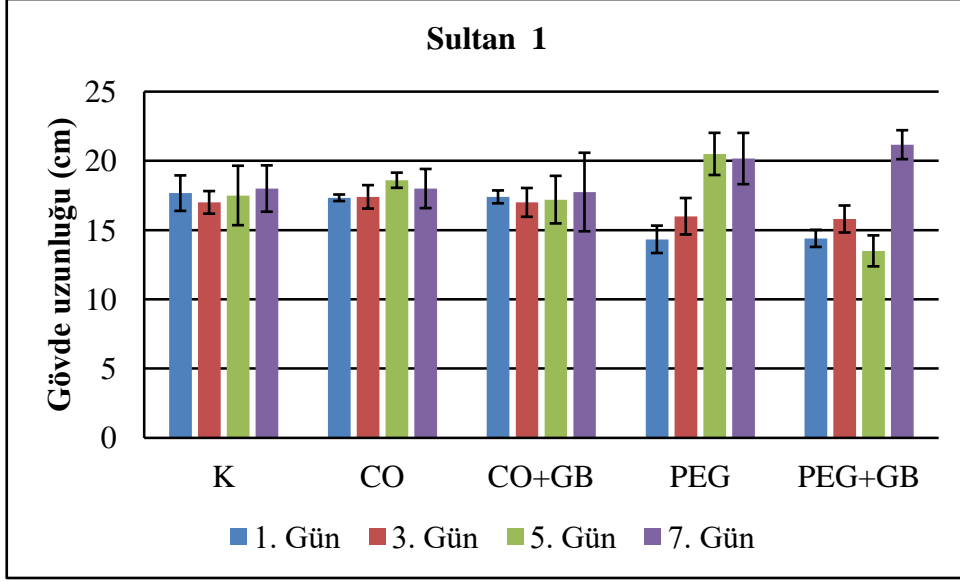
*Lens culinaris* Medik. cv Sultan 1 ve *Lens culinaris* Medik. cv Özbek çeşitlerine *O. crenata* tohumları ile canavar otu enfeksiyonu (CO), canavar otu enfeksiyonu ve glisin betain uygulaması (CO+GB), % 10 PEG 6000 kuraklık stresi (PEG), % 10 PEG 6000 ve glisin betain uygulaması (PEG+GB) ile gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamaların mercimek çeşitlerinde bitki büyüme parametreleri (gövde uzunluğu, kök uzunluğu, SLA, LMA, pigment içerikleri (toplam klorofil miktarı), lipit peroksidasyon seviyeleri, HZG, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, antioksidan savunma sistemi enzimlerinin (SOD, POX, GR, CAT ve APX) aktivitelerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

#### 4.1.1. Büyüme Parametreleri

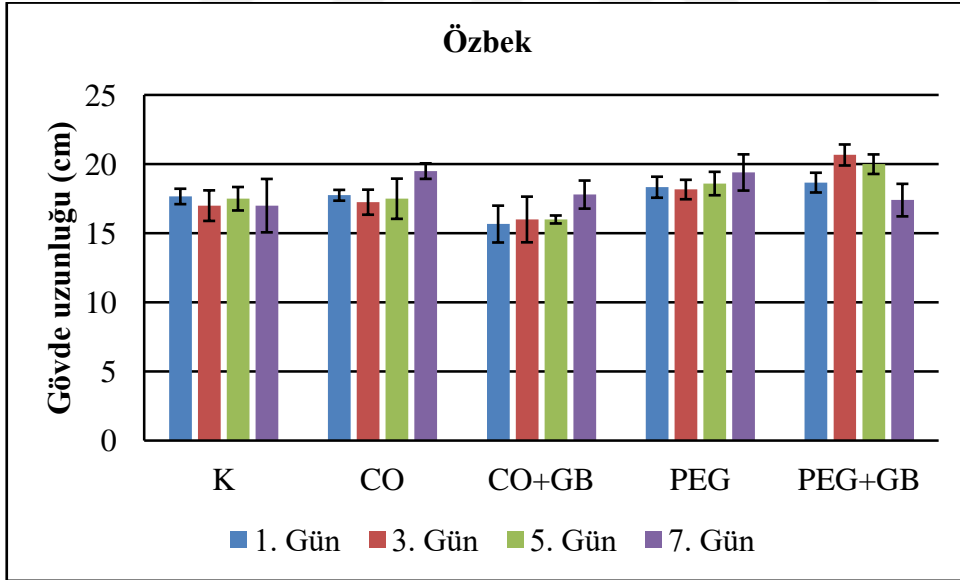
##### 4.1.1.1. Gövde Uzunluğu

Sultan 1 çeşidinde gövde uzunluğu deneme başında kontrole kıyasla PEG grubunda % 19, PEG+GB grubunda ise % 18 azalmıştır. Deneme sonunda kontrole kıyasla gövde uzunluğu CO grubunda değişmemiş, PEG grubunda % 12 ve PEG+GB grubunda % 18 artmıştır (Şekil 4.1)

Özbek çeşidinin gövde uzunluğu kontrole kıyasla stres uygulamalarıyla azalmıştır. Denemenin sonunda kontrole kıyasla gövde uzunluğu CO grubu % 15, PEG grubunda ise % 14 artarken, GB uygulanan grublarda gövde uzunluğu azalmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Sultan 1 çeşidinin gövde uzunluğunda meydana gelen değişimler (cm) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, % 10 PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)



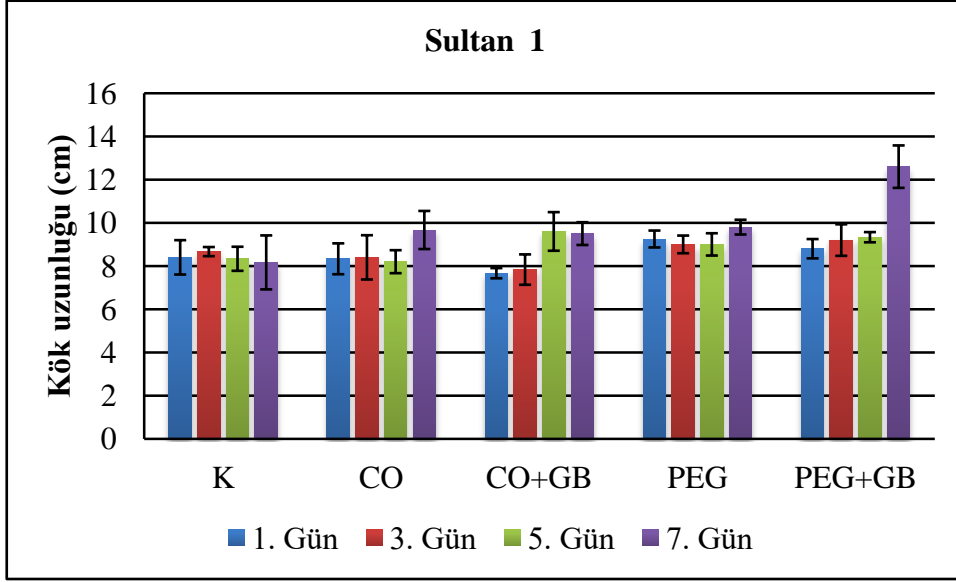
Şekil 4.2. Özbek çeşidinin gövde uzunluğunda meydana gelen değişimler (cm) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)



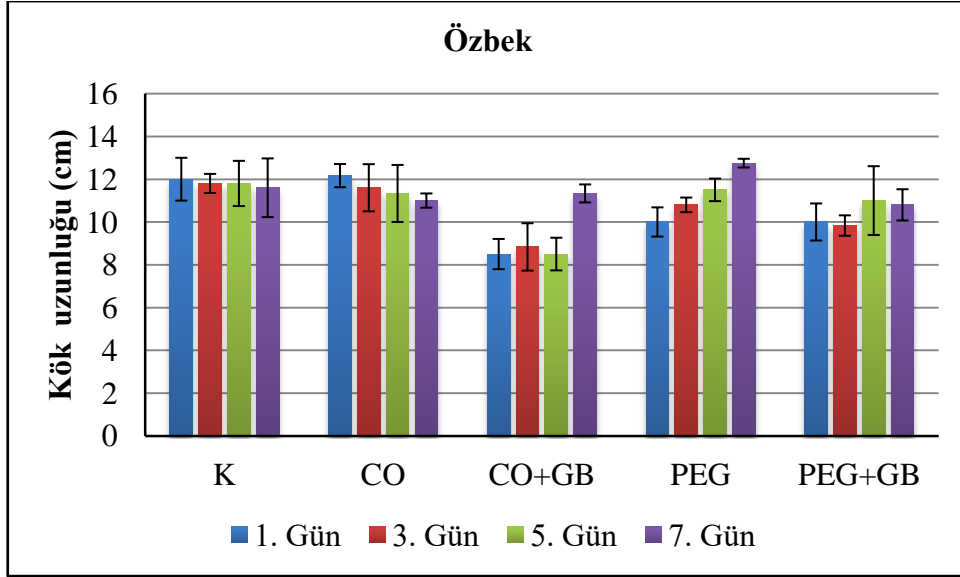
#### 4.1.1.2. Kök Uzunluğu

Sultan 1 çeşidinin kök uzunluğu deneme boyunca kontrol bitkileriyle stres uygulanan bitkiler benzer sonuçlar gösterirken 7.günde kontrole kıyasla CO ve PEG grublarında kök uzunluğu artarken, PEG+GB grubunda % 54 artış belirlenmiştir. (Şekil 4.3.).

Özbek çeşidinin kök uzunluğu kontrole kıyasla denemenin sonunda CO grubu % 5 azalış, CO+GB grubunda % 3, PEG % 9 ve PEG+GB gruplarında % 7 artış belirlenmiştir. (Şekil 4.4.).



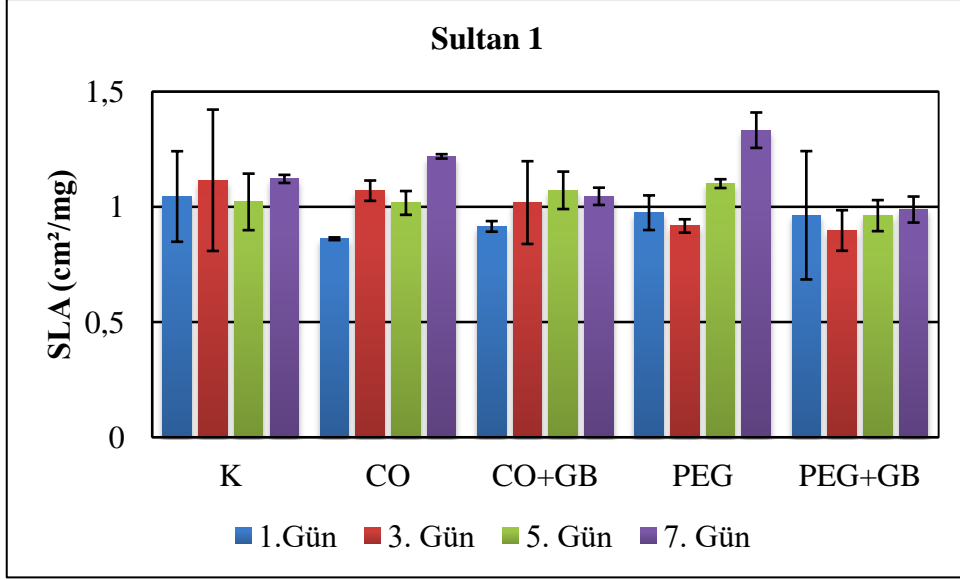
Şekil 4.3. Sultan 1 çeşidinin kök uzunluğunda meydana gelen değişimler (cm) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO + GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)



Şekil 4.4. Özbek çeşidinin kök uzunluğunda meydana gelen değişimler (cm) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO + GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG + GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

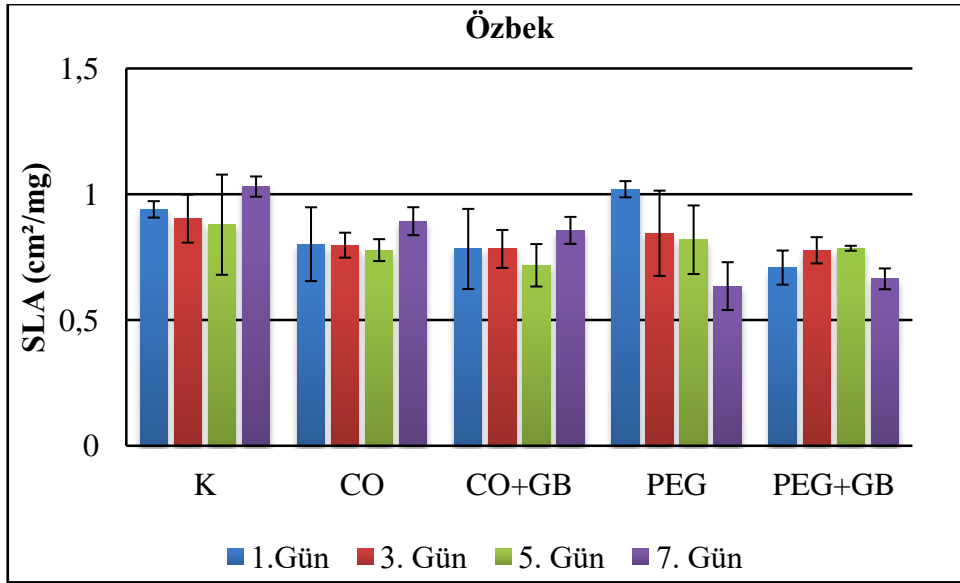
#### 4.1.1.3. Spesifik Yaprak Alanı (SLA)

Sultan 1 çeşidinde tüm uygulamalar deneme başında kontrole kıyasla SLA' yı azaltmıştır. Özellikle CO enfeksiyonunda en fazla SLA' nın azaldığı belirlenmiştir. Deneme boyunca azalan SLA, kontrole kıyasla devam ederken 5. günde PEG uygulamasının SLA değerini % 8 arttığı diğer uygulamaların ise değişmediği saptanmıştır. Deneme sonunda SLA değeri CO grubunda % 9 PEG grubunda % 19 arttığı, diğer gruplarda ise SLA değeri azaldığı belirlenmiştir (Şekil4.5. ).



Şekil 4.5. Sultan 1 çeşidinin spesifik yaprak alanında meydana gelen değişimler ( $\text{cm}^2/\text{mg}$ ) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinde denemenin başında kontrole kıyasla PEG uygulaması SLA' yı % 9 artırırken, PEG+GB uygulamasının % 25 azalttığı belirlenmiştir. Denemenin sonunda ise kontrole kıyasla SLA' yı PEG ve PEG+GB grupları sırasıyla % 38, % 36 azalttığı belirlenmiştir. SLA' nın özellikle tüm günlerde CO ve CO+GB uygulamaları nedeniyle kontrole kıyasla değişmediği belirlenmiştir (Şekil 4.6.).

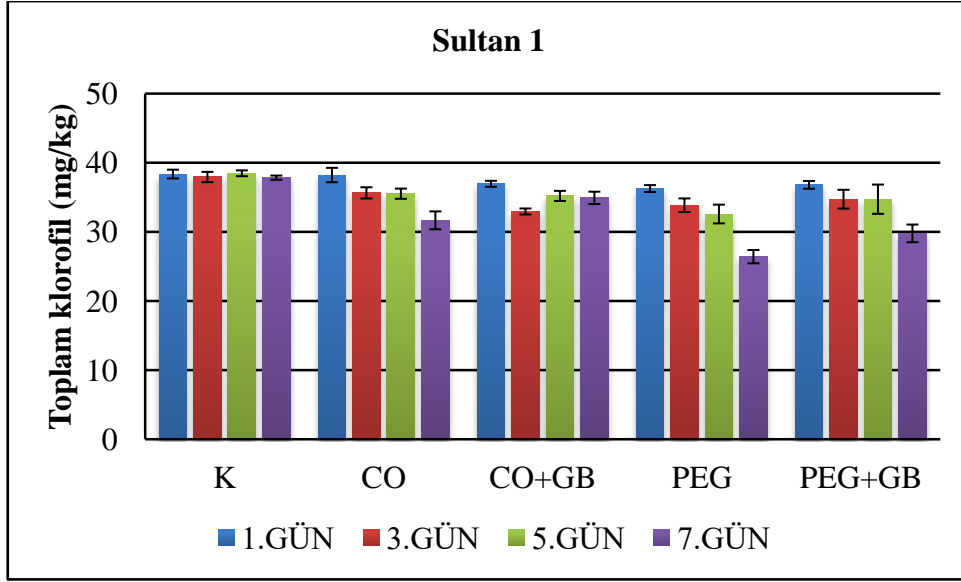


Şekil 4.6. Özbek çeşidinin spesifik yaprak alanında meydana gelen değişimler ( $\text{cm}^2/\text{mg}$ ) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

#### 4.1.2. Pigment İçeriği Belirlenmesi

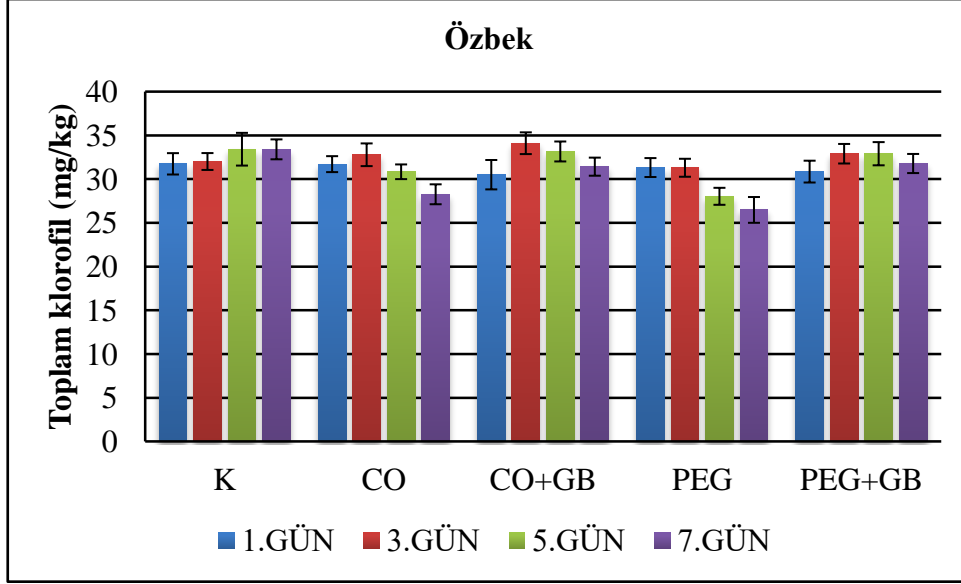
Sultan 1 ve Özbek çeşitlerin yapraklarında klorofilmetre (SPAD) ile ölçüm yapılarak toplam klorofil miktarında ki değişimler belirlenmiştir (Şekil 4.7, Şekil 4.8).

Sultan 1 çeşidinin toplam klorofil miktarı, denemenin başında kontrole kıyasla CO, CO+GB, PEG ve PEG+GB grublarında azalma bulunmuştur. 3. ve 5. günler de artma belirlenirken özellikle GB uygulamalarında bu artışlar daha fazla bulunmuştur. Denemenin sonunda 7. günde tüm gruplarda, kontrole kıyasla azalmalar olsa da yine tüm günlerde olduğu gibi GB uygulaması canavar otu enfeksiyonu ve kuraklık stresine karşıda pigment içeriğini koruduğu tespit edilmiştir. En fazla koruma özellikle % 6 değerinde ki CO+GB grubunda olduğu bulunmuştur.



Şekil 4.7. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda toplam klorofil miktarındaki değişimler (mg/kg) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin toplam klorofil miktarı denemenin sonunda kontrole kıyasla CO grubunda % 15, CO+GB grubunda % 6, PEG grubunda % 21 ve PEG+GB grubunda ise % 5 azalış bulunmuştur. GB uygulamasının Özbek çeşidinde de pigment içeriğinde koruma sağladığı belirlensedeki değerler çok düşük seviyede tespit edilmiştir. Böylece Sultan 1 çeşidinin Özbek çeşidine kıyasla pigment içeriğini korumuş olması onun daha toleranslı olabileceğine işaret ediyor olabilir.



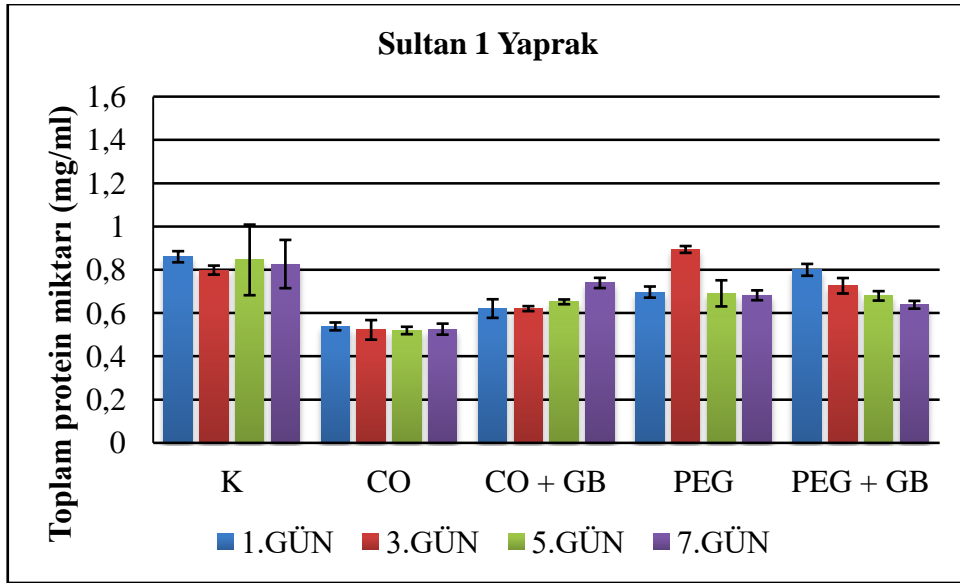
Şekil 4.8. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda toplam klorofil miktarındaki değişimler (mg/kg) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

#### 4.1.3. Protein İçeriği

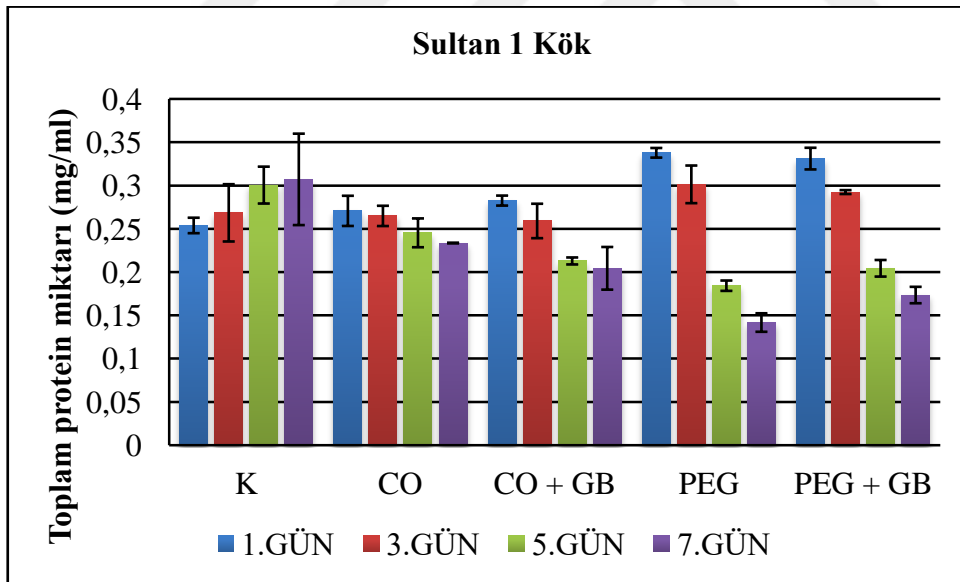
Sultan 1 çeşidinin yaprak ve köklerine canavar otu, % 10 PEG 6000 ve GB uygulamalarının protein içeriğinde meydana getirdiği değişimler gösterilmektedir (Şekil 4.9, Şekil 4.10).

Sultan 1 çeşidinin yaprak dokularında kontrole kıyasla denemenin başında toplam protein değerleri tüm gruplarında azalma belirlenmiştir. Deneme sonunda ise kontrole kıyasla tüm gruplarda azalma görülürken bu azalmalar CO grubunda % 36, CO+GB grubunda % 11, PEG grubunda % 17 ve PEG+GB grubunda % 23 azalma belirlenmiştir. Özellikle 7. günde CO grubuna GB uygulaması ile toplam protein içeriğini arttırmıştır.

Sultan 1 çeşidinin kök dokularında toplam protein değerleri deneme başında CO grubunda % 7, CO+GB grubunda % 11, PEG grubunda % 33 ve PEG+GB grubunda ise % 30' luk artış gösterdiği bulunmuştur. 3. günde PEG grubunda % 12, PEG+GB grubunda % 9 artış tespit edilsede diğer gruplarda azalma olduğu bulunmuştur. 5. günde ise tüm gruplarda kontrole kıyasla azalma tespit edilmiştir. Deneme sonunda ise kontrole kıyasla tüm gruplar da azalma görülürken özellikle en fazla PEG grubunda %54' lük düşüş tespit edilirken, GB uygulaması ile artış belirlenmiştir.



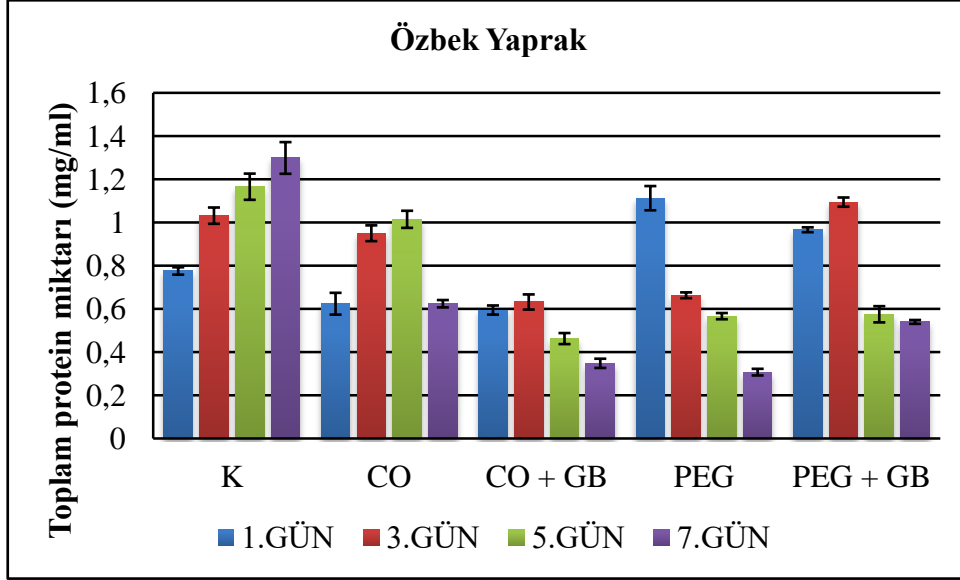
Şekil 4.9. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda toplam protein miktarındaki değişimler (mg/ml) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)



Şekil 4.10. Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda toplam protein miktarındaki değişimler (mg/ml) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin yaprak ve köklerinde stres uygulamalarının protein içeriğinde meydana getirdiği değişimler gösterilmektedir (Şekil 4.11, Şekil 4.12).

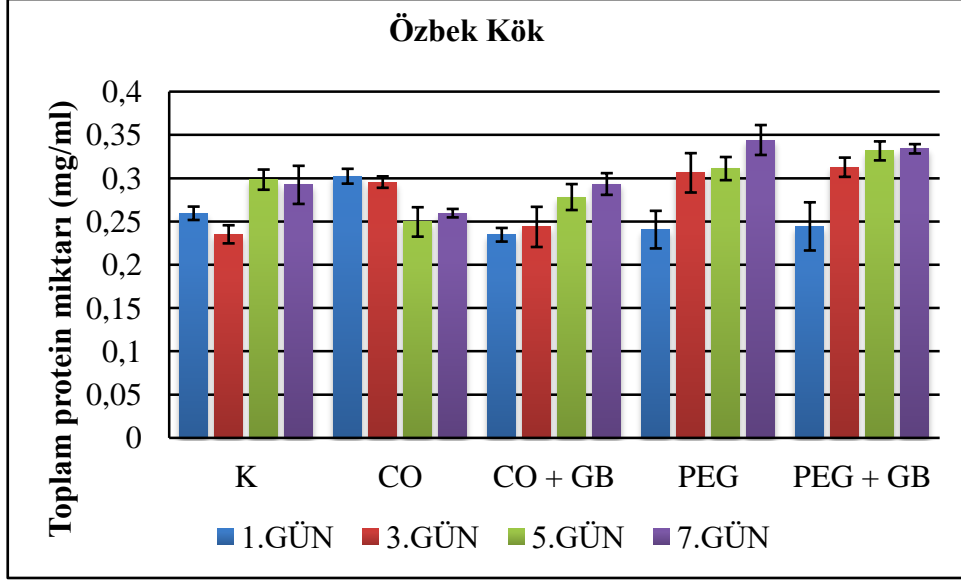
Özbek çeşidinin yaprak protein değerleri kontrole kıyasla deneme başında CO ve CO+GB graublarında azalış belirlenirken, PEG grubunda % 43 lük artış, PEG+GB grubunda ise % 25 artış bulunmuştur. Deneme sonunda kontrole kıyasla PEG grubu % 76 ile PEB+GB grubunda % 58 azalış belirlenirken tüm diğer gruplarda azalış tespit edilmiştir.



Şekil 4.11. Özbek çeşidinin yaprak dokusunda toplam protein miktarındaki değişimler (mg/ml) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin kök dokusunda protein değerleri denemenin başında kontrole kıyasla CO grubunda değişmediği, CO+GB grubunda % 10, PEG grubunda % 7 ve PEG+GB grubunda % 6 azaldığı belirlenmiştir. Kontrole kıyasla 3. gün CO grubunda % 26, PEG grubu % 30 ve PEG+GB % 33 arttığı belirlenmiştir. Denemenin sonunda ise CO grubunda % 12 azaldığı, PEG grubunda % 18 arttığı ve PEG+GB ile CO+GB gruplarının değişmediği belirlenmiştir.

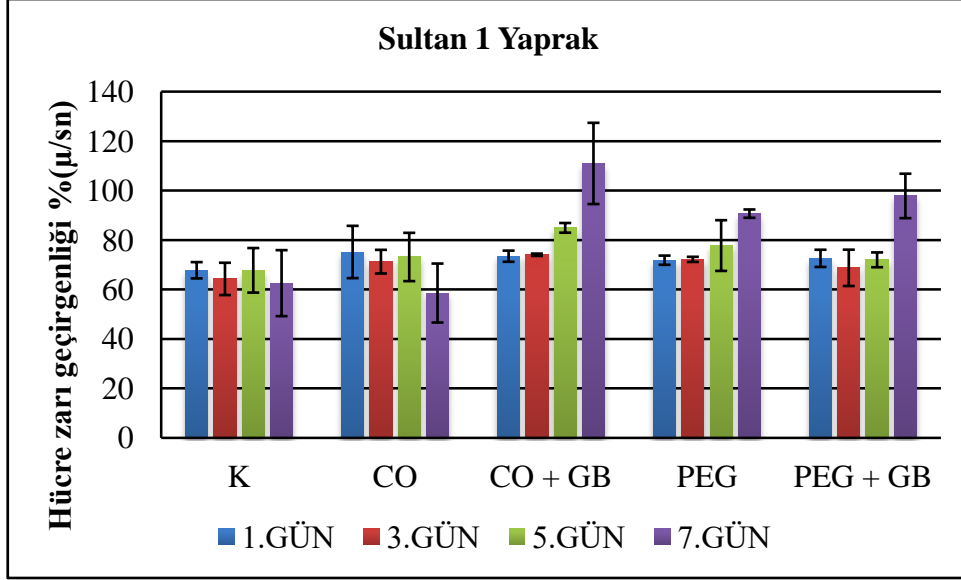




Şekil 4.12. Özbek çeşidinin kök dokusunda toplam protein miktarındaki değişimler (mg/ml) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO + GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, %10PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, %10PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

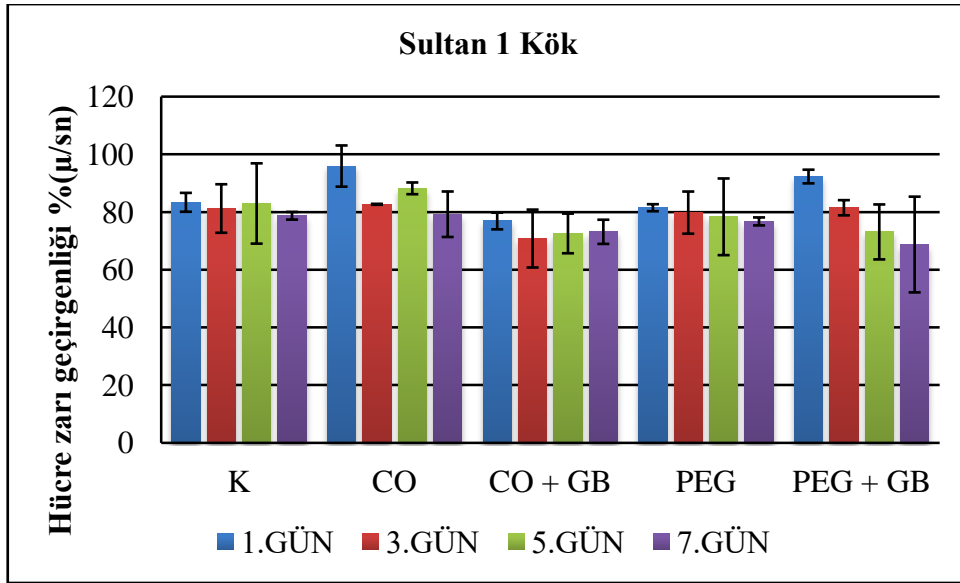
#### 4.1.4. Hücre Zarı Geçirgenliği (HZG)

Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusu kontrole kıyasla denemenin başında CO grubu % 11, CO+GB grubu % 8, PEG grubu % 6, ve PEG+GB grubu % 7 yüksek HZG' ne sahip bulunmuştur. Denemenin sonunda ise kontrole kıyasla CO grubu % 6 düşük HZG' ne sahip bulunmuştur. 7.günde PEG grubu % 45, PEG+GB % 56 yüksek HZG bulunurken özellikle CO+GB grubu % 77 yüksek HZG' ne sahip bulunmuştur (Şekil 4.13.).



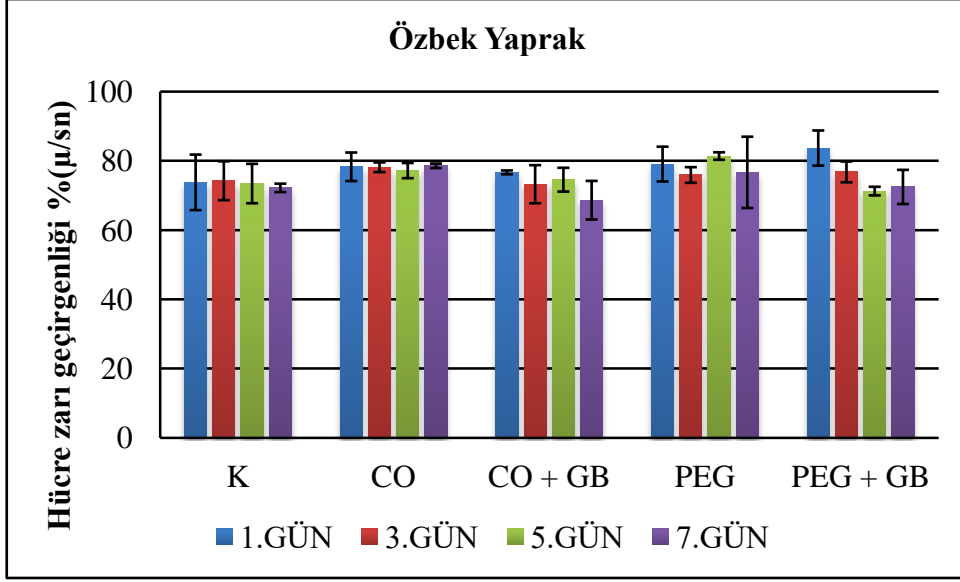
Şekil 4.13. Sultan 1 çeşidinin yapraklarında ki hücre zarı iletkenliğinde meydana gelen değişimler ( $\mu/sn$ ) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG + GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Sultan1 çeşidinin kök dokusu kontrole kıyasla denemenin başında CO grubu % 15 ve PEG+GB grubu % 11 daha yüksek HZG' ne sahip bulunurken, CO+GB grubu % 2 düşük HZG, PEG grubu ise değişmediği belirlenmiştir. Kontrole kıyasla CO enfeksiyonu 1. gün yüksek HZG' ne sahipken CO+GB uygulamasında düşük HZG ile koruma sağladığı saptanmıştır. Deneme boyunca kontrole kıyasla CO+GB grubunda düşük HZG belirlenmiştir. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki HZG deneme sonunda kontrole kıyasla CO ve PEG gruplarının değişmediği, CO+GB ve PEG+GB grupları sırasıyla % 7 ve % 13 düşük HZG' ne sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.14.).

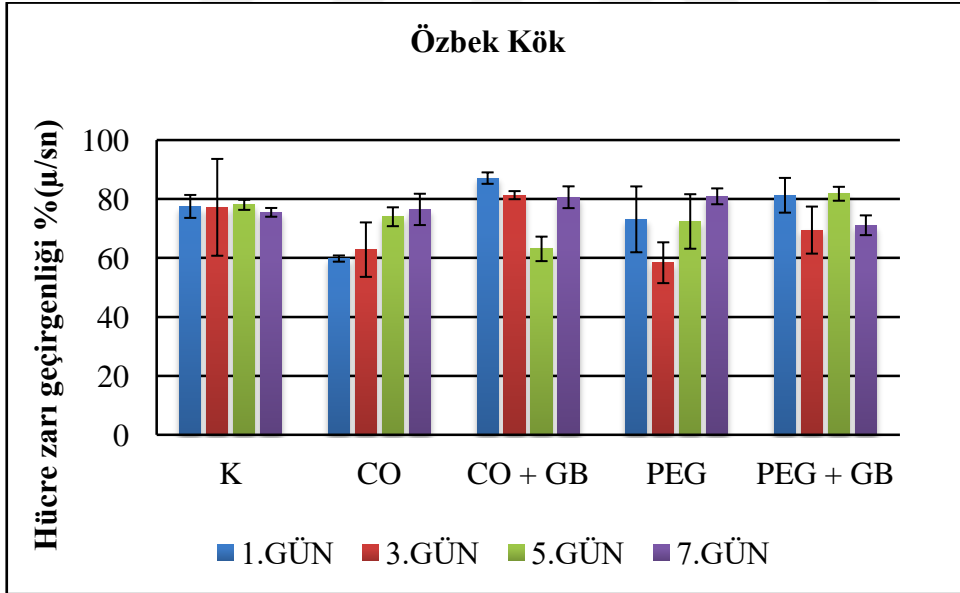


Şekil 4.14. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki hücre zarı iletkenliğinde meydana gelen değişimler ( $\mu/sn$ ) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin yaprak dokusu kontrole kıyasla denemenin başında CO, CO+GB ve PEG gruplarının değişmediği, PEG+GB grubunda ise % 13 yüksek HZG' ne sahip bulunmuştur. Denemenin sonunda ise kontrole kıyasla CO grubunda % 9 yüksek, CO+GB grubunda % 5 düşük, PEG grubunda % 6 yüksek, PEG+GB grubunun ise düşük HZG' ne sahip olduğu bulunmuştur. Böylece CO enfeksiyonu GB uygulaması ile tüm günlerde düşük HZG' ne sahip bulunurken PEG grubunda ise GB uygulaması 5. ve 7. günlerde düşük HZG' ne sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15. Özbek çeşidinin yaprak dokusundaki hücre zarı iletkenliğinde meydana gelen değişimler ( $\mu/sn$ ) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)



Şekil 4.16. Özbek çeşidinin kök dokusundaki hücre zarı iletkenliğinde meydana gelen değişimler ( $\mu/sn$ ) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

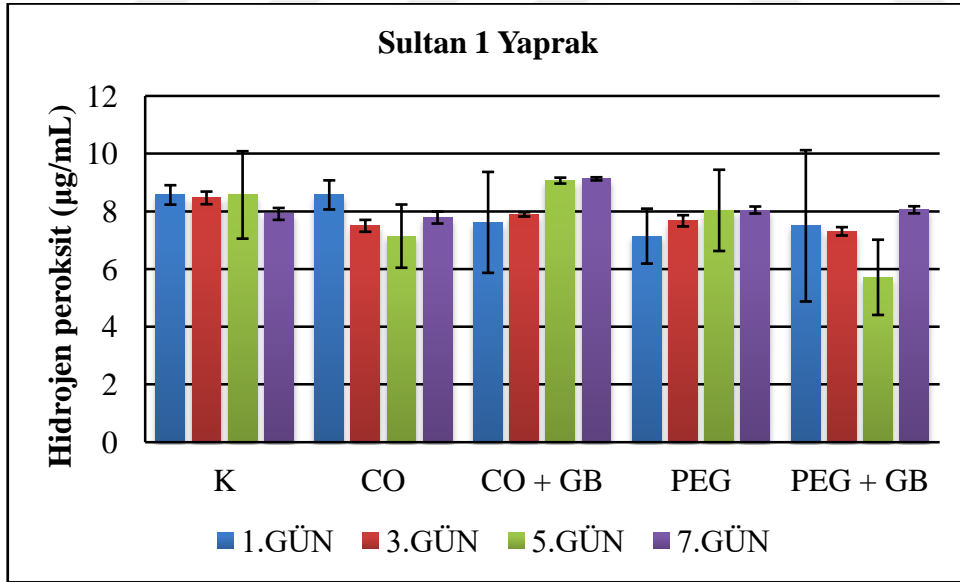
Özbek çeşidinin kök dokusu kontrole kıyasla denemenin başında CO grubunda % 23 düşük, CO+GB % 12 yüksek, PEG grubu değişmediği, PEG+GB grubunda ise % 5 yüksek

HZG' ne sahip bulunmuştur. Denemenin sonunda ise kontrole kıyasla CO grubu % 1, CO+GB grubu % 7, PEG grubu % 7 yüksek HZG bulunurken, PEG+GB grubunun ise değişmediği bulunmuştur. Özbek çeşidinin kök dokusunda CO enfeksiyonu ile deneme boyunca artan HZG belirlenirken sadece 5. gün GB uygulaması ile düşük HZG' ne sahip bulunmuştur. PEG grubunda ise GB uygulaması sadece 7. günde düşük HZG' ne sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.16).

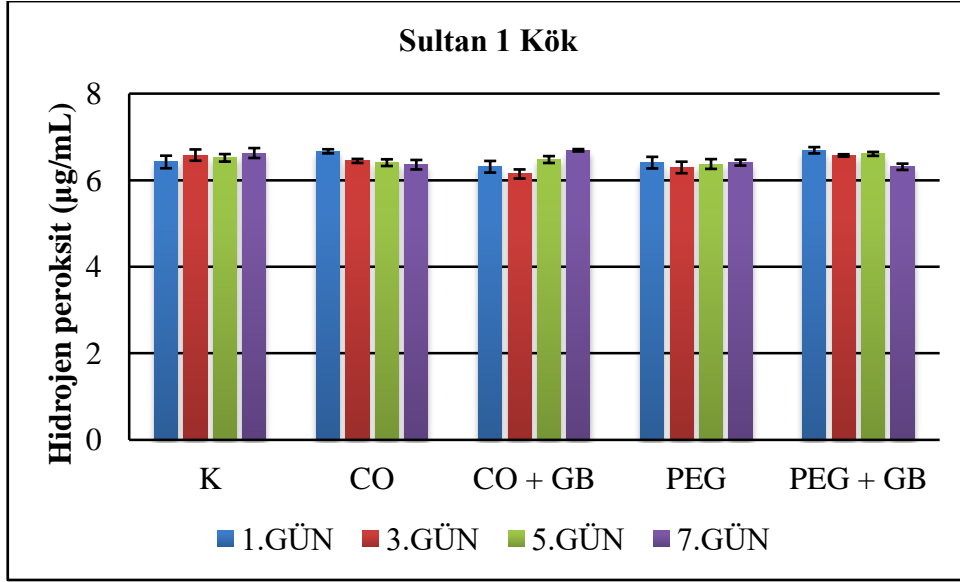
#### 4.1.5. Hidrojen Peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) Miktarı

Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusu kontrole kıyasla denemenin başında CO grubunda artış belirlenirken diğer tüm grupların azaldığı belirlenmiştir. Denemenin sonunda ise kontrole kıyasla CO grubu değişmezken CO+GB % 15, PEG grubu % 2 ve PEG+GB grubu % 2 arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.17.).

Sultan 1 çeşidinin kök dokusu kontrole kıyasla denemenin başında CO grubu % 3 arttığı, CO+GB ve PEG grupların değişmediği, PEG+GB grubu % 4 arttığı belirlenmiştir. Denemenin sonunda ise kontrole kıyasla CO grubu % 4 azaldığı CO+GB grubunun ise % 1 arttığı, PEG grubu % 3 ve PEG+GB grubu % 5 azaldığı belirlenmiştir (Şekil 4.18).

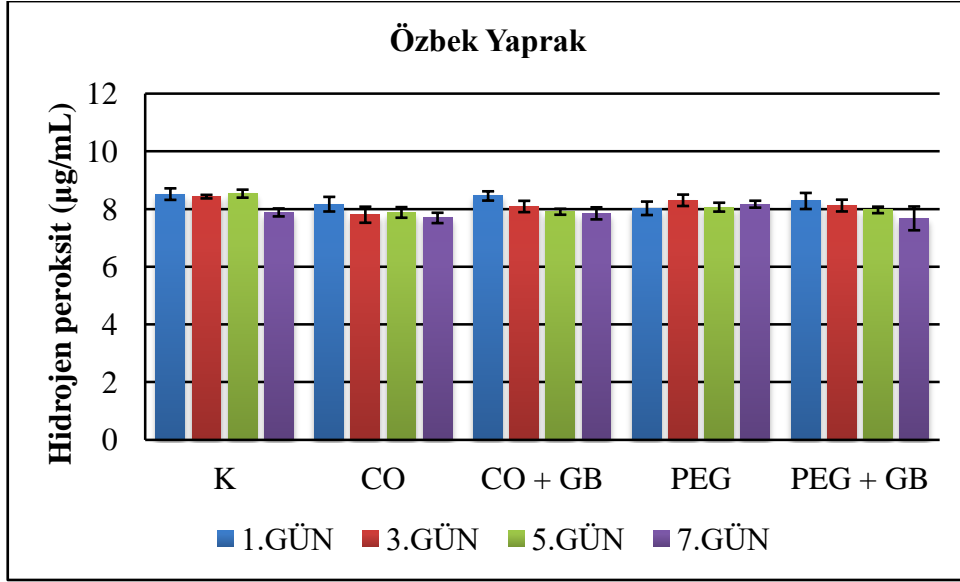


Şekil 4.17. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusundaki hidrojen peroksit içeriği (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG +GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

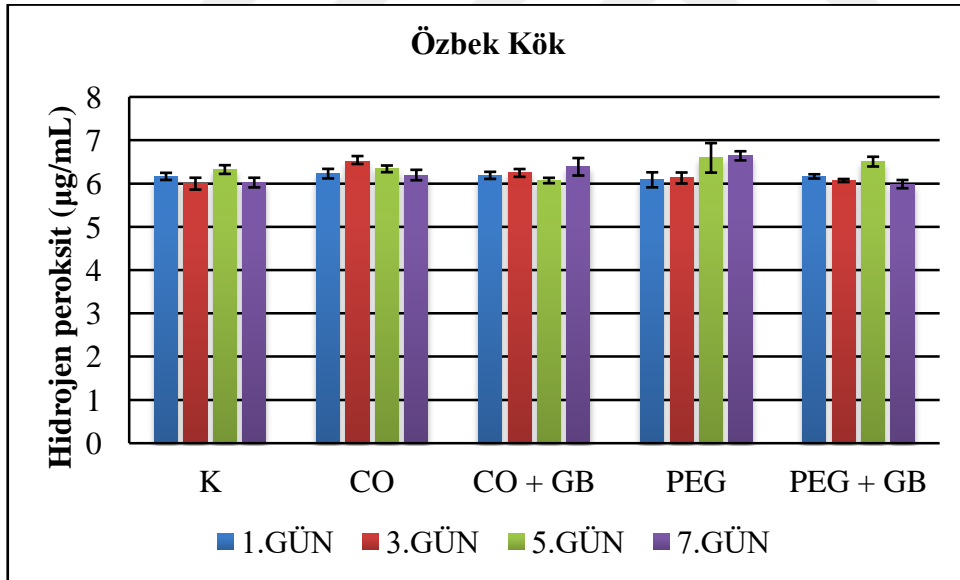


Şekil 4.18. Sultan 1 çeşidinin kök dokusundaki hidrojen peroksit içeriği (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin yaprak dokusu kontrole kıyasla denemenin başında CO ve PEG gruplarının sırasıyla % 4 ve % 6 azaldığı diğer grupların ise değişmediği belirlenmiştir. Denemenin sonunda ise kontrole kıyasla yaprak dokusunda sadece PEG grubun % 6 arttığı diğer grupların ise değişmediği belirlenmiştir (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Özbek çeşidinin yaprak dokusundaki hidrojen peroksit içeriği (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)



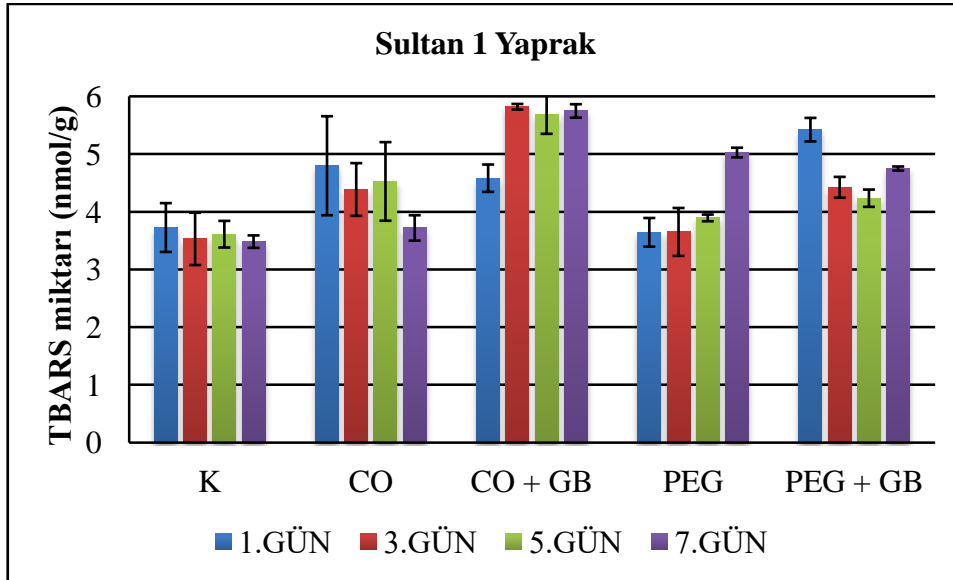
Şekil 4.20. Özbek çeşidinin kök dokusundaki hidrojen peroksit içeriği (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin kök dokusu kontrole kıyasla denemenin başında CO grubu değişmezken diğer tüm gruplarda azalma belirlenmiştir. Denemenin sonunda ise kontrole kıyasla CO+GB grubu % 6 ve PEG grubu % 10 arttığı belirlenmiştir (Şekil 4.20).

#### 4.1.6. Lipit Peroksidasyon Miktarı

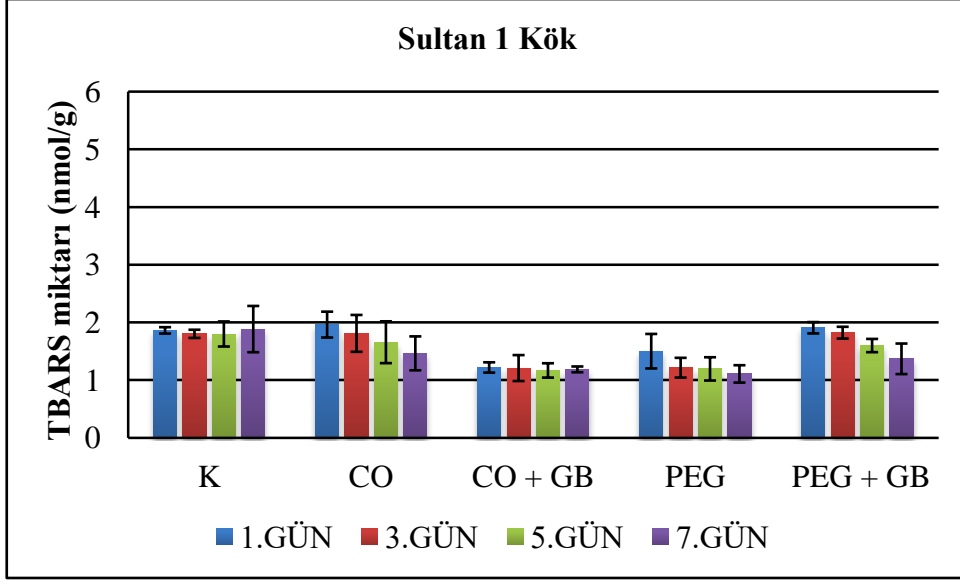
Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda lipit peroksidasyonuna bağlı olarak tiyobarbitürik asit reaktif madde (TBARS) miktarının kontrole kıyasla denemenin başında CO grubunda % 29, CO+GB grubunda % 23 ve PEG+GB grubunda % 45 yükseldiği PEG grubunun ise % 2 azaldığı bulunmuştur. 3. gün CO+GB grubu kontrole kıyasla % 65 artış belirlenmiştir. Denemenin sonunda ise kontrole kıyasla CO grubunda ki % 7 azalış haricinde diğer tüm gruplarda artan TBARS miktarı olduğu, özellikle en fazla artış % 65 CO+GB grubunda bulunmuştur. Özellikle 7. gün en fazla CO+GB grubunun zarar gördüğü saptanmıştır (Şekil 4.21).

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda deneme boyunca kontrole kıyasla tüm günlerde CO+GB grubu ciddi azalan TBARS miktarına sahip olduğu saptanmıştır. Özellikle denemenin 7. gününde CO+GB grubunda azalış daha da belirginleşmiştir. Ayrıca kök dokusunda en yüksek TBARS miktarının CO enfeksiyonuna bağlı olarak ilk 5. günde gerçekleştiği bunu PEG+GB izlediği saptanmıştır (Şekil 4.22)

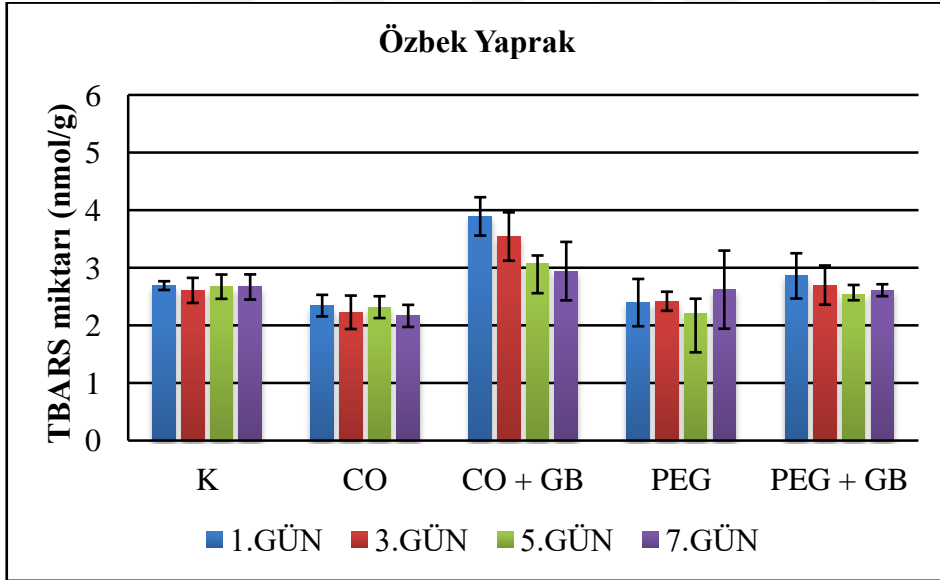


Şekil 4.21. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusundaki TBARS miktarında meydana gelen değişimler (nmol/g) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, %10PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG +GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)





Şekil 4.22. Sultan 1 çeşidinin kök dokusundaki TBARS miktarında meydana gelen değişimler (nmol/g) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

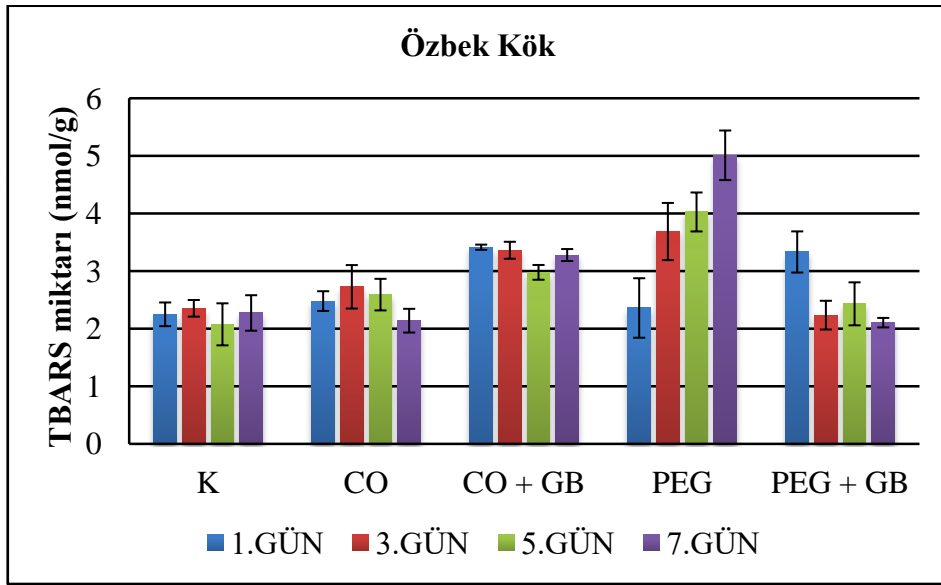


Şekil 4.23. Özbek çeşidinin yaprak dokusundaki TBARS miktarında meydana gelen değişimler (nmol/g) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO + GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG + GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin yaprak dokusunda denemenin başında kontrole kıyasla TBARS miktarında CO grubu % 13, PEG grubu % 11 azalırken CO+GB % 45 yükseldiği ve

PEG+GB grubunun ise değişmediği saptanmıştır. Denemenin sonunda kontrole kıyasla tüm gruplarda azalan TBARS miktarına sahip oldukları bulunmuştur (şekil 4.23.).

Özbek çeşidinin kök dokusunda ise deneme boyunca kontrole kıyasla CO grubu azalan TBARS miktarı olduğu, CO+GB grubunun ise değişmediği belirlenmiştir. Denemenin başında kontrole kıyasla CO grubu % 10, PEG grubu % 5 azaldığı tespit edilmiştir. 5. ve 7. günlerde kontrole kıyasla özellikle PEG grubu sırayla % 94 ve % 121 artan TBARS miktarı tespit edilmiştir (şekil 4.24.).

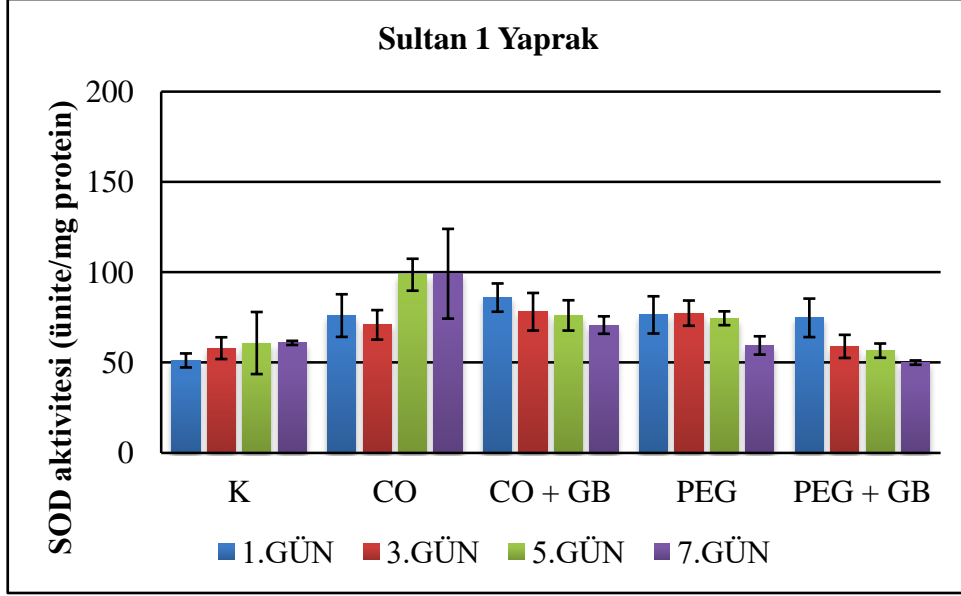


şekil 4.24. Özbek çeşidinin kök dokusundaki TBARS miktarında meydana gelen değişimler (nmol/g) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

#### 4.1.7 Antioksidan Enzim Aktivitelerinde Meydana Gelen Değişimler

##### 4.1.7.1. SOD Aktivitesindeki Değişimler

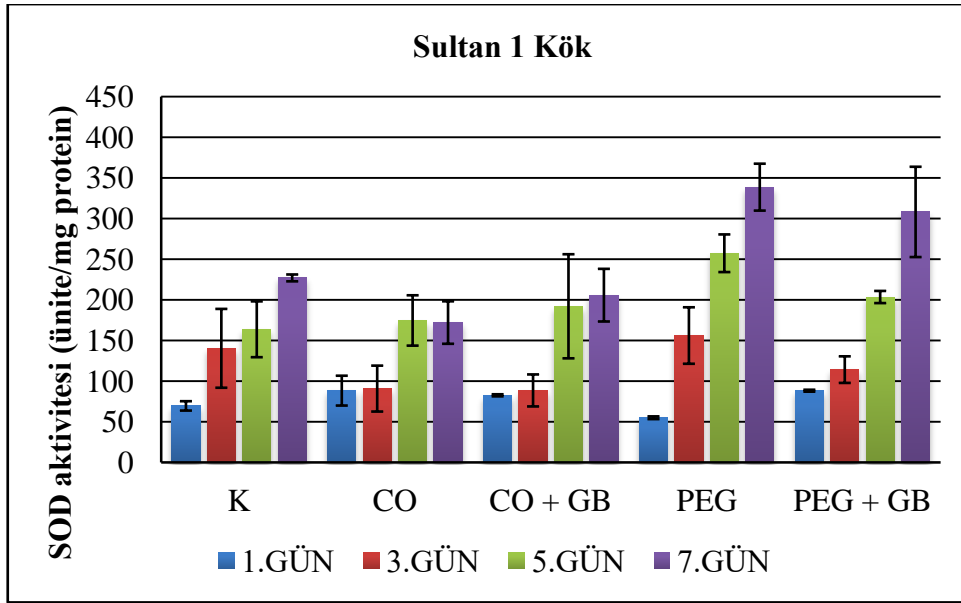
Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusundaki SOD aktivitesi, deneme başında kontrole kıyasla CO grubunda % 49, CO+GB grubunda % 68, PEG grubunda % 49, ve PEG+GB grubunda % 46' lık yüksek artışlar bulunmuştur. Deneme sonunda ise CO grubunda % 63 artış gösterebilir diğer tüm gruplarda özellikle GB uygulamalarında düşük aktivite göstermiştir (şekil 4.25.).



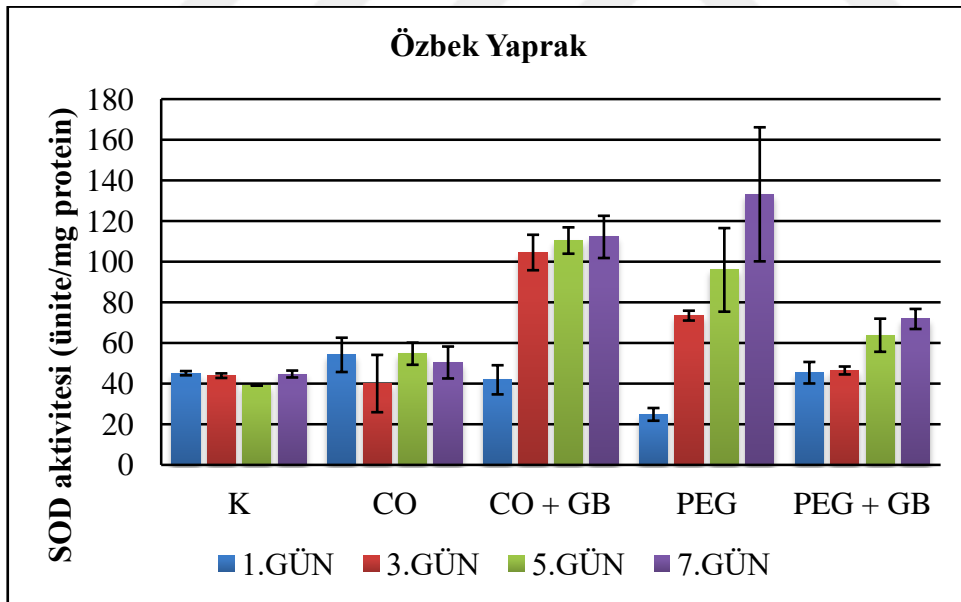
Şekil 4.25. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusundaki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO + GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, %10PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, %10PEG + GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması).

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda ise denemenin başında kontrole kıyasla CO grubunda % 27, CO+GB grubunda % 19 değerinde yükselen SOD aktivitesi belirlenirken, PEG grubunda % 21 düşük aktivite, PEG+GB grubunda % 27' lik yüksek SOD aktivitesi tespit edilmiştir. Deneme sonunda kontrole kıyasla CO ve CO+GB gruplarında düşük SOD aktivitesi belirlenmiş olsada PEG grubu % 49, PEG+GB grubunda ise % 36 lık yüksek SOD aktiviteleri tespit edilmiştir (Şekil 4.26.)

Özbek çeşidinin yaprak dokusundaki SOD aktivitesi denemenin başında kontrole kıyasla CO grubunda % 20, CO+GB grubunda % 7, PEG grubunda % 45 ve PEG+GB grubunda ise % 1 daha düşük SOD aktivitesi tespit edilmiştir. Denemenin sonunda kontrole kıyasla CO grubunda % 13 değerinde düşük SOD aktivitesine sahip bulunurken, CO+GB grubunda % 151, PEG grubunda % 198 ve PEG+GB grubunda ise % 61 yüksek SOD aktivitesi tespit edilmiştir (Şekil 4.27).

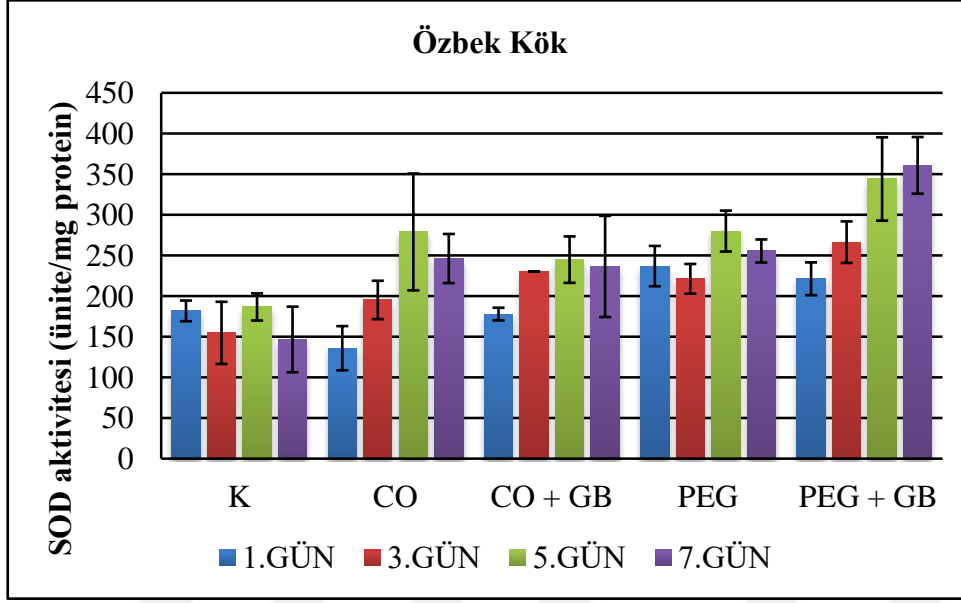


Şekil 4.26. Sultan 1 çeşidinin kök dokusundaki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG +GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)



Şekil 4.27. Özbek çeşidinin yaprak dokusundaki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG +GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması).

Özbek çeşidinin kök dokusundaki SOD aktiviteleri denemenin başında kontrole kıyasla CO grubunda % 25, CO+GB grubunda % 30, PEG grubunda % 2, PEG+GB grubunda % 22 artış belirlenmiştir. Denemenin sonunda SOD aktivitesi kontrole kıyasla CO grubunda % 68, CO+GB grubunda % 61, PEG grubunda % 74, PEG+GB grubunda % 146 değerinde yüksek SOD aktivitesi tespit edilmiştir (Şekil 4.28.).



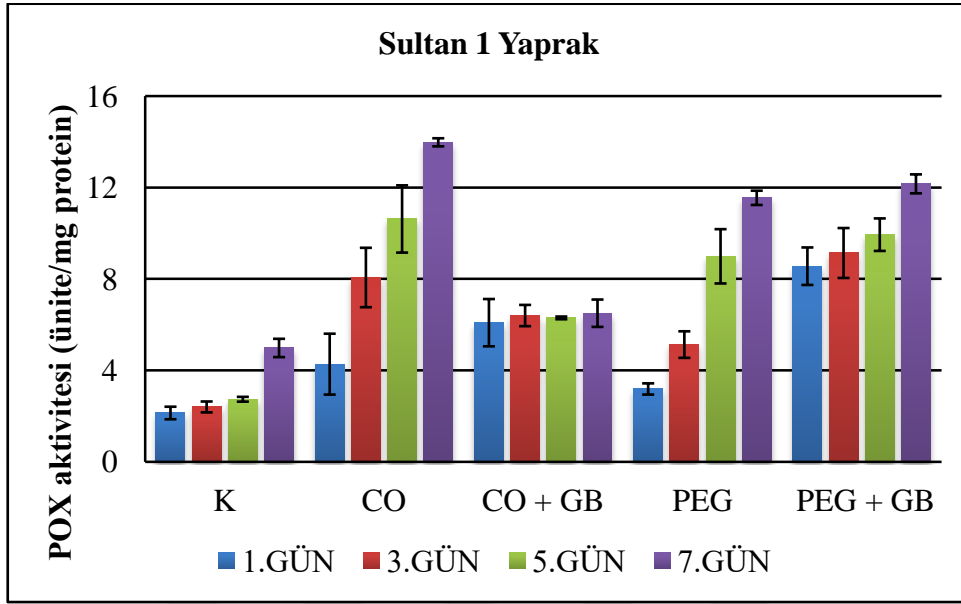
Şekil 4.28. Özbek çeşidinin kök dokusundaki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG +GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

#### 4.1.7.2. POX Aktivitesindeki Değişimler

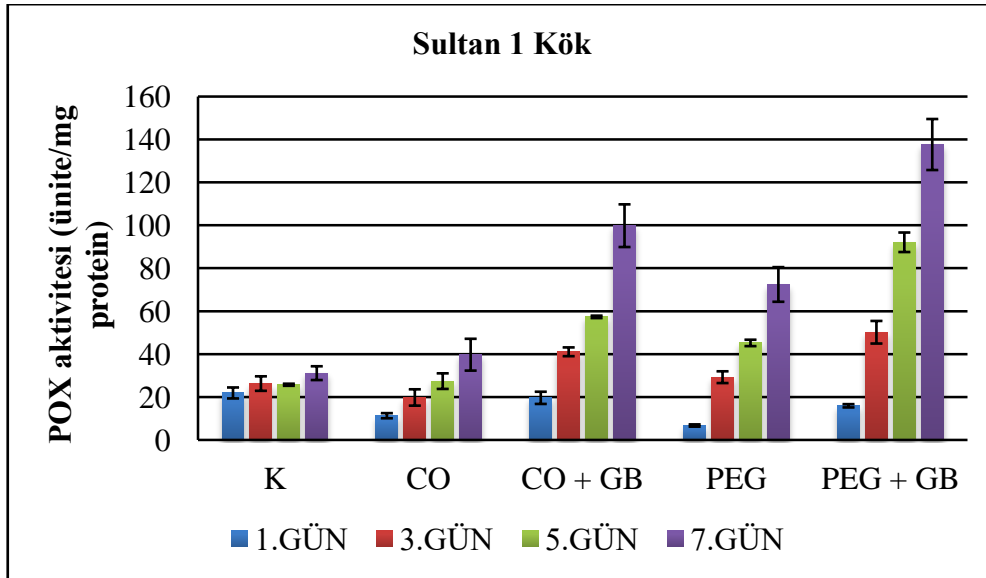
Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusundaki POX aktivitesi denemenin başında kontrole kıyasla CO grubunda % 100 azalış gösterirken CO+GB grubunda % 157 artış tespit edilmiştir. PEG grubu % 49 azalış gösterirken PEG+GB grubunda % 301 artış tespit edilmiştir. Denemenin sonunda CO grubunda % 281 artış, CO+GB grubunda % 31 azalış, PEG grubunda % 132 artış, PEG+GB grubunda ise 1.güne göre artış devam etsede 2 kat aktivitede azalış bulunmuştur. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda özellikle PEG+GB grubunda deneme boyunca koruma sağladığı bulunmuştur (Şekil 4.29.).

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda deneme başında kontrole kıyasla POX aktivitesi tüm uygulama gruplarında azalma tespit edilmiştir. Deneme sonunda kontrole kıyasla POX aktivitesi CO grubunda % 27 azalış, CO+GB % 220 artış, PEG grubunda % 133, PEG+GB

grubunda %342 artış tespit edilmiştir. Bu durum Sultan 1 çeşidinin kök dokularında GB uygulaması koruma sağladığı belirlenmiştir (Şekil 4.30).

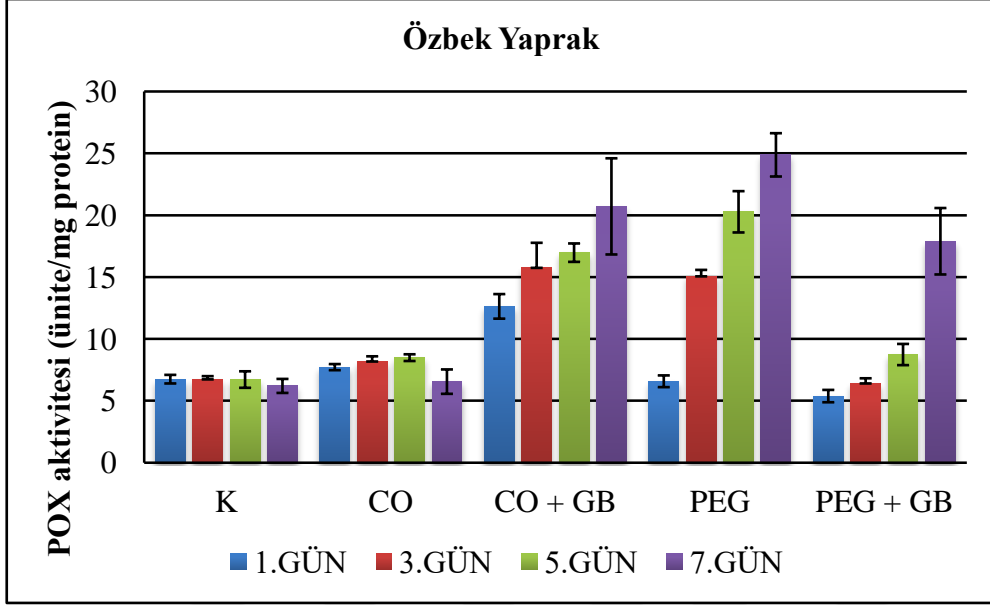


Şekil 4.29. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusu POX aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG +GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)



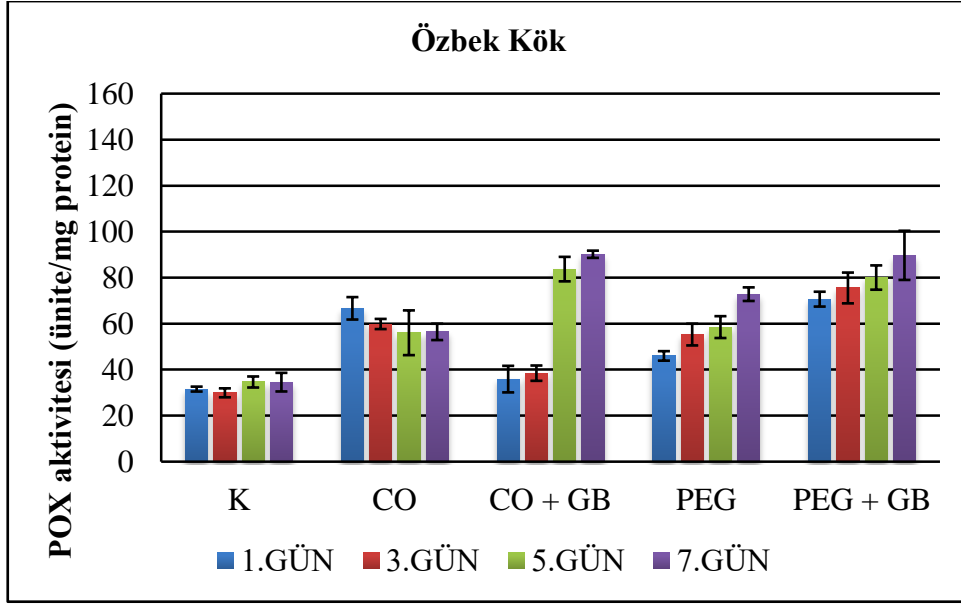
Şekil 4.30. Sultan 1 çeşidinin kök dokusu POX aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin yaprak dokusunda POX aktivitesi deneme başında kontrole kıyasla CO+GB kıyasla tüm gruplarda azalma olduğu bulunmuştur. Deneme sonunda kontrole kıyasla POX aktivitesi CO grubunda % 6 azalırken, CO+GB grubunda % 234, PEG grubunda % 301 ve PEG+GB grubunda % 188 artış tespit edilmiştir (Şekil 4.31.).



Şekil 4.31. Özbek çeşidinin yaprak dokusu POX aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG +GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin kök dokusundaki POX aktivitesinde kontrole kıyasla denemenin başında CO grubunda % 112, CO+GB grubunda % 14, PEG grubunda % 46, PEG+GB grubunda % 124 artış tespit edilmiştir. Denemenin 5. ve 7. günlerde CO+GB grubunda kontrole göre % 142, % 161 yüksek aktivite tespit edilmiştir. PEG+GB grubu ise tüm günlerde yüksek aktiviteye sahip olarak koruma sağlamıştır (Şekil 4.32.).



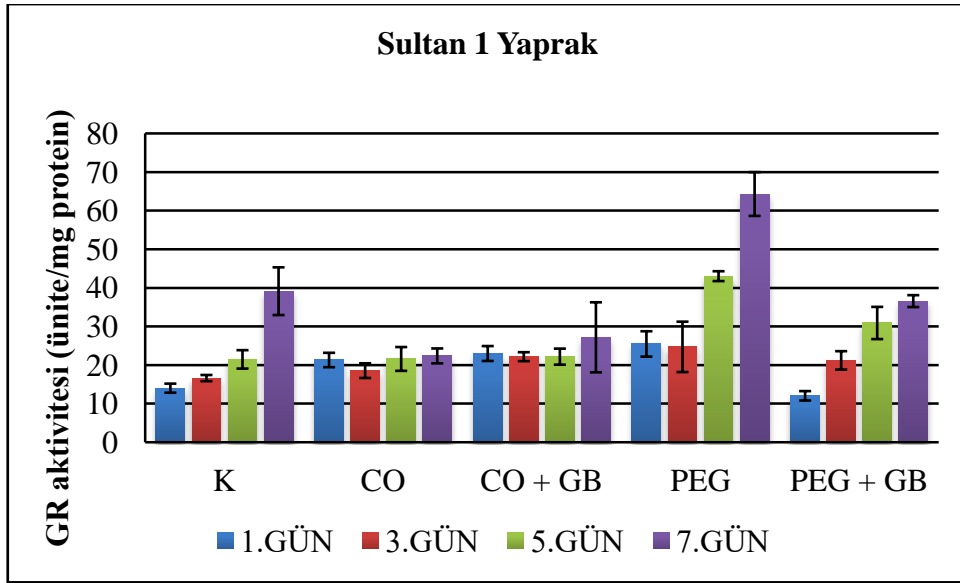
Şekil 4.32. Özbek çeşidinin kök dokusu POX aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

#### 4.1.7.3. GR Aktivitesindeki Değişimler

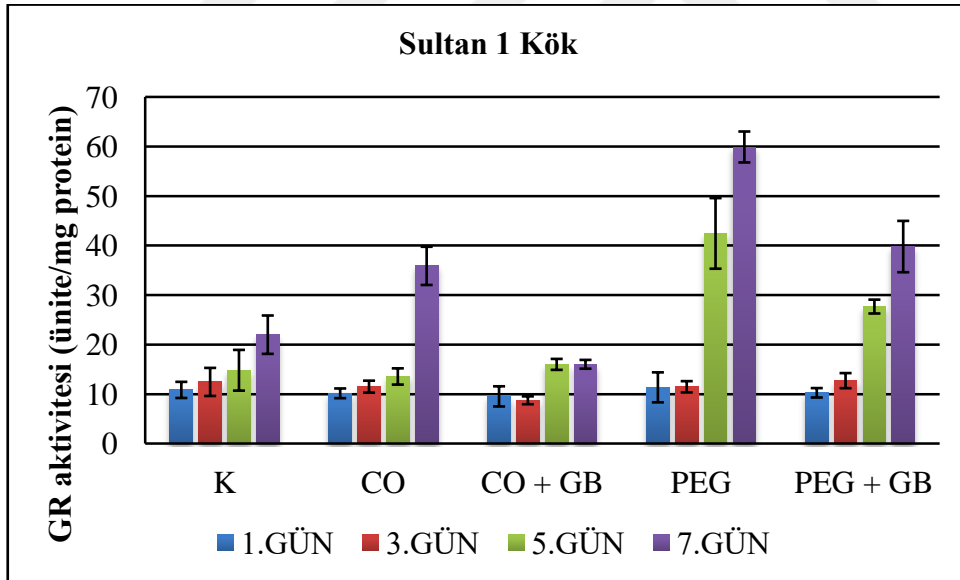
Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda GR aktiviteleri denemenin başında kontrole kıyasla tüm gruplarda artış belirlensede PEG+GB grubunda % 14 azalma tespit edilmiştir. Diğer günler tüm gruplarda azalış tespit edilmiştir, özellikle 5. ve 7. gün PEG grubu kontrole göre % 101 ve % 64 artış bulunmuştur (Şekil 4.33).

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda GR aktivitesi denemenin başında tüm gruplarda düşük aktivite belirlenmiştir. Denemenin sonunda kontrole kıyasla GR aktivitesi CO grubunda % 63, CO+GB grubunda % 27, PEG grubunda % 172, PEG+GB % 80 yüksek aktivite tespit edilmiştir (Şekil 4. 34).





Şekil 4.33. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusu GR aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG +GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

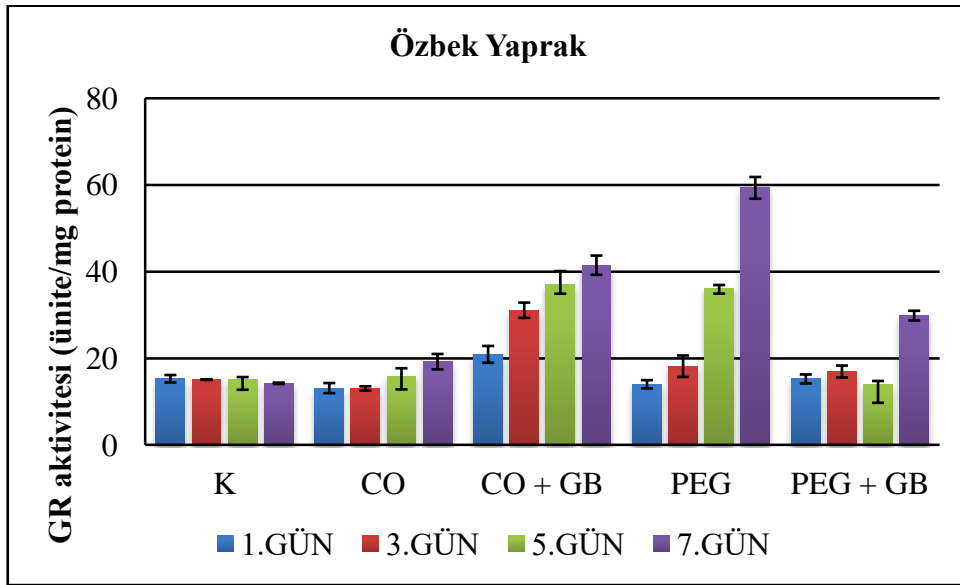


Şekil 4.34. Sultan 1 çeşidinin kök dokusu GR aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

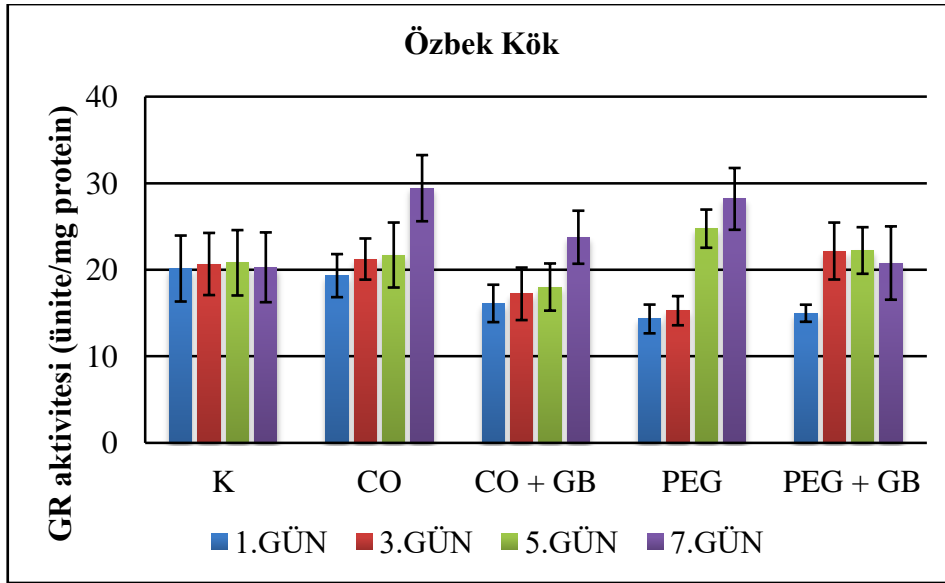
Özbek çeşidinin yaprak dokusundaki GR aktivitesi tüm uygulamalarda kontrole kıyasla azaldığı özellikle GB uygulamaların daha düşük aktiviteye sahip bulunmuştur.

Aktivite kontrole kıyasla diğer günlerde de azalmıştır. Bu çeşide ait dokularda GR aktivitesinde sadece PEG+GB uygulamasıyla 7. günde kontrole kıyasla % 317 artış saptanmıştır (Şekil 4.35)

Özbek çeşidinin kök dokusunda denemenin ilk 3 gün boyunca stres uygulamaları kontrole kıyasla GR aktivitelerini azaltırken, ilk gündeki artışlar yerini 5. günden itibaren azalmaya bırakmıştır. 7. günde kontrole kıyasla CO grubu % 145, CO+GB % 17, PEG grubu % 39 ve PEG+GB grubu % 2 yüksek aktivitede bulunmuştur (Şekil 4.36.)



Şekil 4.35. Özbek çeşidinin yaprak dokusu GR aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

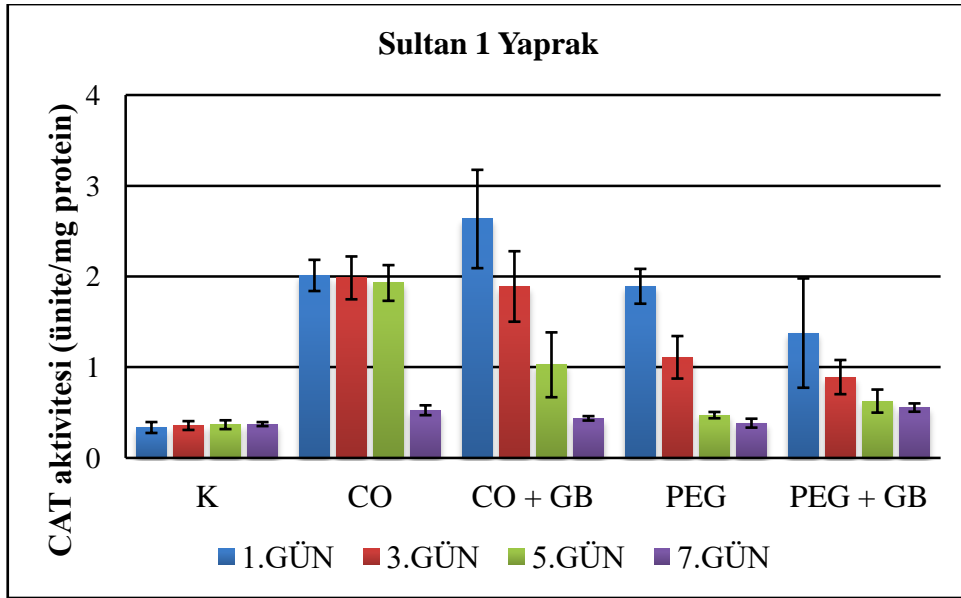


Şekil 4.36. Özbek çeşidinin kök dokusu GR aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

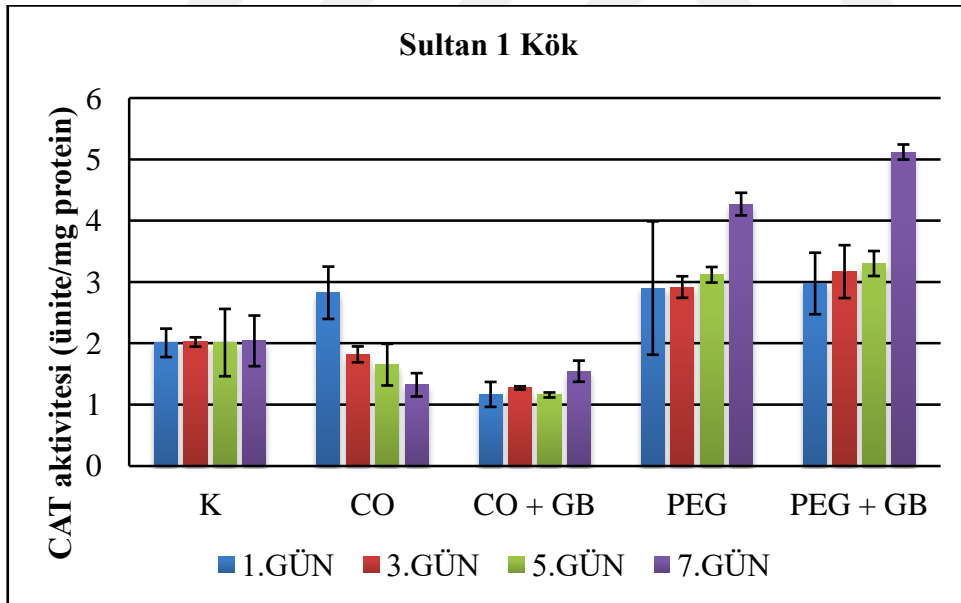
#### 4.1.7.4. CAT Aktivitesindeki Değişimler

Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusundaki CAT aktivitesinin kontrole kıyasla denemenin başında CO+GB uygulaması diğer uygulamalara göre % 689' luk ciddi yükseliş bulunmuştur. Denemenin sonunda ise kontrole kıyasla tüm gruplarda CAT aktivitesi artmıştır (Şekil 4.37. ).

Sultan 1 çeşidinin kök dokusundaki CAT aktivitesinin kontrole kıyasla denemenin başında CO grubunda % 40 artış, CO+GB grubunda % 42 azalış, PEG grubunda % 45 artış, PEG+GB grubunda % 48 artış bulunmuştur. Denemenin sonunda ise CO grubu % 35, CO+GB grubu % 24 düşük aktivite belirlenirken, PEG grubu % 110, ve PEG+GB grubu % 151 değerinde daha yüksek aktivite bulunmuştur (Şekil 4.38.).



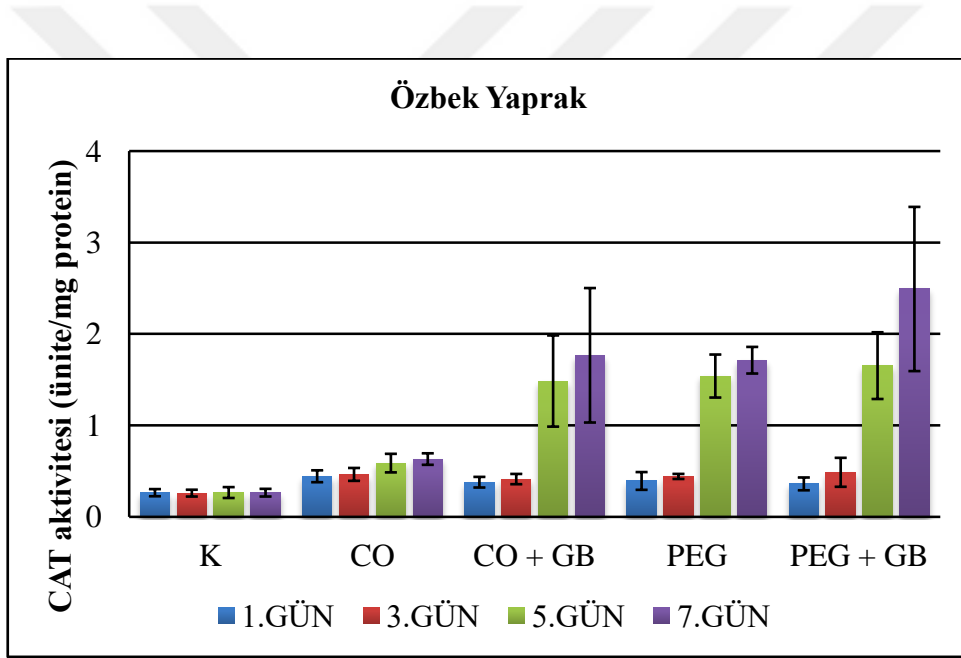
Şekil 4.37. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusu CAT aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)



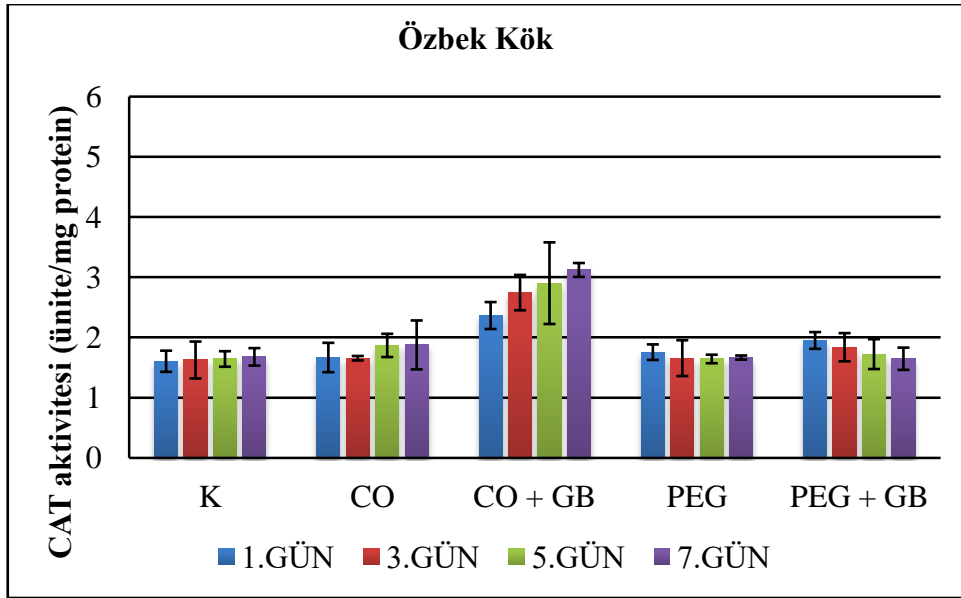
Şekil 4.38. Sultan 1 çeşidinin kök dokusu CAT aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin yaprak dokusunda CAT aktivitesinin denemenin başında tüm grublarda anlamsız artışlar bulunmuştur. Denemenin son gününde kontrole kıyasla CAT aktivitesinde CO ve PEG uygulamalarıyla artış belirlense de, GB uygulamasıyla grublardan; CO+GB ve PEG+GB gruplarında yükseliş göstermiştir(Şekil 4.39.).

Özbek çeşidinin kök dokusunda CO, CO+GB ve PEG+GB uygulaması CAT aktivitesini kontrole kıyasla tüm günlerde azalmıştır. 1. gün de CO grubu % 4, PEG grubu % 9 ve PEG+GB grubu % 22 düşük aktiviteye sahip bulunurken CO+GB grubu ise % 47 yüksek aktivite bulunmuştur. Denemenin sonunda kontrole kıyasla CO % 12, PEG grubu % 1 ve PEG+GB grubunda % 2 azalış bulunmuştur. CO+GB grubunda ise 7. gün % 86 artış bulunmuştur. CO+GB grubu kontrole kıyasla deneme boyunca yüksek CAT aktivitesi belirlenmiştir (Şekil 4.40)



Şekil 4.39. Özbek çeşidinin yaprak dokusu CAT aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG +GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

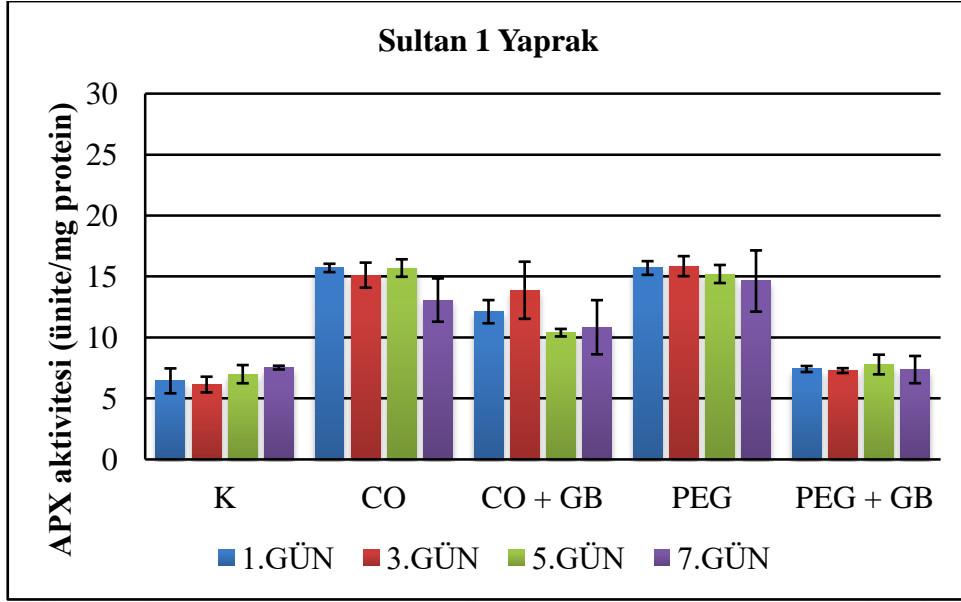


Şekil 4.40. Özbek çeşidinin kök dokusu CAT aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

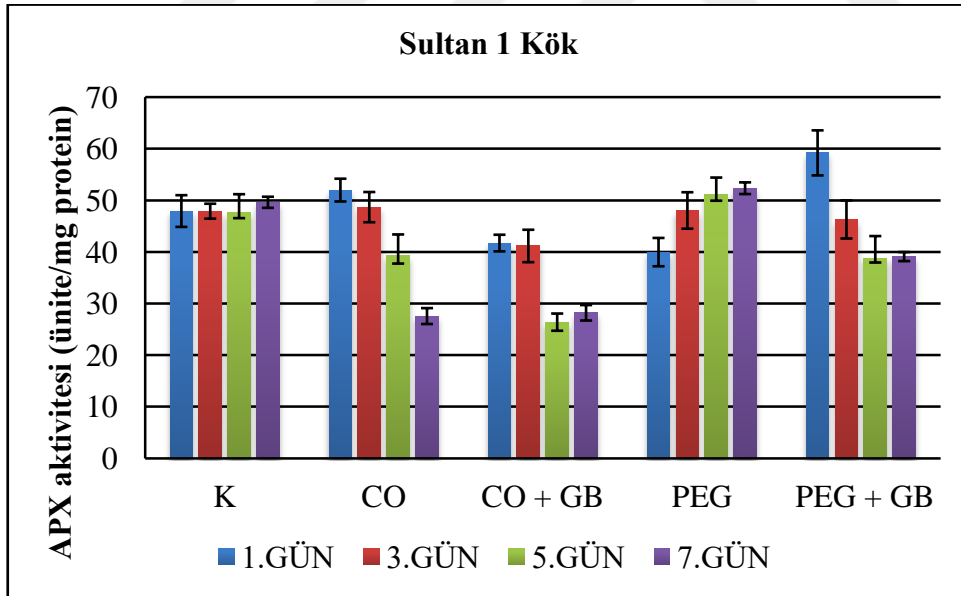
#### 4.1.7.5. APX Aktivitesindeki Değişimler

Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda denemenin başında APX aktivitesi, kontrole kıyasla CO grubu % 144, CO+GB grubunda % 88, PEG grubunda % 144 aktivitede artış olurken PEG+GB grubunda % 15 azalmıştır (Şekil 4.41).

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda ise APX aktivitesi denemenin başında kontrole kıyasla CO grubunda % 8 ve CO+GB grubu % 24 artış bulunmuştur. Deneme sonuna CO grubunda % 44 ve CO+GB grubu % 57 azalma saptanırken PEG grubu % 6 ve PEG+GB grubu % 21 lik artış belirlenmiştir (Şekil 4.42).

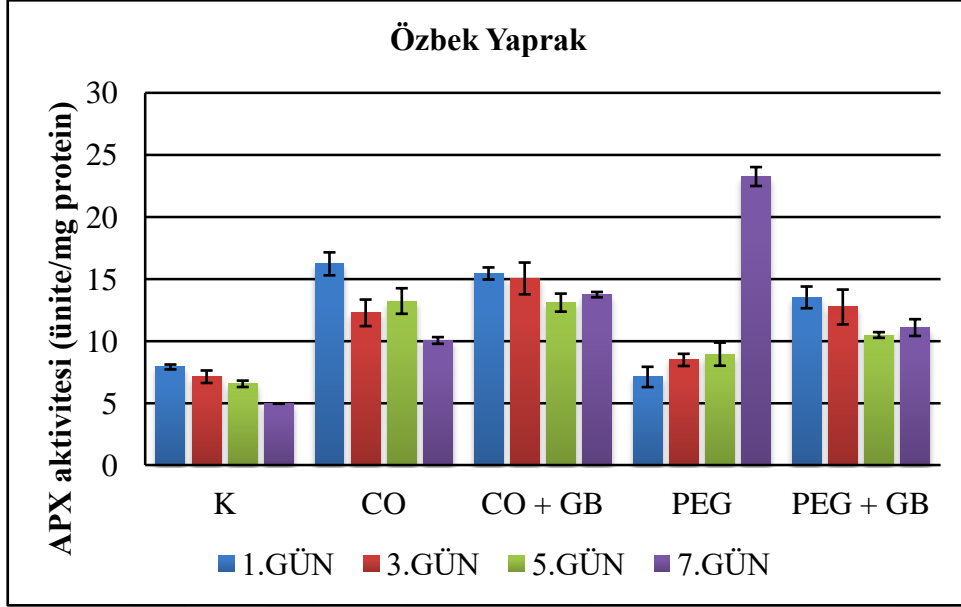


Şekil 4.41. Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusu APX aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)



Şekil 4.42. Sultan 1 çeşidinin kök dokusu APX aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

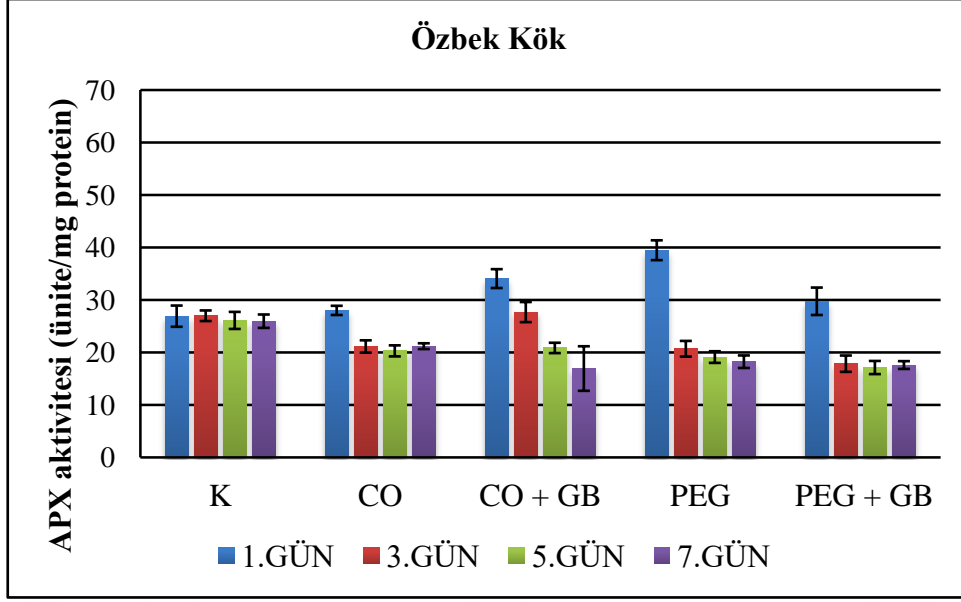
Özbek çeşidinin yaprak dokusunda APX aktivitesi deneme başında özellikle CO grubunda 1. günde % 105, CO+GB grubunda % 95, PEG grubunda % 10, PEG+GB grubunda % 71 artış belirlenmiştir. Deneme sonunda kontrole kıyasla CO grubunda % 102, CO+GB grubunda % 172, PEG grubunda 4 kat , PEG+GB grubunda % 123 yüksek aktiviteye sahip bulunmuştur (Şekil 4.43).



Şekil 4.43. Özbek çeşidinin yaprak dokusu APX aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG +GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması)

Özbek çeşidinin kök dokusunda denemenin ilk gününde APX aktiviteleri tüm gruplarda sırasıyla kontrole kıyasla % 4, % 27, % 47 ve % 11 artmıştır. Tüm gruplarda kontrole kıyasla APX aktivitesinin 3. günden itibaren deneme sonuna kadar daha düşük olduğu saptanmıştır. 7. günde ise kontrole kıyasla tüm gruplarda sırasıyla % 18, % 35, % 30 ve % 32 daha düşük APX aktivitesine sahip bulunmuştur (Şekil 4.44).





Şekil 4.44. Özbek çeşidinin kök dokusu APX aktivitesindeki değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, CO+GB: Canavar otu enfeksiyonu ve GB uygulaması, PEG: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması, PEG+GB: % 10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması ve GB uygulaması).

#### 4.1.8. İstatistiksel Bulgular

Araştırmada incelenen parametrelerin istatistik sonuçları Çizelge 4.1–4.8’ de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Sultan 1 ve Özbek çeşitlerinin yaprak dokusunda, incelenen parametrelerin 1. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir.

PARAMETRE		KARELER TOPLAMI	F
PİGMENT	Gruplar arası	1274,400	11,071***
	Gruplar içi	1496,481	
	Toplam	2770,882	
TOPLAM PROTEİN	Gruplar arası	1,955	18,768***
	Gruplar içi	,555	
	Toplam	2,510	
SOD	Gruplar arası	18614,393	3,414**
	Gruplar içi	29682,380	
	Toplam	48296,772	
APX	Gruplar arası	911,426	8,233***
	Gruplar içi	578,119	
	Toplam	1489,545	
GR	Gruplar arası	1309,714	5,792***
	Gruplar içi	1406,950	
	Toplam	2716,664	
POX	Gruplar arası	530,990	10,163***
	Gruplar içi	261,224	
	Toplam	792,214	
CAT	Gruplar arası	42,681	7,892***
	Gruplar içi	30,644	
	Toplam	73,325	
TBARS	Gruplar arası	34,599	1,687
	Gruplar içi	79,749	
	Toplam	114,348	
HZG	Gruplar arası	436,308	,555
	Gruplar içi	1134,792	
	Toplam	1571,099	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gruplar arası	3,985	,077
	Gruplar içi	271,828	
	Toplam	275,813	
SLA	Gruplar arası	,306	,560
	Gruplar içi	,909	
	Toplam	1,215	
GÖVDE UZUNLUĞU	Gruplar arası	122,712	3,057**
	Gruplar içi	191,817	
	Toplam	314,528	

\*\*\* p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,1

Çizelge 4.2. Sultan 1 ve Özbek çeşitlerinin yaprak dokusunda, incelenen parametrelerin 3. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir.

PARAMETRE		KARELER TOPLAMI	F
PİGMENT	Gruplar arası	469,435	3,891***
	Gruplar içi	1662,419	
	Toplam	2131,853	
TOPLAM PROTEİN	Gruplar arası	1,935	26,954***
	Gruplar içi	,383	
	Toplam	2,318	
SOD	Gruplar arası	23805,575	4,769***
	Gruplar içi	27178,230	
	Toplam	50983,805	
APX	Gruplar arası	628,083	6,057***
	Gruplar içi	449,316	
	Toplam	1077,400	
GR	Gruplar arası	1467,729	3,231**
	Gruplar içi	2018,960	
	Toplam	3486,689	
POX	Gruplar arası	991,646	15,442***
	Gruplar içi	306,818	
	Toplam	1298,465	
CAT	Gruplar arası	14,894	7,152***
	Gruplar içi	9,950	
	Toplam	24,844	
TBARS	Gruplar arası	49,407	4,513***
	Gruplar içi	49,870	
	Toplam	99,277	
HZG	Gruplar arası	318,737	,638
	Gruplar içi	721,694	
	Toplam	1040,431	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gruplar arası	7,148	2,308*
	Gruplar içi	21,682	
	Toplam	28,829	
SLA	Gruplar arası	,367	,696
	Gruplar içi	,996	
	Toplam	1,363	
GÖVDE UZUNLUĞU	Gruplar arası	105,385	1,743
	Gruplar içi	288,917	
	Toplam	394,302	

\*\*\* p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,1

Çizelge 4.3. Sultan 1 ve Özbek çeşitlerinin yaprak dokusunda, incelenen parametrelerin 5. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir.

PARAMETRE		KARELER TOPLAMI	F
PİGMENT	Gruplar arası	731,090	4,488***
	Gruplar içi	1973,003	
	Toplam	2704,093	
TOPLAM PROTEİN	Gruplar arası	3,575	10,571***
	Gruplar içi	2,705	
	Toplam	6,280	
SOD	Gruplar arası	30363,009	3,045**
	Gruplar içi	59826,382	
	Toplam	90189,391	
APX	Gruplar arası	414,711	9,323***
	Gruplar içi	177,930	
	Toplam	592,641	
GR	Gruplar arası	4371,151	8,207***
	Gruplar içi	2544,622	
	Toplam	6915,773	
POX	Gruplar arası	1614,505	20,471***
	Gruplar içi	473,204	
	Toplam	2087,709	
CAT	Gruplar arası	20,323	3,439**
	Gruplar içi	37,423	
	Toplam	57,746	
TBARS	Gruplar arası	63,765	6,214***
	Gruplar içi	47,885	
	Toplam	111,650	
HZG	Gruplar arası	525,239	,455
	Gruplar içi	1666,660	
	Toplam	2191,898	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gruplar arası	156,518	4,507***
	Gruplar içi	169,784	
	Toplam	326,301	
SLA	Gruplar arası	372,897	33,262***
	Gruplar içi	22,422	
	Toplam	395,318	
GÖVDE UZUNLUĞU	Gruplar arası	192,300	2,254*
	Gruplar içi	369,700	
	Toplam	562,000	

\*\*\* p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,1

Çizelge 4.4. Sultan 1 ve Özbek çeşitlerinin yaprak dokusunda, incelenen parametrelerin 7. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir.

PARAMETRE		KARELER TOPLAMI	F
PİGMENT	Gruplar arası	1223,254	8,594***
	Gruplar içi	1834,619	
	Toplam	3057,872	
TOPLAM PROTEİN	Gruplar arası	4,809	22,801***
	Gruplar içi	1,336	
	Toplam	6,145	
SOD	Gruplar arası	54056,116	2,158*
	Gruplar içi	130829,937	
	Toplam	184886,053	
APX	Gruplar arası	1019,615	29,862***
	Gruplar içi	113,813	
	Toplam	1133,428	
GR	Gruplar arası	17214,215	9,954***
	Gruplar içi	10568,922	
	Toplam	27783,136	
POX	Gruplar arası	3050,662	11,797***
	Gruplar içi	1494,104	
	Toplam	4544,766	
CAT	Gruplar arası	26,484	1,792
	Gruplar içi	59,128	
	Toplam	85,612	
TBARS	Gruplar arası	64,318	12,488***
	Gruplar içi	19,457	
	Toplam	83,775	
HZG	Gruplar arası	5094,622	2,185*
	Gruplar içi	3368,467	
	Toplam	8463,089	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gruplar arası	6,949	1,934*
	Gruplar içi	21,165	
	Toplam	28,114	
SLA	Gruplar arası	1,185	13,374***
	Gruplar içi	,148	
	Toplam	1,332	
GÖVDE UZUNLUĞU	Gruplar arası	94,992	,736
	Gruplar içi	645,117	
	Toplam	740,109	

\*\*\* p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,1

Çizelge 4.5. Sultan 1 ve Özbek çeşitlerinin kök dokusunda, incelenen parametrelerin 1. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir.

PARAMETRE		KARELER TOPLAMI	F
TOPLAM PROTEİN	Gruplar arası	,116	7,273***
	Gruplar içi	,094	
	Toplam	,210	
SOD	Gruplar arası	154319,133	4,358**
	Gruplar içi	157369,196	
	Toplam	311688,328	
APX	Gruplar arası	6795,647	14,343***
	Gruplar içi	3211,223	
	Toplam	10006,870	
GR	Gruplar arası	812,041	1,828*
	Gruplar içi	2270,491	
	Toplam	3082,532	
POX	Gruplar arası	26955,193	32,151***
	Gruplar içi	4098,839	
	Toplam	31054,032	
CAT	Gruplar arası	18,767	1,586
	Gruplar içi	60,474	
	Toplam	79,241	
TBARS	Gruplar arası	19,246	2,311
	Gruplar içi	31,460	
	Toplam	50,706	
HZG	Gruplar arası	2535,002	3,357
	Gruplar içi	1174,701	
	Toplam	3709,703	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gruplar arası	2,133	1,901
	Gruplar içi	7,106	
	Toplam	9,238	
KÖK UZUNLUĞU	Gruplar arası	100,896	3,997**
	Gruplar içi	106,583	
	Toplam	207,479	

\*\*\* p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,1

Çizelge 4.6. Sultan 1 ve Özbek çeşitlerinin kök dokusunda, incelenen parametrelerin 3. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir.

PARAMETRE		KARELER TOPLAMI	F
TOPLAM PROTEİN	Gruplar arası	,041	1,207
	Gruplar içi	,170	
	Toplam	,211	
SOD	Gruplar arası	189182,742	1,603
	Gruplar içi	524654,384	
	Toplam	713837,126	
APX	Gruplar arası	11153,882	22,858***
	Gruplar içi	3578,432	
	Toplam	14732,314	
GR	Gruplar arası	1350,146	2,764**
	Gruplar içi	2713,805	
	Toplam	4063,952	
POX	Gruplar arası	12328,983	8,422***
	Gruplar içi	6018,593	
	Toplam	18347,576	
CAT	Gruplar arası	15,490	3,364**
	Gruplar içi	18,416	
	Toplam	33,905	
TBARS	Gruplar arası	33,212	5,973***
	Gruplar içi	29,653	
	Toplam	62,864	
HZG	Gruplar arası	1811,880	1,166
	Gruplar içi	2762,251	
	Toplam	4574,131	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gruplar arası	2,976	2,935**
	Gruplar içi	7,324	
	Toplam	10,301	
KÖK UZUNLUĞU	Gruplar arası	88,194	3,012**
	Gruplar içi	136,633	
	Toplam	224,827	

\*\*\* p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,1

Çizelge 4.7. Sultan 1 ve Özbek çeşitlerinin kök dokusunda, incelenen parametrelerin 5. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir.

PARAMETRE		KARELER TOPLAMI	F
TOPLAM PROTEİN	Gruplar arası	,171	11,495***
	Gruplar içi	,101	
	Toplam	,271	
SOD	Gruplar arası	115199,336	,977
	Gruplar içi	406290,473	
	Toplam	521489,808	
APX	Gruplar arası	10563,856	18,964***
	Gruplar içi	3899,276	
	Toplam	14463,133	
GR	Gruplar arası	3276,924	3,294**
	Gruplar içi	5195,408	
	Toplam	8472,332	
POX	Gruplar arası	20112,869	10,051***
	Gruplar içi	8449,289	
	Toplam	28562,158	
CAT	Gruplar arası	17,871	1,875*
	Gruplar içi	37,070	
	Toplam	54,942	
TBARS	Gruplar arası	25,093	4,687***
	Gruplar içi	19,036	
	Toplam	44,129	
HZG	Gruplar arası	1087,787	,575
	Gruplar içi	3154,727	
	Toplam	4242,514	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gruplar arası	1,374	,798
	Gruplar içi	11,089	
	Toplam	12,462	
KÖK UZUNLUĞU	Gruplar arası	93,406	2,040*
	Gruplar içi	208,633	
	Toplam	302,039	

\*\*\* p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,1



Çizelge 4.8. Sultan 1 ve Özbek çeşitlerinin kök dokusunda, incelenen parametrelerin 7. gün verilerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 1 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir.

PARAMETRE		KARELER TOPLAMI	F
TOPLAM PROTEİN	Gruplar arası	,307	7,427***
	Gruplar içi	,266	
	Toplam	,573	
SOD	Gruplar arası	192885,109	1,882**
	Gruplar içi	409930,328	
	Toplam	602815,438	
APX	Gruplar arası	8899,756	28,140***
	Gruplar içi	1862,456	
	Toplam	10762,212	
GR	Gruplar arası	6061,468	5,820***
	Gruplar içi	4860,579	
	Toplam	10922,047	
POX	Gruplar arası	74025,363	17,953***
	Gruplar içi	27946,994	
	Toplam	101972,357	
CAT	Gruplar arası	66,576	14,357***
	Gruplar içi	19,064	
	Toplam	85,640	
TBARS	Gruplar arası	68,282	11,961***
	Gruplar içi	24,104	
	Toplam	92,386	
HZG	Gruplar arası	366,281	,417
	Gruplar içi	1366,191	
	Toplam	1732,472	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Gruplar arası	3,316	2,703**
	Gruplar içi	6,951	
	Toplam	10,267	
KÖK UZUNLUĞU	Gruplar arası	96,270	2,558**
	Gruplar içi	167,250	
	Toplam	263,520	

\*\*\* p<0,001, \*\*p<0,01, \*p<0,1

## BÖLÜM 5

### SONUÇ VE ÖNERİLER

Kuraklık bitkisel verimi sınırlayan en önemli faktörlerden birisidir. Bu araştırmada kuraklığa dayanıklı olduğu bilinen Sultan 1 çeşidi ve kuraklığa dayanıklılığı bilinmeyen Özbek çeşidinde biyokimyasal ve fizyolojik parametrelerin değişimleri araştırılmıştır. Biyokimyasal parametrelere bakıldığında antioksidan enzim aktiviteleri yaprak dokusunda canavar otu uygulamasıyla Sultan 1 çeşidinde GR dışında artmış, Özbek de ise değişmemiştir. GB ilavesi ise özellikle Özbek çeşidinde antioksidan enzim aktivitelerinin artmasına neden olmuştur. Bu durum stres altındaki duyarlı bitkiler de GB'nin stresin olumsuz etkilerini azalttığı bilgisi ile uyumludur. Her ne kadar Günay (2016) tarafından canavar otu stresine dayanıklı olduğu gösterilse de Sultan 1 çeşidinin GB ilavesi sonucunda antioksidan enzimlerinin artmadığı bu araştırma ile gösterilmiştir. Kök dokularına bakıldığında ise her iki çeşit arasında özellikle CAT aktivitesinin farklı yanıt verdiği belirlenmiştir. Buna göre Özbek çeşidi GB ilavesiyle artan CAT aktivitesine sahip bulunmuştur. Bu bilgiler yaprakta ve kök dokusunda elde edilen lipit peroksidasyon, hücre zarı geçirgenliği ve hidrojen peroksit verileri ile uyumludur. GB ilavesi Özbek çeşidinin canavar otu stresine karşı daha iyi korunduğuna işaret etmektedir.

Biyokimyasal sonuçlara rağmen büyüme verilerine bakıldığında gövde uzunluğu ve kök uzunluğunun spesifik yaprak alanının ve toplam pigment içeriğinin Özbek çeşidine kıyasla Sultan 1 bir çeşidinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum Özbek çeşidinin Sultan 1 bir çeşidine kıyasla canavar otu stresine karşı daha hassas olduğuna işaret etmektedir. Bu sonuçlara göre antioksidan savunma sistemi her ne kadar GB ile teşvik edilse de büyümede benzer bir yanıtın oluşmadığı anlaşılmaktadır.

Diğer yandan PEG uygulaması ile her iki çeşit arasında antioksidan enzim aktiviteleri yönünden yaprak dokusunda belirgin bir fark olduğu saptanmıştır. Buna göre Özbek çeşidinde SOD aktivitesi artarken Sultan 1 çeşidinde azalmıştır. Bununla birlikte her iki çeşidin askorbat-glutasyon yolunu çalıştırdığını belirlenmiştir. Özellikle CAT aktivitesi yine Özbek çeşidinde daha yüksek bulunmuştur. Ancak kök dokusunda bu durum her iki çeşit için tersine bulunmuştur. Özellikle Sultan 1 çeşidinin yüksek antioksidan enzim aktivitelerine sahip olduğu, buna bağlı olarak Özbek çeşidine kıyasla daha az oksidatif zarara uğradığı belirlenmiştir. GB ilavesi bu farkları daha da belirginleştirmiştir. Bu bilgiler ozmotik ayarlayıcı olarak GB'nin önemli olduğunu vurgulayan çalışmalarla uyumludur (Smirnoff, 1998; Ashraf ve Foolad, 2007). Bu

araştırma mercimek çeşitlerinde biyokimyasal parametrelerde GB' nin iyileştirici etkisinin kök dokusunda daha belirgin olduğunu göstermiştir. Ancak verim yönünden GB' nin biyokimyasal olarak hassas bitkilerde daha iyi sonuç vereceği (Chen ve Murata 2008) bu çalışmada zbek eşidinde gösterilmiştir.

Bu araştırma, kurağa dayanıklı bitkilere GB ilavesinin canavar otu stresine toleransının duyarlı çeşide kıyasla nasıl değişeceğini belirlemeyi hedeflemiştir. Sonuçlar, kurağa dayanıklı Sultan 1 eşidinin özellikle kök dokusunda GB ilavesiyle ortaya çıkan korumayı göstermiştir. Kuraklığın ilk olarak kökler tarafından algılanması ve canavar otu enfeksiyonunun kökte yarattığı tahribat dikkate alındığında bu cevap önemlidir. Yine de canavar otu enfeksiyonu ile verim kaybının yaşandığı diğer kültür bitkilerinde bu araştırmadaki uygulamalar farklı sonuçlar verebilecektir. Bu nedenle, benzer araştırmalar canavar otu ve kuraklık kaynaklı verim kaybı yaşanan diğer bitki türlerinde de gerçekleştirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Aksoy E., 2010. Ülkesel Canavarotu (*Orobancha spp.*) Projesi, Proje No: TÜBİTAK 105G080. Adana Ziraat Mücadele Araştırma.
- Allard F., Houde M., Krol M., Ivanov A., Humer N. P. A., Sarhan F. 1998. Betaine Improves Freezing Tolerance in Wheat. *Plant Cell Phys*, 39: 1194-1202.
- 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.
- Aly R., 2007. Conventional and biotechnological approaches for control of parasitic weeds. Invited Review. in *Vitro Cell. Dev. Biol. Plant*. 43: 304–317.
- Apel K., Hirt H., 2004. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. *Annu Rev Plant Biol*. 55: 373–99.
- Arjona- Berral A., Mesa-Garcia J., Garca-Torres L. 1988. Distribution of <sup>14</sup>C-Glyphosate in Legumes Parasitised by *Orobancha crenata*, *Weed Research* 30,53-59.
- Asada K., 1999. The Water- Water Cycle in Chloroplasts: Scavenging of Active Oxygens and Dissipation of Excess Photons, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 50: 601-639.
- Ashraf M., Foolad M.R. 2007. Roles of Glycine Betaine and Proline in Improving Plant Abiotic Stress Resistance, *Environmental and Experimental Botany*, 59, 206-216.
- Bandeoğlu E., Eyidoğan F., Yücel M., Öktem H. A. 2004. Antioxidant Responses of Shoots and Roots of Lentil to NaCl-Salinity Stress., *Plant Growth Regulation*, 42(1), 69-77.
- Banu M.N.A., Hoque, M.A., Watanabe-Sugimoto, M., Masuoka K., Nakamura, Y., Shimoishi Y. 2009. Proline and Glycinebetaine Induce Antioxidant Defense Gene Expression and Suppress Cell Death in Cultured Tobacco Cells Under Salt Stress. *J. Plant Physiol*, 166: 146-156.
- Başatlı Y., 2009. Kütahya ve Çevresinin *Orobancha* Türlerinin Sistematiği, Taksonomisi, Korolojisi ve Ekolojisi. Yüksek Lisans Tezi. Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.

- Beauchamp C., Fridovich I., 1971. Superoxide Dismutase: Improved Assay and Applicable to Acrylamid Gels. *Anal. Biochem.*, 44: 276-287.
- Bergmeyer N., 1970. *Methoden Der Enzymatischen Analyse*. Akademie Verlag, Berlin, 1:636-647.
- Bergmeyer H.U., Bernt E., 1974. *Methods in Enzymatic Analysis*. Academic Press, New York. 2, 574- 579.
- Bhatty R.S., Slinkard A.E., and Sosulski F.W., 1976. Chemical Composition and Protein Characteristics of Lentils. *Canadian Journal of Plant Science*, 56:787-794.
- Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K.V., 2003. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: A Review. *Annals of Botany*, 91: 179–194.
- Bohnert H.J., Jensen, R.G., 1996. Strategies for Engineering Water Stress Tolerance in Plants. *Trends Biotechnol.* 14, 89–97.
- Botella M.A., Rosado R.A., Hasegawa P.M., 2005. *Plant Adaptive Responses to Salinity Stress*. Plant Abiotic Stress, Blacwell Publishing Ltd, 270 p.
- Boyer J.S., 1982. Plant Productivity and Environment. *Science*, 218: 443-448.
- Bradford M., 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantition of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-dye Binding. *Anal. Biochem.*, 72: 248-254.
- Büyük İ., Semra-Aydın S., Aras S., 2012. Bitkilerin Stres Koşullarına Verdiği Moleküler Cevaplar. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(2): 97-110.
- Charles S.A., Halliwell B., 1980. Effect of Hydrogen Peroxide on Spinach (*Spinacia oleraceae*) Chloroplast Fructose Biphosphatase, *Biochem. J.*, 189: 373-376.
- Chaum S., Supaibulwatana, K., Kirdmanee C., 2006. Water Relation Photosynthetic Ability and Growth of Thai Jasmine Rice (*Oryza sativa* L. ssp. Indica cv. KDML105) to Salt Stress by Application of Exogenous Glycinebetaine and Choline. *J. Agron.* 192, 25—36.
- Chen T.H.H., Murata N. 2008. Glycinebetaine: an Effective Protectant Against Abiotic Stress in Plants, *Trends Plant Sci*, 13, 499–505.

- Davies K.J.A., 1987. Protein Damage and Degradation by Oxygen Radicals. I. General Aspects. J. Biol. Chem. 262, 9895-9901.
- Demiral T., Türkan I., 2004. Does Exogenous Glycinebetaine Affect Antioxidative System of Rice Seedlings Under NaCl Treatment? J. Plant Physiol. 161, 1089– 1100.
- Demiral T., Türkan I. 2006. Exogenous Glycinebetaine Affects Growth and Proline Accumulation and Retards Senescence in Two Rice Cultivar Under NaCl Stress. Environ. Exp. Bot. 56, 72–79.
- Demirbaş S., Acar O., 2008. Superoxide Dismutase and Peroxidase Activities from Antioxidative Enzymes in *Helianthus annuus* L. Roots During *Orobancha cumana* Wallr. Penetration. Fresenius Environ. Bull., 17 (8a): 1038-1044.
- Demirkan H., 2005. Bazı Bitki Parçalarının *Orobancha ramosa* L' nin Gelişimine Olan Allelopatik Etkilerinin Araştırılması. Ege Üni Ziraat Fak Dergisi 42(3): 45-54.
- Dionisio-Sese M.L., Tobita S. 1998. Antioxidant Responses of Rice Seedlings to Salinity Stress, Plant Science, 135: 1-9.
- Edreva A., 2005. Generation and Scavenging of Reactive Oxygen Species in Chloroplasts: a Submolecular Approach. Agriculture, Ecosystems and Environment 106: 119–133.
- Er H., Zeki C., 2005. Zirai Mücadele. Yayçep. 221-230.
- Erskine W., Tufail M., Russell A., Tyagi M. C., Rahman M. M., Saxena M. C., 1993. Current and Future Strategies in Breeding Lentil for Resistance to Biotic and Abiotic Stresses, Euphytica, 73: 127-135.
- Estabrook E.M., Yoder J.I., 1998. Plant-Plant Communications: Rhizosphere Signaling Between Parasitic Angiosperms and Their Hosts. Plant Physiol, 116: 1–7.
- FAO 2014. Faostat, Fao Statistical Database. Retrieved from <http://www.fao.org>, 19 Aralık 2016. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- Farooq M., Hussain M., Wahid A., Siddique, K.H.M., 2012. Drought Stress in Plants: an Overview. In: Aroca, R. (Ed.), Plant Responses to Drought Stress. Springer, Berlin Heidelberg, pp. 1–33.
- Farooq M., Wahid A., Kobayashi N., Fujita D., Basra S.M.A., 2009. Plant Drought Stress:

- Effects, Mechanisms and Management. *Agron. Sustain. Dev.* 29 (1), 185–212.
- Farrant J.M., 2000. A Comparison of Mechanisms of Desiccation Tolerance Among Three Angiosperm Resurrection Plant Species, *Plant Ecol.*, 151: 29-39.
- Fernandez-Aparicio M., Sillero J. C., Rubiales D. 2009. Resistance to Broomrape in Wild Lentils (*Lens spp.*), *Plant Breeding*, 128, 266-270.
- Foyer C.H., Descourvières P., Kunert K.J., 1994. Protection Against Oxygen Radicals: an Important Defence Mechanism Studied in Transgenic Plants. *Plant, Cell & Environment Journal*, 17(5): 507–523.
- Foyer C.H., Halliwell B., 1976. Presence of Glutathione and Glutathione Reductase in Chloroplasts: A Proposed Role in Ascorbic Acid Metabolism. *Planta*, 133: 21-25.
- Foyer C.H., Noctor G., 2009. Redox Regulation in Photosynthetic Organisms: Signaling, Acclimation, and Practical Implications, 11(4): 861-905.
- Gadallah M.A.A., 1999. Effects of Proline and Glycinebetaine on *Vicia faba* Response to Salt Stress. *Biol. Plant.* 42, 249–257.
- Gechev T.S., Breusegem F.V., Stone J.M., Denev I. ve Laloi C. 2006. Reactive Oxygen Species as Signals That Modulate Plant Stress Responses and Programmed Cell Death. *BioEssays* 28, 1091–1101.
- Giannopolities N., Ries S. K., 1977. Superoxide Dismutase. Occurance in Higher Plants. *Plant Physiol.*, 59:309-314.
- Gökçay, D. 2012. Kuraklık Stresi Altında Türk Mercimek (*Lens Culinaris M.*) Çeşitlerinin Fizyolojik Ve Biyokimyasal Taraması. Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Günay E., 2016. Kurağa Dayanıklı ve Duyarlı İki Mercimek Çeşidinde Biyotik Stresin (*Orobancha crenata*) Antioksidan Savunma Sistemine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye
- Haklı E., 2008. Alternatif Sıcaklığın Su Stresi Altındaki Mercimek (*Lens culinaris Medik.*) Çeşitlerinin Çimlenme ve Bazı Fizyolojik Parametreleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Türkiye

- Halliwell B., Gutteridge J.M.C., 1989. Free Radicals in Biology and Medicine. The Effects of Drought on Plants. 737s.
- Hare P.D., Cress W.A., Van Staden J. 1998. Dissecting the Roles of Osmolyte Accumulation During Stress. *Plant, Cell and Environment* 21, 535–553.
- Harinasut P., Tsutsi K., Takabe T., Nomura M., Kishitani S. 1996. Exogenous Glycine Betaine Accumulation an Increased Salt Tolerance in Rice Seedling. *Bioscience Biotechnology and Biochemistr*, 60: 366-368.
- Hasegawa P.M., Bressan R.A., Zhu J.K., Bohnert H.J. 2000. Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 51, 463–499.
- Herzog V., Fahimi H.D. 1973. A New Sensitive Colorimetical Assay for Peroxidase, Using 3, 3-Diaminobenzidine as Hydrogen Donor. *Analytical Biochemistry*, 55: 554–562.
- Holmberg N., Bülow L. 1998. Improving Stress Tolerance in Plants by Gene Transfer. *Trends in Plant Science.* 3: 61–66.
- Iqbal M., Ashraf M., 2005. Changes in Growth, Photosynthetic Capacity and Ionic Relations in Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) Due to Pre-Sowing Seed Treatment with Polyamines. *Plant Growth Regul*, 46,19–30.
- Jones H.G., 1992. *Plants and Microclimate*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Joseph P. J., Gary W. B., Vincent H. S., 2014. *Lentils: Trends in Production, Trade, and Price*. Agricultural Marketing Policy Center Linfield Hall, Montana State Universty.
- Jung S., 2004. Variation in Antioxidant Metabolism of Young and Mature Leaves of *Arabidopsis thaliana* Subjected to drought. *Plant Sci.*, 166: 459-466.
- Jurado-exposito M., Garcia-Torres L., Castejon-munoz M., 1997. Broad Bean and Lentil Seed Treatments with Imidazolinones for the Control of Broomrape (*Orobanche crenata*). *Journal of Agricultural Science*, 129: 307–314.
- Kaiser W.M., 1979. Reversible Inhibition of the Calvin Cycle and Activation of The Oxidative Pentose Phosphate Cycle in Isolated Intact Chloroplasts by Hydrogen Peroxide. *Planta*, 145: 377-382.



- Kalefetoğlu T., Ekmekçi Y., 2005. The Effect of Drought on Plants and Tolerance Mechanism. G.U. Journal of Science, 18(4): 723-740.
- Khedr A.H.A., Abbas M.A., Wahid A.A.A., Quick W.P., Abogadallah G.M., 2003. Proline Induces the Expression of Salt Stress Responsive Proteins and May Improve The Adaptation of *Pancreaticum maritimum* L. to Salt Stress. J. Exp. Bot. 54, 2553–2562.
- Kislev M. E., Yosef O. B., 1988. The Legumes: The Earliest Domesticated Plants in the Near East. Current Anthropology, 29 (1): 175 p.
- Klein O., Kroschel J., 2002. Biological Control of *Orobanche* spp. with *Phytomyza Orobanchia*, A Review. *Bio Control* 47: 245–277.
- Koç M., 2004. Diyarbakır Koşullarında Bazı Kırmızı Mercimek (*Lens culinaris* Medik.) Çeşit ve Hatlarında Verim ve Verimle İlgili Özelliklerin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Türkiye
- Korteniemi M., 2007. A Short Description of Glycine Betain (Bluestim), Marketing and Registration Verdera Oy Luoteisrinne 2 P.O, Box 5 FI-02271 Espoo: FINLAND.
- Kozlowski T.T., Pallardy S.G., 1997. Physiology of Woody Plants, Academic Press, San Diego.
- LeRudulier D.L., Strom A.R., Dandekar A.M., Smith L.T., Valentine R.C. 1984. Molecular Biology of Osmoregulation, Science. 224: 1064–1068.
- Levitt J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses, Vol 1, Academic Press, New York.
- Mabrouk Y., Mejri S., Hemissi I., Simier P., Delavault P., Saidi M., Belhadj O. 2010. Bioprotection Mechanisms of Pea Plant by Rhizobium Leguminosarum Against *Orobanche crenata*, African Journal of Microbiology Research, 4(23), 2570-2575.
- Madhava R.K.V., Sresty T.V.S., 2000. Antioxidative Parameters in The Seedlings of Pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in Response to Zn and Ni Stresses. Plant Sci., 157: 113-128.
- Mansour M.M.F., 2000. Nitrogen Containing Compounds and Adaptation of Plants to Salinity Stress. Biol. Plant. 43, 491–500.

- McKersie B.D., Leshem Y., 1994. *Stress and Stress Coping in Cultivated Plants*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Molla M. R., Ali M. R., Hasanuzzaman M., Al-Mamun M. H., Ahmed A., Nazim-Ud-Dowla M. A. N., Rohman M. M., 2014. “Exogenous Proline and Betaine-induced Upregulation of Glutathione Transferase and Glyoxalase I in Lentil (*Lens culinaris*) Under Drought Stress”, *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 42(1), 73-80.
- Moller I.M., Jensen P.E., 2007. Hansson A. Oxidative Modifications to Cellular Components in Plants, *Annu Rev Plant Biol*, 58, 459-81.
- Murata N., Mohanty P.S., Hayashi H., Papageorgiou G.C., 1992. Glycinebetaine Stabilizes the Association of Extrinsic Proteins with The Photosynthetic Oxygen– Nevolving Complex. *FEBS Lett.* 296, 187–189.
- Nakano Y., Asada K., 1981. Hydrogen Peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts *Plant, Cell, Physiol.*, 22(3), 867-880.
- Osman H.S., 2015. Enhancing Antioxidant Yield Relationship of Pea Plant Under Drought at Different Drowth Stages by Exogenously Applied Glycine Betaine and Proline. *Annals of Agricultural Science.* 60(2), 389–402
- Pan Y., Wu L.J., Yu Z.L., 2006. Effect of Salt and Drought Stress on Antioxidant Enzymes Activities and SOD Isoenzymes of Liquorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch). *Plant Growth Regul.* Article, 49(2): 157–165
- Papageorgiou G.C., Murata N., 1995. The Unusually Strong Stabilizing Effects of Glycine Betaine on The Structure and Function of The Oxygen-Evolving Photosystem II Complex, *Photosynthesis Research*, 44(3),243-252.
- Parker C., 2009. Observations on The Current Status of *Orobanche* and *Striga* Problems Worldwide. A Review. *Pest Manag Sci.* 65: 453–459.
- Peryea FJ., Kammereck R., 1997. Use of Minolta SPAD-502 Chlorophyll Meter to Quantify the Effectiveness of Mid-Summer Trunk Injection of Iron on Chlorotic Pear Trees. *Journal of Plant Nutrition*, 20: 1457-1463.
- Racchi M.L., 2013. Antioxidant Defenses in Plants with Attention to Prunus and Citrus

- spp. Antioxidants, 2: 340-369.
- Rahman MS., Miyake H., Takeo Y., 2002. Effect of Exogenous Glycinebetaine on Growth and Ultrastructure of Salt Stressed Rice Seedlings (*Oryza sativa* L.). *Plant Prod Sci* 5:33-44
- Rai V.K., 2002. Role of Amino Acids in Plant Responses to Stresses. *Biol. Plantarum* 45 (4), 481–487.
- Rhodes D., Hanson A.D., 1993. Quaternary Ammonium and Tertiary Sulphonium Compounds in Higher Plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 44, 357–384.
- Rhodes D., Samaras Y. 1994. Genetic Control of Osmoregulation in Plants. In *Cellular and Molecular Physiology*. 347–361 pp.
- Rubiales D., Alcantara C., Perez-De-Luque A., Gil J., Sillero J.C., 2003: Infection of Chickpea (*Cicer arietinum*) by Crenate Broomrape (*Orobancha crenata*) as Influenced by Sowing Date and Weather Conditions. *Agronomie*, 23: 359–362.
- Salisbury F.B., Ross C.W., 1992. *Plant Physiology*, Wadsworth Publishing Co., California, USA.
- Saneoka H., Nagasaka C., Hahn D. T., Yang W. J., Premachandra G. S., Joly R. J., Rhodes D., 1995. Salt Tolerance of Glycinebetaine–Deficient and –Containing Maize Lines, *Plant Physiol*, 107, 631–638.
- Saraswathi S.G., Paliwal K., 2011. Drought Induced Changes in Growth, Leaf Gas Exchange and Biomass Production in *Albizia lebbek* and *Cassia siamea* Seedlings. *J. Environ. Biol.*, 32, 173–178.
- Sgherry C.L.M., Pinzino C., Navari-Izzo F., 1996. Sunflower Seedlings Subjected to Increasing Water Stress by Water Deficit Changes in  $O_2^-$  Production Related to The Composition of Thylakoid Membranes. *Physiol Plant*, 96: 446-452.
- Sharma V., Singh P., Pandey A.K., Dhawan A., 2012. Induction of Oxidative Stress, DNA Damage and Apoptosis in Mouse Liver After Sub-Acute Oral Exposure to Zinc Oxide Nanoparticles.
- Smirnoff N., 1998. Plant Resistance to Environmental Stresses. *Curr. Opin. Biotechnol.*, 9:

214-219.

- Song W.J., Zhou W.J., Jin Z. L., Cao D.D., Joel D.M., Takeuchi Y., Yoneyama K., 2005. Germination Response of *Orobanch*e Seeds Subjected to Conditioning Temperature, Water Potential and Growth Regulator Treatments. *Weed Research* 45, 467–476.
- Srivalli B., Sharma G., Khanna-Chopra R., 2003. Antioxidative Defence System in Upland Rice Cultivar Subjected to Increasing Intensity of Water Stress Followed by Recovery, *Physiol. Plant.*, 119: 503-512.
- Steward F.C., 1983. *Plant Physiology*, Academic Press, New York and London, 797p.
- Tambussi E.A., Bartoli C.G, Beltrano J., Guiamet, J.J., Araus J.L., 2000. Oxidative Damage to Thylakoid Proteins in Water-Stressed Leaves of Wheat (*Triticum aestivum*), *Physiol. Plant.*, 108: 398-404.
- Ton A., Karaköy T., Anlarsal A.E., 2014. Türkiye’ de Yemelik Tane Baklagiller Üretimnin Sorunları ve Çözüm Önerileri. *Türk Tarım–Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2(4): 175-180.
- Tosun O., Eser D., 1978. Mercimek (*Lens culinaris* M.)’ te Ekim Sıklığı Araştırmaları I- Ekim Sıklığının Verim Üzerine Etkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı*: 28 (1): 218-236.
- Wang N., Daun J.K., 2006. Effects of Variety and Crude Protein Content on Nutrients and Anti-Nutrients in Lentils (*Lens culinaris*). *Food Chem.*, 95(2006):493-502.
- Weretilnyk E.A., Bednarek S., McCue K.F., Rhodes D., Hanson A.D., 1989. Comparative Biochemical and Immunological Studies of The Glycine Betaine Synthesis Pathway in Diverse Families of Dicotyledons. *Planta* 178, 342–352.
- Wigchert S.C.M., Zwanenburg B., 1999. An Expedient Preparation of All Enantiopure Diastereoisomers of Aromatic A-ring Analogues of Strigolactones, Germination Stimulants for Seeds of The Parasitic Weeds *Striga* and *Orobanch*e. *The Royal Society of Chemistry*, 2617–2623.
- Xie X., Yoneyama K., Yoneyama K., 2010. The Strigolactone Story. *Annu. Rev. Phytopathol.* 48: 93-117.
- Zwart F.J., Slow S., Payne R.J., Lever M., George P.M., Gerrard J.A., Chamber S.T.,

2003. Glycine Betaine and Glycine Betaine Analogues in Common Foods. Food Chemistry. 83: 197–204.



## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : MÜGE TEKER

Doğum Yeri : BİGA / ÇANAKKALE

Doğum Tarihi : 25.02.1991

### EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Biyoloji Bölümü

Mezuniyet Tarihi: 03.06.2013

Yüksek Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Bölümü, Bitki Fizyolojisi

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

### BİLİMSEL FAALİYETLERİ

#### Bildiriler

##### a) Uluslararası

1. Demirbas S., Acar O., Teker M., Killi D., Cobanoğlu M.S., Gunay E., Calık B., Salt stress-induced alterations in chlorophyll fluorescence parameters of two cucumber plant varieties, Konstantin Preslavsky University Of Shumen, Faculty of Natural Science, Department of Biology, Second Student Scientific Conference “Ecology and Enviroment”, 16-17 May, 2014.

2. Demirbas S., Acar O., Gunay E., Killi D., Teker M., Cobanoğlu M.S., Calık B., Alterations in chlorophyll fluorescence parameters of melon plants under CaCl<sub>2</sub> and NaCl stress, Konstantin Preslavsky University Of Shumen, Faculty of Natural Science, Department of Biology, Second Student Scientific Conference “Ecology and Enviroment”, 16-17 May, 2014.

##### b) Ulusal

1. Demirbaş S., Acar O., Çalık B., Çobanoğlu M.S., Günay E., Teker M., Tuz Stresinin *Triticum aestivum* L. Bitkisinin Spesifik Yaprak Alanı, Yaprak Kütle Alanı, Büyüme, Bağlı Su İçeriği ve Tohum Çimlenmesine Etkisi, 20. Ulusal Biyoloji Kongresi 2014, 23-27 Haziran, Eskişehir.

2. Demirbaş S., Acar O., Çobanoğlu M.S., Günay E., Killi D., Çalık B., Teker M., *Cucurbita pepo* L. Bitkisinde NaCl ve CaCl<sub>2</sub> Uygulamalarının Fotosentetik Verim Parametreleri Üzerine Etkisi, 22. Ulusal Biyoloji Kongresi 2014, 23-27 Haziran, Eskişehir.

3. Acar O., Demirbaş S., Çalık B., Çobanoğlu M.S., Günay E., Teker M., Killi D.,

Bazı Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Çeşitlerinde Tuz Stresine Karşı Büyüme ve Klorofil Flüoresan Parametrelerinde Meydana Gelen Değişimler, 22. Ulusal Biyoloji Kongresi 2014, 23-27 Haziran, Eskişehir.

4. Teker M., Acar O., Mercimekte Canavar otu ve Kuraklık Stresi Üzerinde Eksojen Glisin Betain' in Etkisi, II. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu 2016, 31 Ağustos-03 Eylül, Mersin.

5. Teker M., Acar O., Günay E., Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Mercimek Çeşitlerinde Uygulanan Kuraklık Stresinin Pigment İçeriğine Etkisi, II. Ulusal Bitki Fizyolojisi Sempozyumu 2016, 31 Ağustos-03 Eylül, Mersin.

### **c)Katıldığı Kurslar**

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Pedagojik Formasyon Sertifika Programı 2014-2015. Tarih/Sayı: 29.06.2015 / 302.99-2587

COST Action FA 1206- Summer Training Course on Parasitic Plants in Cadiz, Spain- 30th June to 4th July 2014 (Burslu)

COST Action FA 1206 “Fall Training Course on SLs Biological effects Phenotyping” Olomouc (Czech Republic) on 19 th - 23rd October 2015 (Bursiyer olarak kabul edilmiştir).

### **İŞ DENEYİMİ**

-Çalıştığı Kurumlar ve Yıl:

Yeni Rota Eğitim Kurumları , Biyoloji Öğretmeni, Ekim – Haziran 2015

### **İLETİŞİM**

Tel: 05077136967

E-posta Adresi: mugeteker.mt@gmail.com