



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ



**KURAĞA DAYANIKLI VE DUYARLI İKİ MERCİMEK ÇEŞİDİNDE
BİYOTİK STRESİN (*OROBANCHE CRENATA* FORSK.) NEDEN
OLDUĞU FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİN
BELİRLENMESİ**

Eda GÜNAY

Biyoloji Anabilim Dalı

ÇANAKKALE

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

**KURAĞA DAYANIKLI VE DUYARLI İKİ
MERCİMEK ÇEŞİDİNDE BİYOTİK STRESİN
(*OROBANCHE CRENATA* FORSK.) NEDEN OLDUĞU
FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL
DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ**

Eda GÜNAY

Biyoloji Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 20/06/2016

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Okan ACAR

ÇANAKKALE

Eda GÜNAY tarafından Doç. Dr. Okan ACAR yönetiminde hazırlanan ve **20/06/2016** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Kurağa Dayanıklı ve Duyarlı İki Mercimek Çeşidinde Biyotik Stresin (*Orobanche crenata* Forsk.) Neden Olduğu Fizyolojik ve Biyokimyasal Değişimlerin Belirlenmesi**” 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

.....

Başkan

Prof. Dr. Cüneyt AKI

.....

Üye

Yrd. Doç. Dr. Sefer DEMİRBAŞ

.....

Üye

Prof. Dr. Levent GENÇ

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Sıra No:.....

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.

Eda GÜNAY

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca yaptığı katkılar, değerlendirmeler ve gösterdiği yolla benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Okan ACAR ve bu konuda çalışmaya başladığımdan beri bana sürekli destek olan ve önemli yardımlarını gördüğüm Yrd. Doç. Dr. Sefer DEMİRBAŞ'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışma süresince aynı laboratuvarında çalışırken tüm zorlukları benimle göğüsleyen arkadaşlarım Müge TEKER, Selim ÇOBANOĞLU, Uzm. Buşra ÇALIK, Sabina BİNALİ ve Ozan Barış KÜRTÜR'e çok teşekkür ederim. Ayrıca Uzm. Ayşe ÇOLAK'a tez çalışmam süresince gösterdiği her türlü katkı için teşekkür ederim.

Hayatımın her evresinde bana destek olan, maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen, aldığım kararlarda yanımda olan sevgili babam Necdet GÜNAY, annem Vesile GÜNAY ve kardeşim Enis GÜNAY' a sonsuz şükranlarımı sunarım. Son olarak, başta doku kültürü ve genetiği laboratuvarında bana sağladığı imkânlar için Prof. Dr.Cüneyt AKI'ya, labratuvarında çalışmama izin veren Kimya Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Nurettin ŞAHİNER'e ve santrifüj kullanımını için laboratuvarını bana açan Doç. Dr. Binnur Meriçli YAPICI'ya, kameralı mikroskop kullanımında imkan sağlayan Doç. Dr. Murat TOSUNOĞLU'na ve her türlü bilimsel sorunun çözümünde benden yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Nihan AKINCI'ya teşekkürlerimi sunarım.

Eda GÜNAY

Çanakkale, Haziran 2016

SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde oranı
Apo	Apoplast
APX	Askorbat peroksidaz
AS	Antioksidan savunma sistemi
ASA	Askorbat
BSA	Bovine Serum Albumin
BRI	Broomrape infection
CAT	Katalaz
cm ²	Santimetrekare
CO	Canavar otu
DHA	Dehidro askorbat
DHAR	Dehidro askorbat redüktaz
E.C.	Uluslar arası Enzim komisyonu
EC	Elektrik iletkenliği
ES	Elektrolit sızıntısı
GPX	Guaiacol peroksidaz
GR	Glutasyon redüktaz
GR 24	Strigol' ün sentetik analogu
GSH	Glutasyon
GSH-Px	Glutasyon peroksidaz
GSSG	Oksitlenmiş glutasyon
g	Gram
H ₂ O	Su
H ₂ O ₂	Hidrojen Peroksit
HD	Hücre duvarı
HZG	Hücre zarı geçirgenliği
K	Kontrol
Kla	Klorofil a
Klb	Klorofil b
Klr	Kloroplast
LMA	Alan başına yaprak kütle oranı
MDA	Malondialdehit

MDHA	Monodehidroaskorbat
MDHAR	Monodehidroaskorbat redüktaz
m ²	Metrekare
mg	Miligram
mL	Mililitre
Mit	Mitokondri
Nuk	Çekirdek
${}^1O^2$	Tekil Oksijen
$O_2^{\cdot-}$	Süperoksit Radikali
OH•	Hidroksil Radikali
P	Kuraklık stresi uygulaması
PCO	Canavar otu + % 10 PEG 6000 ile çift stres uygulaması
PEG-6000	Polietilen glikol 6000
Per	Peroksizom
POX	Peroksidaz
ROT	Reaktif Oksijen Türleri
Sit	Sitokrom
SLA	Spesifik yaprak alanı
sn	Saniye
SOD	Süperoksit dismutaz
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TBA	Tiobarbitürik asit
TBARS	Tiyobarbitürik asit reaktif madde
TCA	Trikloroasetik asit
Top kl	Toplam klorofil
Vak	Vakuol

ÖZET

KURAĞA DAYANIKLI VE DUYARLI İKİ MERCİMEK ÇEŞİDİNDE BİYOTİK STRESİN (*OROBANCHE CRENATA* FORSK.) NEDEN OLDUĞU FİZYOLOJİK VE BİYOKİMYASAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Eda GÜNAY

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Doç. Dr. Okan ACAR

20/06/2016, 78

Bitkiler yaşamları boyunca biyotik ve abiyotik streslere maruz kalmaktadır. Bunlardan kuraklık; fotosentetik pigmentlere, membran lipidlerine, proteinlere ve nükleik asitlere zarar veren reaktif oksijen türlerini (ROT) arttırmakta ve “oksidatif strese” neden olmaktadır. Mercimek tarımında kuraklık ve yabancı ot sorunu verimi olumsuz etkilemektedir. Canavar otları ise bitkinin köküne yapışarak ihtiyacı olan su, besin ve mineralleri konukçusundan temin eden yabancı otlardır. Canavar otu kaynaklı enfeksiyon ayçiçeği, domates, biber ve patlıcanda antioksidan enzim aktivitelerini değiştirmektedir. Ayrıca kuraklığa dayanıklı çeşitlerde de antioksidan enzimlerin aktivitesini artırmaktadır.

Biyotik stres faktörü olan canavar otu (CO), abiyotik stres faktörü olan kuraklık (%10 PEG 6000) (P) ve bunun ikili kombinasyonu (PCO) 21 günlük mercimek fidelere 7 gün boyunca uygulanmıştır. Uygulamayı takiben 1., 3., 5. ve 7. günde örnekleme yapılmıştır. Örneklerde büyüme parametreleri (kök ve gövde uzunlukları, spesifik yaprak alanı (SYA), pigment miktarı) ve biyokimyasal parametreler (protein miktarları, hücre zarı geçirgenliği lipid peroksidasyonu miktarı (TBARS) ve antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, POX, APX, GR, CAT) araştırılmıştır. Kurağa dayanıklı ve duyarlı mercimek çeşitlerinde canavar otu enfeksiyonunun etkileri bu yüksek lisans tezi ile ilk defa sunulmaktadır.

Büyüme parametrelerine göre incelendiğinde, Çiftçi çeşidinde büyüme tüm stresler ile baskılanmıştır. Sultan 1 çeşidindeyse, büyüme stres uygulamalarından etkilenmemiştir. Sultan 1 çeşidi, Çiftçi çeşidine kıyasla stres uygulamaları sonucunda pigment içeriğini korumuştur ve daha düşük HZG'ye sahip bulunmuştur. Biyokimyasal parametreler

incelendiğindeyse, Sultan 1 çeşidinde antioksidan savunmada tüm stres uygulamaları dikkate alındığında CAT ve GR, Çiftçi çeşidinden ise POX'lar öne çıkmaktadır. Sonuçta, kök dokusunda Sultan 1 çeşidi Çiftçi çeşidine kıyasla ilave CAT ve GR aktivite artışlarıyla yüksek antioksidan koruma göstermiştir. Yaprak dokusunda ise Çiftçi çeşidi daha zayıf antioksidan korumaya sahip bulunmuştur. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, kurağa dayanıklı Sultan 1 çeşidinin fizyolojik ve biyokimyasal olarak Çiftçi çeşidine kıyasla CO ve PCO streslerine daha dayanıklı olduğu, bu dayanıklılığın özellikle kök dokusunda belirginleştiği söylenebilir.

Anahtar sözcükler: Antioksidan Savunma Sistemi, Canavar Otu, Kuraklık, Mercimek



ABSTRACT

DETERMINATION OF THE PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL CHANGES CAUSED BY BIOTIC STRESS (*OROBANCHE CRENATA* FORSK.) IN DROUGHT SENSITIVE AND RESISTANT LENTIL VARIETIES

Eda GÜNAY

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Master of Science Thesis in Biology

Advisor : Doç. Dr. Okan ACAR

20/06/2016, 78

Plants have affected from biotic and abiotic stresses during their lives. Drought stress has harmful effects to plant cells via oxidative stress, which is produce Reactive Oxygen Species (ROS) in subcellular components. Drought is one of the most limiting factors of lentil yield production. Besides, in agricultural areas has another limiting factor in lentil yield: broomrapes. Broomrapes (*Orobanche* and *Phelipanche* spp.) are obligate root holoparasite plants and take from their host plant's assimilates. *Orobanche crenata* causes high yield losses on plants such as tomato, eggplant, potato, tobacco and lentil.

It was shown that antioxidant defense enzymes increased via broomrape infection (BRI) in sunflower, tomato, pepper and eggplants. Drought has also increased the level of antioxidant enzymes in lentil plants. However, we have not any knowledge about the effects of these stresses on antioxidant enzymes of drought –resistant and –susceptible lentil varieties.

In this study BRI, %10 PEG 6000 (P) and PBRI stresses were treated on 21 d lentil seedlings during 7 d and sampling on 1st – 3rd – 5th – 7th days. Plant samples were used for analyses of growth (SYA, root/shoot lengths, pigment amounts) and biochemical parameters (Protein, electrolyte leakage, TBARS, SOD, POX, APX, GR, and CAT).

Our results show that pigment amounts and electrolyte leakage was not change in cv. Sultan 1 from stress treatments than cv. Çiftçi. Otherwise, GR and CAT was more effectively in cv. Sultan1 and POX in cv. Çiftçi for protection against oxidative stress. In conclusion, cv. Sultan 1 show that high increases with CAT and GR in root tissues than cv.

Çiftçi. Our results indicated that cv. Sultan 1 has good antioxidant protection against BRI and PBRI stress treatments than cv. Çiftçi in leaf and root tissues.

Keywords: Antioxidant Defense System, Broomrape, Drought, Lentil



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1. Mercimek (<i>Lens culinaris</i> Medik.)	1
1.2. Bitkilerde Stres	3
1.3. Bitkilerde Antioksidan Savunma Sistemi.....	4
1.3.1. Enzimatik Olmayan Antioksidan Savunma Sistemi.....	5
1.3.2. Enzimatik Antioksidan Savunma Sistemi.....	5
1.4. Mercimek Üretimini Etkileyen Stres Faktörleri	8
1.4.1 Kuraklık Stresi.....	8
1.4.2. Canavar Otu Paraziti.....	11
1.4.2.1. <i>Orobanche crenata</i> Forsk.	14
BÖLÜM 2	
ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	16
BÖLÜM 3	
MATERYAL VE METOT	21
3.1. Bitki Materyali.....	21
3.2. Bitkilerin Su kültürü Yöntemiyle Yetiştirilmesi.....	21
3.3. Bitki Ölçümleri ve Analiz Yöntemleri.....	23
3.3.1. Gövde ve Kök Uzunluğu	23
3.3.2. Spesifik Yaprak Alanı (SYA)	24
3.3.3. Pigment İçeriğinin Belirlenmesi.....	24
3.3.4. Toplam Protein Analizi.....	24
3.3.4.1. Protein Standardının Hazırlanması	24
3.3.4.2. Protein İçeriğinin Belirlenmesi	25
3.3.5. Antioksidan Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi	25

3.3.5.1. Süperoksit Dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) Aktivitesi	25
3.3.5.2. Askorbat Peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) Aktivitesi	26
3.3.5.3. Glutasyon Redüktaz (GR; EC 1.6.4.2) Aktivitesi	26
3.3.5.4. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) Aktivitesi	26
3.3.5.5. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) Aktivitesi	27
3.3.6. Lipid Peroksidasyonu (TBARS) Miktarının Belirlenmesi	27
3.3.7. Hücre Zarı Geçirgenliği (Elektrolit Sızıntısı)	27
BÖLÜM 4	
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	28
4.1. Araştırma Bulguları.....	28
4.1.1. Büyüme Parametreleri	28
4.1.1.1. Gövde Uzunluğu	28
4.1.1.2. Kök Uzunluğu	29
4.1.1.3. Spesifik Yaprak Alanı (SYA)	31
4.1.2. Pigment İçeriği	32
4.1.3. Protein İçeriği	36
4.1.4. Hücre Zarı Geçirgenliği (HZG).....	38
4.1.5. Lipit Peroksidasyon Miktarı.....	41
4.1.6 Antioksidan Enzim Aktivitelerinde Meydana Gelen Değişimler	44
4.1.6.1. SOD Aktivitesindeki Değişimler	44
4.1.6.2. POX Aktivitesindeki Değişimler	47
4.1.6.3. GR Aktivitesindeki Değişimler.....	50
4.1.6.4. CAT Aktivitesindeki Değişimler	53
4.1.6.5. APX Aktivitesindeki Değişimler	56
4.1.7.İstatistiksel Bulgular	58
BÖLÜM 5	61
SONUÇ VE ÖNERİLER	61
KAYNAKLAR	68
ÖZGEÇMİŞ	I

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Ülkelere göre mercimek üretimi.....	2
Şekil 1.2. Bitkilerde reaktif oksijen türlerinin temizleme yolları	7
Şekil 1.3. Kuraklık stresi altındaki bitkilerde meydana gelen fizyolojik ve moleküler cevaplar	9
Şekil 1.4. Mercimek bitkisinin büyümesi üzerine kuraklık stresinin etkisi	9
Şekil 1.5. Canavar otunun yaşam döngüsü	12
Şekil 3.1. Su kültürü yöntemiyle bitkilerin yetiştirilme deseni.	21
Şekil 3.2. GR 24 uygulandıktan bir hafta sonra <i>O. crenata</i> Forsk. tohumlarındaki çimlenme	22
Şekil 3.3. Mercimek fidelerine enfekte edilen <i>O. crenata</i> tohumlarını içeren diskler ve köke enfekte olan <i>O. crenata</i> tohumu	23
Şekil 3.4. BSA standart protein grafiği	25
Şekil 4.1. Sultan 1 çeşidinin gövde uzunluğunda meydana gelen değişimler	28
Şekil 4.2. Çiftçi çeşidinin gövde uzunluğunda meydana gelen değişimler	29
Şekil 4.3. Sultan 1 çeşidinin kök uzunluğunda meydana gelen değişimler	30
Şekil 4.4. Çiftçi çeşidinin kök uzunluğunda meydana gelen değişimler	30
Şekil 4.5. Sultan 1 çeşidinin spesifik yaprak alanında meydana gelen değişimler	31
Şekil 4.6. Çiftçi çeşidinin spesifik yaprak alanında meydana gelen değişimler	32
Şekil 4.7. Sultan 1 çeşidine ait toplam karotenoid miktarında meydana gelen değişimler ..	32
Şekil 4.8. Sultan 1 çeşidine ait klorofil a miktarında meydana gelen değişimler	33
Şekil 4.9. Sultan 1 çeşidine ait klorofil b miktarında meydana gelen değişimler	33
Şekil 4.10. Sultan 1 çeşidine ait toplam klorofil miktarında meydana gelen değişimler ...	34
Şekil 4.11. Çiftçi çeşidine ait toplam karotenoid miktarında meydana gelen değişimler ...	35
Şekil 4.12. Çiftçi çeşidine ait klorofil a miktarında meydana gelen değişimler	35
Şekil 4.13. Çiftçi çeşidine ait klorofil b miktarında meydana gelen değişimler	36
Şekil 4.14. Çiftçi çeşidinin toplam klorofil miktarında meydana gelen değişimler	36
Şekil 4.15. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki toplam protein miktarında meydana gelen değişimler	37
Şekil 4.16. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki toplam protein miktarında meydana gelen değişimler	37
Şekil 4.17. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki toplam protein miktarında meydana gelen değişimler	38
Şekil 4.18. Çiftçi çeşidinin köklerindeki toplam protein miktarında meydana gelen değişimler	38
Şekil 4.19. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişimler	39
Şekil 4.20. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişimler	40
Şekil 4.21. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişimler	40
Şekil 4.22. Çiftçi çeşidinin köklerindeki hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişimler	41
Şekil 4.23. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki TBARS miktarında meydana gelen değişimler	42
Şekil 4.24. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki TBARS miktarında meydana gelen değişimler	43
Şekil 4.25. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki TBARS miktarında meydana gelen değişimler	

.....	43
Şekil 4.26. Çiftçi çeşidinin köklerindeki TBARS miktarında meydana gelen değişimler ..	44
Şekil 4.27. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler	45
Şekil 4.28. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler	46
Şekil 4.29. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler	46
Şekil 4.30. Çiftçi çeşidinin köklerindeki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler	47
Şekil 4.31. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki POX aktivitesinde meydana gelen değişimler	48
.....	48
Şekil 4.32. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki POX aktivitesinde meydana gelen değişimler	48
Şekil 4.33. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki POX aktivitesinde meydana gelen değişimler	49
Şekil 4.34. Çiftçi çeşidinin köklerindeki POX aktivitesinde meydana gelen değişimler	50
Şekil 4.35. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki GR aktivitesinde meydana gelen değişimler	51
.....	51
Şekil 4.36. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki GR aktivitesinde meydana gelen değişimler ..	51
Şekil 4.37. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki GR aktivitesinde meydana gelen değişimler .	52
Şekil 4.38. Çiftçi çeşidinin köklerindeki GR aktivitesinde meydana gelen değişimler	53
Şekil 4.39. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler	53
.....	53
Şekil 4.40. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler	54
Şekil 4.41. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler	55
Şekil 4.42. Çiftçi çeşidinin köklerindeki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler	55
Şekil 4.43. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki APX aktivitesinde meydana gelen değişimler	56
.....	56
Şekil 4.44. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler	57
Şekil 4.45. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki APX aktivitesinde meydana gelen değişimler	57
Şekil 4.46. Çiftçi çeşidinin köklerindeki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler	58

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1. Enzimik ve enzimik olmayan antioksidan moleküller ve bulunduğu yerler	6
Çizelge 1.2. Mercimekte verim kayıplarına neden olan zararlı, hastalık ve yabancı otlar..	10
Çizelge 1.3. Canavar otu türleri ve konukçu bitkileri	13
Çizelge 4.1. Sultan 1 ve Çiftçi çeşitlerinin gövde uzunluğu SYA ve klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, karotenoit, protein, HZG, TBARS, SOD, POX, APX, GR ve CAT enzim aktivitelerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları	59
Çizelge 4.2. Sultan 1 ve Çiftçi çeşitlerinin kök uzunluğu, protein, HZG, TBARS, SOD, POX, APX, GR ve CAT enzim aktivitelerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları.....	60



BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1. Mercimek (*Lens culinaris* Medik.)

Mercimek (*Lens culinaris* Medik. $2n=14$) Fabaceae familyasına ait tek yıllık otsu bir bitkidir. *Lens* cinsi, kültür mercimeği (*Lens culinaris*) ve dört yabani türü (*Lens ervoides* Brign, *Lens montbretii* F. Sc and Mey., *Lens nigricans* Bieb ve *Lens orientalis* Boiss) içermektedir (Singh ve Jauhar, 2005). Bitki tipi ve çiçek tozlarının morfolojik benzerliği nedeniyle *Lens culinaris*'in *Lens orientalis*'ten türediği kabul edilmektedir. 1987'de Alman botanikçi Medikus tane şeklini dikkate alarak mercimeği *Lens culinaris* olarak adlandırmıştır. Kökeni Yakın doğu, Orta Asya ve Doğu Akdeniz olarak bilinmekte ve ilk çağlardan beri önemli bir besin kaynağı olarak yetiştirilmektedir (Şehriali, 1988). Protein içeriğine sahip taneleri insan besini, yeşil kısımları hayvan yemi olarak tüketilmektedir (Potter ve Hotchkiss, 1996; Wang ve ark., 2009).

Arkeolojik çalışmalar mercimeğin tarihinin tarım kadar eski olduğunu göstermiştir. Yunanistan'ın Franchthi Mağarasında M.Ö 11.000 yılına ait kömürleşmiş mercimek tohumları bilinen en eski kalıntılarıdır. M.Ö 8500-600 yıllarında Türkiye, Suriye, Irak bölgesinde mercimeğin varlığı doğrulanmış ve Avrupa ülkelerine buralardan ıslah edilerek yayılmıştır (Oplinger ve ark., 1990).

Mercimek ince bir gövdeye sahip otsu ve tek yıllık bir bitkidir. Boyu 20-75 cm arasında değişen, yaprakları birleşik ve ince bir kök sistemine sahiptir. Beyaz çiçekli ve meyveleri disk şeklindedir. Mercimek tohum boyutuna göre makrosperm (6-9mm) ve mikrosperm (2-6mm) olmak üzere ikiye ayrılır. Tohum kabuğuna göre kırmızı, yeşil, sarı, kahverengi, siyah ve benekli olabilir. Optimum yetişme sıcaklığı 18-24 °C aralığında serin veya ılıman iklim bitkisidir. Kuraklık ve yüksek sıcaklığa orta dercede dayanıklı olmakla birlikte yabancı otlara karşı zayıf dayanıksız bir bitkidir (Nelya ve ark., 2016).

Dünya ölçeğinde Türkiye en önemli mercimek üreticisi ülkeler içerisinde Kanada ve Hindistan'nın ardından üçüncü sırada yer almaktadır (FAO, 2014; Joseph ve ark., 2014) (Şekil 1.1.). Bununla birlikte, baklagil üretimi içerisinde, mercimek üretimi Türkiye'de ekim alanı ve üretim bakımından nohuttan sonra ikinci sıradadır (Ton ve ark., 2014). Türkiye'de baklagiller arasından mercimek üretimi yaygın olmakla birlikte kırmızı mercimek Güney Doğu'da, yeşil mercimek ise Orta Anadolu'da yetiştirilmektedir (Şehriali, 1988). Buna rağmen, iç piyasada tüketilen mercimeğin önemli bir kısmının ithal

ediliyor olması, yetersiz üretimin bir sonucu olarak karşımıza çıkmaktadır (Leftfield, 2015).



Şekil 1.1. Ülkelere göre mercimek üretimi (FAO 2014)

Gıda, yem ve tarımda mercimek yetiştiriciliği önemli bir role sahiptir. Kuru tanelerinin besin değeri oldukça yüksektir. Mercimek 100 g başına besin içeriği 335 kalori, 22.5 g protein, 1.0 g yağ ve 60.0 g karbonhidrat içeriği ile baklagiller arasında bezelyeden sonra en zengin besin içeriğine sahiptir (Ladizinsky, 1979; Kislev ve Yosef, 2015). Mercimek tohumları aynı zamanda başta B vitamini ve Fe olmak üzere Ca, Mn, Na, Cu, Zn ve P gibi temel mineraller için iyi bir besin kaynağıdır (Peşken ve Artık, 2004).

Baklagiller toprak ıslahı açısından önemli bir ailedir. Azot fiksasyonu ve yeşil gübre olarak kullanıldıklarında toprağa katacakları organik maddeler nedeniyle toprağı zenginleştirici özelliğe sahiptirler. Bitkinin hasadından sonra, köklerin içerdiği yüksek miktarda azotlu organik bileşiklerin, toprakta bulunan mikroorganizmalar tarafından parçalanarak bir kısmı ayrışmakta ve daha sonra ekilen bitkiler bu azottan yararlanmaktadır. Ayrıca baklagil kökleri toprağı havalandırmakta, toprak sıkışmasını önlemekte, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirerek toprak verimliliğine de katkı sağlamaktadır (Şehirli, 1988; Ton ve ark., 2014). Mercimeğin tane/sap oranı 1/1.5 olup, saplarında da %13.74 protein bulunması hasattan sonra toprağı karışarak kendisinden sonra ekilecek bitkinin kullanımına sunulmakta veya hayvan yemi olarak yarar sağlamaktadır (Şehirli, 1988; Engin, 1989; Toğay ve Anlarsal, 2008). Mercimek köklerinde simbiyont *Rhizobium leguminosarum* ile havanın serbest azotu toprağı bağlanmaktadır. Böylece kendisinden sonra ekilecek bitkiye azotça zengin bir toprak bırakmaktadır (Tosun ve Eser; 1978; Sepetoğlu, 2002).

1.2. Bitkilerde Stres

Bitkiler doğada birçok biyotik ve abiyotik stres faktörü ile karşılaşmaktadırlar (Levit, 1980). Biyotik faktörler; mikroorganizmaları (fungus, bakteri ve virüs), yabancı ot ve zararlı hayvanları kapsarken (Lichtenhaler, 1995) abiyotik faktörler ise kuraklık, ışık, sıcaklık, radyasyon, kimyasallar, manyetik ve elektriksel alanlar gibi çevre faktörlerini içermektedir (Lawlor, 2002). Biyotik ve abiyotik çevresel etmenlerin ayrı ayrı veya birlikte bitkinin fizyolojisinde meydana getirdikleri değişimler **stres** olarak ifade edilmektedir (Taiz ve Zieger, 2002). Dünya üzerindeki kullanılabilir alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldığında abiyotik stres faktörü olan kuraklık stresi %26'lık payla en büyük dilimi içermektedir. Bunu %20 ile mineral stresi ve %15 ile soğuk ve don stresi takip etmektedir. Bunların dışında kalan diğer tüm stresler %29'luk bir pay alırken, yalnızca %10'luk bir alan herhangi bir stres faktörüne maruz kalmamaktadır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Bunlar içerisinde kuraklık dünyada bitkisel üretimi sınırlandıran en önemli faktörlerden birisidir (Boyer, 1982) ve dünya üzerindeki ekilebilir alanlarda görülen stres faktörleri içinde en büyük paya sahip olduğundan dünya tarım alanlarının büyük bir bölümünü etkilemektedir (Kutlu, 2010).

Bitki hücrelerinde normal aerobik yaşamın normal ürünü olarak üretilen reaktif oksijen türlerinin (ROT) biyotik ve abiyotik stres koşulları altında aşırı üretilmesi sonucunda "**oksidatif stres**" meydana gelir. Hücrede ROT oluşumu üzerine yapılan araştırmalar stres fizyolojisinde temel sorunların aydınlatılmasında büyük önem taşımaktadır. Bitkiler ROT seviyesini kontrol etmek ve stres koşullarında hücreleri korumak için enzimler ve düşük molekül ağırlıklı antioksidanlar içerirler. Hücrelerde bulunan enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemi ROT'ların detoksifiye edilmesinde çok etkilidir (Blokhina 2000; Apel ve Hirt 2004; Botella ve ark., 2005).

Stres etmenlerinin neden olduğu zarar; bitkinin türüne, aynı türün farklı çeşitleri arasında dayanıklılık ve adaptasyon yeteneğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu nedenle strese dayanıklılık mekanizmasının aydınlatılması ve dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi önemlidir (Büyük ve ark., 2012). Tüketilen O₂ hücre içerisinde (kloroplast, mitokondri, endoplazmik retikulum, peroksizom) ROT'lara (süperoksit radikali, tekil oksijen, hidrojen peroksit, hidroksil radikali) dönüştürülür (Çizelge 1). ROT'lar yaşamsal faaliyetlerin bir sonucu olarak bütün organizmalarda üretilmektedir ve eşleşmemiş elektron içeren moleküller olup oldukça reaktiftirler. Bitki hücrelerinde, kloroplastlar en önemli hücre içi ROT üretim bölgeleridir (Asada, 1999). Aslında hücre metabolizmasının doğal

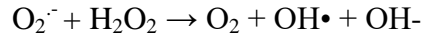
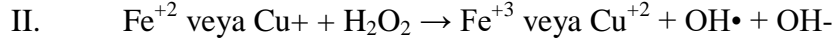
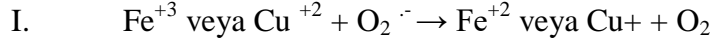
bir yan ürünü olan ROT'lar sinyal iletim mekanizmasında önemli rol oynamaktadırlar (Öztürk ve ark., 2015). Stres koşullarında ROT üretiminin arttığına ilişkin çok sayıda rapor mevcuttur (Moller ve ark., 2007; Foyer ve Noctor, 2009). Hücresel ROT konsantrasyonunun artmasına bağlı olarak meydana gelen oksidatif stres (Moller ve ark., 2007) lipitlerin peroksidasyonuna, proteinlerin denatürasyonuna, nükleik asit hasarına, DNA mutasyonuna, enzim inhibisyonuna, programlı hücre ölümünün aktivasyonuna ve hücrelerin ölümüne kadar birçok hasara yol açabilir (Büyük ve ark., 2012). Bitkiler ROT'nin artması ile oluşan oksidatif stresin negatif etkilerini azaltmak için enzimatik ve enzimatik olmayan antioksidan savunma sistemlerine sahiptirler (Foyer ve Noctor, 2009). Stres koşulları altında hücreleri korumak ve ROT düzeylerini kontrol altında tutabilmek için bitki dokuları ROT'ni ortadan kaldıran çeşitli enzimler ve düşük moleküler ağırlığa sahip antioksidanları (askorbat, glutatyon, fenolik bileşikler, tokoferoller) içermektedirler.

1.3. Bitkilerde Antioksidan Savunma Sistemi

Enzimatik antioksidanlar süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT), peroksidaz (POX), guaiacol peroksidaz (GPX), glutatyon peroksidaz (GSH-Px), askorbat peroksidaz (APX), monodehidroaskorbat redüktaz (MDHAR), dehidro askorbat redüktaz (DHAR) ve glutatyon redüktaz (GR)'ı içermektedir. Enzimatik olmayan antioksidanlar indirgenmiş glutatyon (GSH) ve askorbat (ASA) karotenoidler, tokoferoller ve fenolik bileşikler içermektedir (Foyer ve Noctor, 2009). Kloroplastlar, mitokondri, peroksisom, sitozol ve stroma gibi çeşitli hücre organellerinde ve bölümlerinde, ROT üretimi gerçekleşmekte ve antioksidan sistemler tarafından süpürülmektedir (Racchi, 2013) (Çizelge 1.1.). SOD, ROT'ları hidrojen peroksit (H₂O₂) dönüştürerek ilk savunma hattını oluşturmaktadır. Burada, askorbat ve GSH ana rol oynar. Askorbat-GSH döngüsünün APX monodehidroaskorbat (MDHA) içerisine askorbat oksidasyonu ile H₂O₂, H₂O'ya dönüştürür. Daha sonra, NAD(P)H varlığında MDHAR askorbatı MDHA'a dönüştürür. Ayrıca kuraklık ile uyarılan oksidatif strese dayanılılıkta SOD aktivitesi arasında güçlü bir korelasyon olduğunu belirtilmektedir (Pan ve ark., 2006)

Bitki hücrelerindeki H₂O₂'in büyük bölümü süperoksit radikallerinin, SOD ile dismutasyonu sonucu oluşmaktadır ($O_2 \cdot^- + O_2 \cdot^- \rightarrow 2H_2O + H_2O_2 + {}^1O_2$). Oluşan ¹O₂ ve H₂O₂ serbest radikal değildir. ¹O₂ lipid peroksidasyonuna neden olurken, H₂O₂ çeşitli (GSH, CAT) enzimler ile su ve oksijene dönüştürülür. Hidroksil radikali (OH•), Fenton reaksiyonu ve Haber-Weiss reaksiyonu sonucu H₂O₂'den oluşmaktadır. OH• moleküllerle rastgele reaksiyona girebilen en reaktif serbest radikaldir. Ayrıca yarılanma ömrü çok

kısadır (Smirnof, 1993; Büyük ve ark., 2012). Haber-Weiss reaksiyonu iki kimyasal reaksiyondan oluşmaktadır (I. II.) Süperoksit molekülü Fe⁺³ veya Cu⁺² ile reaksiyona girer. Bunun sonucunda Fe⁺² veya Cu⁺ ile O₂ oluşur.



1.3.1. Enzimatik Olmayan Antioksidan Savunma Sistemi

Lipid membranda çözünebilen (tokoferoller ve karotenoitler) 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 oynamaktadır (Asada, 1999).

Askorbat (C vitamini) suda çözünen, fotosentezin düzenlenmesinde ve foto korumada görevli güçlü bir antioksidandır (Noctor ve Foyer, 1998). O₂⁻ ve OH• ile reaksiyona girerek ortamdaki temizler ve böylece lipidleri oksidasyona karşı korur. Ayrıca hücre döngüsünde G1 ve S fazının düzenlenmesinde yer alarak hücre döngüsünü düzenler (Blokhina ve ark., 2003)

Bitkilerde bulunan tokoferoller antioksidan bileşikler olarak klorofil ile ışığın interaksyonu sonucu oluşan ¹O₂ süpürür ve ayrıca OH• süpürerek lipid peroksidasyonunu inhibe eder.

Fenoller yüksek hidrojen ve elektron verici olarak görev alırken, geçiş metal iyonlarını şelatlama yeteneğine sahip olmakla birlikte fenolik bileşikler bitki hücrelerinde H₂O₂ temizleme aşamalarında görev alarak ROT'nin meydana getirdiği hasarı önlemektedirler Bitki hücresinde oluşan serbest radikaller ile bunların süpürücüsü olan antioksidan savunma sistemi arasında bir denge vardır (Blokhina ve ark., 2003).

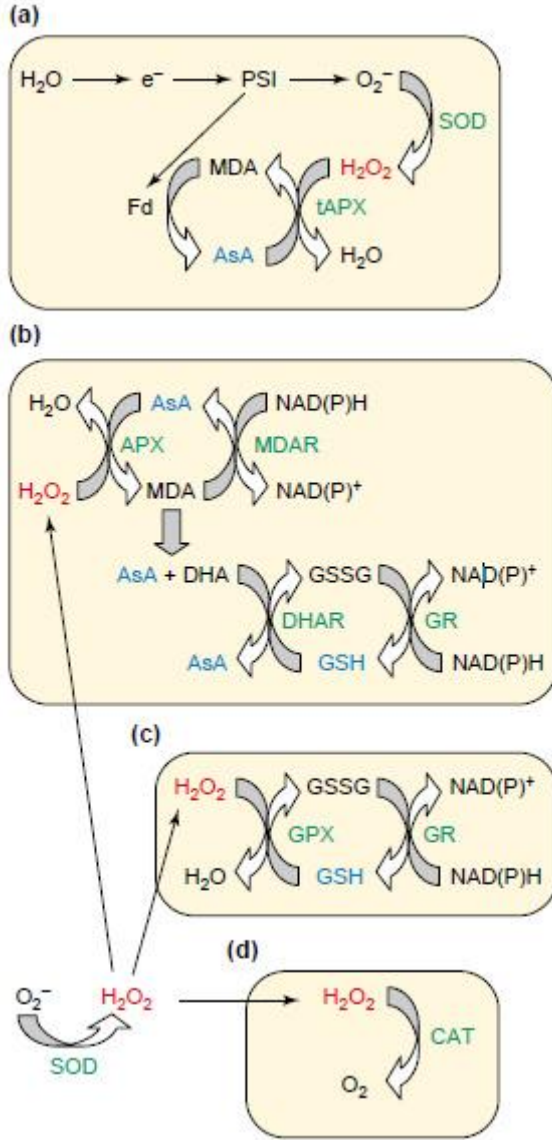
1.3.2. Enzimatik Antioksidan Savunma Sistemi

APX, CAT, SOD gibi antioksidan enzim aktiviteleri kuraklık, sıcaklık ve tuzluluk gibi çeşitli abiyotik ve biyotik streslere yanıt olarak düzenlenmektedir (Fazeli ve ark., 2007). Stres durumu bu enzimlerin aktivitesini artırır. Kloroplast ve mitokondrideki SOD, APX ve GR, H₂O₂'i temizlerlerken diğer enzimatik antioksidanlardan CAT ve POX, H₂O₂ ayrıca serbest radikalleri ve oksiamaddeleri süpürücü yeteneğine sahiptir. CAT ve SOD

antioksidan enzimlerden en etkinleri olup birlikte $O_2^{\bullet-}$ ve H_2O_2 'i H_2O ve moleküler O_2 'e dönüştürürler. SOD ve CAT $O_2^{\bullet-}$ ve H_2O_2 'in yıkımında görev alırken SOD, CAT, APX ve GR spesifik hücre içi lokalizasyonunda görevlidir (Foyer ve ark., 1994). SOD ve CAT birlikte son derece reaktif ve toksik olan tüm moleküllerle reaksiyona girebilen $OH\bullet$ ortadan kaldırmaktadır (Asada, 1999). Bir hücrenin içinde SOD ROT'a karşı ilk savunma hattını oluşturmaktadır (Alscher, 2002). Birçok stres durumu yapraklarda SOD aktivitesinde artışa neden olmaktadır (Demirbaş ve Acar, 2008). SOD, $O_2^{\bullet-}$ radikalının daha az reaktif olan H_2O_2 'e indirgenmesini katalize eder. Bir radikal üzerine direkt olarak hareket eden tek enzimdir. Hidrojen iyonu kullanır ve oksijen üretir. Toksik ve reaktif olan $O_2^{\bullet-}$ 'i süpürerek hücreleri korur. CAT ise H_2O_2 'i suya ve oksijene dönüştürerek süpüren bir enzimdir (Racchi, 2013)(Çizelge 1.1.).

Çizelge 1.1. Enzimik ve enzimik olmayan antioksidan moleküller ve bulunduğu yerler (Racchi, 2013).

Enzimatik olmayan antioksidan moleküller	EC numarası	Bulunduğu yer	Birincil ROT
Askorbat (C vitamini)		Klr, Sit, Mit, Per, Apo	H_2O_2 , $O_2^{\bullet-}$
Glutasyon redüktaz (GSH)		Mit, Nuk, Per, Klr, Sit, Apo	H_2O_2
Karotenoit		Vak,	1O_2
Tokoferol (Vitamini E)		Klr,	ROOH,
		Hücre ve plastid zar	1O_2
Zeaksantin		Klr,	1O_2
Antioxidan enzimler			
Süperoksit dismutaz (SOD)	1.15.1.1	Sit, Apo, (Cu/ZnSOD); Klr, (Cu/ZnSOD; FeSOD); Mit (MnSOD); Per, (Cu/ZnSOD)	$O_2^{\bullet-}$
Ascorbat peroksidaz (APX)	1.11.1.11	Klr, Sit, Mit, Per, Apo	H_2O_2
Katalaz (CAT)	1.11.1.6	Per	H_2O_2
Peroksidaz (POX)	1.11.1.7	Sit; HZ	H_2O_2
Glutasyon peroksidaz (GPX)	1.11.1.19	Sit, Mit,	H_2O_2 , ROOH
Glutasyon redüktaz (GR)	1. 6.4.2	Mit, Sit, Klr, Per	ROOH



Şekil 1.2. Bitkilerde reaktif oksijen türlerinin temizleme yolları (DHA, dehidroaskorbat; DHAR, DHA redüktaz; Fd, ferrodoksin; GR, glutasyon redüktaz; GSSG, oksitlenmiş glutasyon; MDA, monodehidroaskorbat; MDAR MDA redüktaz; PSI, fotosistem I; tAPX, tilakoit bağlı APX) (Mittler, 2002)

- Su- su döngüsü (Mehler reaksiyonu)
- Askorbat-glutasyon döngüsü
- Glutasyon peroksidaz (GPX) döngüsü
- Katalaz (CAT)

SOD, O₂⁻'i H₂O₂ dönüştürerek ilk savunma hattı olarak hareket eder. Sonra H₂O₂; APX, GPX ve CAT tarafından detoksifiye edilir. Döngünün yenilenebilmesi için APX,

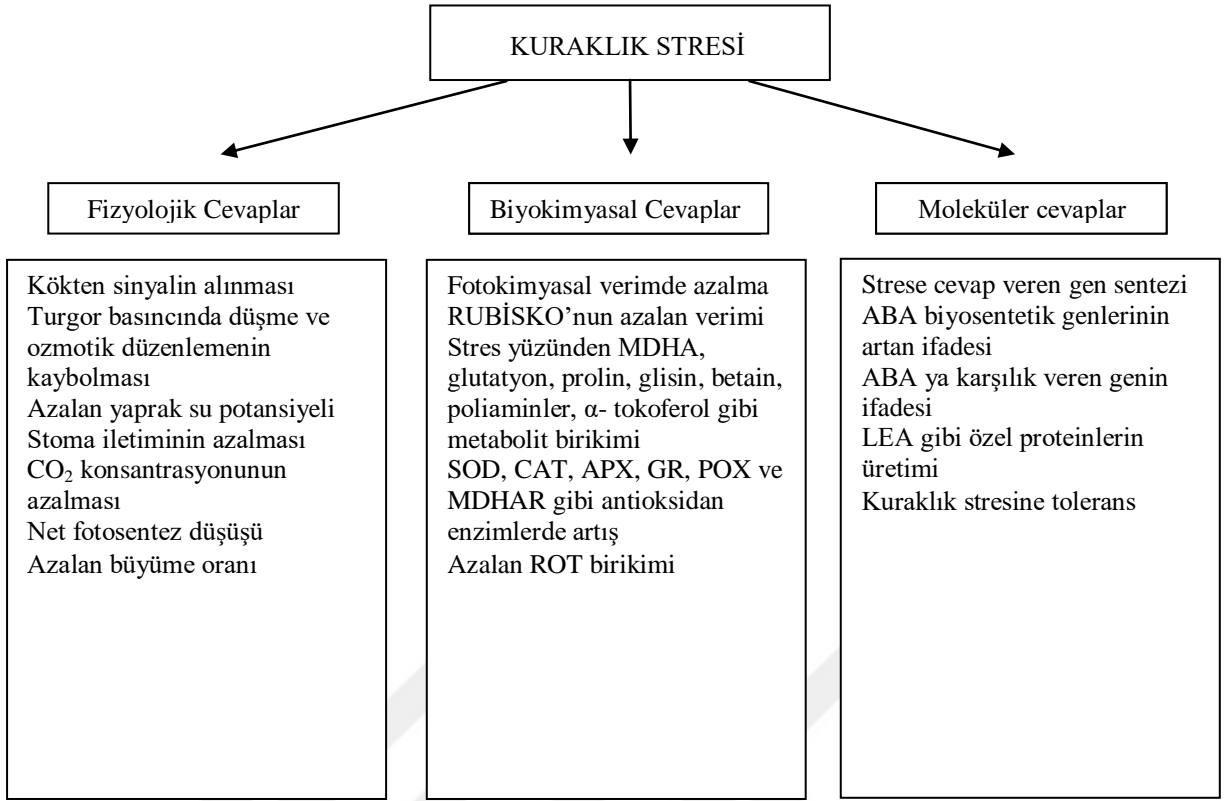
GPX ve CAT (d) bir askorbat (ASA) veya bir glutatyona (GSH) gerek duyar (a-c). ROT kırmızı, antioksidanlar mavi ve ROT süpürücü enzimler yeşil renk ile gösterilmiştir (Şekil 1.2).

1.4. Mercimek Üretimini Etkileyen Stres Faktörleri

1.4.1 Kuraklık Stresi

İklim değişiklikleri; artan sıcaklık, azalan nem ve düzensiz yağış rejiminin bir sonucu olarak kuraklık önemli ve güncel bir sorun olarak tarla bitkilerini ve doğal olarak da baklagilleri etkileyecektir (Erskine ve ark., 1993). Birçok tarım bitkisi gibi mercimek de kuraklık vb. streslerden olumsuz etkilenmektedir.

Yağış ortalamaları mevsimsel ortalamaların altında, sıcaklık ise mevsimsel ortalamaların üzerinde seyreden dönemlerde nem oranında ve kullanılabilir sudaki azalma kuraklığı meydana getirir. Düzensiz yağış rejimi ve su kaynaklarının kıtlığı nedeni ile kullanılabilir suyun azalması sonucu oluşan kuraklık, Dünyada bitkisel üretimi sınırlandıran en önemli faktörlerden birisidir (Boyer, 1982) ve Dünya üzerindeki ekilebilir alanlarda görülen stres faktörleri içinde en büyük paya sahiptir (Blum, 1989a, b). Son küresel iklim değişiklikleri bu durumu ciddi hale getirmekle birlikte tarım alanlarının büyük bir bölümünü etkilemektedir ve gıda güvenliğini tehditmektedir (Tas ve Tas., 2007). Su stresi altındaki bitkilerde ilk olarak ortaya çıkan değişiklik su kaybını engellemek amacıyla stomaların kapanmasıdır (Örs ve Ekinci, 2015). Kurak stresi bitkilerde, transpirasyon ile su kaybını en aza indirmek amacıyla stomalarını hızlı bir şekilde kısar veya kapatırlar. Buna bağlı olarak CO₂ alınımı azalır ve fotosentetik verim olumsuz yönde etkilenir. Kuraklık stresi altında bitkide dokular arasındaki su dengesi bozulur, turgor basıncı düşer, hücre uzaması, genişlemesi ve mitoz bölünmede bozulmalar meydana gelir. Hücre büyümesindeki gerileme bitki boyu ve yaprak alanında azalmalar, kök genişlemesinde azalmalara neden olup bitki büyümesini olumsuz yönde etkiler. Fotosentez ve solunum yavaşlar veya durur. Bitkilerin kuraklık stresi altında gerçekleşen en önemli biyokimyasal değişiklik, fotosentez hızının düşmesine bağlı ¹O₂, O₂⁻ ve H₂O₂, gibi reaktif oksijen bileşiklerinin oluşmasıdır (Bhargava ve Sawant, 2013) (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. Kuraklık stresi altındaki bitkilerde meydana gelen fizyolojik ve moleküler cevaplar (Shao ve ark., 2008b)



Şekil 1.4. Mercimek bitkisinin büyümesi üzerine kuraklık stresinin etkisi iyi sulama koşulları altında yetişen kontrol bitki (A), 2 hafta kuraklığa maruz bırakılan uygulama bitkisi (B) (Anonim, 2015)

Mercimek kuraklığa dayanıklı bir bitki olmasına rağmen gelişim dönemlerinde maruz kaldığı kuraklık stresi mercimek bitkisinin verimi olumsuz yönde etkilmektedir (Haklı, 2008).

Mercimek yetiştiriciliği yapılan alanlarda verimi etkileyen diğer bir stres faktörü ise biyotik sorunların en başında yabancı otlar gelmektedir (Çizelge 1.2.). Mercimek yabancı otlara karşı zayıf ve dayanıksız bir bitkidir (Nleya ve ark., 2016). Tam parazit yabancı otlardan bitkinin köküne nüfuz edip ihtiyacı olan su ve mineralleri konukçusundan sağlayan canavar otları mercimek yetiştiriciliğinde ciddi kayıplara neden olmaktadır. Mercimek ekili alanlardaki canavar otu türleri; *Orobanche crenata* Forsk., *Phelipanche aegyptiaca* Pers. ve *Phelipanche ramosa* L.'dir (Aksoy ve ark., 2014).

Çizelge 1.2. Mercimekte verim kayıplarına neden olan zararlı, hastalık ve yabancı otlar

Yabancı Ot
Canavar otu (<i>O. crenata</i> , <i>P.aegyptiaca</i> , <i>P.ramosa</i>)
Yabani hardal (<i>Sinapsis arvensis</i> L.)
Yapışkan otu (<i>Galium</i> spp.)
Yabani yulaf (<i>Avena</i> spp.)
Zararlı
Mercimek tohum böceği (<i>Buruchus lentis</i> Fröhl.)
Mercimek hortumlu böceği (<i>Sitona crinitus</i> Hbst.)
Mercimek kök koşnili (<i>Porphyrophora polonica</i> L.)
Apion (<i>Apion arrogans</i> Wenck.)
Mercimek kök biti (<i>Smynthuroides betae</i> West.)
Mantolu böcek (<i>Amicta oberthuri</i> Hey.)
Nohut yeşil kurdu (<i>Helicoverpa veriplaca</i> Hufn.)
Bozkurd (<i>Agrotis</i> spp.)
Çadırtırtılı (<i>Arctia</i> sp.)
Baklagil pentatomidi (<i>Piezadorus lituratus</i> F.)
Hastalık
Mercimek solgunluğu hastalığı (<i>Fusarium oxysporium</i> f.sp.lentis)
Mercimek kök ve kök boğazı çürüklüğü (<i>Ascochta pinodella</i> Jones.)
Mercimek mildiyösü hastalığı (<i>Peronospora lentis</i> Guam.)

1.4.2. Canavar Otu Paraziti

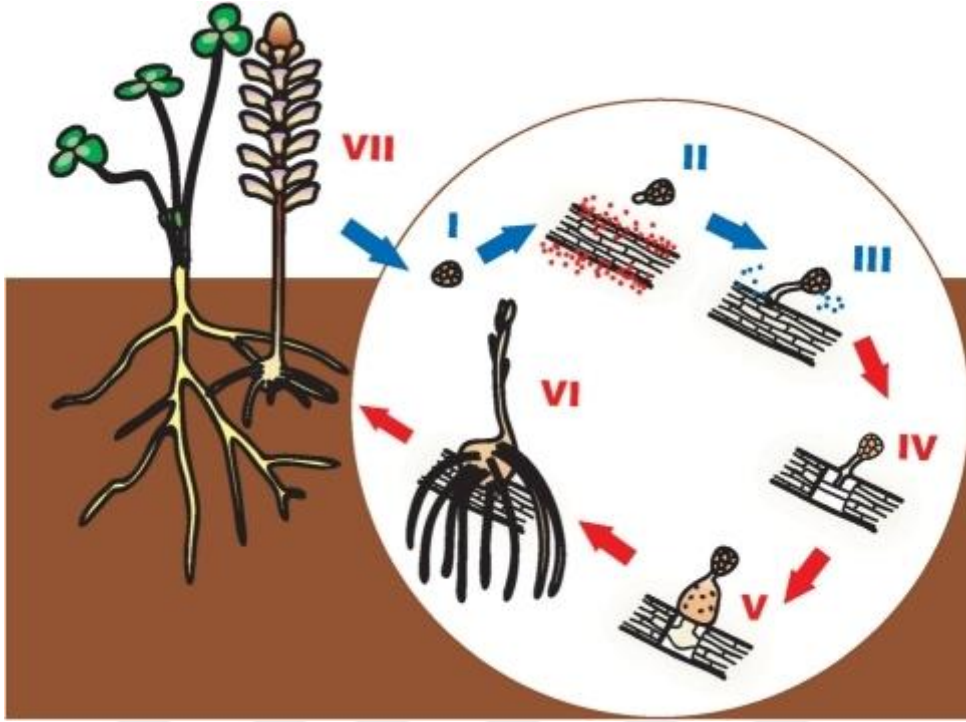
Canavar otugiller (*Orobanchaceae*) bugün parazit angiospermlerde en büyük ve en çeşitli gruplardan biridir ve Dünya çapında *Striga* (zorunlu yarı parazit) ve *Orobanche* (zorunlu tam parazit) gibi tarımsal verimlilikte önemli kısıtlamalar oluşturan türleri içinde bulunduran bir familyadır (Rubiales ve ark., 2009) (Çizelge 1.3.).

Parazitik bitkiler konukçu bitkilerin iletim sistemine girerek su ve besin elde etmek için özel bir yeteneğe sahiptirler. *Striga* ve *Orobanche* gibi çeşitli parazitik bitki türeri tarım bitkilerine enfekte olarak ciddi biyolojik tehditler oluştururlar. Parazitik bitkilerden canavar otları (*Phelipanche* ve *Orobanche* spp.) ekonomik açıdan birçok kültür bitkisinin su ve besinini alan klorofilden yoksun, zorunlu kök parazitidir. Karmaşık konak-parazit etkileşimi altında yatan fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerin daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Ele geçirme sürecinin altında yatan mekanizmayı anlamak parazitlere karşı mücadele için bir strateji geliştirmek için önemli bir adımdır (Parker 2009).

Dünyada ve ülkemizde ciddi zarar oluşturan canavarotu türleri şunlardır;

- 1) *Orobanche crenata* Forsk.
- 2) *Orobanche cumana* Wallr.
- 3) *Orobanche cernua* Loefl.
- 4) *Orobanche foetida* Poir.
- 5) *Orobanche minor* Sm.
- 6) *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel (syn. *Orobanche ramosa* L.)
- 7) *Phelipanche aegyptiaca* (Pers.) Pomel (syn. *Orobanche aegyptiaca* Pers.,

Son derece küçük tohumlara sahip olan canavar otları köke yapışabilmesi için kökün yakınında olmalıdır. Konukçu bitki köklerinden salgılanan strigolaktonlar sayesinde çimlenen tohumlar köke ulaşır ve yapışır. İletim demetlerinden su, mineral madde ve asimilasyon ürünleri gibi tüm besin ihtiyacını konukçu bitkiden sağlar. Toprak altında büyür gelişir ve kendi yapı organlarını oluşturur. Toprak yüzeyine çıktığında çiçeklenir ve tohumlarını oluşturur (Şekil 1.5.).



Şekil 1.5. Canavar otunun yaşam döngüsü(Yoneyama ve ark., 2010)

- I. Dormant halde toptakta buluna canavar otu tohumları
- II. Tohumların konukçu bitkiden gelen uyarıcı maddenin (strigolaktonlar) etkisiyle çimlenmesi ve konukçu bitkinin köküne doğru ilerleyerek ona tutunması
- III. Büyüyen radikula konak bitkinin köküne yapışması ve bir haustorium geliştirmesi
- IV. Canavar otunun epidermis, korteks dokularına ve vasküler sisteme nüfusu
- V. Canavar otu, konukçu bitkinin su ve mineral maddelerini emmesi ve gelişmesi
- VI. Canavar otu tüberkül oluşumu, gövdenin oluşması, toprak yüzeyinde sürgünlerin ve çiçeklerin ortaya çıkması
- VII. Canavar otunun uygun ortam şartarı sağlanıncaya kadar toprakta uzun yıllar canlı kalabilen tohumlar üretmesi (Yoneyama ve ark., 2010)

Çizelge 1.3. Canavar otu türleri ve konukçu bitkileri (Parker, 2013)

Canavar Otu Türü	Konukçu Bitkiler	Familyası	
<i>O. crenata</i> Forsk.	<i>Pisum sativum</i> L. (Bezelye)	Fabaceae	
	<i>Lens culinaris</i> Medik. (Mercimek)		
	<i>Cicer arietinum</i> L. (Nohut)		
	<i>Vicia faba</i> L. (Bakla)		
	<i>Daucus carota</i> L. (Havuç)		
<i>P. ramosa</i> L. (syn. <i>O. ramosa</i> L.)	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill. (Domates)	Solanaceae	
	<i>Solanum melongena</i> L. (Patlıcan)		
	<i>Nicotiana tabacum</i> L. (Tütün)		
	<i>Capsicum annuum</i> L. (Biber)	Brassicaceae	
	<i>Solanum tuberosum</i> L. (Patates)		
	<i>Brassica napus</i> L. (Kanola)	Cannabaceae	
	<i>Cannabis sativa</i> L. (Kenevir)		
	<i>Cicer arietinum</i> L.	Fabaceae	
	<i>Lens culinaris</i> Medik.		
	<i>Medicago sativa</i> L. (Yonca)		
	<i>Arachis hypogaea</i> L. (Yer Fıstığı)		
	<i>Vicia faba</i> L.		
	<i>Pisum sativum</i> L.		
	<i>Daucus carota</i> L.		Apiaceae
	<i>Apium graveolens</i> L. (Kereviz)		
<i>Foeniculum vulgare</i> Mill. (Rezene)			
<i>Pastinaca sativa</i> L. (Yabani havuç)	Asteraceae		
<i>Pastinaca sativa</i> L. (Marul)			
<i>Helianthus annuus</i> L. (Ayçiçeği)			
<i>P. aegyptiaca</i> Pers. (syn. <i>O. aegyptiaca</i> Pers.)	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.		Solanaceae
	<i>Solanum melongena</i> L.		
	<i>Capsicum Annuum</i> L.		
	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Fabaceae	
	<i>Lens culinaris</i> Medik.		
<i>Vicia faba</i> L.			
<i>O. cernua</i> Loefl.	<i>Pisum sativum</i> L.	Solanaceae	
	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.		
	<i>Solanum melongena</i> L.		
<i>O. cumana</i> Wallr.	<i>Nicotiana tabacum</i> L.	Solanaceae	
	<i>Solanum tuberosum</i> L.		
<i>O. cumana</i> Wallr.	<i>Helianthus annuus</i> L.	Asteraceae	
	<i>Trifolium</i> spp. (Üçgül)		
<i>O. minor</i> Sm.	<i>Lotus</i> spp. (Gazal boynuzu)	Fabaceae	
	<i>Arachis</i> spp.		
	<i>Vicia</i> spp.		
	<i>Vicia faba</i> L.		
<i>O. foetida</i> Poir.	<i>Cicer arietinum</i> L.	Fabaceae	
	<i>Vicia Sativa</i> L. (Fiğ)		
	<i>Medicago sativa</i> L.		
	<i>Trifolium pretense</i> L. (Kırmızı Yonca)		
	<i>Anthyllis vulneraria</i> L. (Çoban gülü)		
	<i>Lotus</i> sp.		

1.4.2.1. *Orobancha crenata* Forsk.

Zorunlu bir kök paraziti olan *O. crenata* özellikler Akdeniz havzasında dağılım göstererek *Fabaceae* (baklagiller) bitkilerinde; özellikle mercimek üretiminde büyük ekonomik kayıplara neden olarak, üretimde ciddi bir tehdit haline gelmiştir (Rubiales ve ark., 2008) (Çizelge 1.3.).

O. crenata tek yıllık, klorofili olmayan, parazit bir ottur. Gövdesi topraktan yükselen, yapraksız, genellikle dallanmamış, 30-70cm sap şeklindedir. Sap toprak altında soğan gibi şişkin ve iç kısmı boştur. Çiçekler beyaz, sapın üst yarısında çepeçevre dizili, erken çiçekler altta, tomurcuklar sapın üst kısmındadır. Kuruduğu zaman beyazımsı ya da açık kahverengi çiçeklidir. Kahverengi renkte 10-12mm uzunluğunda kapsüller içerisinde 20-30 bin civarında tohum üretebilir. Tohum ağırlığı 3 ila 7 ug arasında değişmektedir. Çimlenmeleri için sıcaklığın 20-25°C olması gereklidir. (Davis, 1982, Restuccia, ve ark 2009).

Birçok kontrol yöntemleri denenmiş ve canavar otu kontrolü için tavsiye edilmiştir. Normal otların aksine, parazitik otlar toprak üstüne çıkmadan önce, konağa zarar verir. Bu nedenle, kontrol yöntemleri oldukça zordur. Bunlar, kültürel, mekanik (münavebe, tuzak ve yakalamak kırpma, nadas, el-çekme, azot gübreleme, zaman ve dikim yöntemi arası geçiş ve karışık kırpma), fiziksel (solorizasyon), kimyasal (ot ilaçları, suni tohum çimlenme uyarıcı) dahil dayanıklı çeşitlerin ve biyolojik kullanımı. *O. crenata* kontrolü glifosatın kullanımı hariç, mevcut denetim yöntemleri parazit yeraltı gelişim aşamalarını kontrol etmek için yeterince verimli değildir. Çünkü tarla seviyesinde, canavar otu yönetimi hala yetersizdir. Herbisit direncine artan farkındalık ve tarımda kimyasal pestisitlerin kullanımının kısıtlanması göz önüne alındığında, mikroorganizmalar ve bitkilerden yeni bileşikler parazitik otlar için yeni alternatifler sunabilir (Aksoy ve Pekcan, 2014).

Canavar otu ile mücadelede eksudat ve tuzak uygulamaları öne çıkmıştır. Fakat topraktaki büyük tohum bankası ve tohumların canlılığını çok uzun yıllar koruması nedeniyle canavar otu problemi güncelliğini korumakta ve devam etmektedir. Canavar otu ile mücadelede *Brassicaceae* üyesi bazı bitkilerin tuzak olarak kullanılması çimlenme oranını düşürmekle birlikte (Aksoy ve ark., 2014), canavar otu tohumlarının yeni ırklar oluşturması ve toprakta uzun yıllar canlı kalabilmesi nedeniyle topraktan tamamen temizlenememektedirler. Çünkü tarım yapılabilir alanlarda toprağın 20 cm altında m²'de 4.000 tane tohum bulunduğu bilinmektedir (Restuctia ve ark., 2009). Bu nedenle mercimek tarımında bir yandan herbisit uygulamaları yapılmakta (Jurado ve ark., 1997) diğer yandan

da doğal olarak canavar otuna dayanıklı doğal mercimek eřitleri araştırılmaya devam etmektedir (Fernandez-Aparicio ve ark., 2009; Erskine ve ark., 2016).



BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Kuraklık kültür bitkilerinde verimliliği sınırlayan önemli bir faktördür ve azalan yağış, artan sıcaklığa bağlı olarak toprak tuzlanmasına kadar giden bir olaylar bütünü şeklinde ifade edilir (Kutlu, 2010). Baklagiller havanın azotunu bağlama nedeniyle tarımda yaygın şekilde kullanılmaktadır. İnsan ve hayvan beslenmesinde önemli yer tutmaktadır. Ancak çoğu kültür bitkisi gibi mercimek türlerinin de kuraklıktan olumsuz etkilendiği bilinmekle birlikte çim bezelyesi gibi diğer baklagillerden daha duyarlı olduğu gösterilmiştir (Talukdar, 2013). Mercimek çeşitlerinde kurağa dayanıklı çeşitleri belirlemede antioksidan enzimleri ölçmenin yararlı bir yöntem olabileceği (Allahmoradi ve ark., 2013), sıcaklık ile artan lipid peroksidasyonun mercimek çeşitleri arasında farklı geliştiğini ve bazı çeşitlerde diğer çeşitlere kıyasla yüksek sıcaklığa duyarlı oldukları (Chakraborty ve ark., 2011) rapor edilmiştir. Bununla birlikte mercimek dokularında SOD aktivitesinin kuraklık (Moghadam ve ark., 2013) ve tuz stresi (Cicerali, 2004) koşullarında arttığı da bilinmektedir. Bunlara ek olarak sıcaklık ve kuraklık etkisinin prolin ve SOD içeriğini artırdığı ve çeşitlerin alternatif sıcaklık değişimleri ve su stresine karşı duyarlı ve dayanıklı olarak ayrıldıkları bildirilmiştir (Haklı, 2008). Bir başka araştırmada ise kuraklık stresine maruz bırakılan altı mercimek çeşidi arasında, antioksidan enzimler (APX, CAT, GR, SOD) bakımından farklılık olduğu ve çeşitlerin bu temelde kuraklığa dayanıklı ve duyarlı olarak nitelendirilebildiği ifade edilmiştir (Gökçay, 2012).

Türkiye’de yaygın olarak yetiştirilen Çiftçi ve Sultan 1 çeşitlerinin 11 mercimek çeşidi arasında en yüksek verime sahip oldukları gösterilmiştir (Çokkızgın ve ark., 2005). Ancak Çiftçi çeşidinin artan sıcaklık ve su stresi ile ortaya çıkan kuraklığa duyarlı olduğu ve buna kontrole kıyasla çok az artan SOD aktivitesinin eşlik ettiği gösterilmiştir. Bunun aksine Sultan 1 çeşidinin kuraklık stresine tuz stresine kıyasla daha dayanıklı olduğu ve bunun artan Cu/Zn SOD ve Mn SOD aktiviteleri ile karakterize olduğu (Aksoy, 2008), kuraklığa dayanıklılıkta kök CAT aktivitesinin etkili olduğu (Öktem ve ark., 2008) ve tuz stresinin olumsuz etkilerinden kök dokusunda artan SOD ve APX aktivitelerinin artışıyla korunduğu (Badeoğlu ve ark., 2004) rapor edilmiştir. Ayrıca Sultan 1 çeşidinde APX, GR ve prolinin tuz stresi altındaki bitkilerde hem gövde hem de kök dokularında, ROT’ni süpürüp moleküllerin ve membranların korunmasıyla antioksidan savunmada önemli rolleri olduğu görülmektedir. GR ve prolinin aynı zamanda kuraklığın oluşturduğu etkilere karşı da temel bir koruma mekanizması olarak görev yaptığı gözlenmiştir (Ercan, 2008).

Dünyada tarımsal öneme sahip tahıllar, baklagiller ve kültür bitkilerini enfekte eden *Orobanche*, *Cuscuta*, *Alectra* ve *Striga* gibi yabancı otlar üretimi olumsuz etkilemektedir. Konukçu dağılımı, yoğunluğu ve iklim değişikliği ile yayılma olasılığı yüksek olan canavar otu gibi zorunlu kök paraziti bitkiler, konukçusundan su, mineral ve organik besinleri kullandıklarından emeçleriyle konukçu bitkinin köküne yapışarak yaşamlarını sürdürmektedirler (Estabrook ve Yoder, 1998; Parker, 2009). Yabancı otların içinde canavar otları Akdeniz, Avrupa ve Asya'da bitkileri etkileyen tüm biyotik stresler arasında kontrolü en zor bitki parazitidir (Fernandez-Aparicio ve ark., 2016). Kültürel kontrol (tuzak bitkiler, yakalama bitkileri, allelopatik bitkiler, fertilizasyon, ekim süresi), fiziksel kontrol (solarizasyon), kimyasal kontrol (toprağı buharla temizleme, toprağa ve yaprağa uygulanan herbisitler), biyolojik kontrol (hayvanlar ve patojenler), konukçu direnci (doğal direnç, metojenik bitkiler, transgenik direnç) gibi canavar otuna karşı birçok kontrol yöntemi bulunmasına rağmen, bu yöntemlerin pratik ve etkili olmaması nedeniyle canavar otuna dayanıklılık; bitki ıslahında en ekonomik, kolay ve çevre dostu bir uygulama olarak öne çıkmaktadır (Gressel ve ark., 2004) Canavar otlarına karşı mücadele için birçok yöntem denenmiştir ancak bunlardan birkaçının güvenilirliği kanıtlamıştır. Akdeniz bölgesinde bulunan canavar otu türleri mercimek, bakla, bezelye, fasulye, fiğ, çim bezelyesi gibi ekonomik öneme sahip baklagillerde önemli verim kayıplarına neden olur (Rubiales, 2001; Song ve ark. 2005). Dünyada ve Türkiye'de *O.cumana*, *O.ramosa*, *O.aegyptiaca* ve *O.crenata* kültür bitkilerinde ve özellikle baklagillerde önemli bir sorun oluşturmaktadır (Rubiales ve ark., 2003a; Orel-Aksoy ve Uygur, 2003). Canavar otunun çıkışını durdurmak için glifosat ve imazapik herbisit uygulamaları mevcuttur. Bunların *O.crenata* sayısında ve kuru ağırlığında anlamlı bir azalma sağlayarak konukçuya (bakla) herhangi bir zarar vermeden paraziti kontrol ettiği ortaya konmuştur (Rubiales ve Mikic, 2015). Normal otların aksine parazitik otlar toprak üstüne çıkmadan konağa zarar verir. Bu nedenle kontrol yöntemleri yer altı gelişim aşamaları ve tohum bankasının ne durumda olduğu önemlidir. Canavar otu tohumları toprakta uzun yıllar canlılığını koruyabilirken çevresel faktörler canavar otu-konukçu ilişkisini etkilemektedir (Dhanapal ve ark., 1996; Demirbaş ve ark., 2013). Tohumların çimlenebilmeleri için konukçu bitkinin kökünden salgılanan çimlenme uyarıcı maddeler (stirogalaktonlar), toprak sıcaklığı ve su durumu önemli faktörlerdir. Bunun üzerine yapılan çalışmalarda kültür nohutu ve yabani nohut türlerinde *O.crenata*'nın çimlenmesini sağlayan stimulant üretiminin diğer baklagillere oranla düşük olduğu bulunmuştur. *O.crenata* tohumları 5-30°C arasında çimlenirken, ozmotik stres altında tohumların radikula büyümesin düşük olduğu bulunmuş ve bu

durumun tuzlu toprak ile karakterize edilen bölgelerde *O. crenata*'nın konak köklerine enfeksiyonunun düşük istilasını açıklayabileceği ifade edilmiştir (Moral ve ark., 2015). Mercimek yetiştiriciliğinde sorun olan *O. crenata*'ya karşı mercimek ekiminden 2 ay önce keten (*Linum usitatissimum* L.) bitkisinin ekimiyle bitki başına *O. crenata* sürgünü sayısında yaklaşık %50 oranında azalma olduğu ve bunun ekim öncesi topraktaki tohum bankalarının temizlenmesinde önemli bir yöntem olarak kabul edilebileceği rapor edilmiştir (Aksoy ve ark., 2015). Fakat, mevcut kontrol yöntemleri parazitin yer altı gelişim aşamalarını kontrol etmek için yeterince etkili değildir. Saha düzeyinde canavar otu yönetimi hala yetersizdir. Herbisit direncine artan farkındalık ve tarımda kimyasal kontrol yöntemlerinin kısıtlanması göz önüne alındığında canavar otu problemi güncelliğini korumakta ve devam etmektedir.

Dayanıklı bitkilerin doğal savunma mekanizmaları abiyotik ve biyotik stresler ile aktif olan bir olgudur. Yapılan histolojik çalışmalar ile konukçu bitkinin lignifikasyonu, nekrozlaşması ile canavar otunun konukçuya yapışmasının önlendiği bilinmektedir (Pérez-de-Luque ve ark., 2005). Başka bir araştırmada ise *O. cumana*'nın ayçiçeği köklerine vasküler bağlantı kurup (penetrasyon) tüberkül oluşumunun gerçekleştirmesinin ardından erken gelişim aşamasında öldüğü rapor edilmiştir (Labrousse ve ark., 2001). Dayanıklı ve duyarlı iki bakla çeşidini enfekte eden *O. crenata* türünün kök başına yapışma sayısı dayanıklı bitkide daha azdır. Birim başına *O. crenata*'nın uzun yan köklere yapışma sayısının daha az olduğu tespit edilmiştir. Bu dayanıklılığın köklerdeki savunma mekanizması nedeniyle olduğu düşünülmektedir (Ter Borg ve ark., 1994). Bezelye bitkisinin yabani akrabalarında canavar otuna karşı yüksek dayanıklılık bulunmaktadır (Rubiales ve ark., 2003b, 2006; Pérez-de-Luque ve ark., 2005). Bakla ve fiğ bitkisinde canavar otuna dayanıklı ve duyarlı çeşitlerine ekim tarihleri değiştirilerek mevsimlere göre *O. crenata* enfeksiyonu incelenmiştir. Duyarlı bakla çeşidine kıyasla dayanıklı çeşitte değişen ekim tarihi ile *O. crenata* sürgün sayısında küçük farklar olmuştur. İlginç şekilde, dayanıklı fiğ çeşidinde sürgün sayısı önemli ölçüde daha fazla bulunmuştur. Duyarlı bakla ve fiğ çeşitleri karşılaştırıldığında *O. crenata* sürgün sayısı baklada daha düşüktür. Duyarlı çeşitlerde ekim tarihindeki değişiklikler *O. crenata* yapışma sayısını, sürgün sayısını azalttığı fakat dayanıklı çeşitlerin bu uygulamadan daha az etkilendiği bulunmuştur (Pérez-de-Luque ve ark., 2004). Son zamanlarda ki araştırmalar *O. crenata* enfeksiyonuna karşı fiğ (Nadal ve ark., 2007), mercimek (Fernandez-Aparicio ve ark., 2008), nohut (Rubiales ve ark., 2004) ve bezelye (Rubiales ve ark., 2003b) bitkilerinde *O. crenata* enfeksiyonuna

karşı önemli seviyede dayanıklılık gözlemlendiğine işaret etmektedir (Restuccia ve ark., 2009).

Bir biyotik stres kaynağı olan canavar otu enfeksiyonunun kültür bitkilerinde antioksidan kapasiteyi etkilediğine dair raporlar mevcuttur. Buna göre bezelye bitkilerinde artan POX aktivitesinin dayanıklı türlerde duyarlıya kıyasla yüksek olduğu bildirilmiştir (Pérez-de-Luque ve ark., 2005). Bir başka araştırmada ise *O. cumana* enfeksiyonunun iki ayçiçeği arasındaki farklı SOD ve POX aktivitelerine neden olduğu saptanmış ve canavar otuna dayanıklılık ile bu enzimler arasında ilişki olduğu gösterilmiştir (Demirbaş ve Acar, 2008). Benzer şekilde patlıcan çeşitlerinin canavar otu enfeksiyonuna karşı antioksidan enzimleri (SOD, POX, CAT ve APX) arttırarak lipid peroksidasyonunu azaltarak bir koruma sağladığı rapor edilmiş ve çeşitler arasında farklılık olduğu vurgulanmıştır (Görkem ve Acar, 2012). Domates bitkisinin canavar otu enfeksiyonuna karşı uygulanan biyoaktivatörler (ISR 2000 ve Mesenger Gold) aracılığıyla antioksidan enzim aktivitelerini (SOD, POX, CAT ve GR) arttırdığı ortaya konulmuştur (Acar ve Özkal, 2015). Bitkiler doğada yaşam döngülerinin bir çok evresinde biyotik, abiyotik stres faktörlerinin ayrı ayrı veya birlikte etkisi altında kalmaktadır (Levitt, 1980, Lichtenthaler 1996). *Arabidopsis thaliana* (L.) bitkisine *P. ramosa* enfeksiyonu, tuz stresi ve her iki stresin birlikte uygulandığı da SOD, POX, CAT ve GR aktivitelerinin zamana bağlı olarak arttığı saptanmıştır (Demirbaş, 2011). Yapılan diğer bir çalışma Çanakkale’de yetiştirilen 2 domates varyetesine *P.aegyptiaca* enfeksiyonu ve tuz stresinin ayrı ayrı ve birlikte etkileri kök ve yaprak dokularında antioksidan enzimlerindeki artış sonucu savunma sisteminin uyarıldığı saptanmıştır. Troy F1 varyetesinin kök ve yaprak dokusu Rio Grande varyetesine oranla antioksidan enzim yanıtları daha etkili bir savunmaya sahip olduğu bulunmuştur (Şen, 2013).

Buraya kadar ki bilgiler antioksidan savunma sistemi enzimlerinin abiyotik ve biyotik streslere karşı bitkilerde koruyucu bir rol oynadığına işaret etmektedir. Mercimek bitkisinde canavar otu stresi ve kuraklık uygulaması sonuçları bilinmemektedir. Canavar otu enfeksiyonunda parazit, konukçusundan besin maddelerini sağlamaktadır. Bu durum kurağa dayanıklı bir çeşidin aynı zamanda canavar otu enfeksiyonuna da dayanıklı olabileceğini akla getirmektedir. Kuraklık ve canavar otu enfeksiyonu için ayrı ayrı koruma sağladığı bildirilen antioksidan enzimlerin mercimek bitkisinin kuraklığa dayanıklılık stratejisine bağlı olarak canavar otu kaynaklı strese de koruma sağlayıp sağlamadığı ise bilinmemektedir. Bu amaçla çalışmada, kurağa dayanıklı ve duyarlı olmak üzere Türkiye’de yetiştirilen iki mercimek çeşidinin kuraklık stresine ve biyotik bir stres

olan canavar otu enfeksiyonuna gösterdikleri antioksidan tepkileri belirlemek için çimlendirilmiş canavar otu enfekte edilen mercimek fideleri kuraklık stresine maruz bırakılmıştır. Bitkilerin kök ve yaprak dokularında *O. crenata* parazitine ve kuraklık stresine karşı savunmada kullandıkları antioksidan enzimlerin aktiviteleri (SOD, POX, APX, GR, CAT), protein içerikleri, lipid peroksidasyonu(TBARS), hücre zarı geçirgenliği, pigment içerikleri (klorofil a, klorofil b ve karotenoit miktarı) araştırılmıştır.



BÖLÜM 3

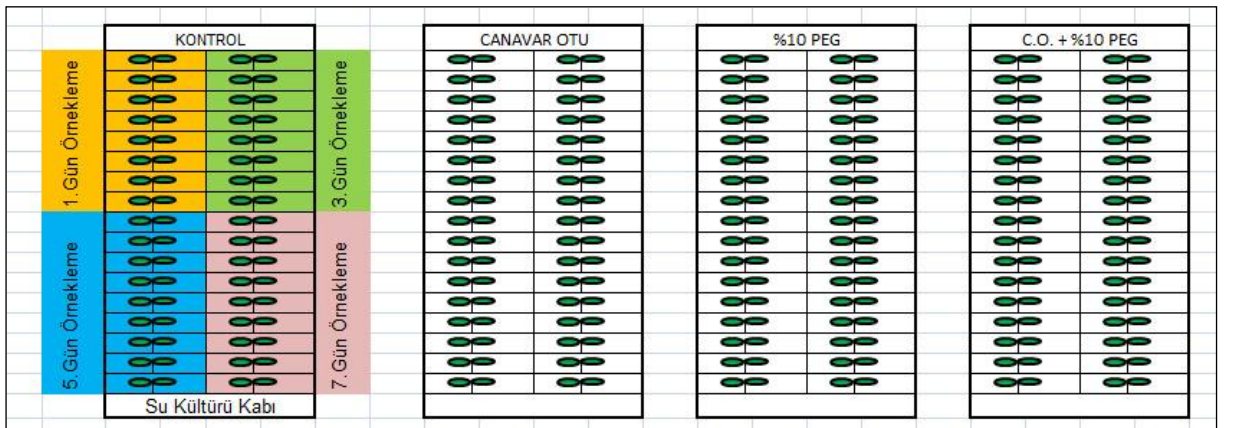
MATERYAL VE METOT

3.1. Bitki Materyali

Bu çalışma için Türkiye’de yetiştirilen ve tarımsal araştırma enstitülerince kurağa dayanıklı (Sultan 1) ve duyarlı (Çiftçi) oldukları bildirilen *Lens culinaris* Medik. mercimek çeşitleri kullanıldı. Tohumlar, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü’den temin edildi. “Canavar Otu Projesi” kapsamında 2010 yılında Gaziantep’teki mercimek tarlalarından toplanan *O. crenata* tohumları Adana Zirai mücadele Araştırma Enstitüsü’nden temin edilerek tez çalışmasında kullanıldı.

3.2. 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 tohumlar steril petri kaplarında çimlendirilerek 5. gün perlit içeren saksılara aktarıldı. %55-65 neme sahip iklim odasında %10 Hoagland besin çözeltisi (Steward, 1983) ile sulanarak yetiştirildi. 14 günlük fideler kökleri saf su ile yıkanarak plastik kare petri kaplarına yerleştirilerek su kültürüne aktarıldı ($25\pm 2^{\circ}\text{C}$, gündüz/gece, 16/8 saatlik fotoperiyot). Su kültüründe besin çözeltisi olarak Hoagland besin çözeltisi kullanıldı (Şekil 3.1.). Her bir çeşit için Şekil 3.1.’de verilen deneme deseni kuruldu.



Şekil 3.1. Su kültürü yöntemiyle bitkilerin yetiştirilme deseni, uygulamalara göre isimlendirilmiştir.

Gruplar;

(K) Hiçbir uygulama yapılmamış kontrol mercimek bitkisi

(CO) Canavar otu enfeksiyonu uygulanmış mercimek bitkisi

(P) %10 PEG 6000 uygulanarak kuraklık oluşturulmuş mercimek bitkisi

(PCO) Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulanmış mercimek bitkisi

O. crenata tohumları, 2 dakika %70'lik etil alkolle muamele edildikten, sonra %5'lik çamaşır suyuyla 10 dakika elde karıştırılarak ve ardından tohumlar 3 kez 5' er dakika steril saf su ile yıkanarak yüzey sterilizasyonu gerçekleştirildi. Tohumların çimlenebilmesi için steril petri kaplarına nemlendirilmiş filtre kağıdı kullanılarak disklerle ekim yapıldı. Stratifikasyon için petri kapları alüminyum ile sarılarak 22°C ye ayarlanmış bitki büyüme kabini içersinde 1 hafta bekletildi. Bir haftanın sonunda sentetik çimlenme uyarıcısı olarak 1ppm GR24 uygulanan tohumlar çimlenmesi için 1 hafta inkübe edildi (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. GR 24 uygulandıktan bir hafta sonra *O. crenata* Forsk. tohumlarındaki çimlenme

Her uygulama için ayrı su kültürü küveti kullanıldı. 21 günlük mercimek fidelerinin köklerine çimlenen *O. crenata* tohumları enfekte edildi (Şekil 3.3.). Ardından %1, %3, %7 ve en son %10 (w/v) polietilen glikol 6000 (PEG-6000) içeren Hoagland besin çözeltisi uygulanarak kuraklık stresi oluşturuldu (Gökçay, 2012). Kontrol ve canavar otu grupları Hoagland besin çözeltisi içeren, kuraklık ve canavarotu+kuraklık grupları %10 PEG 6000 (-1,5 MPa) ve Hoagland besin çözeltisi içeren su kültürü kaplarında yetiştirildi.



Şekil 3.3. Mercimek fidelerine enfekte edilen *O. crenata* tohumlarını içeren diskler ve köke enfekte olan *O. crenata* tohumu

Bu işlemin sonunda 1., 3., 5. ve 7. günlerde kök ve yaprak örnekleri alınıp; fide evresinde, kuraklık stresinin, canavar otu enfeksiyonunun ve ikisinin birlikte çeşitler üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, fide büyüme parametrelerinden gövde uzunluğu, kök uzunluğu; spesifik yaprak alanı (SYA), ölçümleri yapıldı. Antioksidan enzim aktiviteleri (SOD, POX, APX, GR, CAT), protein içeriği, pigment içeriği (klorofil a, klorofil b ve karotenoit miktarı), lipid peroksidasyonu (TBARS), hücre zarı geçirgenliği (HZG) miktarındaki değişimlerin saptanması için örnekler -30°C 'de saklanarak çalışma 3 tekrar ve 3 tekerürlü gerçekleştirildi.

3.3. Bitki Ölçümleri ve Analiz Yöntemleri

Analizlerde yapılan spektrofotometrik ölçümler sırasında Thermo Scientific Genesys 10S 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 (SYA)

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

$$SYA = \text{Kuru ağırlık (kg}^{-1}) / \text{Alan (m}^2) \quad (3.1)$$

3.3.3. Pigment İçeriğinin Belirlenmesi

Arnon (1949)' un yöntemine göre, bitkilerin yapraklarından alınan 0,1 g' lık dokular, %80' lik aseton içerisinde homojenize edildi. Homojenattan 663, 645 ve 480 nm dalga boyunlarında spektrofotometrik okumalar ile alınan absorbans değerleri yöntemine uygun olarak klorofil a, klorofil b, toplam klorofil ve karotenoit miktarları aşağıdaki formüllere göre hesaplandı.

$$\text{Klorofil a} = (A_{663} \times 12,70) - (A_{645} \times 2,69) \quad (3.2)$$

$$\text{Klorofil b} = (A_{645} \times 22,90) - (A_{663} \times 4,68) \quad (3.3)$$

$$\text{Toplam klorofil} = (20,2 \times A_{645}) + (8,02 \times A_{663}) \quad (3.4)$$

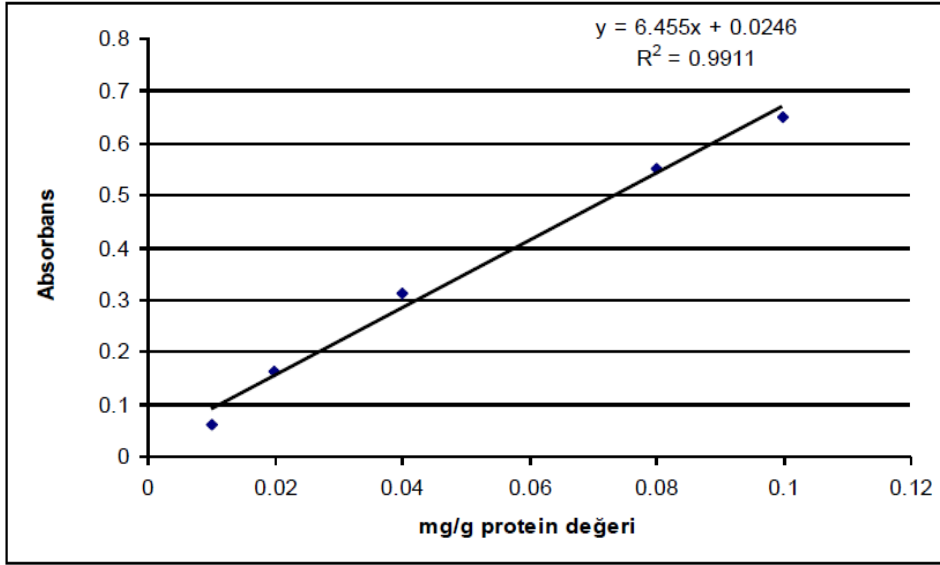
$$\text{Karotenoit} = (A_{480} + (A_{663} \times 0,114) - (A_{645} \times 0,638)) / 112,5 \quad (3.5)$$

3.3.4. Toplam Protein Analizi

Mercimek yaprak ve kök dokularının toplam protein içeriği Bradford (1976) yöntemine göre tayin edildi.

3.3.4.1. Protein Standardının Hazırlanması

Deney tüplerine 0,01 mg/mL, 0,02 mg/mL, 0,04 mg/mL, 0,08 mg/mL ve 0,10 mg/mL Bovine Serum Albumin (BSA), %50 seyreltilerek aktarıldı. Hacim 100 µL oluncaya kadar sodyum fosfat tamponu (pH:7,8) ile tamamlandı. 0,1 g Coomassie Brilliant Blue G 250, 50mL etanol, 100mL ortofosforik asit karıştırılıp, son hacim 1000mL olacak şekilde saf su ile tamamlanarak reaktif hazırlandı. Deney tüplerinin üzerine 5'er mL reaktif eklenip Spektrofotometrede 595 nm' de köre karşı örnekler okundu. Okunan absorbans değerlerinden protein standart grafiği oluşturup, örneklere ait toplam protein miktarı, absorbans sonuçlarının kullanılmasıyla standart grafik üzerinden hesaplandı (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. BSA standart protein grafiği

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. Özütler +4°C' de 13000 rpm' de 30 dk santrifüj edildikten sonra süpernatant kısmı protein analizinde kullanıldı. Tüm işlemler +4°C' de gerçekleştirildi. 100 µl süpernatant 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

Antioksidan enzim aktivite analizleri için her denemeden 3'er tekrarlı olarak alınan mercimek dokuları kullanıldı. Soğuk ortamda 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 süpernatantlar enzim ve protein analizleri için kullanıldı. Enzim ekstraktlarının hazırlanmasında tüm işlemler soğuk zincirinde (+4°C) gerçekleştirildi.

3.3.5.1. Süperoksit Dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) Aktivitesi

SOD enzim aktivitesi Beauchamp ve Fridovich (1971), Giannipolities ve Ries, (1977)'e göre gerçekleştirildi. 50 mM Na-P tamponu (pH 7,8), 1 mM NBT, 0,2 mM Riboflavin, 0,1 M L-Metiyonin, 0,01 M EDTA.Na₂ içeren reaksiyon karışımı 300 µmol/m² ışık şiddetinde 10 dk bekletildi. Meydana gelen renk değişiminin spektrofotometrede

560nm dalga boyundaki ölçümler yardımıyla NBT'nin %50 inhibisyonu 1 ünite SOD mg protein⁻¹ olarak belirtildi.

3.3.5.2. Askorbat Peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) Aktivitesi

Nakano ve Asada (1981)' in önerdikleri metoda göre APX aktivitesi belirlendi. Soğuk ortamda yaprak ve kök dokuları 1mL 2 mM askorbik asit (ASC), 1 mM EDTANa₂.2H₂O içeren 50 mM Na-P tamponu (pH 7,8) ile homojenize edildi. Elde edilen süpernatant enzim analizinde kullanıldı.

APX tarafından okside edilen askorbatın 290 nm' de meydana getirdiği azalmanın spektrofotometreden belirlenmesiyle yapılmaktadır. APX aktivitesi, 290 nm' de askorbatın oksitlenmesiyle oluşan absorbans değeri ve ekstinksiyon katsayısı 2,8 mM⁻¹ cm⁻¹ alınarak hesaplanır. Reaksiyon karışımında; 50 mM Na-fosfat tamponu (pH 7,0), 0.5 mM askorbat, 0,1 mM EDTANa₂, 1,2 mM H₂O₂ bulunmaktadır. Enzim özütünün reaksiyon karışımına ilavesi ile askorbat oksidasyonu başlatılır ve 3 dakika boyunca reaksiyon izlenir. Okside olan askorbat miktarı ekstinksiyon katsayısından hesaplanır. Buna göre, 1 enzim ünitesi, dakikada okside olan 1 µmol ml⁻¹ askorbat miktarıdır. Spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein⁻¹ g olarak belirtilir.

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 absorbans azalmasından yola çıkılarak hesaplandı. GR enziminin ekstinksiyon katsayısı (ε=6,2 mM⁻¹ cm⁻¹) kullanılarak indirgenen glutasyon (GSSG) düzeyi hesaplanır. 1 enzim ünitesi, dakikada okside olan glutasyon (µmol ml⁻¹) miktarıdır. Spesifik enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein⁻¹ g olarak belirtilir.

3.3.5.4. Peroksidaz (POX; EC 1.11.1.7) Aktivitesi

POX enziminin aktivitesi, Kanner ve Kinsella (1983)' nın metoduna göre belirlendi. 2mL 0,05 M (pH 6,5) sodyum asetat tamponu ile doku örnekleri homejinize edildi. Homojenatlar soğutmal santrifüjde 4°C 13000 rpm'de 15 dk santrifüj edildi. 0,05 M (pH 6,5) sodyum asetat tamponu, 0,1M pyrogallol, 0,09M H₂O₂ çözeltileri kullanılarak örneklerin peroksidaz enzim aktivitesi 300nm'de 120 sn süreyle spektrofotometrede ölçüm yapıldı. Enzim aktivitesi, enzim ünitesi mg protein⁻¹ olarak belirtildi.

3.3.5.5. Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) Aktivitesi

Bergmeyer (1970)'in metoduna göre belirlenir. H₂O₂ miktarındaki azalma; 240 nm' de gösterdiği maksimum absorbanstaki düşüşle saptanır. Küvet içersindeki reaksiyon karışımı; 1 mM EDTA, 50 mM Na-fosfat tamponu (pH 7,0), dH₂O ve %3 H₂O₂' den oluşur. Reaksiyon boyunca absorbansta oluşan düşüş 180 saniye boyunca takip edilir ve CAT aktivitesi dakikada harcanan $\mu\text{mol mL}^{-1}$ H₂O₂ olarak ifade edilir.

3.3.6. Lipid Peroksidasyonu (TBARS) Miktarının Belirlenmesi

Madhava ve Sresty, 2000 önerdikleri yönteme göre lipid peroksidasyonunun son ürünü olan malondialdehit (MDA) seviyesinin ölçülmesi ile lipid peroksidasyon derecesi belirlenmektedir. 1'er g yaş yaprak ve kök örneği, trikloroasetik asit (TCA) ile homojenize edilir. Santrifüjden sonra süpernatanta TCA ve TBA (tiobarbitürik asit) içeren reaksiyon karışımı eklenir. Örnekler daha sonra 95°C de 30dk su banyosunda bekletilir. Su banyosunun ardından karışım buz banyosuna konulur. Soğuk şokunun ardından örnekler 10000 rpm 15 dk süreyle santrifüjlenir. Oluşan süpernatantın 532 nm ve 600 nm' deki absorban değerleri alınır. MDA konsantrasyonunu, ekstinsiyon katsayısından ($\epsilon=155 \text{ mM}^{-1} \text{ cm}^{-1}$) yararlanılarak hesaplanır ve nmol g yaş ağırlık⁻¹ şeklinde ifade edilir.

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 ölçüldü (EC₂). Elektrolit sızıntısı (ES) aşağıdaki formüle uygulanarak hesaplandı. Ölçümler sırasında İsolab masa tipi EC metre cihazı kullanıldı.

$$ES = EC_1/EC_2 \times 100 \quad (3.6)$$

BÖLÜM 4

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

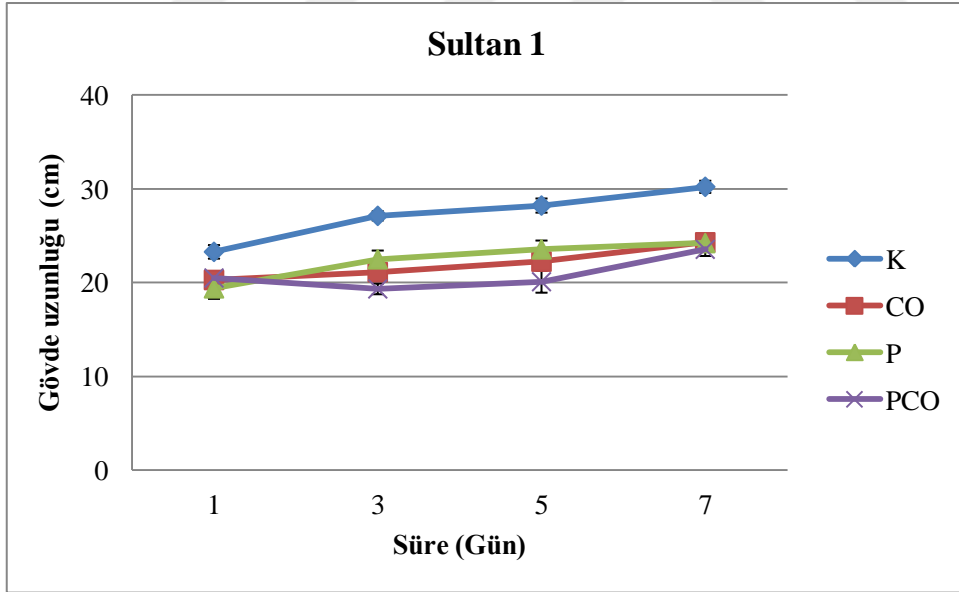
4.1. Araştırma Bulguları

Lens culinaris Medik. bitkisinin Sultan 1 ve Çiftçi çeşitlerine *O. crenata* tohumları ile canavar otu enfeksiyonu (CO), %10 PEG 6000 ile kuraklık stresi uygulaması (P) ve canavar otu + %10PEG 6000 ile çift stres uygulaması (PCO) gerçekleştirilmiştir. Bu uygulamaların mercimek çeşitlerinde bitki büyüme parametreleri (gövde uzunluğu, kök uzunluğu, SLA), pigment içerikleri (kla, klb, toplam kl, karotenoit miktarı), lipit peroksidasyon seviyeleri, HZG, antioksidan savunma sistemi enzimlerinin (SOD, POX, GR, CAT ve APX) aktivitelerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir.

4.1.1. Büyüme Parametreleri

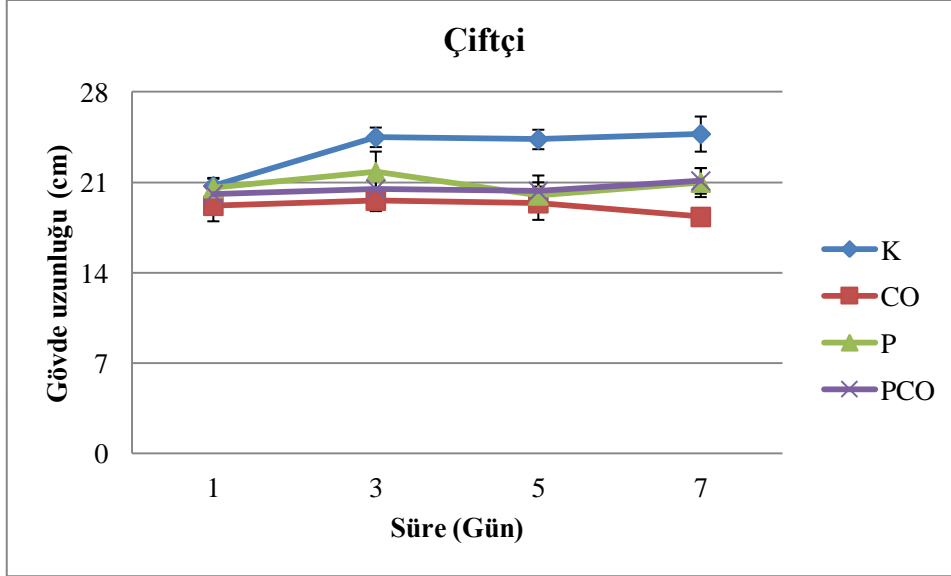
4.1.1.1. Gövde Uzunluğu

Sultan 1 çeşidinde tüm uygulamalar deneme boyunca kontrole kıyasla gövde uzunluğunu azaltmıştır (Şekil 4.1.)



Şekil 4.1. Sultan 1 çeşidinin gövde uzunluğunda meydana gelen değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10PEG 6000 uygulaması)

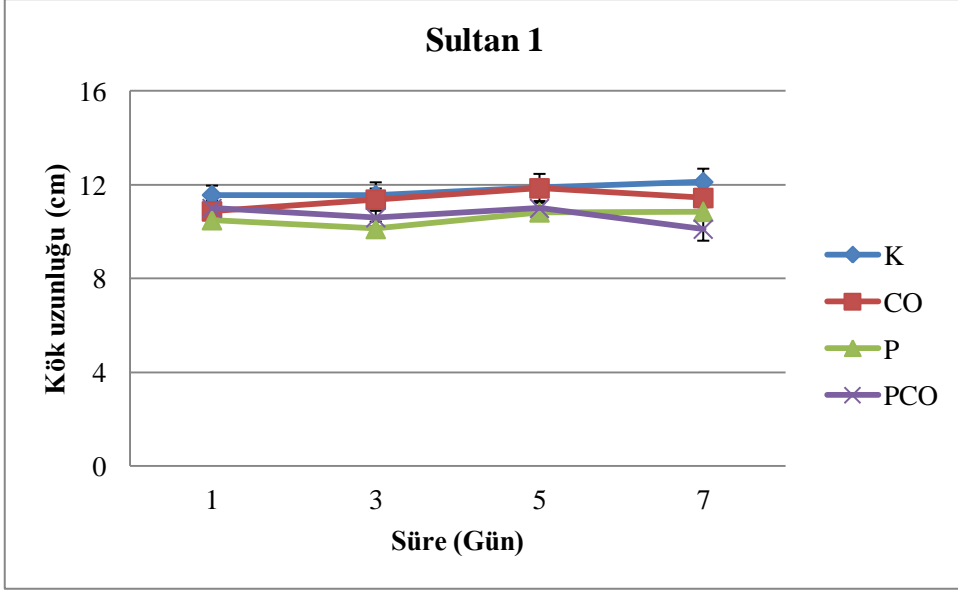
Çiftçi çeşidinin gövde uzunluğu kontrole kıyasla stres uygulamalarıyla 5. ve 7. günde istatistiksel olarak anlamı olarak azalmıştır. Denemenin sonunda kontrole kıyasla bu azalışlar P ve PCO %20 iken CO uygulamasında %22 azalmıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Çiftçi çeşidinin gövde uzunluğunda meydana gelen değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10PEG 6000 uygulaması)

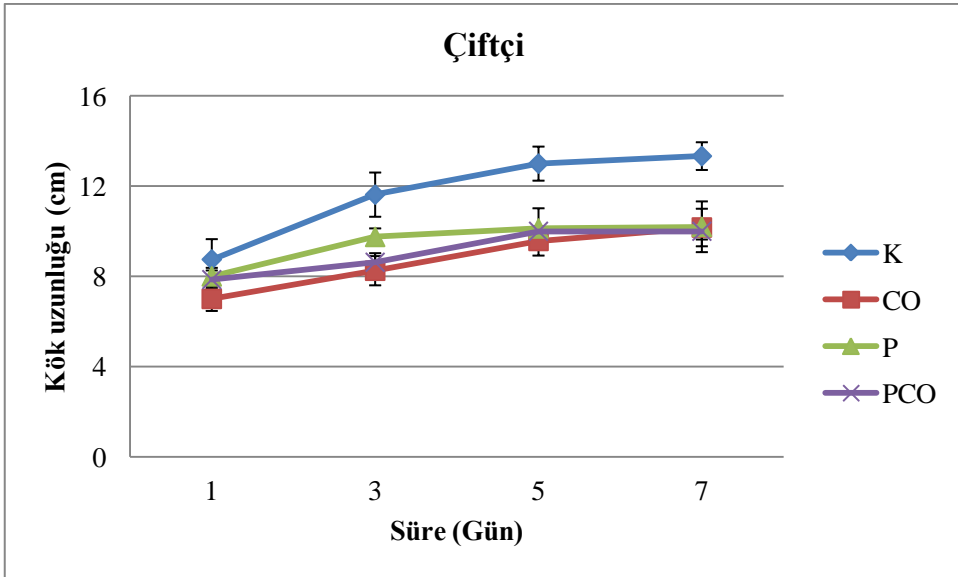
4.1.1.2. Kök Uzunluğu

Sultan 1 çeşidinin kök uzunluğu deneme boyunca kontrol bitkileriyle stres uygulanan bitkiler benzer sonuçlar göstermiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Sultan 1 çeşidinin kök uzunluğunda meydana gelen değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

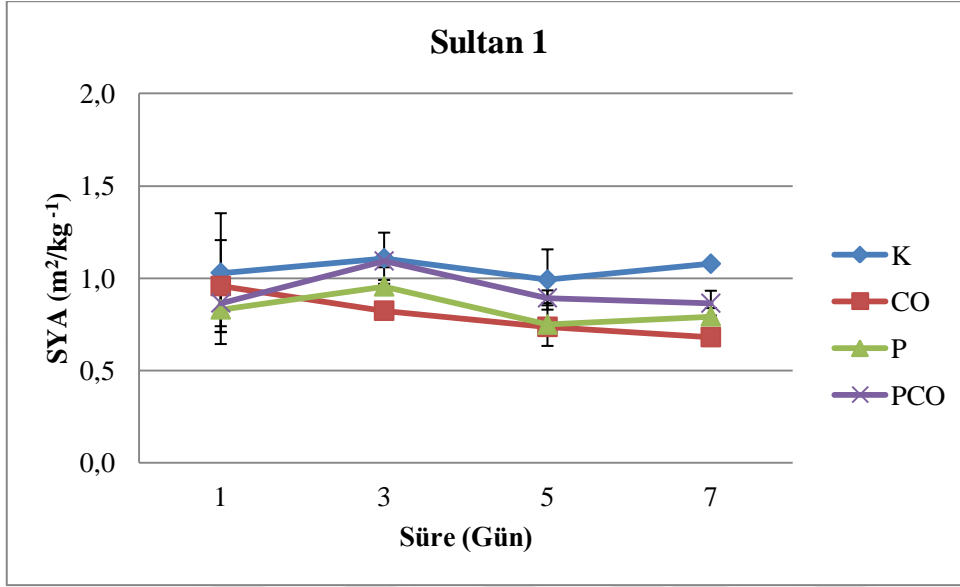
Çiftçi çeşidinin kök uzunluğu kontrole kıyasla stres uygulamalarıyla 3., 5. ve 7. günlerde azalmıştır. Denemenin sonunda kontrole kıyasla CO, P ve PCO uygulamaları %25 azalmıştır (Şekil 4.4.)



Şekil 4.4.Çiftçi çeşidinin kök uzunluğunda meydana gelen değişimler (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P:%10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

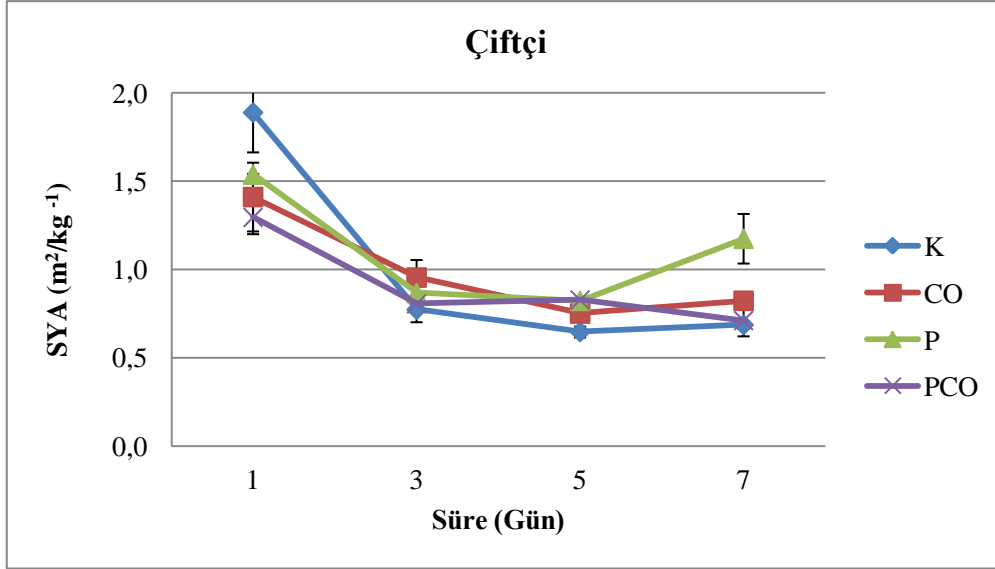
4.1.1.3. Spesifik Yaprak Alanı (SYA)

Sultan 1 çeşidinde tüm uygulamalar deneme sonunda kontrole kıyasla SYA'yı azaltmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı olan bu azalışlar CO enfeksiyonunda %37, P uygulamasında %26 ve PCO uygulamasında %20 olarak saptanmıştır (Şekil4.5.).



Şekil 4.5. Sultan 1 çeşidinin spesifik yaprak alanında meydana gelen değişimler (m^2/kg^{-1}) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

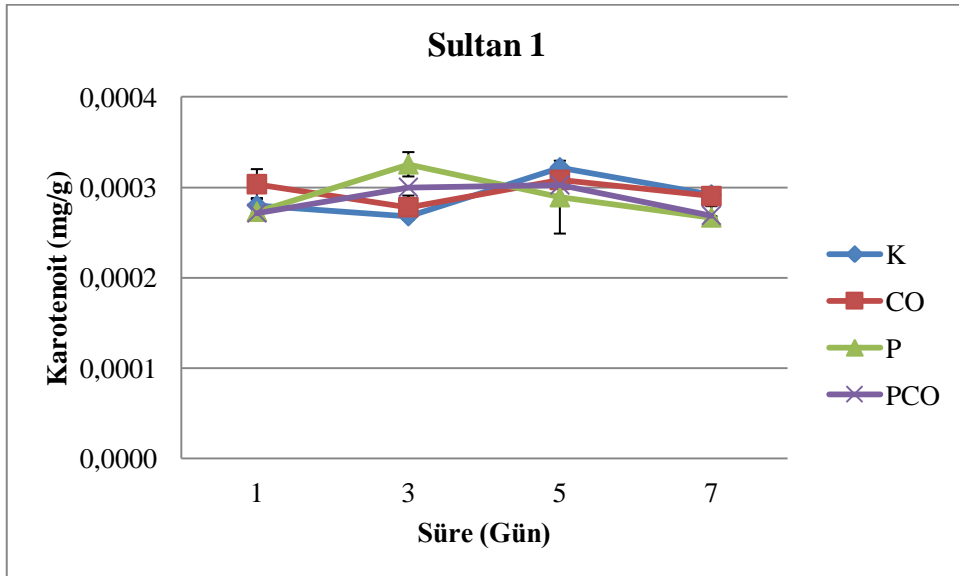
Çiftçi çeşidinde SYA özellikle 5. günde tüm stres uygulamaları nedeniyle kontrole kıyasla arttığı ve bu artışların CO ve P uygulamaları için 7. günde de devam ettiği saptanmıştır. İstatistiksel olarak anlamlı olan bu artışlar 5. günde CO enfeksiyonu %16, P uygulaması %27, PCO uygulamasında %28 iken 7. günde CO %20 ve P için %71'dir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Çiftçi çeşidinin spesifik yaprak alanında meydana gelen değişimler (m^2/kg^{-1}) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

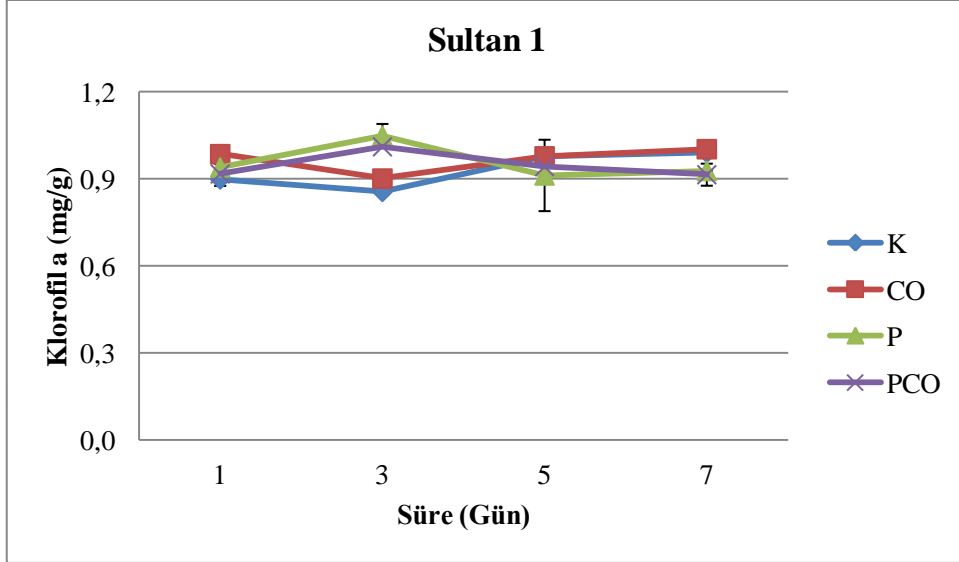
4.1.2. Pigment İçeriği

Sultan 1 çeşidinin karotenoit miktarına bakıldığında 3.günde P uygulaması ve PCO uygulaması kontrole kıyasla %23 ve %18 artış göstermiştir. Ancak deneme sonunda kontrole kıyasla bütün uygulamaların azaldığı saptanmıştır (Şekil 4.7).

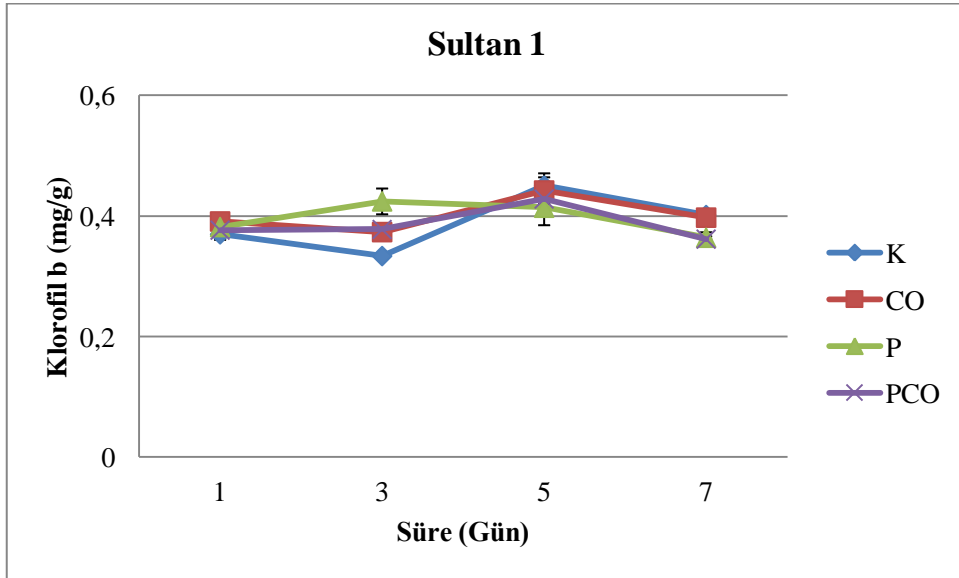


Şekil 4.7. Sultan 1 çeşidine ait toplam karotenoit miktarında meydana gelen değişimler (mg/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Kontrole kıyasla kl a ve b içeriği P ve PCO uygulamalarının 3. gününde artarken 7. günde azaldığı saptanmıştır. İlginç şekilde 7 günlük uygulama boyunca CO enfeksiyonu kontrol bitkilerle benzer şekilde olduğu ve azalmadığı saptanmıştır (Şekil4.8., Şekil 4.9.).

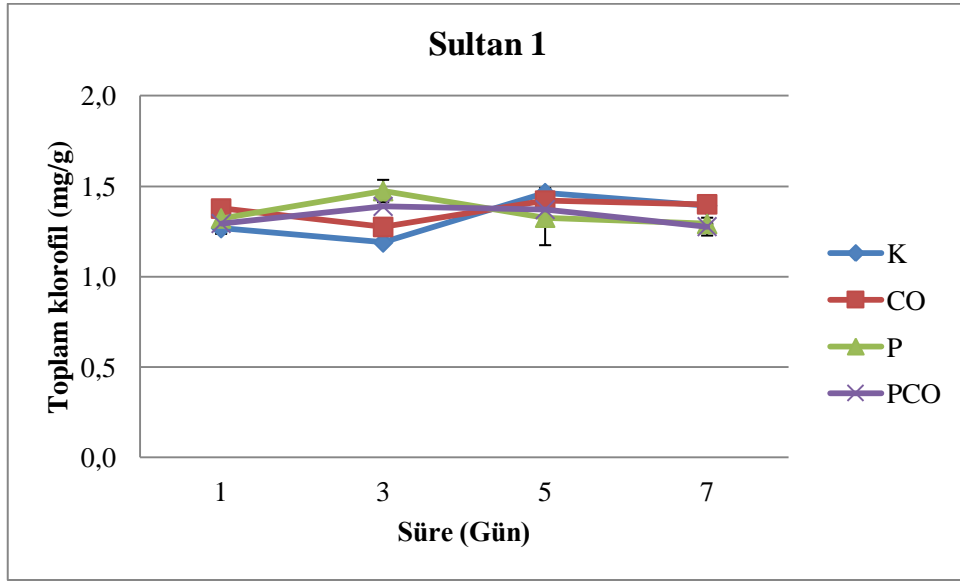


Şekil 4.8. Sultan 1 çeşidine ait klorofil a miktarında meydana gelen değişimler (mg/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)



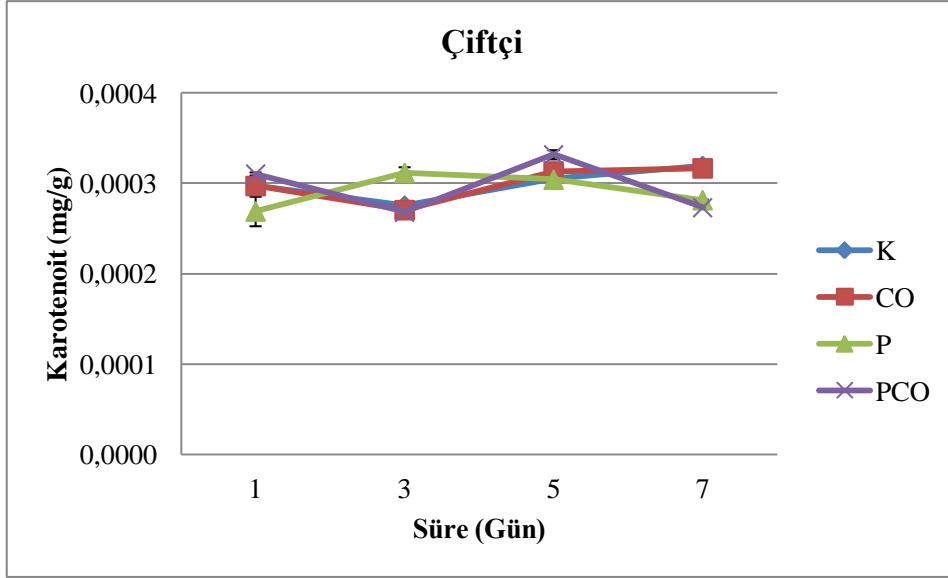
Şekil 4.9. Sultan 1 çeşidine ait klorofil b miktarında meydana gelen değişimler (mg/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Toplam klorofil miktarı deneme sonunda P ve PCO uygulamalarıyla azalsa da istatistiksel olarak anlamlı değildir (Şekil 4.10.,).

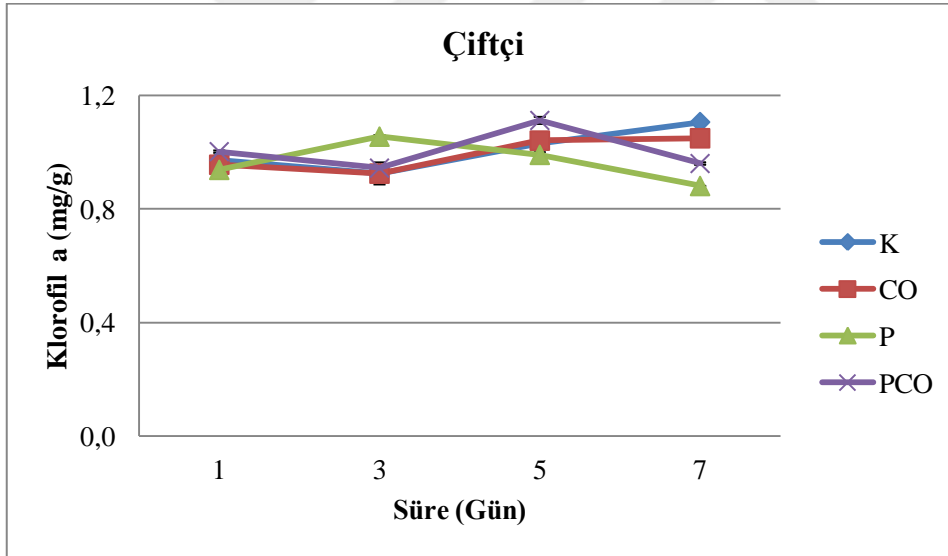


Şekil 4.10. Sultan 1 çeşidine ait toplam klorofil miktarında meydana gelen değişimler (mg/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

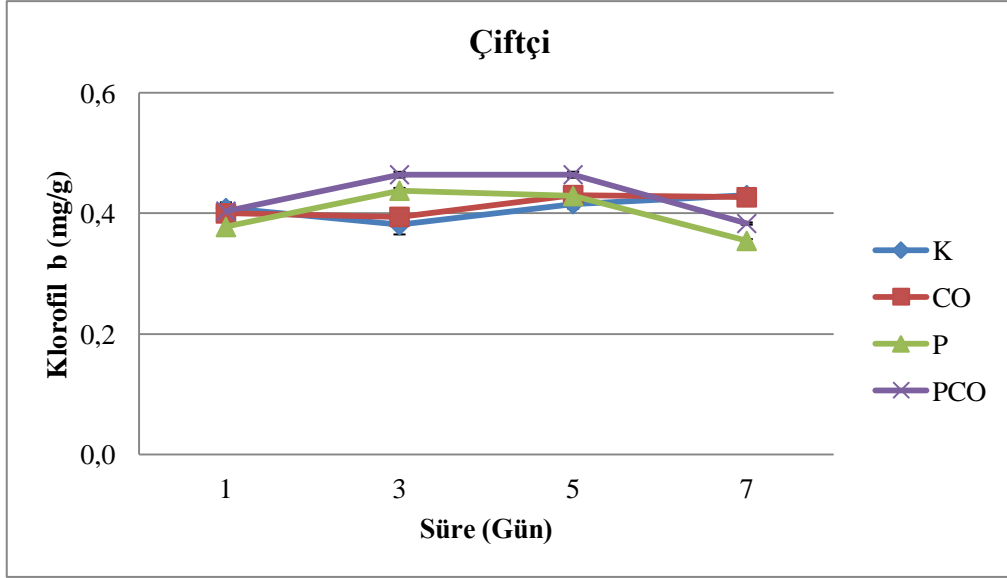
Çiftçi çeşidinde P ve PCO uygulamaları denemenin sonunda karotenoid, toplam kl, kl a ve kl b içeriklerinde kontrole göre azalmaya neden olmuştur. Sırasıyla bu azalmalar karotenoid miktarında %12 ve %14, kl a miktarında %20 ve %13, kl b miktarında %17 ve %10, top. kl miktarında %20 ve %13 oranında olduğu saptanmıştır. İlginç olan denemenin 3. gününde P uygulamasının bu içerikleri artırmış olmasıdır. Karotenoid %13, kl a %14, kl b %15, top. kl %10 oranında artmıştır. Kontrole kıyasla PCO uygulaması özellikle kl b içeriğini 5 gün boyunca arttırdığı bulunmuştur. PCO uygulaması kontrole kıyasla 3. gün %22, 5. gün ise %12 oranında artmıştır (Şekil4.11., Şekil 4.12., Şekil 4.13., Şekil 4.14).



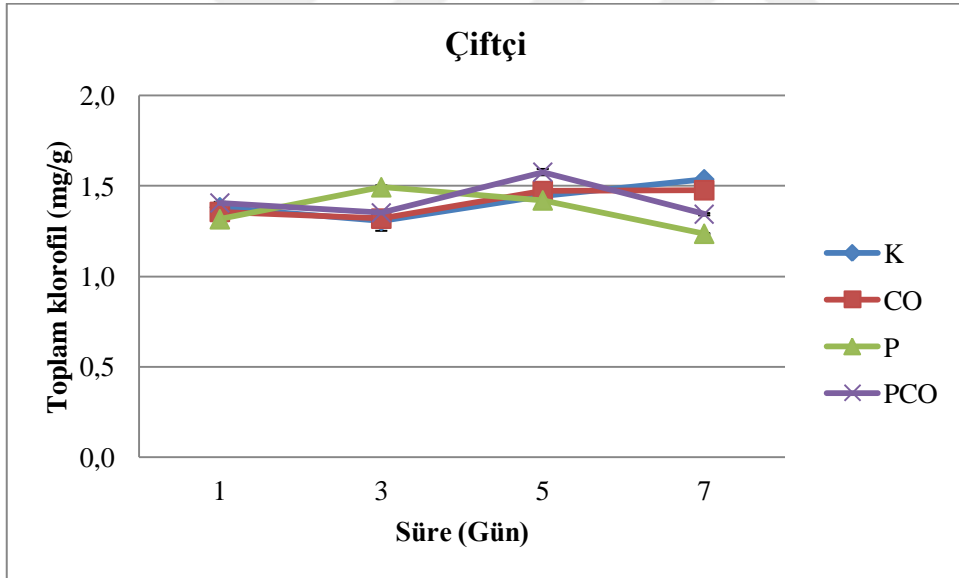
Şekil 4.11. Çiftçi çeşidine ait toplam karotenoid miktarında meydana gelen değişimler (mg/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)



Şekil 4.12. Çiftçi çeşidine ait klorofil a miktarında meydana gelen değişimler (mg/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)



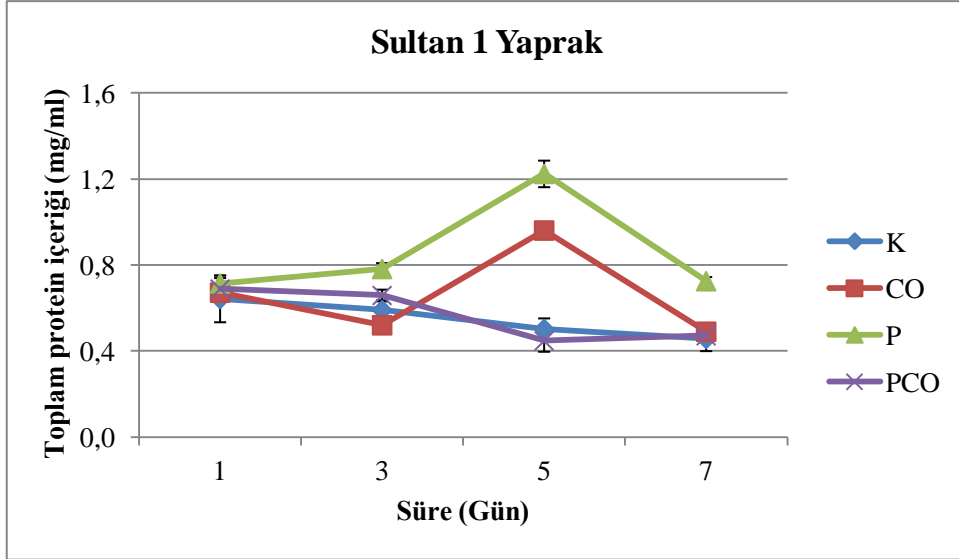
Şekil 4.13. Çiftçi çeşidine ait klorofil b miktarında meydana gelen değişimler (mg/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)



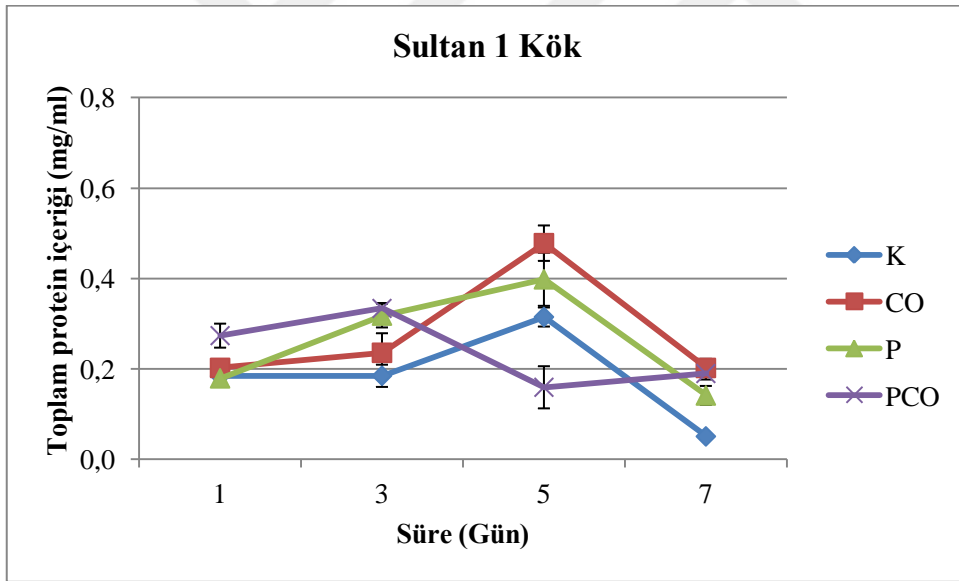
Şekil 4.14. Çiftçi çeşidinin toplam klorofil miktarında meydana gelen değişimler (mg/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

4.1.3. Protein İçeriği

Sultan 1 çeşidinin yaprak ve köklerinde stres uygulamalarının protein içeriğinde meydana getirdiği değişimler gösterilmektedir (Şekil 4.17., Şekil 4.18.)

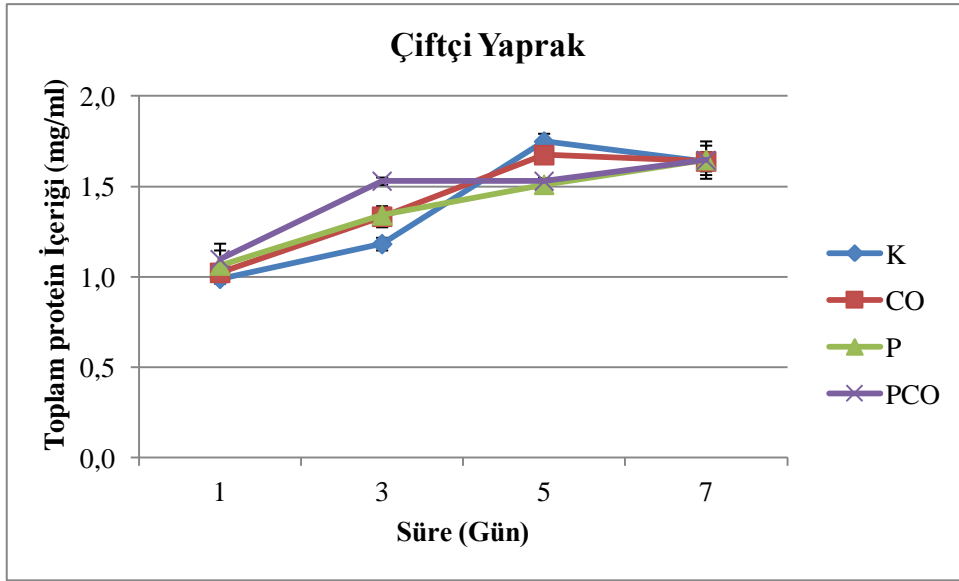


Şekil 4.15. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki toplam protein miktarında meydana gelen değişimler (mg/ml) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

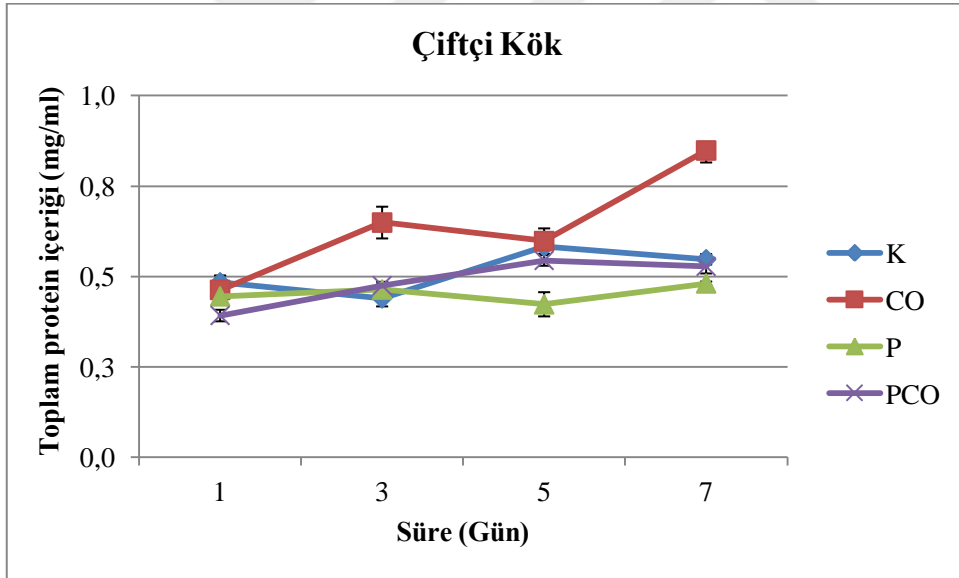


Şekil 4.16. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki toplam protein miktarında meydana gelen değişimler (mg/ml) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Çiftçi çeşidinin yaprak ve köklerinde stres uygulamalarının protein içeriğinde meydana getirdiği değişimler gösterilmektedir (Şekil 4.19., Şekil 4.20.)



Şekil 4.17. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki toplam protein miktarında meydana gelen değişimler (mg/ml) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

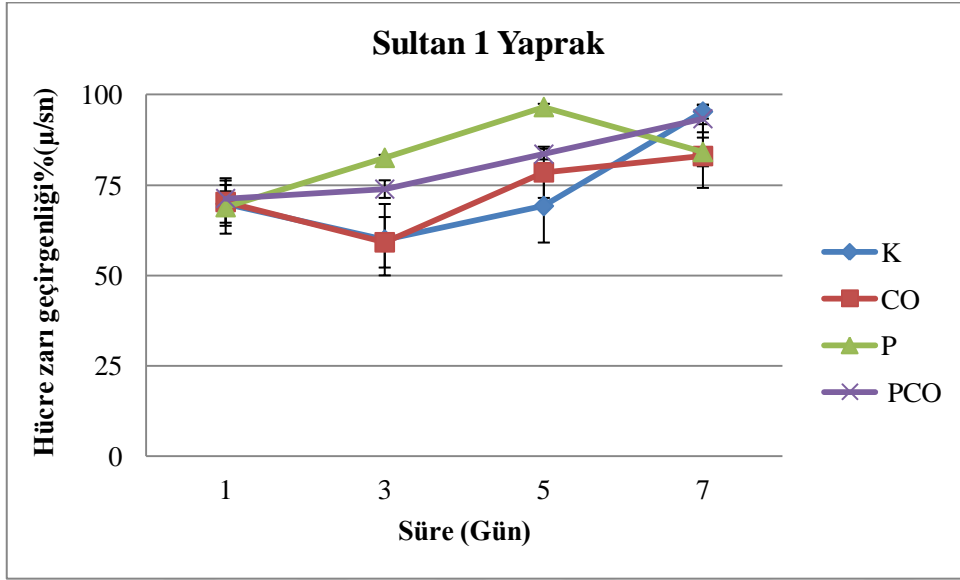


Şekil 4.18. Çiftçi çeşidinin köklerindeki toplam protein miktarında meydana gelen değişimler (mg/ml) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

4.1.4. Hücre Zarı Geçirgenliği (HZG)

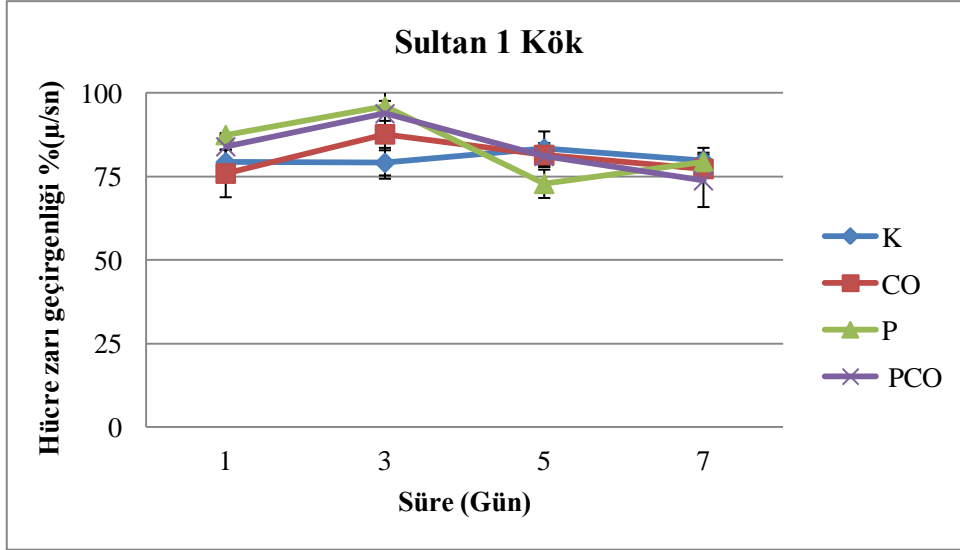
Sultan1 çeşidinin yaprak dokusu kontrole kıyasla 5. güne kadar tüm stres uygulamaları sonucunda yüksek bir HZG'ye sahip bulunmuştur. Deneme sonunda ise gruplar arasında ise istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı saptanmıştır. Özellikle

denemenin 3. gününde P ve PCO uygulamaları kontrole kıyasla daha yüksek bir HZG'ye işaret etmektedir. Bu artış istatistiksel olarak anlamlı olup sırasıyla %38 ve %23 oranındadır. Ayrıca kontrole kıyasla CO, P ve PCO uygulamaların 5. gününde saptanan HZG'deki artış istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu artışlar sırasıyla %14, %40 ve %21 olarak saptanmıştır (Şekil 4.19.).



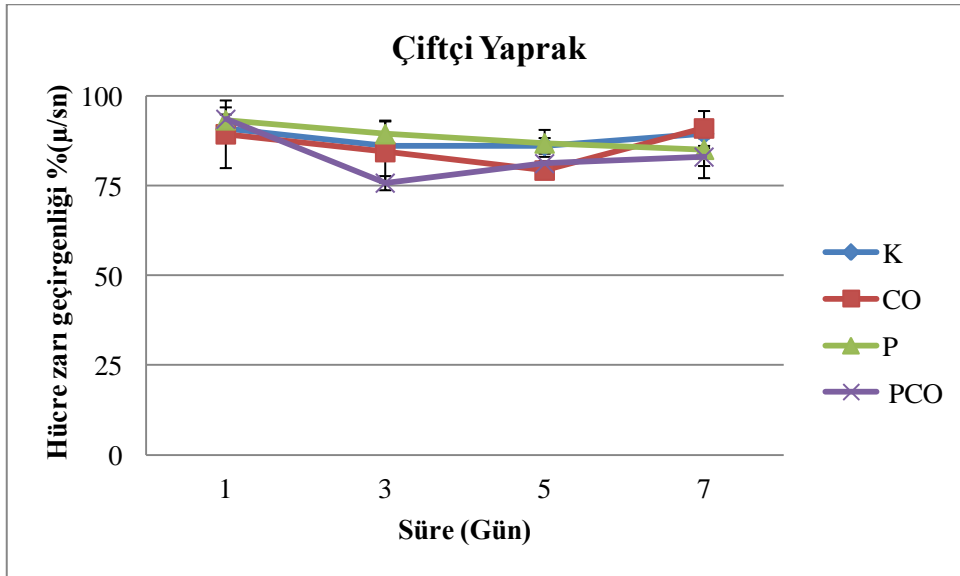
Şekil 4.19. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişimler (μ/sn) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda deneme boyunca gerçekleştirilen CO stres uygulaması kontrol bitkilerinden istatistiksel olarak anlamlı artış veya azalışlara sahip olmadığı bulunmuştur. Ancak P ve PCO uygulamaları denemenin 3. gününde kontrole kıyasla istatistiksel olarak daha yüksek bir HZG'ye sahip bulunmuştur. Bu artışlar sırasıyla %21 ve %19'dur.(Şekil 4.20.).



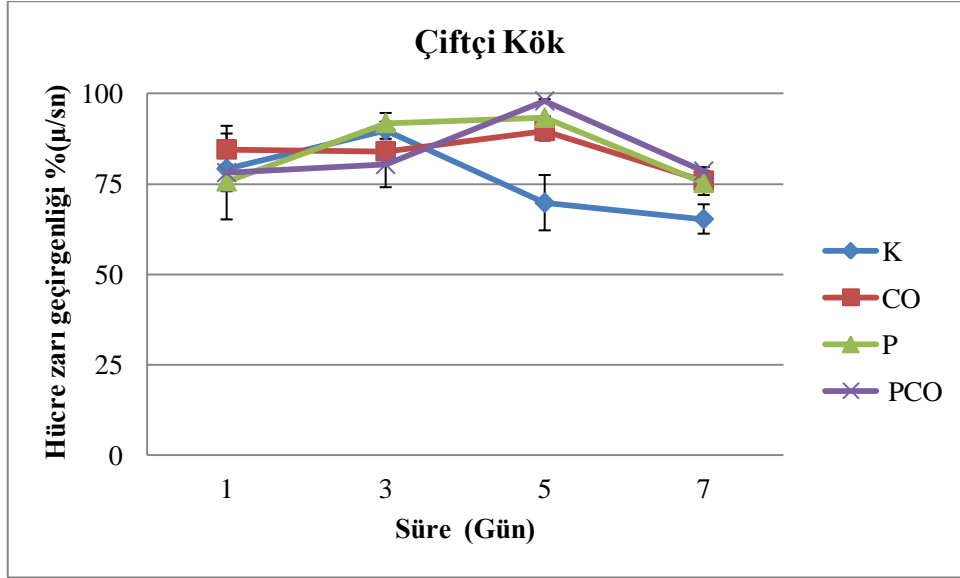
Şekil 4.20. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişimler (μ/sn) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Çiftçi çeşidinin yaprak dokusunda 3. ve 7. günlerde kontrole kıyasla istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha düşük HZG'ye sahip olduğu bulunmuştur. Diğer stres uygulamaları ise kontrole kıyasla ilk 5 günde anlamlı bir değişim göstermezken P uygulaması deneme sonunda kontrole kıyasla daha düşük bir HZG'ye neden olmuştur (Şekil 4.21.).



Şekil 4.21. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişimler (μ/sn) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

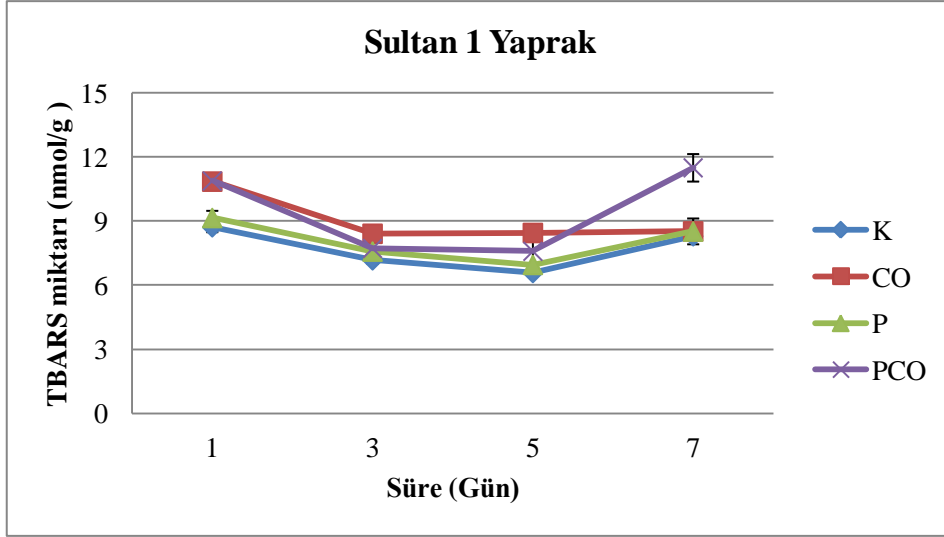
Aynı çeşidin kök dokusunda ise ilk 3 gün çift stres uygulaması kontrole kıyasla daha düşük bir HZG'ye neden olurken deneme sonunda kontrole kıyasla tüm stres uygulamalarının istatistiksel olarak daha yüksek bir HZG'ye neden oldukları saptanmıştır. CO, P uygulamaları için %20 iken PCO uygulaması %16 artığı belirlenmiştir (Şekil 4.22.).



Şekil 4.22. Çiftçi çeşidinin köklerindeki hücre zarı geçirgenliğinde meydana gelen değişimler (μ/sn) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

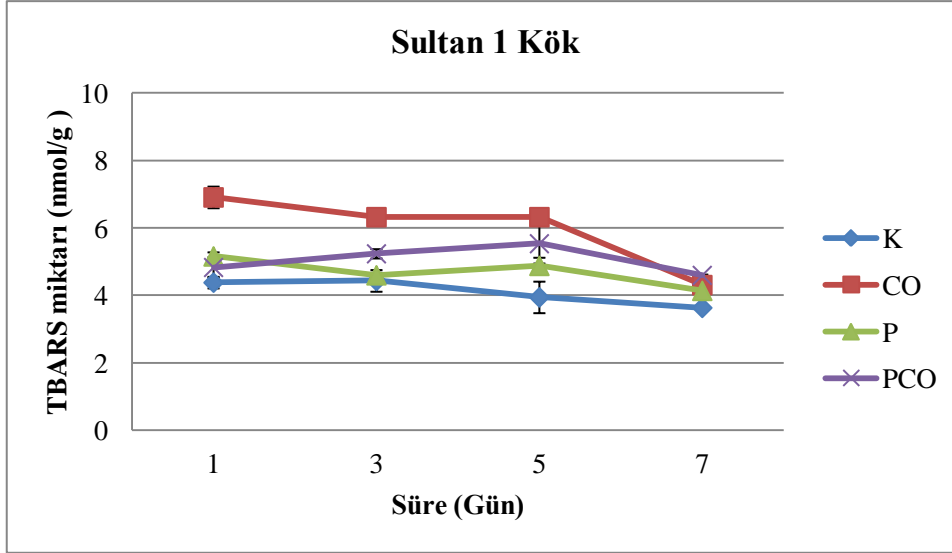
4.1.5. Lipit Peroksidasyon Miktarı

Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda lipit peroksidasyona bağlı olarak tiyobarbitürik asit reaktif madde (TBARS) miktarının kontrole kıyasla tüm stres uygulamalarından daha yüksek olduğu bulunmuştur. Özellikle çift stres uygulaması denemenin sonunda istatistiksel olarak anlamlı şekilde yaklaşık %30 daha fazla TBARS miktarına sahip bulunmuştur. CO uygulaması denemenin ilk 5 günü boyunca kontrole kıyasla daha yüksek lipit peroksidasyona işaret etmektedir. P uygulaması ise TBARS miktarını kontrole kıyasla değiştirmemiştir (Şekil 4.23.).



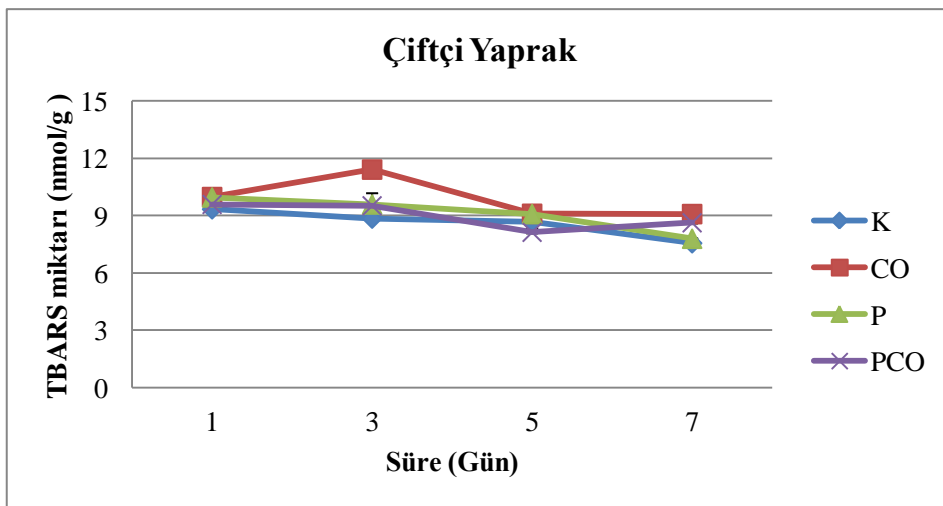
Şekil 4.23. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki TBARS miktarında meydana gelen değişimler (nmol/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Aynı çeşidin kök dokusunda ise denemenin 3. günündeki P uygulaması dışında deneme boyunca tüm stres gruplarında kontrole kıyasla istatistiksel olarak anlamlı şekilde artan TBARS miktarına sahip oldukları saptanmıştır. Özellikle denemenin 5. gününde bu farklar belirginleşmiştir. Ayrıca kök dokusunda en yüksek TBARS miktarının CO enfeksiyonuna bağlı olarak ilk 5 günde gerçekleştiği bunu PCO ve P izlediği saptanmıştır. Kontrole kıyasla gerçekleşen bu artışlar CO enfeksiyonunun 1-5. günler arasında sırasıyla %57, %37 ve %58 olarak gerçekleşmiştir. PCO ve P uygulamaları sırasıyla %41 ve %23 olarak saptanmıştır (Şekil 4.24.)



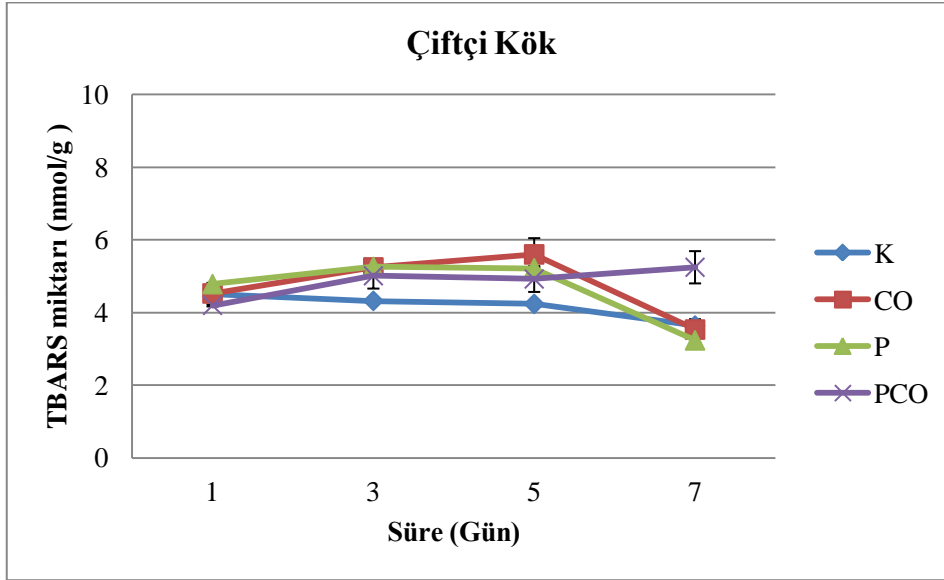
Şekil 4.24. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki TBARS miktarında meydana gelen değişimler (nmol/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Çiftçi çeşidinin yaprak dokusunda CO enfeksiyonu 3. ve 7. günlerinde kontrole kıyasla TBARS miktarında artışa neden olmuştur. Bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı olup sırasıyla %29 ve %20'dir. Bunun aksine P uygulaması deneme boyunca kontrol bitkilerine benzer şekilde azalan lipid peroksidasyona işaret etmektedir. Çift stres uygulaması ise yalnızca uygulamanın 7. gününde kontrole kıyasla artan TBARS miktarına sahip bulunmuştur. Bu artış %14 olarak saptanmıştır (Şekil 4.25.).



Şekil 4.25. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki TBARS miktarında meydana gelen değişimler (nmol/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Aynı çeşidin kök dokusunda ise denemenin 5. gününe kadar kontrole kıyasla artan TBARS miktarı CO ve P uygulamalarıyla ayrı ayrı artarken 7. günde kontrol bitkilerle benzer seviyede oldukları saptanmıştır. Bu artışlar sırasıyla %32 ve %23 olarak saptanmıştır. Ancak PCO uygulamasında 7. günde TBARS miktarı artışının kontrole kıyasla istatistiksel olarak anlamlı şekilde %48 oranında arttığı saptanmıştır (Şekil 4.26.).

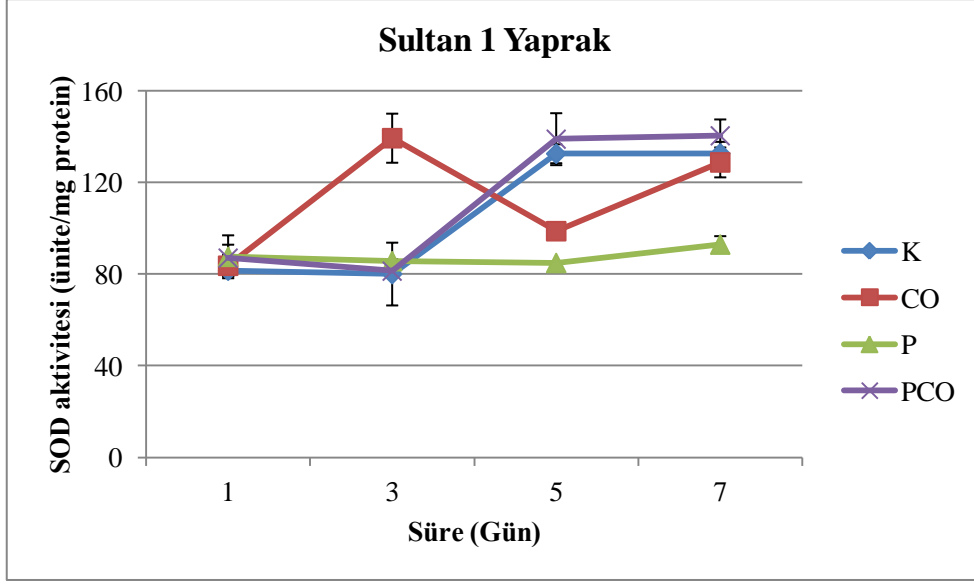


Şekil 4.26. Çiftçi çeşidinin köklerindeki TBARS miktarında meydana gelen değişimler (nmol/g YA) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

4.1.6 Antioksidan Enzim Aktivitelerinde Meydana Gelen Değişimler

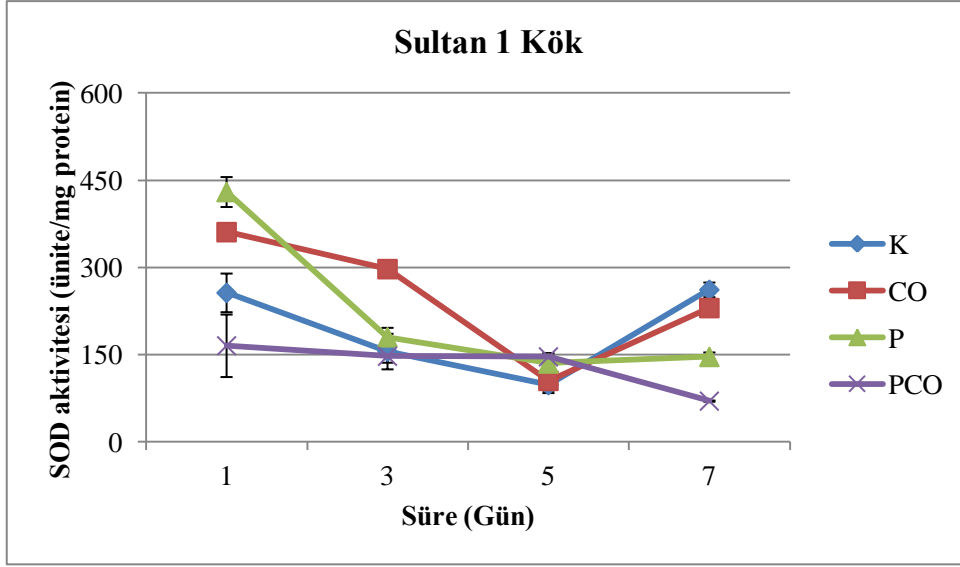
4.1.6.1. SOD Aktivitesindeki Değişimler

Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusundaki SOD aktivitesi, deneme boyunca P uygulamasıyla değişmemiş, deneme sonunda ise diğer tüm gruplardan yaklaşık %30 daha düşük aktivite göstermiştir. Ancak, CO uygulaması özellikle 3.günde diğer tüm uygulama gruplarından istatistiksel olarak anlamlı şekilde %74 daha yüksek aktiviteye sahip bulunmuştur. Diğer yandan aynı uygulama deneme sonunda kontrol bitkiler ile aynı seviyede aktivite göstermiştir. Çift stres uygulaması ile kontrol bitkilerin SOD aktivitelerinin ise deneme sonuna kadar benzer olduğu saptanmıştır(Şekil 4.27.).



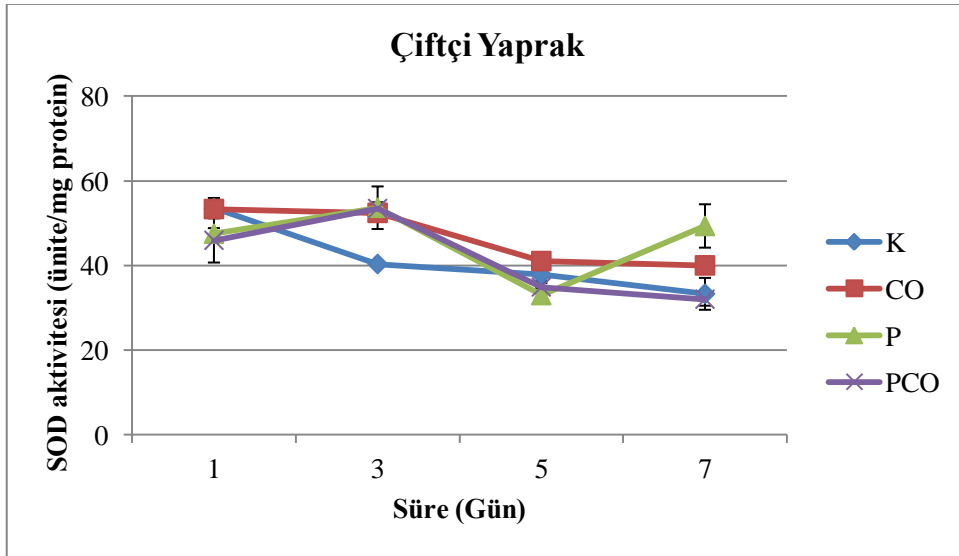
Şekil 4.27. Sultan 1 çeşidinin yaplarındaki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda ise denemenin ilk 3 günü boyunca CO uygulaması sonucu kontrole kıyasla sırasıyla %41 ve %91 artmıştır. P uygulaması ise sadece denemenin ilk gününde kontrol bitkilerde %68 daha yüksek SOD aktivitesine sahip bulunmuştur. Çift stres uygulaması ise denemenin ilk 5 gününde kontrol bitkilerden istatistiksel olarak farklı SOD aktivitelere sahip olmamıştır. Aslında denemenin 5. gününde tüm grupların SOD aktiviteleri birbirlerine yakındır ve istatistiksel olarak anlamlı değildir. Ancak, deneme sonunda P ve çift stres uygulamasıyla anlamlı şekilde azalan SOD aktiviteleri belirlenmiştir (Şekil 4.28.).



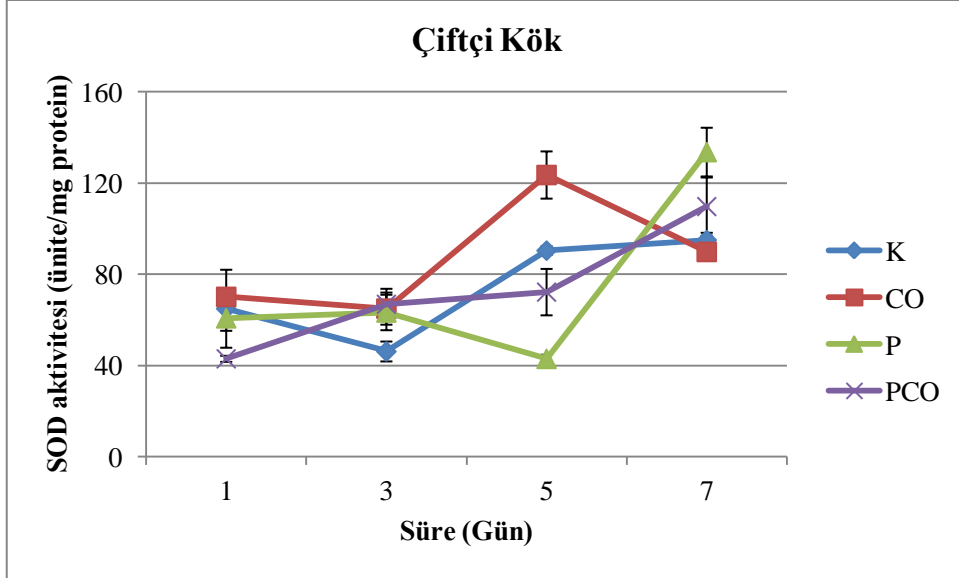
Şekil 4.28. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Çiftçi çeşidinin yaprak dokusundaki SOD aktivitesi denemenin 3. gününde tüm uygulama gruplarında kontrole kıyasla yaklaşık %32 artmıştır. Ancak denemenin 5. gününde grupların SOD aktivitelerinin kontrol bitkilere yakın seviyelerde gerçekleştiği saptanmıştır. Deneme sonunda ise CO ve P uygulamaları kontrole kıyasla sırasıyla %20 ve %48 artışlar sahipken, çift stres uygulamasıyla değişmemiştir (Şekil 4.29.).



Şekil 4.29. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

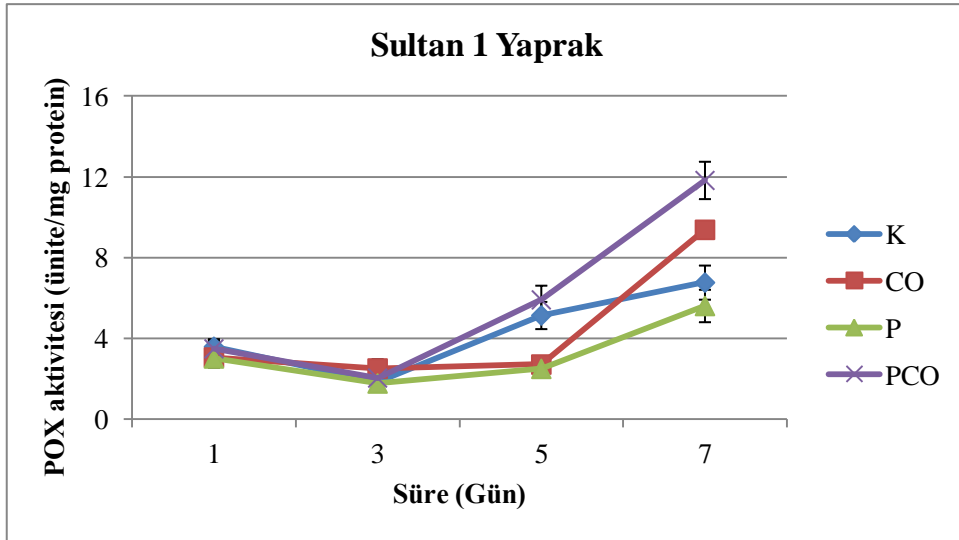
Çiftçi çeşidinin kök dokusundaki SOD aktiviteleri, 5. günde kontrole kıyasla CO uygulaması %37 artarken P ve PCO uygulamaları %52 ve %20 azalmıştır. Deneme sonunda P uygulaması diğer tüm gruplardan %41 daha yüksek aktivite göstermiştir. (Şekil 4.30.)



Şekil 4.30. Çiftçi çeşidinin köklerindeki SOD aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

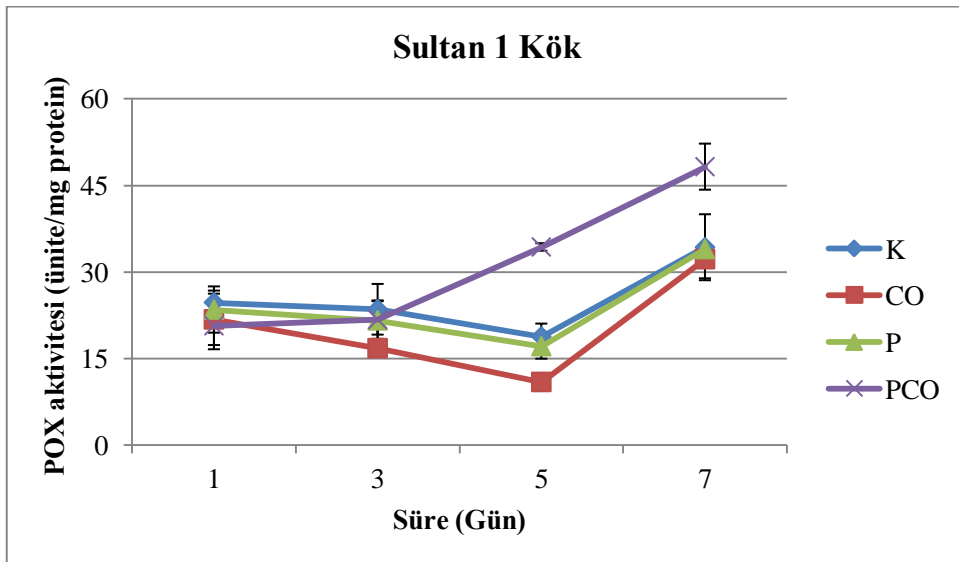
4.1.6.2. POX Aktivitesindeki Değişimler

Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusundaki POX aktivitesi tüm uygulama gruplarında denemenin ilk 3 günü kontrol bitkilere kıyasla değişmezken, çift stres uygulaması ile 5. günden itibaren deneme sonunda kontrol bitkilere kıyasla %75 arttırmıştır. CO uygulaması da %40'lık artışa sahip bulunmuştur. Deneme sonunda P uygulaması ise kontrol bitkilere benzer POX aktivitesi göstermiştir (Şekil 4.31.).



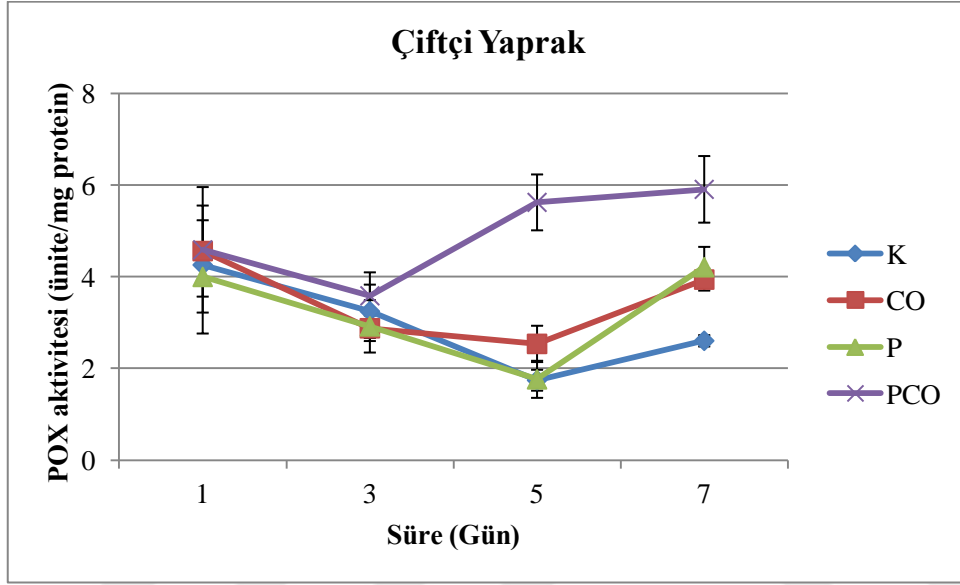
Şekil 4.31. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki POX aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda ise yaprak dokusundaki verilere benzer şekilde çift stres uygulaması POX aktivitesini kontrol bitkiler dahil diğer uygulamalarla kıyasla deneme sonunda %50 arttırmıştır. P uygulaması kontrol bitkilere benzer POX aktivitesi gösterirken, CO uygulaması denemenin ilk 5 günü sonunda kontrole kıyasla %42 azalmıştır (Şekil 4.32.).



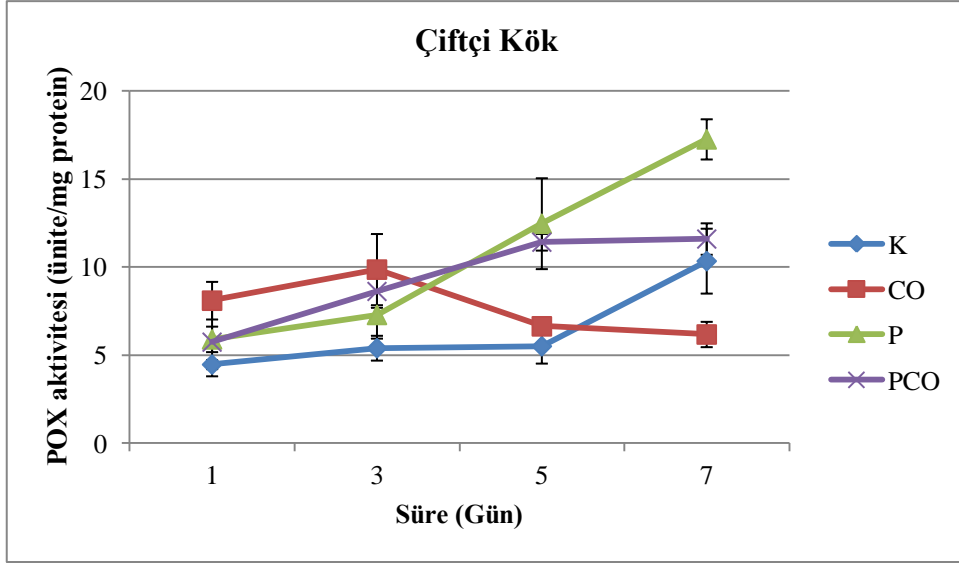
Şekil 4.32. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki POX aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Çiftçi çeşidinin yaprak dokusunun POX aktivitesi tüm uygulama gruplarında denemenin ilk 3 günü kontrol bitkilere kıyasla azalırken, uygulamalar arasında anlamlı farklar oluşmamıştır. Çift stres uygulaması ise 5. günden itibaren deneme sonuna kadar kontrol bitkilere kıyasla POX aktivitesini sırasıyla %222 ve %127 arttırmıştır. CO ve P uygulamaları ile POX aktiviteleri sadece deneme sonunda kontrol bitkilere kıyasla sırasıyla %51 ve %62 artmıştır (Şekil 4.33.).



Şekil 4.33. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki POX aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

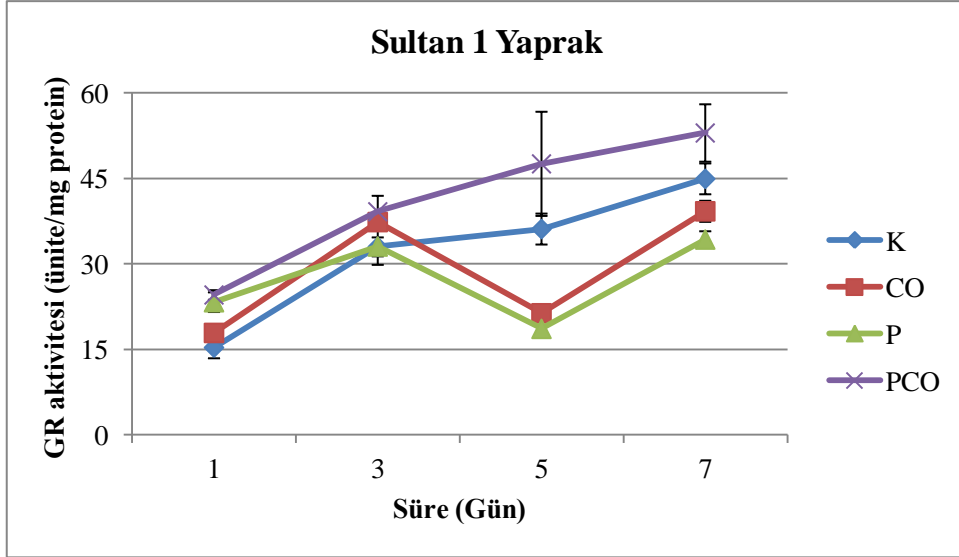
Çiftçi çeşidinin kök dokusundaki POX aktivitesi P uygulamasıyla doğrusal şekilde artmıştır. Öyle ki; denemenin 5. ve 7. günlerindeki bu artışlar kontrol bitkilere kıyasla sırasıyla %125 ve %67 olarak gerçekleşmiştir. Benzer bir artışın çift stres uygulamasında denemenin 5. gününde kontrole kıyasla %107 ile gerçekleştiği ancak, denemenin son gününde 5.güne kıyasla değişmediği saptanmıştır. CO uygulaması ise sadece denemenin ilk 3 günü boyunca kontrole kıyasla %81 ve %83 artışa sahip bulunmuştur. Deneme sonunda ise CO uygulamasıyla kontrole kıyasla azalan POX aktiviteleri belirlenmiştir (Şekil 4.34.).



Şekil 4.34. Çiftçi çeşidinin köklerindeki POX aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

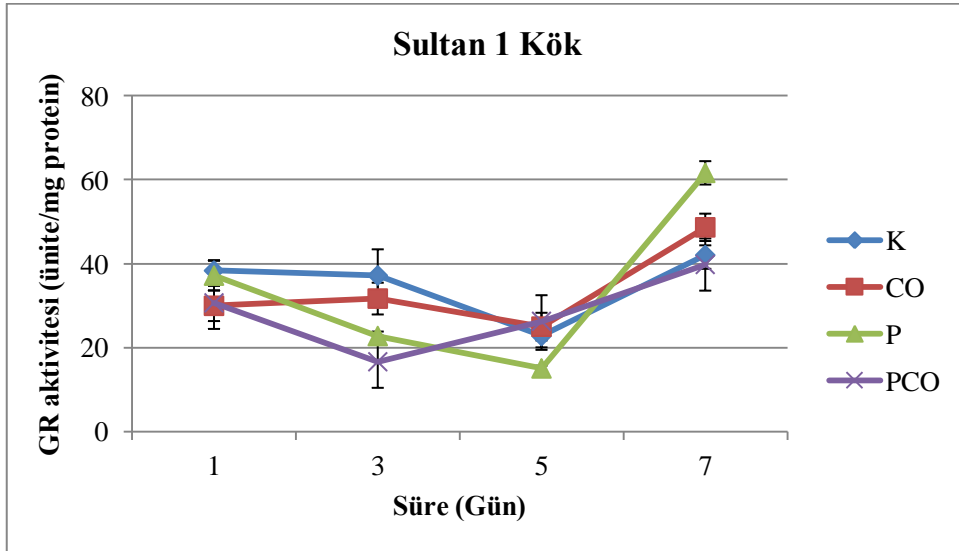
4.1.6.3. GR Aktivitesindeki Değişimler

Tüm stres uygulamaları Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda GR aktivitelerini denemenin ilk 3 günü kontrole kıyasla arttırmıştır. Özellikle P ve çift stres uygulamalarındaki artışlar ilk günde sırasıyla %52 ve %60 olarak gerçekleşmiştir. Ancak 5. günden itibaren P ve CO uygulamaları kontrole kıyasla sırasıyla %50 ve %42 azalmıştır. İlginç şekilde çift stres uygulaması ise kontrole kıyasla GR aktivitesini deneme sonuna dek 5. ve 7. günlerde sırasıyla %31 ve %20 arttırmıştır (Şekil 4.35.).



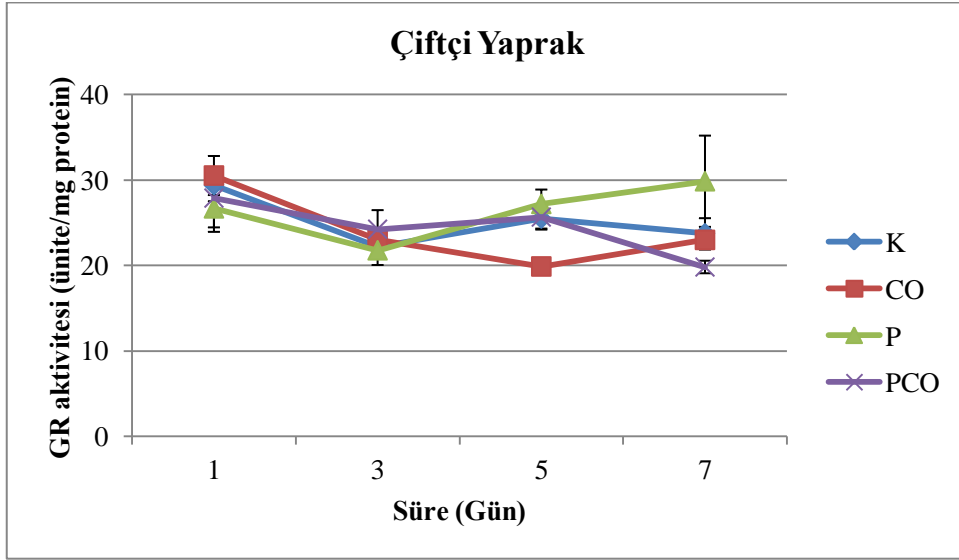
Şekil 4.35. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki GR aktivitesinde meydana gelen değişimler (µmole/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda GR aktivitesi CO ve P uygulamaları 7. günde kontrole kıyasla sırasıyla %16 ve %47 oranında artış göstermiştir. Çift stres uygulaması ile GR aktivitesini özellikle ilk 3 gün kontrole kıyasla %45 azalmış, ancak deneme sonunda kontrol bitkilerle benzer aktivitelere sahip bulunmuştur (Şekil 4. 36.).



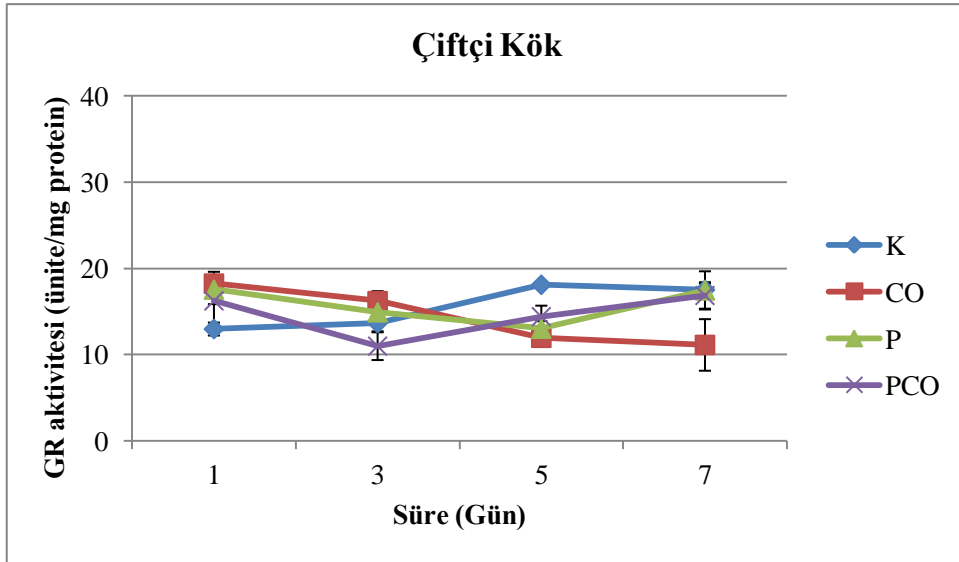
Şekil 4.36. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki GR aktivitesinde meydana gelen değişimler (µmole/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Çiftçi çeşidinin yaprak dokusundaki GR aktivitesi CO uygulaması dışında denemenin ilk 5 gününde kontrole kıyasla tüm uygulamalarda benzer seviyede bulunmuştur. Aktivite özellikle 5. günde CO uygulamasıyla kontrole kıyasla %22 azalmıştır. Bu çeşide ait dokularda GR aktivitesinde sadece P uygulamasıyla 7. günde kontrole kıyasla %26 artış saptanmıştır (Şekil 4.37.).



Şekil 4.37. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki GR aktivitesinde meydana gelen değişimler (µmole/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

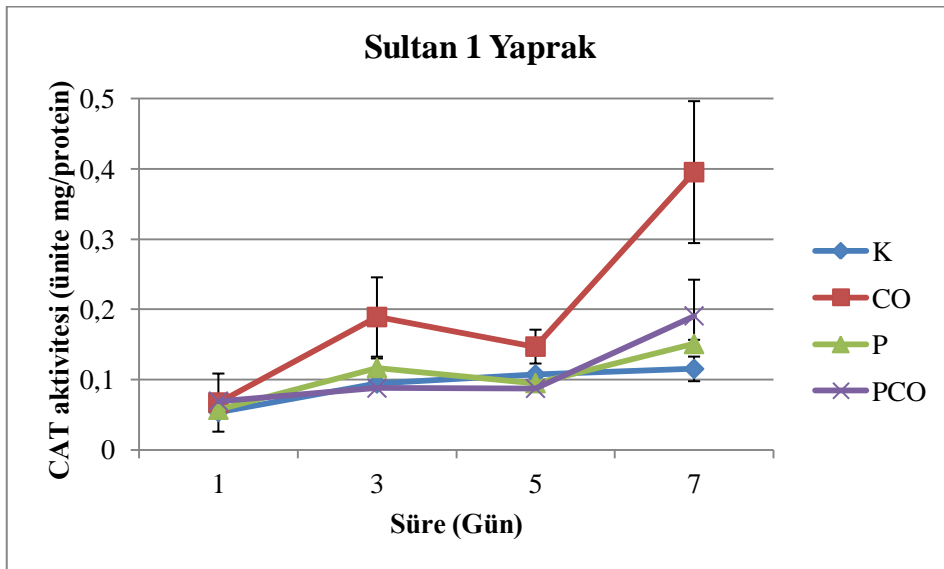
Çiftçi çeşidinin kök dokusunda denemenin ilk 3 günü boyunca stres uygulamaları kontrole kıyasla GR aktivitelerini azaltırken, ilk gündeki artışlar yerini 5. günden itibaren azalmaya bırakmıştır. Bu azalışlar CO, P ve çift stres uygulamaları için sırasıyla %34, %28 ve %20 iken, denemenin son günü yalnızca CO uygulaması kontrole kıyasla %36 azalmıştır (Şekil 4.38.).



Şekil 4.38. Çiftçi çeşidinin köklerindeki GR aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

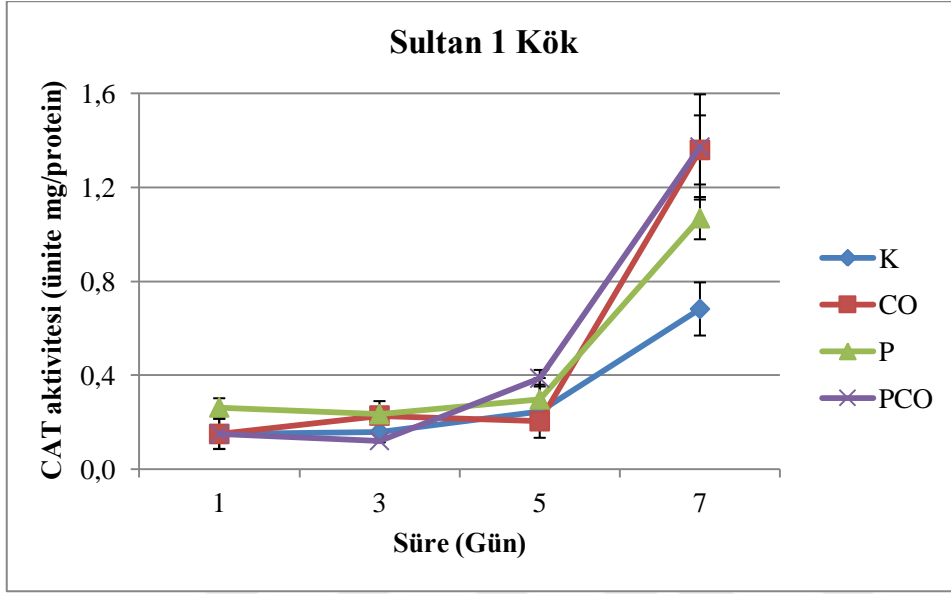
4.1.6.4. CAT Aktivitesindeki Değişimler

Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusundaki CAT aktivitesi CO uygulaması ile kontrole kıyasla deneme boyunca yüksek aktivite göstermiştir. Bu artışlar 3. gün %100, 5 gün %37 ve 7. gün %144 oranındadır. P ve PCO uygulamaları ilk 5 gün kontrol bitkileriyle aynı seviyede iken deneme sonunda sırasıyla % 31 ve %66 artmıştır (Şekil 4.39.).



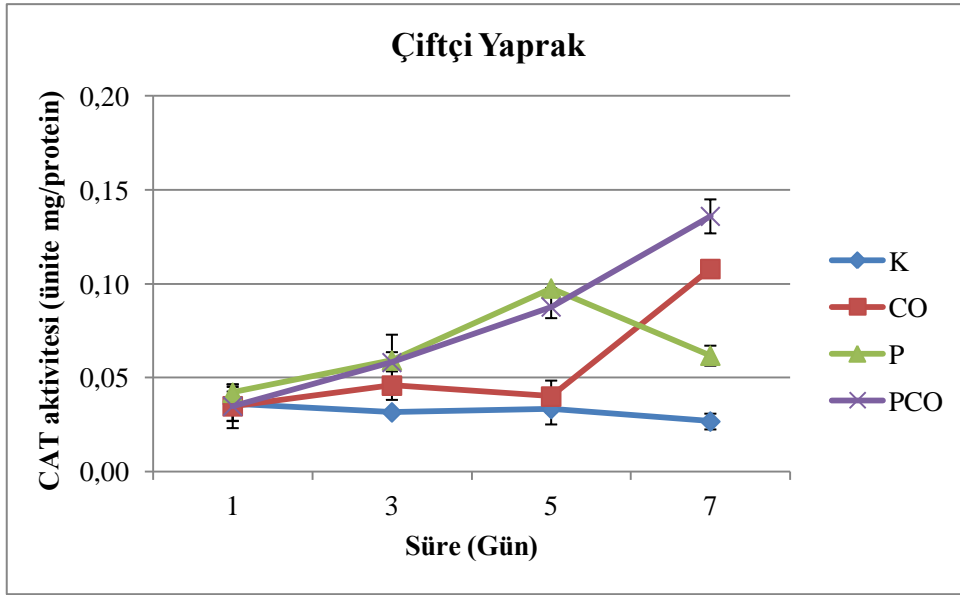
Şekil 4.39. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda CAT aktiviteleri denemenin ilk 5 günü kontrole kıyasla anlamlı bir değişim göstermemiştir. Denemenin son gününde ise kontrole kıyasla, P uygulaması %57, CO ve PCO uygulamaları %100 daha yüksek aktivite göstermiştir (Şekil 4.40.).



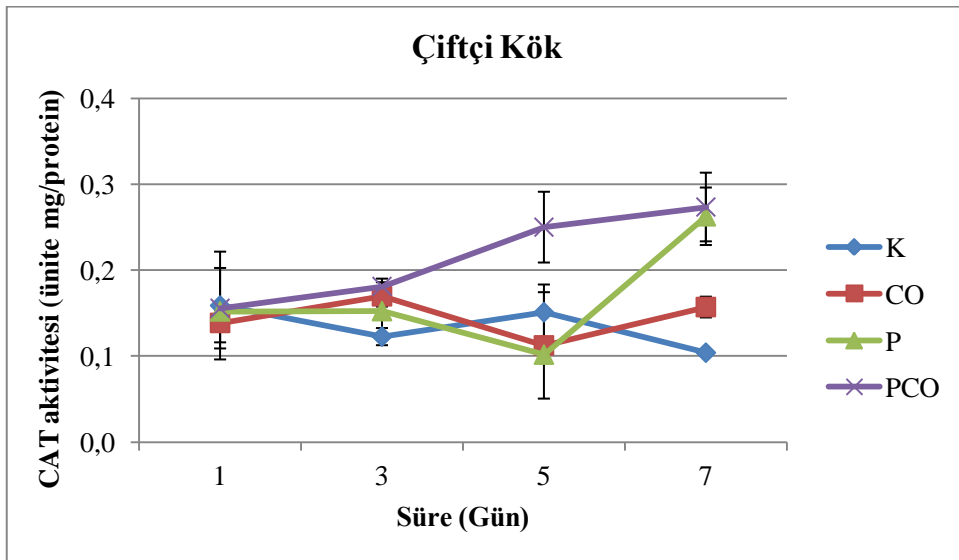
Şekil 4.40. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler (µg/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Çiftçi çeşidinin yaprak dokusunda CAT aktivitesi PCO uygulamasıyla kontrole kıyasla deneme boyunca doğrusal olarak artmıştır. P ve PCO uygulamaları 5. gün kontrole kıyasla %192 ve %162 oranında artarken deneme sonunda CO, P ve PCO uygulamaları sırasıyla 3 kat, 2 kat ve 4 kat arttığı saptanmıştır (Şekil 4.41.).



Şekil 4.41. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

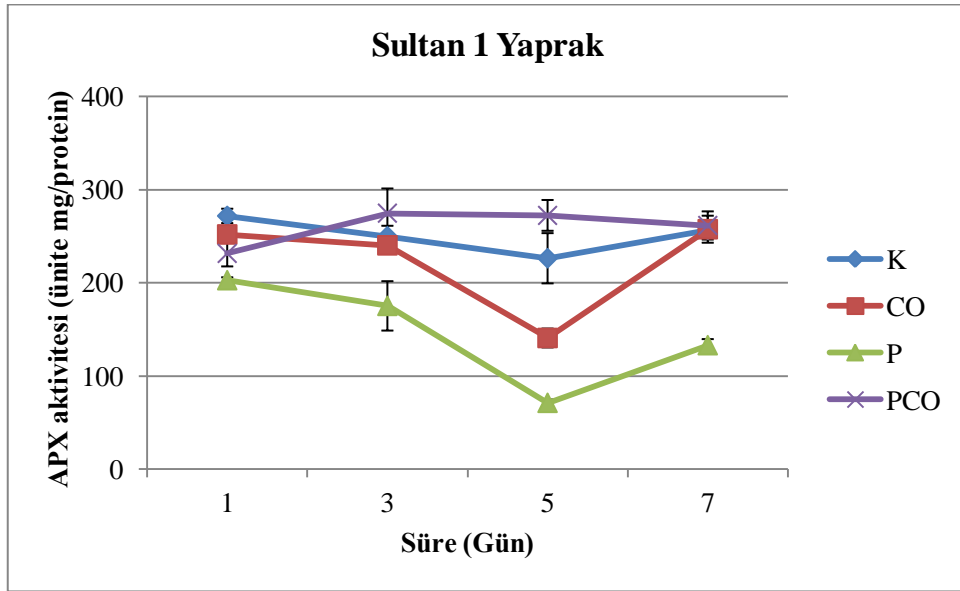
Çiftçi çeşidinin kök dokusunda 5. günde PCO uygulaması ile gerçekleşen %66 artış haricinde diğer uygulamalar kontrol bitkilerinden istatistiksel olarak farklı CAT aktivitelere sahip değildir. Deneme sonunda CO, P ve PCO uygulamaları CAT aktivitesini kontrole kıyasla sırasıyla %51, %153 ve %163 arttırmıştır. (Şekil 4.42.)



Şekil 4.42. Çiftçi çeşidinin köklerindeki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

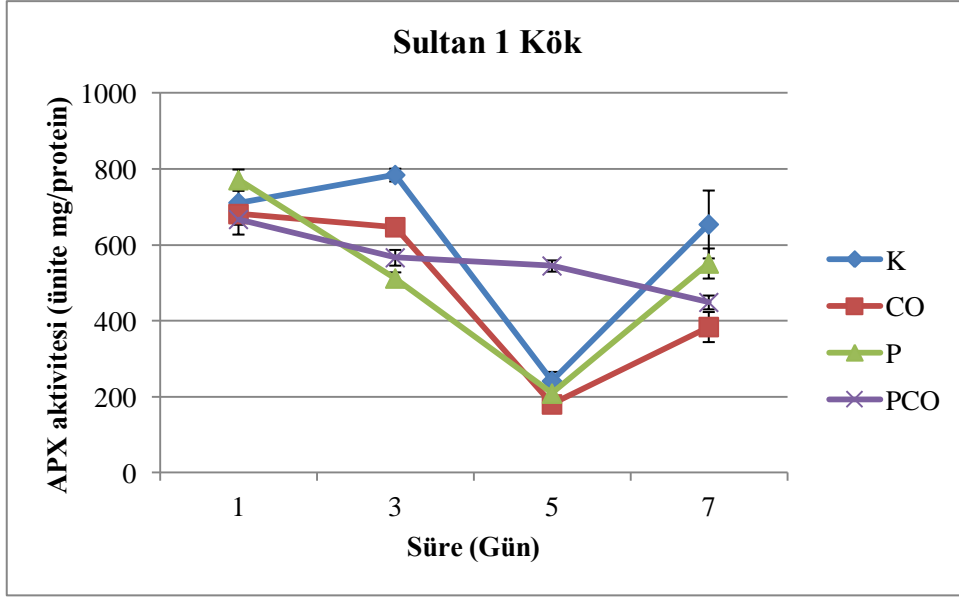
4.1.6.5. APX Aktivitesindeki Değişimler

Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda CO ve P uygulamaları kontrole kıyasla APX aktivitelerini özellikle 3.gün sırasıyla %4 ve %30, 5. günde %38ve %69 azaltırken, çift stres uygulaması kontrole kıyasla 3. gün %10, 5. gün %16 artmıştır. Deneme sonunda ise sadece P uygulaması APX aktivitesini kontrole kıyasla %48 azaltmıştır (Şekil 4.43.).



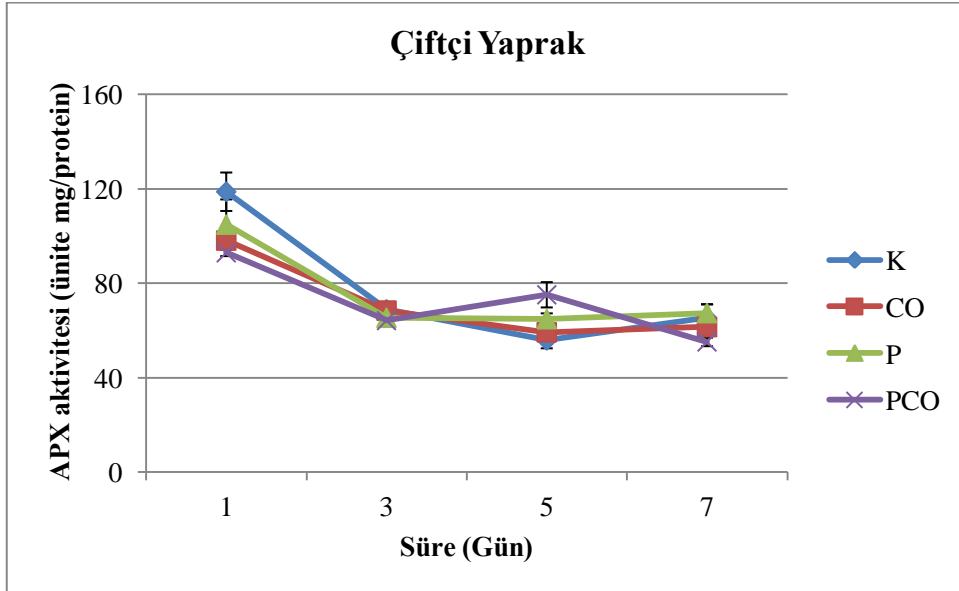
Şekil 4.43. Sultan 1 çeşidinin yapraklarındaki APX aktivitesinde meydana gelen değişimler (µmole/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Sultan 1 çeşidinin kök dokusunda ise çift stres uygulaması APX aktivitesini deneme sonuna dek doğrusal şekilde azaltmıştır. Buna rağmen 5. günde diğer uygulamalara kıyasla %125 artmıştır. CO ve P uygulamaları ise denemenin 5. gününe kadar kontrol bitkilere benzer aktivitelere sahipken, APX aktivitesinin son günde kontrole kıyasla sırasıyla %41 ve %16 daha düşük olduğu saptanmıştır (Şekil 4.44.).



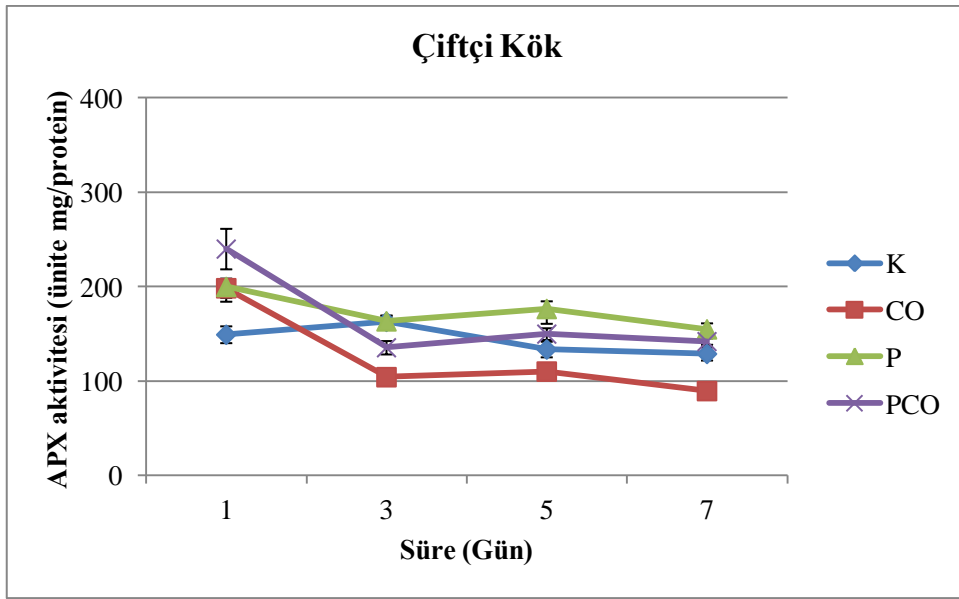
Şekil 4.44. Sultan 1 çeşidinin köklerindeki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Çiftçi çeşidinin yaprak dokusunda APX aktiviteleri deneme sonuna doğru azalmıştır. 5. gündeki çift stres uygulaması ile kontrole kıyasla %35 artan APX aktivitesi haricinde, diğer tüm uygulamaların kontrole benzer aktivitelere sahip bulunmuştur (Şekil 4.45).



Şekil 4.45. Çiftçi çeşidinin yapraklarındaki APX aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

Çiftçi çeşidinin kök dokusunda denemenin ilk gününde APX aktiviteleri stres uygulamalarıyla kontrole kıyasla %33, %34 ve %60 daha yüksek aktivite saptanmıştır. CO uygulaması ise kontrole kıyasla APX aktivitesini deneme sonuna kadar 3. günden itibaren sırasıyla %36, %17 ve %30 azalmıştır. P uygulaması ise denemenin 5. ve 7. günlerinde APX aktivitesini kontrole kıyasla sırasıyla %30 ve %20 arttırmıştır. Çift stres uygulaması ise denemenin 5. ve 7. günlerinde kontrole kıyasla sırasıyla %12 ve %10 APX aktivitelerine sahip bulunmuştur (Şekil 4.46.).



Şekil 4.46. Çiftçi çeşidinin köklerindeki CAT aktivitesinde meydana gelen değişimler (ünite/mg protein) (K: Kontrol, CO: Canavar otu enfeksiyonu, P: %10 PEG 6000 uygulaması, PCO: Canavar otu enfeksiyonu ve %10 PEG 6000 uygulaması)

4.1.7. İstatistiksel Bulgular

Tüm biyokimyasal ve fizyolojik veriler SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) programı kullanılarak analiz edildi. Çalışmada, 9 tekrarın ortalaması olarak n=9 gösterildi. *Lens culinaris* Medik. cv. Sultan 1 ve *Lens culinaris* Medik. cv Çifçi çeşitlerinin gövde uzunluğu, kök uzunluğu, SYA, kl a, kl b, top. kl, karotenoit, protein, TBARS, HZG, SOD, POX, GR, CAT ve APX enzim aktivitelerine ait veriler tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) ile incelendi (Çizelge 4.1., Çizelge 4.2.).

Çizelge 4.1. *Lens culinaris* Medik. cv Sultan 1 ve *Lens culinaris* Medik. cv Çiftçi çeşitlerinin gövde uzunluğu SYA ve klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, karotenoit, protein, HZG, TBARS, SOD, POX, APX, GR ve CAT enzim aktivitelerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar % 5 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir.

İncelenen Parametre	Ortalama Kareler	F
Gövde uzunluğu	1964,577	9,171***
SLA	4,847	3,493***
Klorofil a	1,313	7,624***
Klorofil b	0,277	7,783***
Toplam klorofil	2,696	7,936***
Karotenoit	0,000	7,727***
Protein	41,384	74,848***
HZG	6704,955	3,629***
TBARS	272,901	10,022***
SOD	272745,953	41,199***
POX	598,342	12,122***
GR	16931,675	10,433***
CAT	0,446	7,687***
APX	1333256,843	86,650***

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

Çizelge 4.2. *Lens culinaris* Medik. cv Sultan 1 ve *Lens culinaris* Medik. cv Çiftçi çeşitlerinin kök uzunluğu, protein, HZG, TBARS, SOD, POX, APX, GR ve CAT enzim aktivitelerine ait tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonuçları. Rakamlar %5 seviyesindeki F değerlerini temsil etmektedir.

İncelenen Parametre	Ortalama Kareler	F
Kök uzunluğu	487,930	5,559***
Protein	6,235	48,223***
HZG	10109,804	5,023***
TBARS	103,073	8,358***
SOD	1369384,196	43,337***
POX	21811,515	18,804***
GR	26141,706	28,623***
CAT	8,698	7,202***
APX	10475348,29	96,409***

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

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir tarla yabancı otu olan *Orobanche crenata* mercimek tarımında ciddi ölçüde verimi azaltmaktadır (Acar ve Demirbaş, 2013). Genel olarak, canavar otu ile mücadele için çok sayıda yöntem denenmektedir. Bunlar arasında; mercimek ekiminden önce keten gibi tuzak bitkilerin ekilmesi (Aksoy ve ark., 2015), canavar otu çıkışını azaltmak için glifosat ve imazapik herbisitlerinin kullanımı (Rubiales ve Mikic, 2015), bakla ve fiğde ekim tarihini değiştirerek duyarlı bitkilerde canavar otu yapışma sayısını azaltma (Borg ve ark., 1994) sayılabilir. Ayrıca, morfolojik olarak canavar otu yapışması sırasında konukçu bitkinin lignifikasyonunun ve nekrozlaşmasının yapışmayı önlediği de bilinmektedir (Pérez-de-Luque ve ark., 2005).

Canavar otuna dayanıklılıkta, bitki ıslahı en ekonomik ve çevre dostu yöntem olarak önerilmekle birlikte (Fernandez-Aparicio ve ark., 2016), Akdeniz ülkelerindeki 1774 mercimek germplazmının taranması sonucunda mercimeğin genetik olarak canavar otuna dayanıklılık göstermediği belirlenmiştir (Erskine ve ark., 2016). Diğer yandan, *O. crenata*'nın tuzlu toprak ile karakterize edilen bölgelerde konak köklerine enfeksiyonun düşük olması, kuraklığa bağlı ozmotik stres ile ilişkilendirilmiştir (Moral ve ark. 2015).

Çevresel stresler bitki gelişimini ve verimini sınırlandırmaktadırlar (Boyer, 1992). İçinde bulunduğumuz yüzyılda ise kuraklık giderek artan verim kayıplarına yol açmaktadır (Shao ve ark. 2008a). Kuraklık stresinin genel etkisi, stoma açıklığını azaltarak fotosentez hızını da azaltmasıdır (Cornic, 2000). Benzer mekanizma azalan bağıl su içeriği verileriyle bezelye (Le Coeur ve Sinclair, 1996) ve mercimekte (Talukdar, 2013) gösterilmiştir. Bu araştırmada kullanılan Sultan 1 ve Çiftçi çeşitlerinin normal koşullar altında yüksek verimli oldukları, ayrıca Sultan 1'in tane ağırlığı en yüksek çeşit olduğu (Çokkızgın ve ark., 2005) bilinmekle birlikte, Çiftçi çeşidinin kuraklığa duyarlı olduğu da (Haklı, 2008) gösterilmiştir. Kuraklık stresi mercimekte büyümeyi baskımlarken, kuru ağırlığı da azaltmaktadır (Talukdar, 2013). Ek olarak, Çiftçi çeşidinde sürgün uzunluğunun %10-15 PEG uygulamasıyla azaldığı da rapor edilmiştir (Gökçay, 2015). Benzer şekilde, Sultan 1 çeşidinin fide boyu ve taze ağırlığının kuraklık stresiyle azaldığı saptanmıştır (Öktem ve ark., 2008). Araştırmamızda kullanılan her iki çeşidin gövde uzunluğu %10 PEG 6000 (P) ve canavar otu (CO) uygulamalarıyla azalmıştır. Her iki stresin birlikte uygulanması da (PCO) benzer azalmaya neden olmuştur. Ancak Çiftçi çeşidi CO uygulamasından daha çok

etkilenmiştir. Bu nedenle sonuçlarımız Öktem ve ark., (2008), Talukdar (2013) ve Gökçay (2012)'in sonuçlarıyla uyumludur.

Kök uzunluğu her iki çeşitte belirgin şekilde farklı bulunmuştur. Streslerin ayrı ve birlikte uygulanması kök uzunluğunda Sultan 1 çeşidinde anlamlı bir değişime neden olmazken, Çiftçi çeşidinde anlamlı şekilde azalmıştır. Kök büyümesinde Sultan 1'in az etkilenmesi Öktem ve ark., (2008)'in sonuçlarıyla uyumludur. Ek olarak, Sultan 1 çeşidinin kök dokularının tuz stresinden yaprak dokularına kıyasla daha az etkilendiği bilgisi (Badeoğlu ve ark., 2004) sonuçlarımızı desteklemektedir. Benzer şekilde Ciceralli (2004) tuz toleransında mercimek fidelerinin yaprak dokularının kök dokularına kıyasla daha çok etkilendiğini belirtmiştir.

SLA verileri her iki çeşit arasında uygulanan stresler bakımından zıtlık göstermiştir. Sultan 1 çeşidinde birim ağırlık başına yüzey alanı tüm uygulamalarla azalırken, Çiftçi çeşidinde özellikle P uygulamasıyla artmıştır. Bu sonuçlar, stres altında da ağırlığını arttırabilen Sultan 1 çeşidinin stres uygulamalarına Çiftçiden daha iyi dayandığına işaret ediyor olabilir.

Araştırma sonuçlarına göre, Sultan 1 çeşidinin karotenoit ve klorofil içerikleri deneme sonunda kontrole kıyasla değişmemiştir. Hatta CO uygulaması bu çeşidin klorofil içeriğini neredeyse hiç değiştirmemiştir. Ancak Çiftçi çeşidi P ve PCO uygulamaları ile azalan karotenoit ve klorofil içeriklerine sahip bulunmuştur. Aslında kuraklıkla klorofil içeriğindeki azalış hem buğday gibi bitkilerde (Zaefyzadeh ve ark. 2009) hem de mercimekte (Talukdar, 2013) önceden bilinmekteydi. Kurağa duyarlı olduğu bilinen bu çeşit için belirlenen pigment sonuçları Haklı (2008) tarafından bulunan sonuçlarla da uyumludur. Buna ek olarak, Öktem ve ark., (2008)'de sonuçlarımıza benzer şekilde Sultan 1 çeşidinde kuraklık stresiyle değişmeyen klorofil içeriklerini belirtmişlerdi. Canavar otunun, konukçusunun pigment içeriğini önemli ölçüde azalttığı ve fotosentezdeki azalmaya bağlı olarak konukçusunun büyümesini baskıladığı domates (Şen, 2013; Acar ve Özkal, 2015) biber (Aydın, 2010) ve *Arabidopsis thaliana*'da (Demirbaş, 2011) gösterilmiştir. Bu nedenle, Sultan 1 çeşidinin Çiftçi çeşidine kıyasla hem CO hem de PCO streslerine karşı pigment içeriğini korumuş olması, onun daha dayanıklı olduğunu düşündürmektedir.

Yaprak dokularında denemenin sonuna doğru HZG'nin Sultan 1 çeşidinde başta CO ve PCO olmak üzere her uygulama için arttığı Çiftçi çeşidinde ise tüm uygulamalarda kontrole kıyasla azaldığı saptanmıştır. Kök dokusunda ise Sultan 1 çeşidinde ilk 3 gün stres uygulamalarına bağlı olarak artan HZG'nin deneme sonunda dengelendiği

belirlenmiştir. Çiftçi çeşidinde ise deneme boyunca strese bağlı gelişen HZG artışlarının deneme sonunda kontrole kıyasla yüksek kaldığı saptanmıştır. Tuz stresinin elektrolit sızıntısını arttırdığı Sultan 1 çeşidinde (Ercan, 2008) ve mercimekte (Haklı, 2008) gösterilmiştir. Buna göre, sonuçlarımız Ercan (2008)'in sonuçlarıyla kısmen uyumludur. Ayrıca, çift stres uygulamasının Sultan 1 çeşidinin kök dokularında azalan HZG'ye Çiftçi çeşidinde ise artan HZG'ye sahip olduğu ilk defa saptanmıştır.

Sultan 1 çeşidinde CO uygulamasıyla yaprak dokusunda artan TBARS dengelense de çift stres uygulamasıyla deneme sonunda artmıştır. Çiftçi çeşidinde ise benzer şekilde CO uygulamasıyla artan TBARS miktarı çift stres uygulamasıyla deneme sonunda artmıştır. Bu durum Sultan 1 çeşidinin açık şekilde PCO uygulamasında Çiftçi çeşidine kıyasla daha çok zarar gördüğüne işaret etmektedir. Bu zararda CO uygulamasının etkili olduğu anlaşılmaktadır. Yaprak dokularının tersine kök dokularında Çiftçi çeşidinin deneme sonunda çift stres uygulamasıyla kontrole kıyasla daha yüksek TBARS miktarına sahip olduğu, Sultan 1 çeşidinin ise kontrol ile benzer TBARS miktarına sahip olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar ise, Çiftçi çeşidinin Sultan 1 çeşidine kıyasla kök dokusunda PCO uygulamasından daha çok zarar gördüğüne işaret etmektedir. Kuraklık stresıyla lipid peroksidasyon Sultan 1 (Öktem ve ark., 2008) ve ILL 590 mercimek çeşitlerinin kök dokularında gösterilmiştir. Ek olarak, hem yaprak hem de kök dokusunda mercimekte lipid peroksidasyonun arttığı (Aydemir ve Eren, 2010) Çiftçi çeşidinde ise değişmediği (Gökçay, 2012) saptanmıştır. CO uygulamasının ise domates (Şen ve Acar, 2013) ve biberde (Aydın, 2010) kök ve yaprak dokusunda lipid peroksidasyonu arttırdığı ancak patlıcanda ise değiştirmedikleri (Görkem, 2011) bilinmektedir. Sonuçlarımız Sultan 1 çeşidi için bu araştırmalarla uyumludur. Ancak Çiftçi çeşidinde çift stres uygulamasıyla artan lipid peroksidasyon Görkem (2011) ve Gökçay (2012)'in araştırmalarıyla kısmen uyumlu olmakla birlikte, bu araştırmayla da ilk defa gösterilmektedir. Genel olarak, Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusu PCO uygulamasına daha hassas bulunmuştur.

Çevresel streslerin bitkilerin antioksidan savunma sistemini (AS) etkilediği ve stres faktörünün dayanıklı ve duyarlı çeşitlerde AS'de değişime yol açtığı bilinmektedir. Öyle ki, çoğu araştırmada ilgili stres faktörüne dayanıklı veya duyarlı olduğu bilinen bitki tür ve/veya çeşitlerin sahip olduğu dayanımın seviyesiyle AS arasındaki bağı gösteren çok sayıda araştırma mevcuttur (Acar ve ark., 2001, Ceylan ve ark., 2005, Sekmen ve ark., 2005). O_2^{*-} , SOD ile dismütasyona uğrayarak, H_2O_2 oluşumuna neden olur (Moller, 2007). Canavar otu parazitliğinde de H_2O_2 üretimine bağlı POX aktiviteleri de daha önce rapor edilmişti (Demirbaş ve Acar, 2009; Şen ve Acar, 2013; Acar ve Özkal, 2015). Aslında

kuraklığa bağlı gelişen fotorespirasyonun da C3 bitkilerinde H₂O₂ oluşumunu başlattığı da iyi bilinmektedir (Acar ve ark. 2001). Böylece bitki dokularında birçok kaynaktan üretilebilecek H₂O₂'in detoksifikasyonu ise üretildiği yere bağlı olarak POX, APX, CAT veya GR ile detoksifiye edilmektedir. Bu çalışmada uygulanan streslerin, her iki çeşidin yaprak ve kök dokularında SOD, POX, APX, CAT ve GR aktivitelerini değiştirdiği saptanmıştır. CO stresinin yaprak dokularının SOD aktivitelerini ilk 3 günde, POX aktivitelerini ise deneme sonunda arttırırken GR aktivitelerini azaltmıştır. APX aktivitesi sadece Sultan 1 çeşidinin 3. gününde artarken, Çiftçi çeşidinde ise değişmemiştir. Çiftçi çeşidinin CAT aktivitesi ise 7. günde artarken Sultan 1 çeşidinde azalmıştır. Buna göre, Sultan 1 çeşidi H₂O₂'nin detoksifikasyonunda APX aktivitesini arttırsa da GR aktivitesi artmadığından Halliwell-Asada yolunun çalışmadığı anlaşılmıştır. Bunun yerine her iki çeşitte H₂O₂'nin detoksifikasyonunun POX ve CAT aktiviteleri deneme sonuna kadar başarılı olduğu anlaşılmıştır.

Her iki çeşidin kök dokusunda CO stresi SOD aktivitesini ilk 3 gün arttırmıştır. Ancak H₂O₂'nin detoksifikasyonunda Sultan 1 çeşidinde APX GR ve CAT aktiviteleri artarken POX ve CAT aktivitelerinin azaldığı belirlenmiştir. Bu durum, deneme sonunda Sultan 1 çeşidinin CO stresi ile oluşan oksidatif stresin bastırılarak hasarın azaltılmasında Halliwell-Asada yolunu kullandığına işaret etmektedir. Böylece artan lipid peroksidasyon ile beliren zararın köklerde bastırılmasında etkili olmuştur. Çiftçi çeşidinde ise sadece POX ve CAT aktivitelerinin arttığı saptanmıştır. Strese dayanıklı bitkilerde canavar otu enfeksiyonunun SOD aktivitelerini arttırdığı domates (Şen, 2013; Özkal, 2014), patlıcan ve *A. thaliana*'da (Demirbaş, 2011) gösterilmişti. Domates (Şen, 2013; Acar ve Özkal, 2013) ve biber kök dokusunda (Aydın, 2010) SOD veya başka kaynaklardan üretilen H₂O₂'nin detoksifikasyonunda Halliwell-Asada yolunun çalıştığı, patlıcanda (Görkem, 2011) ise çalışmadığı gösterilmişti. Yaprak dokusunda ise bu yolun biber (Aydın, 2010) ve patlıcanda (Görkem, 2011) çalıştığı gösterilmişti. Bu bağlamda, Aydın (2010), Görkem (2011), Şen (2013) ve Özkal (2014)'ın sonuçları Sultan 1 ve Çiftçi çeşitlerinin sonuçlarıyla uyumludur.

%10 PEG 6000 uygulamasıyla oluşturulan ozmotik stres, Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda özellikle APX aktivitesini azaltırken, diğerleri ya değişmemiş yada hafifçe artmıştır. Bu durum kurağa dayanıklı olduğu bilinen bu çeşit için ilginç olmakla birlikte, aynı çeşidin kök dokusunda da SOD, APX ve CAT aktivitelerindeki kısa süreli artışlar ile deneme sonunda artan GR aktivitesinin ROT'ların etkili süpürülmesi için yeterli olduğu kontrole kıyasla anlamlı şekilde artmayan lipid peroksidasyondan anlaşılmaktadır.

Genellikle kuraklık stresine duyarlı olduğu ifade edilen Çiftçi çeşidinin yaprak dokusu, P uygulamasıyla APX dışındaki tüm enzim aktivitelerini arttırmıştır yada değiştirmemiştir. Kök dokusunda ise GR ve APX dışında tüm enzim aktivitelerini arttırmıştır. Bu durum, PEG kaynaklı oksidatif stresin bastırılmasının AS enzimleriyle başarıldığına ve kısa süreli stres koşulunda Halliwell – Asada yolunun kullanıldığına işaret etmektedir.

%20 PEG uygulaması Sultan 1 çeşidinin kök ve yaprak dokusunda, MnSOD ve Cu/Zn SOD ifadelerini arttırmakta (Aksoy, 2008) ve artan GR aktivitesinin temel bir koruma sağlamaktadır (Ercan, 2008). Ek olarak aynı çeşidin kök dokusunda, kuraklık stresinin artan lipid peroksidasyona paralel şekilde SOD izozim seviyelerini ve CAT aktivitesini arttırdığı, ancak APX ve CAT aktivitelerinin anlamlı değişim göstermediği (Öktem ve ark., 2008) ve artan SOD ve APX aktivitelerinin kök dokularını oksidatif hasardan koruduğu da bilinmektedir. Çiftçi çeşidindeyse, kuraklık stresıyla SOD aktivitesinin arttığı (Haklı, 2008) ve MDA içeriğinde önemli bir değişim olmadığı da (Gökçay, 2012) gösterilmiştir. Genel olarak mercimekte kuraklık stresinin SOD aktivitesini arttırdığı da rapor edilmiştir (Moghedam, 2013). Sonuç olarak, kurağa duyarlı Çiftçi çeşidi kurağa dayanıklı Sultan 1 çeşidine kıyasla özellikle SOD enzimini daha etkili kullanmıştır ve bu durum Çiftçi için literatür bilgisiyle uyumlu ancak Sultan1 için değildir. Bu nedenle, Sultan 1 çeşidinin özellikle yaprak dokusunda kuraklığa dayanıklılıkta hangi mekanizmanın çalıştığına detaylı araştırılması gereklidir.

Mercimek bitkisinde P ve CO streslerinin birlikte etkisi bu araştırmayla ilk defa çalışılmıştır. Deneme sonunda, Sultan 1 çeşidinin yaprak dokusunda çift stres uygulaması APX dışında SOD, POX, GR ve CAT aktivitelerini arttırmıştır. Çiftçi çeşidinde GR, SOD ve APX aktivitesi azalmış ancak POX ve CAT aktivitesinde artış saptanmıştır. Bu durum iki çeşidin yaprak dokularında Sultan 1 çeşidinin daha etkili AS aktivitesine sahip olduğuna işaret etmektedir. Her iki çeşitte de POX aktivitesinin artmış olması da genel olarak H₂O₂'nin süpürülmesinde ortak bir yola işaret ediyor olabilir. Kök dokularında ise çift stres etkisiyle Sultan1 çeşidinin AS'inde SODve APX aktivitelerinin azalmış ve GR aktivitesinin artmış ancak yüksek CAT ve POX aktivitelerine sahip olduğu belirlenmiştir. Çiftçi çeşidindeyse genel olarak CAT, POX ve SOD aktivitelerindeki artış dışında diğer enzimlerde azalma saptanmıştır. Her iki çeşidin kök dokuları karşılaştırıldığında Sultan 1 çeşidinin çok daha etkili bir antioksidan savunmaya sahip olduğu ve POX aktivitesinin ikisi arasında fark yarattığı belirlenmiştir. Ozmotik strese neden olan tuz stresinin CO stresıyla birlikte 1 hafta boyunca uygulanmasının domates çeşitleri arasında AS'yi özellikle yaprak dokusunda uyardığı belirlenmiştir (Şen, 2013). Öyle ki; tek başına CO

stresine hassas davranan Rio Grande domates çeşidinin yaprak dokusunda APX ve GR aktiviteleri artmıştır. Bu sonuç, Sultan 1 ve Çiftçi çeşitleri için kısmen uyumludur. 100 mM NaCl ve CO stresinin birlikte uygulandığı bir başka araştırma ise 6 saat gibi kısa bir sürede *A. thaliana*'da SOD, CAT ve GR aktivitelerini artırırken POX ve APX aktivitelerini ise değiştirmemiştir (Demirbaş, 2011). Bu sonuçlar ise Sultan 1 ve Çiftçi çeşitleri için uyumlu değildir. Aslında, bir haftalık deneme dikkate alındığında, CO ve PCO uygulamaları için bu sonuçlar yenidir ve mercimekte de ilk defa sunulmuş olmaktadır.

Bitki stres fizyolojisi araştırmaları, 20. yüzyılın sonlarına doğru yoğunluk kazanmış ve halen büyük bir hızla devam etmektedir. Başlangıçta, ekosistemin ana bileşenlerinin tek tek etkisi üzerine yoğunlaşan araştırmalar, deneysel ve uygulamalı botanikğin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Diğer yandan, ekosistemdeki ilişkiler ağının bir bitkinin gelişiminin farklı süreçlerinde ve aynı anda birden çok stres faktörüne maruz kaldığı gerçeği aynı zamanda bu araştırmanın da konusunu oluşturmuştur. Esasında, bu araştırmada gerçekleştirilen PEG kaynaklı su stresi ve canavar otu kaynaklı biyotik stres hâlihazırda doğada ve tarım alanlarında bir arada mevcuttur. Mercimek bitkisinde özellikle canavar otu parazitliğine karşı yaşanan çaresizlik kendini azalan/artmayan ekim ve azalan/artmayan verimle hissettirmektedir. Öyle ki, bugün marketlerde satılan mercimeklerin önemli bir kısmı yurt dışından ithal edilmektedir.

Küresel ısınma ile ilgili projeksiyonlar ve meteorolojik modeller içinde bulunduğumuz yüzyılın ortalarında Anadolu'nun önemli bir kısmında kuraklığın artacağını ifade etmektedir (Karamanos, 2013). Canavar otu gibi bir parazitik yabancı otun, mercimek bitkisinde olduğu kadar diğer konukçusu olduğu bitkilerde zaten belirli ölçüde bir su stresine neden olduğu bilinmekteyken, artacak kuraklık stresinin verim üzerine ek baskı oluşturması kaçınılmaz görünmektedir.

Bu araştırma, her iki stres faktörünün mercimek bitkisinin dayanıklılık ve duyarlılığına nasıl etki ettiğini fizyolojik ve biyokimyasal parametrelerle belirlemeyi hedeflemiştir. Sonuçlar her iki çeşidin farklı tepkilere sahip olduğunu göstermiştir. Büyüme parametreleri incelendiğinde, Çiftçi çeşidi en çok CO stresinden olumsuz etkilenmiş, ek olarak diğer stresler de bu çeşidin büyümesini baskılamıştır. Sultan 1 çeşidindeyse, büyüme stres uygulamalarından etkilenmemiştir. Kök ve gövde uzunlukları, SLA ve LMA verileri de bunu desteklemiştir. Dahası, Sultan 1 çeşidi Çiftçi çeşidine kıyasla stres uygulamaları sonucunda pigment içeriğini korumuştur. Ek olarak, Sultan 1 çeşidinin Çiftçi çeşidine kıyasla daha düşük HZG'ye sahip oluşu da bu anlamda önemlidir. Ayrıca, HZG'nin özellikle kök dokusunda Sultan1 çeşidinde PCO uygulaması ile değişmezken,

Çiftçi çeşidinde artmış olması önemli bir fark oluşturmuştur. Bu fark, Sultan 1 kök dokusunda değişmeyen ama Çiftçi kök dokusunda artan TBARS ile belirginleşmiştir. Biyokimyasal parametreler incelendiğindeyse, kök dokusunda PCO uygulamasıyla CAT ve POX aktivitelerini arttıran Çiftçi çeşidine kıyasla azalan TBARS ve HZG'ye sahip olduğu saptanan Sultan 1 çeşidinin, bunu POX, CAT ve GR enzimlerini arttırarak başardığı anlaşılmaktadır. Genel olarak Sultan 1 çeşidinde antioksidan savunmada tüm stres uygulamaları dikkate alındığında GR, Çiftçi çeşidinden ise POX'lar öne çıkmaktadır. Öyle ki, Sultan 1 çeşidi CO enfeksiyonunda yaprakta CAT, POX ve APX'i, %10 PEG stresinde GR ve POX'u, PCO'da ise SOD, POX ve GR'yi çalıştırırken, Çiftçi çeşidindeyse CO enfeksiyonunda CAT ve POX, %10 PEG stresinde GR'yi, PCO'da ise POX çalışmıştır. Kök dokularında ise Sultan 1 çeşidi CO enfeksiyonunda POX, CAT ve GR'ı, %10 PEG stresinde POX, CAT ve GR'ı, PCO'da ise POX, CAT ve GR'yi çalıştırırken, Çiftçi çeşidindeyse CO enfeksiyonunda SOD, %10 PEG stresinde SOD, POX ve CAT, PCO'da ise CAT,SOD ve POX çalışmıştır. Sonuçta, kök dokusunda Sultan 1 çeşidi Çiftçi çeşidine kıyasla ilave CAT ve GR aktivite artışlarıyla yüksek antioksidan koruma göstermiştir. Yaprak dokusunda ise Çiftçi çeşidi daha zayıf antioksidan korumaya sahip bulunmuştur.

Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, kuraklığa dayanıklı Sultan 1 çeşidinin gerek fizyolojik gerekse biyokimyasal olarak Çiftçi çeşidine kıyasla C ve PCO streslerine daha dayanıklı olduğu, bu dayanıklılığın özellikle kök dokusunda belirginleştiği söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Acar O., Demirbaş S., 2013. The Role of Antioxidants in the Orobanche-cultivated Plantsinteraction and Broomrape Invasion. 4th ESENIAS Workshop. 16-17 December, Çanakkale. 65-66.
- Acar O., Demirbaş S., Aydın B., Yıldız V., 2009. anakkale İlinde Tarımı Yapılan Simita, 8354 ve Rio Grande Domates eřitlerinde Orobaņ (*Orobanche ramosa* L.) Parazitine Dayanıklılıkta Antioksidan Enzim (SOD, POX, GR, APX, CAT) Seviyelerindeki Değişimlerin ve Lipid Peroksidasyonun Araştırılması. TOVAG, Türkiye.
- Acar O., zkal B., 2015. Does Plant Activator Help the Antioxidant Defense of Tomato Plants During Broomrape Infection. 17th European Weed Research Society Symposium., Montpellier. 143 p.
- Aksoy E., 2008. Effect of Drought and Salt Stresses on the Gene Expression Levels of Antioxidant Enzymes in Lentil (*Lens culinaris* Medik.) Seedlings. Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Türkiye.
- Aksoy E., Arslan Z. F., Tetik ., Eymirli S., 2015. Using the Possibilities of Some Trap, Catch and Brassicaceae Crops for Controlling Crenate Broomrape a Problem in Lentil Fields. International Journal of Plant Production, 10(1).
- Aksoy E., Arslan Z.F., Tetik ., Eymirli S. 2014. Domates Tarlalarında Sorun Olan Mısırlı Canavar Otunun [*Phelipanche aegyptiaca* (Pers.) Pomel] Mücadelesinde Bazı Tuzak ve Yakalayıcı Bitkilerin Allelopatik zelliklerinden Yararlanma Olanakları. Tarım Bilimleri Dergisi, 20: 126-135.
- Allahmoradi P., Mansourifar C., Saiedi M., Honarmand J. V., 2013. Effect of Different Water Deficiency Levels on Some Antioxidants at Different Growth Stages of Lentil (*Lens culinaris* L.). Advances in Environmental Biology, 7(4): 535-543.
- Apel K., Hirt H., 2004. Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, and Signal Transduction. Annu Rev Plant Biol, 55: 373–99.
- Arnon D. I., 1949. Cupper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiology, 24:1-15.

- Asada K., 2006. Production and Scavenging of Reactive Oxygen Species in Chloroplasts and Their Functions. *Plant Physiology*, 141: 391–396.
- Aydın B., 2010. Orobaş'ın Çanakkale (Türkiye)' de Tarımı Yapılan Bazı Biber Çeşitlerindeki Antioksidan Enzim Seviyelerinde Neden Olduğu Değişimlerin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.
- 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: 69–77.
- 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.
- Bhargava S., and Sawant K., 2013. Drought Stress Adaptation: Metabolic Adjustment and Regulation of Gene Expression. *Plant Breeding* 132: 21–32.
- Blokhina O.B., Virolainen E., Fagerstedt K.V., Hoikkala A., Wahala K., Chirkova T.V., 2000. Antioxidant Status of Anoxia-Tolerant and İntolerant Plant Species Under Anoxia and Reaeration. *Physiologia Plantarum*, 109: 396-403.
- Blokhina O., Virolainen E., Fagerstedt K.V., 2003. Antioxidants, Oxidative Damage and Oxygen Deprivation Stress: A Review. *Annals of Botany*, 91: 179–194.
- Blum A., Golan G., Mayer J., Sinmena B., Shpiller L., Bura J., 1989a, The Drought Response of Landraces of Wheat from the Northern Negev Desert in Israel. *Euphytica*, 43: 87-96.
- Blum A., Shpiller L., Golan G., Mayer J., 1989b. Yield Stability and Canopy Temperature of Wheat Genotypes Under Drought-Stress. *Field Crops Research*, 22 (4): 289-296.
- 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.
- Chakraborty U., Pradhan D., 2011. High Temperature-induced Oxidative Stress in Lens culinaris, Role of Antioxidants and Amelioration of Stress by Chemical Pre-treatments. Journal of Plant Interactions, 6(1): 43-52.
- Cicerali I.N., 2004. Effect of Salt Stress on Antioxidant Defense Systems of Sensitive and Resistant Cultivars of Lentil (*Lens culinaris* M). Yüksek Lisans Tezi. Middle East Technical University, Ankara.
- Cornic G., 2000. Drought Stress İnhibits Photosynthesis By Decreasing Stomatal Aperture Not By Affecting ATP Synthesis. Trends in Plant Science,5(5):187-188.
- Çokkızgın A.M., Çölkesen K., Kayhan K., Aygan M., 2005. Kahramanmaraş Koşullarında Değişik Kışlık Mercimek (*Lens culinaris* Medik.) Çeşitlerinde Verim ve Verim Özellikleri Üzerine Bir Araştırma. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(2), 285-290.
- Davis C.C., Xi Z., 2015. Horizontal Gene Transfer in Parasitic Plants. Current Opinion in Plant Biology, 25:14-19
- 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.
- Demirbaş S., 2011. *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Bitkisinde *Phelipanche ramosa* (L.) Pomel Parazitinin ve Tuz Stresinin Neden Olduğu Fizyolojik, Biyokimyasal ve Gen İfadesi Düzeyindeki Değişimlerin Araştırılması. Doktora Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.
- Dhanapal G. N., Struik P. C., Udayakumar M. Timmfrmans P. C. J. M., 1996. Management of Broomrape (*Orobancha* spp.). Agronomy & Crop Science, 175:335-

- Dionisio-Sese M. L., Tobita S. 1998. Antioxidant Responses of Rice Seedlings to Salinity Stress, *Plant Science*, 135: 1-9.
- Dor E., Yoneyama K., Winger S., Kapulnik Y., Yoneyama K., Koltai H., Xie X. ve Hershenhorn J., 2010. Strigolactone Deficiency Confers Resistance in Tomato Line SL-ORT1 to the Parasitic Weeds *Phelipanche* and *Orobanche* spp.. *The American Phytopathol Soc*, 101(2):213-222.
- Ercan O., 2008. Effect of Drought and Salt Stress on Antio İdant Defense System and Physiology of Lentil (*Lens culinaris* M.) Seedlings. MSc Thesis. Middle East Technical University, Ankara Turkey.
- Erskine W., Sarker A., Kumar S., 2016. Encyclopedia of Food,Lentil Breeding In: Wrigley C.W., Corke H., Seetharaman K., Faubion J., Eds. Elsevier USA, 1:317-330
- 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.
- Fazeli F., Ghorbanlı M., Niknam V., 2007. Effect of Drought on Biomass, Protein Content, Lipid Peroxidation and Antioxidant Enzymes in Two Sesame Cultivars”,*Biologia Plantarum*, 51: 98-103.
- Fernandez-Aparicio M., Pérez-de-Luque A., Prats E., Rubiales D., 2008. Variability of Interactions Between Barrel Medic (*Medicago truncatula*) Genotypes and *Orobanche* Species. *Ann Appl Biol*, 153: 117–126.
- Fernandez-Aparicio M., Sillero J. C., Rubiales D. 2009. Resistance to Broomrape in Wild Lentils (*Lens spp.*), *Plant Breeding*, 128, 266-270.
- Fernandez-Aparicio M., Reboud X., Gibot-Leclerc S., 2016. Broomrape Weeds. Underground Mechanisms of Parasitism and Associated Strategies for their Control: A Review. *Frontiers in Plant Science*, 7:248 p.
- 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., 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., Noctor G., 2009. Redox Regulation in Photosynthetic Organisms: Signaling, Acclimation, and Practical Implications, 11(4): 861-905.
- 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.
- Görkem H.N., 2011. Bazı Patlıcan Çeşitlerinin Antioksidan Savunma Sistemi Üzerine Canavar Otu (*Phelipanche ramosa* (L.) Pomel) Parazitinin Etkilerinin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.
- Gressel J., Hanafi A., Head G., Marasas W., Obilana A.B., Ochanda J., Souissi T., Tzotzos G. 2004. Major Heretofore Intractable Biotic Constraints to African Food Security that May be Amanable to Novel Biotechnological Solutions. *Crop Protection*, 23: 661-689.
- 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.
- 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.
- Jurado-exposito M., Garcia-Torres L. , Castejon-munoz M. 1997. Broad Bean and Lentil Seed Treatments with İmidazolinones for the Control of Broomrape (*Orobancha crenata*). *Journal of Agricultural Science*, 129: 307–314.
- Kalefetoğlu T., Ekmekçi Y., 2005. The Effect of Drought on Plants and Tolerance Mechanism. *G.U. Journal of Science*, 18(4): 723-740.
- Kanner J. ve Kinsella J.E., 1983. Lipid Deterioration Initiated By Phagocytic-Cells In

- Muscle Foods - Beta-Carotene Destruction by A Myeloperoxidase Hydrogen-Peroxide Halide System. *J. Agric. Food Chem.*, 31: 370-376.
- Karamanos, A., 2013. Water Management and Crop/Weed Interactions Under A Climate in the Mediterranean Basin. Novel and Sustainable Weed Management in Arid and Semi-Arid Agro Ecosystems and Weed Mapping. Eds. B. Rubin, G. Economou, H. Eizenberg, H. Kraehmer Chania Abstract Book.
- Kislev M. E., Yosef O. B., 1988. The Legumes: The Earliest Domesticated Plants in the Near East. *Current Anthropology*, 29 (1): 175 p.
- Kutlu İ., 2010. Tahıllarda Kuraklık Stresi . *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi* 3(1): 35-41.
- Labrousse P., Arnaud M.C., Serieys H., Bervilleâ A., Thalouarn P., 2001. Several Mechanisms are Involved in Resistance of *Helianthus annuus* to *Orobanche cumana* Wallr. *Annals of Botany*, 88(5): 859-868.
- Ladizinsky G., 1979. The Origin of Lentil and Wild Gene Pool. *Euphytica*, 28:179-187.
- Lawlor D.W., 2002. Limitation to Photosynthesis in Water Stressed Leaves: Stomata vs. Metabolism and the Role of ATP. *Annals of Botany*, 89:1-15.
- Le Coeur J., Sinclair T.R., 1996 Field Pea Transpiration and Leaf Growth in Response to Soil Water Deficit. *Crop Sci*, 36: 331-335
- Levitt J., 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Academic Press, New York.
- Lichtenthaler H.K., 1996. Vegetation Stress: An Introduction to the Stress Concept in Plants. *Journal of Plant Physiology* 148(1): 4–14.
- 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.
- Mittler R., 2002. Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance. *Trends in Plant Science*, 7(9): 405–410.
- Moghadam P.A., Imani A.A., Shahbazi H., Rjabalizadeh K., 2013. A Study on Superoxide Dismutase Change Trends in Reproductive Stages Underdrought Stress in Lentil

- Genotypes. *Annals of Biological Research*, 4(4): 220–223.
- Moller I.M., Jensen P.E., Hansson A., 2007. Oxidative Modifications to Cellular Components in Plants. *Annu Rev Plant Biol*, 58: 459-81.
- Moral J., Lozano-Baena M.D., Rubiales D., 2015. Temperature and Water Stress During Conditioning and Incubation Phase Affecting *Orobanche crenata* Seed Germination and Radicle Growth. *Front. Plant Sci.*, 6: 408 p.
- Nadal S., Cubero J.I., Moreno M.T., 2007. Sources of Resistance to Broomrape (*Orobanche crenata* Forsk.) in: carbon vetch. *Plant Breeding*, 126:110-112.
- Nakano Y., Asada K., 1981. Hydrogen peroxide is Scavenged by Ascorbate-specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts *Plant, Cell, Physiol.*, 22(3), 867-880.
- Nleya T., Vandenberg A., Walley F.L., Deneke D., 2016. Lentil : Agronomy. Reference Module in Food Science, 1-6.
- Oplinger E. S., Hardman L. L., Kaminski A. R., Kelling K. A., Doll J. D., 1990. Lentil. *Alternative field crops manual*. 24 Mayıs 2016. <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/lentil.html>.
- Öktem, H. A., Eyidoğan F., Demirba D., Bayraç A. T., Öz M. T., Özgür E., Selçuk F., Yücel M., 2008. Antioxidant Responses of Lentil to Cold and Drought Stress. *J of Plant Biochem and Biotech*, 17(1): 15-21.
- Örs S., Ekinci M., 2015. Kuraklık Stresi ve Bitki Fizyolojisi. *Derim*, 32(2): 237–250.
- Özkal B., 2014. Bitki Aktivatörü Uygulanan Bazı Domates Varyetelerinde Biyotik Stresin (*Phelipanche aegyptiaca*) Neden Olduğu Biyokimyasal ve Fizyolojik Etkiler Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Türkiye.
- Öztürk N. Z., 2015. Bitkilerin Kuraklık Stresine Tepkilerinde Bilinenler ve Yeni Yaklaşımlar. *Türk Tarım –Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 3(5): 307-315.
- 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.
- Parker C., 2003 Weedy Orobanchaceae: The Problem In: Joel D.M., Gressel J., Musselman

- L.J, Eds. Parasitic Orobanchaceae, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 313-345.
- Parker C., 2009. Observations on the Current Status of *Orobanche* and *Striga* Problems Worldwide. *Pest Manag Sci*, 65: 453–459.
- Pérez-de-Luque A., Sillero J.C., Moral A., Cubero J. I., Rubiales D., 2004. Effect of Sowing Date and Host Resistance on the Establishment and Development of *Orobanche crenata* in Faba Bean and Common Vetch. *European Weed Research Society Weed Research*, 44: 282–288.
- Pérez-de-Luque A., Jorin J., Cubero J. I., Rubiales D., 2005. *Orobanche crenata* Resistance and Avoidance in Pea (*Pisum* spp.) Operate at Different Developmental Stages of the Parasite. *European Weed Research Society Weed Research*, 45: 379-387
- Pérez-de-Luque A., González-Verdejo C.I., Lozano M.D., Dita M.A., Cubero J.I., González-Melendi P., Risueño M.C. ve Rubiales D., 2006. Protein Cross-Linking, Peroxidase and β -1,3-Endoglucanase Involved in Resistance of Pea Against *Orobanche crenata*. *Journal of Experimental Botany*, 57 (6): 1461–1469
- Petcu E., Pacureanu J.M., 2011. Developing Drought and Broomrape Resistant Sunflower Germplasm Utilizing Wild Helianthus Species, *Helia* 34(54): 1-8.
- Potter N.N., and Hotchkiss, J.H., 1996. Food Science. Chapman and Hall an International Thomson Publishing Company, USA, 608p.
- Racchi M.L., 2013. Antioxidant Defenses in Plants with Attention to *Prunus* and *Citrus* spp. *Antioxidants*, 2: 340-369.
- Restuccia A., Marchese M., Mauromicale G., Restuccia G., 2009. Biological Characteristics and Control of *Orobanche crenata* Forsk.. A Review Italian Journal of Agronomy, 1: 53-68.
- Rubiales D., 2001. Parasitic plants: an increasing threat. *Grain Legumes*, 33:10–11.
- Rubiales D., Alcántara C., Pérez-de-Luque A., Gil J., Sillero J.C., 2003a: Infection of Chickpea (*Cicer arietinum*) by Crenate Broomrape (*Orobanche crenata*) as Influenced by Sowing Date and Weather Conditions. *Agronomie*, 23: 359–362.
- Rubiales D., Pérez-de-Luque A., Cubero J.I., Sillero J.C., 2003b. Crenate Broomrape

- (*Orobanche crenata*) Infection in Field Pea Cultivars. *Crop Protection*, 22: 865–872.
- Rubiales D., Alcántara, C., Sillero, J. C., 2004. Variation in resistance to *Orobanche crenata* in species of Cicer. *Weed Research*, 44(1): 27-32.
- Rubiales D., Fernández-Aparicio M., Rodríguez M. J., 2008. First report of crenate broomrape (*Orobanche crenata*) on lentil (*Lens culinaris*) and common vetch (*Vicia sativa*) in Salamanca Province, Spain. *Plant Disease* 92(9): 1368-1368.
- Rubiales D., Fernández-Aparicio M., Wegmann K. ve Joel D. M., 2009. Revisiting strategies for reducing the seedbank of *Orobanche* and *Phelipanche* spp. *Weed Res* 49: 23-33.
- Rubiales D., Mikic A., 2015. Introduction: Legumes in sustainable agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 34(1-3), 2-3.
- Sekmen A., Demiral T., Tosun N., Türküsay H., Türkan İ., 2005. Tuz Stresi Uygulanan Domates Bitkilerinin Bazı Fizyolojik Özellikleri ve Toplam Protein Miktarı Üzerine Bitki Aktivatörünün Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(1): 85-95.
- Shao H-B., Chu L-Y., Jaleel C.A., Zhao C-X., 2008a. Water-Deficit Stress-Induced Anatomical Changes in Higher Plants. *C. R. Biologies*, 331: 215–225.
- Shao H-B., Chu L-Y., Lu Z-H., Kang C-M., 2008b. Primary Antioxidant Free Radical Scavenging and Redox Signaling Pathways in Higher Plant Cells. *International Journal of Biological Sciences*, 4(1): 8–14.
- Singh R. J., Jauhar P. P., 2005. *Genetic Resources, Chromosome Engineering and Crop Improvement: Grain Legumes*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 1:376 p.
- Smart R. E., Bingham G. E., 1974, Rapid Estimates of Relative Water Content, *Plant Physiology*, 53:258-260.
- Song, W.J., Zhou W. J., Jin Z. L., Cao D. D., Joel D.M., Takeuchi Y., Yoneyama K., 2005. Germination response of *Orobanche* seeds subjected to conditioning temperature, water potential and growth regulator treatments. *Weed Reserch* 45:467–476
- South Korea Lifts Temporary Ban on Canadian Beef and Veal, (2015). 24 Mayıs 2016. <https://www.realagriculture.com/2015/12/south-korea-lifts-temporary-ban-on->

canadian-beef-and-veal/

- Steward F. C., 1983. Plant Physiology, Academic Press, New York and London, 797 p.
- Şehirli S., 1988. Yemelik Tane Baklagiller. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 435 s.
- Şen B., 2013. Bazı domates varyetelerinde tuz stresinin (NaCl) ve abiyotik stresin (*Phelipanche aegyptiaca*) biyokimyasal ve fizyolojik etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Şen B., Acar O., 2013. Effects of Salt Stress (NaCl) and Broomrape (*Phelipanche aegyptiaca*) on Superoxide Dismutase and Peroxidase Activities of Two Tomato Varieties. Novel and Sustainable Weed Management in Arid and Semi-Arid Agro Ecosystems and Weed Mapping (Eds. B. Rubin, G. Economou, H. Eizenberg, H. Kraehmer), Chania – Crete/Greece. Abstract Book. 29.
- Taiz L, Zeiger E (eds) 2002 Plant physiology, chapter: Stress physiology 3rd edn. Sinauer Associates, Sunderland, MA
- Talukdar D., 2013. Comparative morphophysiological and biochemical responses of lentil and grass pea genotypes under water stress J Nat Sci Biol Med. 4(2): 396–402.
- Tas S., Tas B., 2007. Some Physiological Responses of Drought Stress in Wheat Genotypes with Different Ploidy in Turkey. World J of Agricultural Sciences 3 (2), 178-183.
- Ter Borg S.J., Willemsen A., Khalil S.A., Saber H.A., Verkleij J.A.C., Pieterse A.H., 1994. Field Study of the Interaction Between *Orobanche crenata* Forsk. and some New Lines of *Vicia faba* L. in Egypt. Crop Protection, (13):8 p.
- Toğay N., Anlarsal A.E., 2008. Van Koşullarında Farklı Bitki Sıklıklarının ve Ekim Şekillerinin Mercimek (*Lens culinaris* Medik.)'de Verim ve Verim Öğelerine Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 18(1): 35-47.
- Ton A., Karaköy T., Anlarsal A.E., 2014. Türkiye'de Yemelik Tane Baklagiller Üretim 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 Ekim Sıklığının Verim Üzerine Etkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı:

28 (1): 218-236.

- Wang N., Harcher D.W., Toews R., Gowalko E.J., 2009. Influence of Cooking and Dehulling on Nutritional Composition of Several Varieties of Lentils (*Lens culinaris*). Food Science and Technology, 42(4): 842-848.
- Yılmaz E., Tuna A.L., Bürün B., 2011. Bitkilerin Tuz Stresi Etkilerine Karşı Geliştirdikleri Tolerans Stratejileri. C.B.U. Journal of Science, 7(1): 47–66.
- Yoneyama K., Avad A.A., Xie X., Yoneyama K., Takeuchi Y., 2010. Strigolactones as Germination Stimulants for Root Parasitic Plants. Plant&Cell Physiology, 51(7): 1095–1103
- Zaefyzadeh M., Quliyev R.A., Babayeva S.M., Abbasov M.A., 2009. The Effect of the Interaction between Genotypes and Drought Stress on the Superoxide Dismutase and Chlorophyll Content in Durum Wheat Landraces. Turk J Biol, 33: 1-7.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı :Eda GÜNAY

Doğum Yeri : Tekirdağ/ Çorlu

Doğum Tarihi : 18/06/1990

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Biyoloji Bölümü

Bildiği Yabancı Diller : İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

a) Bildiriler

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 CaCl₂ 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.

Ulusal

1. Demirbaş S., Acar O., Çalık B., Çobanoğlu M.S., Günay E., Teker M., 2014, Tuz Stresinin *Triticum aestivum* L. Bitkisinin Spesifik Yaprak Alanı, Yaprak Kütle Alanı, Büyüme, Bağlı Su İçeriği ve Tohum Çimlenmesine Etkisi, 20. Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran, Eskişehir.
2. Demirbaş S., Acar O., Çobanoğlu M.S., Günay E., Killi D., Çalık B.,Teker M., 2014, *Cucurbita pepo* L. Bitkisinde NaCl ve CaCl₂ Uygulamalarının Fotosentetik

Verim Parametreleri Üzerine Etkisi, 22. Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran, Eskişehir.

3. Acar O., Demirbaş S., Çalık B., Çobanoğlu M.S., Günay E., Teker M., Killi D., 2014, Bazı Ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) Çeşitlerinde Tuz Stresine Karşı Büyüme ve Klorofil Flüoresan Parametrelerinde Meydana Gelen Değişimler, 22. Ulusal Biyoloji Kongresi, 23-27 Haziran, Eskişehir.2014, 23-27 Haziran, Eskişehir.

İLETİŞİM

E-posta Adresi :gunayeg@gmail.com

